



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Luana Afonso Alves

**ESTUDOS GEOTÉCNICOS DE ROCHAS, FUNDAÇÕES E
TALUDES
CASOS DE ESTUDO**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia Geológica e de Minas
orientada pelo Professor Doutor Mário Quinta Ferreira e pelo Professor Doutor Pedro
Santarém Andrade

Apresentada ao Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade de Coimbra

Setembro de 2020



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Luana Afonso Alves

**ESTUDOS GEOTÉCNICOS DE ROCHAS, FUNDAÇÕES E
TALUDES
CASOS DE ESTUDO**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia Geológica e de Minas
orientada pelo Professor Doutor Mário Quinta Ferreira e pelo Professor Doutor Pedro
Santarém Andrade
Apresentada ao Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade de Coimbra

Setembro de 2020

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

“Far better it is to dare mighty things, to win glorious triumphs - even though checkered by failure, than to take rank with those poor spirits who neither enjoy much nor suffer much, because they live in the gray twilight that knows not victory nor defeat.”

Theodore Roosevelt

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

Agradecimentos

Esta dissertação não é minha, é de todos aqueles que estiveram presentes nos últimos seis anos da minha vida, que me ajudaram e guiaram para que aqui estivesse hoje. A todos, deixo um enorme agradecimento e dedico-vos esta dissertação.

Ao meu orientador, Professor Doutor Mário Quinta Ferreira, por todo o apoio não só agora, mas durante todo o mestrado, pelas oportunidades proporcionadas a todos os níveis, por estar sempre disponível quando necessário, pelos ensinamentos académicos transmitidos, por toda a preocupação que demonstrou ter, mesmo quando eu não queria ocupar o seu tempo.... Obrigada!

Ao meu co-orientador, Professor Doutor Pedro Santarém Andrade, por me ter guiado para o estágio do qual resultou esta dissertação, por ter estado sempre pronto a ajudar e se ter preocupado com o meu sucesso. Se não fosse a sua ajuda, provavelmente, tudo isto teria resultado em algo desmotivante para mim.

Um agradecimento especial à Professora Doutora Joana Ribeiro, pela preocupação e ajuda, para orientar o meu futuro. Pelas oportunidades criadas, pelos ensinamentos e mais importante de tudo, pela amizade. Tê-la como professora, foi um dos pontos mais altos do meu mestrado. Obrigada!

Para fechar os agradecimentos ao corpo docente, sendo estes não menos importantes que os anteriormente referidos, queria agradecer a todos os professores do Departamento de Ciências da Terra pelos quais o meu percurso passou e que sempre me trataram bem. Além deles, um agradecimento especial aos que mais me marcaram:

Ao Professor Doutor Fernando Pedro Figueiredo, pelos ensinamentos em jeito de brincadeira, pelos bons momentos passados nas suas aulas e saídas de campo. Por ter sido o primeiro a levar-nos a conhecer uma mina. Sem dúvida, concretizou um dos meus maiores sonhos.

Ao Professor Doutor Fernando Pita, por ter ensinado sempre as coisas de forma cativante, sem nunca esquecer a componente prática e laboratorial, que é sempre importante e ajudou a perceber as coisas de melhor forma.

À Professora Doutora Lídia Gil Catarino, pela ajuda, disponibilidade e preocupação, sempre disposta a ajudar-me.

Ao Professor Doutor José Azevedo, pelas aulas divertidas e descontraídas.

Ao Professor Doutor João Pratas, pelas conversas que tivemos, pelas histórias das suas vivências incríveis, que sempre partilhou connosco, principalmente por nos ter feito viajar pelo mundo sem sairmos de uma sala de aula. Sem dúvida fez-me ver as coisas de outra forma.

Por último, o Professor Doutor António Saraiva, por ter sido o principal responsável por este caminho que tomei, despertando em mim o gosto pela Engenharia Geológica quando eu tinha perdido o rumo e não estava contente nem motivada com o percurso que estava a percorrer. Mostrou-me algo novo, que deu outro sentido à minha vida académica. Gostava também de agradecer pelas oportunidades que nos proporcionou na unidade curricular do Estágio, sem dúvida espetacular, com componente de aprendizagem, convívio e partilha.

Um enorme agradecimento ao laboratório de Geotecnia do Instituto Pedro Nunes (IPN), por me ter recebido e tratado tão bem, durante o tempo pelo qual aí passei. Foi sem dúvida a melhor forma de contactar com o mundo de trabalho. Um grupo trabalhador, sério e ao mesmo tempo animado e amigo, sempre disposto a ajudar em tudo o que precisei e a ensinar-me tudo o que sabiam.

Ao João Pedro, ao Pedro, à Mónica, à Maria Alexandre, o meu maior agradecimento, já com saudades dos dias aí passados e de todos.

Um especial agradecimento à Ascendi pela experiência enriquecedora proporcionada e por ter permitido a publicação dos resultados dos trabalhos de Inspeção Visual de Taludes e Muros.

Às pessoas que conheci, graças a este estágio, e que me ensinaram muito durante os trabalhos de campo, Engenheiro Carlos Valente e o Técnico de sondagens Fernando, muito obrigada pela semana de trabalho bem passada, por todos os ensinamentos e por me ter feito pôr a “mão na massa”.

Ao meu namorado, companheiro de vida, Roque Ferreira. Não tenho palavras para te agradecer. Foste um dos meus pilares neste percurso, nunca me deixaste ir abaixo, ajudaste-me sempre em tudo o que podias, sem nunca me deixar cair. Estiveste comigo, desde o primeiro dia até ao último, sempre a zelar pelo meu sucesso, festejando sempre as minhas conquistas como se fossem tuas. Mesmo com a tua vida ocupada, difícil e complicada, nunca me deixaste para trás nem sozinha. Esta conquista é tão minha como tua. Obrigada!

À minha irmã e ao longo rebanho que são os meus primos, em especial aos que fizeram com que Coimbra fosse também uma casa, que estiveram sempre ao meu lado em todos os momentos e ajudaram em tudo o que podiam. Todas as brincadeiras, todos os momentos passados, todas as aventuras, todas as festas, ficarão comigo para sempre. Obrigada por terem seguido os meus passos. Coimbra vai ser sempre nosso e isso ninguém nos tira!

Aos meus pais, por terem proporcionado esta aventura, sem nunca deixar que nada me faltasse, incentivando-me sempre a continuar, custasse o que custasse. Obrigada por me terem dado sempre a liberdade para fazer as coisas à minha maneira, por me terem dado a oportunidade de crescer e aprender com os meus erros, mas nunca deixando de me inculcar os seus valores. O principal pilar são eles, pois sem eles não chegaria aqui.

Aos meus avós, que sempre se mostraram orgulhosos e que sempre me ajudaram no que podiam, proporcionando-me sempre o melhor que podiam dar.

Em especial a ti, “Bó Berta”, que enfrentas essa doença terrível, que nunca te deixaste ir abaixo, sempre te mantiveste forte e deste força aos que te rodeiam. Pelas tardes que fizemos companhia uma à outra, tarde de trabalho perdidas, mas que não me arrependo nem um segundo pois este trabalho tinha tempo e o teu tempo, infelizmente está contado. Por muito que isto me revolte, agradeço por te terem dado tempo para veres a tua primeira neta a acabar o curso, algo que tu querias muito. Isto tudo é por ti e para ti também. Espero que tenhas tempo para acompanhar outras conquistas, não só minhas, mas também dos teus outros netinhos. A Lara e o Leandro estão quase, a Márcia e o Francisco para lá caminham. Sei que és forte e que vais aguentar tudo o que puderes! Estamos todos aqui contigo, assim como tu estiveste connosco quando mais precisamos. Força!

Ao meu tio Ricardo, que perdi ao logo deste caminho, olha por nós todos, que nós iremos olhar pelas tuas meninas e apoiá-las no que elas mais precisarem. Estarás sempre nas nossas vidas e nunca faltarás nas nossas reuniões de família. O teu lugar à mesa sempre estará lá para ti.

À minha madrinha e às minhas tias, que sempre me ajudaram ao longo destes anos, desde os primeiros passos neste mundo. A primeira sobrinha é, e sempre será, a primeira sobrinha...

No geral, à minha família toda, que é o mais importante para mim, um OBRIGADA!

Aos meus amigos de curso e aos meus amigos de vida, obrigada do fundo do coração por terem estado sempre do meu lado, uns desde sempre, outros nem tanto, mas que serão

para sempre, com certeza. Sou uma sortuda por ter tantos e tão bons amigos na minha vida! Sempre foram uma das partes mais importantes dos meus dias e sem vocês não tinha sido tão feliz como fui. Tornaram a minha infância inesquecível, tal como continuam a deixar a minha vida sempre melhor. Ainda que não tenha mais espaço, para colocar os vossos nomes aqui, vocês sabem que todos têm um espacinho guardado no meu coração. E assim termino os meus longos, mas sentidos agradecimentos! Isto tudo é vosso.

A todos vocês, dedico a minha dissertação.

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

Resumo

A presente dissertação, que foi realizada para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia Geológica e de Minas, está enquadrada na abordagem de investigação e de aplicação de conhecimentos que a autora desenvolveu durante o último ano, relativos à caracterização geotécnica de materiais rochosos, ao estudo de terrenos de fundações e à inspeção de taludes. Em particular, este trabalho pretende que a autora ganhe competências no mundo laboral, permitindo a sua evolução em termos de conceitos técnicos e pessoais.

A nível de laboratório foi realizada a caracterização de amostras de rochas de antas procedendo-se à determinação dos seguintes parâmetros: porosidade (n), peso volúmico seco (γ_d), resistência da rocha (σ) com o Martelo de Schmidt e análise química através de um equipamento portátil de XRF (X-ray fluorescence).

Os trabalhos de campo desenvolvidos foram realizados em duas áreas diferentes. O primeiro teve como objetivo realizar o estudo geológico e geotécnico de um terreno para a construção de um edifício industrial com quatro níveis. Para isso, foram realizadas sete sondagens, acompanhadas de ensaios Santandard Penetration Test (SPT) e de onze ensaios de Penetrómetros Dinâmicos Super Pesados (PDSP).

Por último, aborda-se a realização de Inspeções a Taludes e Muros na Subconcessão do Douro Interior (SDI), mais propriamente no IC5 (Itinerário Complementar 5) e IP2 (Itinerário Principal 2), em parceria com a Ascendi, no âmbito da manutenção preventiva da empresa. Este trabalho consiste na inspeção visual de taludes e muros, tendo-se focado maioritariamente nos órgãos de drenagem superficial.

Palavras chave: Caraterização de amostras de rochas; Martelo de Schmidt; Fluorescência de raio-x; Estudo geológico-geotécnico; Inspeções a Taludes.

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

Abstract

The present dissertation aimed at obtaining the degree of Master in Geological and Mining Engineering, is part of the research and knowledge application approach that the author developed during the last year, related to the geotechnical characterization of rock materials, the study of foundations, and the inspection of slopes. In particular, this work intends for the author to gain skills in the work world, allowing her evolution in terms of technical and personal concepts.

At the laboratory level, the characterization of rock samples is carried out, with the following parameters being calculated: porosity (n), dry specific weight (γ_d), an estimate of rock strength (σ) using Schmidt's Hammer, and chemical analysis through a portable XRF (X-ray fluorescence) equipment.

The fieldwork developed was executed in two different areas. The first aimed to carry out the geological and geotechnical study of land for the construction of an industrial building with four levels. For this purpose, seven surveys were carried out, accompanied by Standard Penetration Test (SPT) and eleven Super Heavy Dynamic Penetrometer (PDSP) tests.

Finally, the development of the inspections of Slopes and Walls in the Douro Interior Subconcession (SDI), specifically in IC5 (Complementary Itinerary 5) and IP2 (Main Itinerary 2), in partnership with Ascendi, within the scope of maintenance preventive of the company. This work consists of the visual inspection of slopes and walls, focusing mainly on the surface drainage organs.

Keywords: Characterization of rock samples; Schmidt Hammer; X-ray fluorescence; geological-geotechnical study; Slope inspections.

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

Índice

Agradecimentos	7
Resumo	11
Abstract	13
Índice	15
Índice de Figuras	17
Índice de Tabelas	20
Lista de Abreviaturas	21
Lista de Símbolos	23
1. Capítulo 1 - Considerações Iniciais	26
1.1. Enquadramento	26
1.2. Objetivos da Dissertação	26
1.3. Estrutura da Dissertação	27
2. Capítulo 2 – Caracterização Expedita de Rochas Utilizadas em Antas	30
2.1. Introdução	30
2.2. Contextualização Histórica	30
2.3. Enquadramento Geográfico e Geológico	31
2.4. Amostras em Estudo	32
2.5. Determinação de Porosidades e Pesos Volúmicos Secos das Amostras Recolhidas	36
2.5.1. Procedimento Experimental para a Determinação das Porosidades e o Peso Volúmico Seco das Amostras em Estudo	37
2.5.2. Resultados Obtidos das Porosidades e do Peso Volúmico Seco das Amostras em Estudo	40
2.6. Estimativa da Resistência à Compressão Uniaxial - Martelo de Schmidt	43
2.6.1. Procedimento Experimental com o Martelo de Schmidt	44
2.6.2. Resultados Obtidos da Estimativa da Resistência à Compressão Uniaxial com o Martelo de Schmidt do Tipo L	46
2.7. Análise Química das Rochas Através do Método (XRF)	49
2.7.1. Procedimento Experimental para Análise Química das Amostras	49
2.7.2. Resultados Obtidos da Análise Química das Amostras em Estudo	51

2.7.3.	Efeitos de Contaminação nas Amostras na Análise Química	51
2.8.	Conclusões	53
3.	Capítulo 3 – Estudo Geológico-Geotécnico do Terreno de Fundação de uma Unidade Industrial	56
3.1.	Introdução	56
3.2.	Enquadramento Geográfico	56
3.3.	Enquadramento Geológico e Geologia de Superfície.....	57
3.4.	Trabalhos de Prospeção.....	59
3.4.1.	Sondagens.....	61
3.4.2.	Penetração Dinâmica Super Pesada.....	65
3.5.	Interpretação dos Resultados.....	69
3.5.1.	Parâmetros Geotécnicos	70
3.6.	Conclusões	71
4.	Capítulo 4 – Inspeções visuais de Taludes e Muros.....	76
4.1.	Introdução	76
4.2.	Inspeção de Taludes	80
4.2.1.	Inspeção de Rotina (Drenagem Superficial).....	80
4.2.2.	Inspeção Principal.....	83
4.3.	Inspeção de Muros	84
4.4.	Estados de Conservação, Manutenção e Relatório	87
4.5.	Resultados obtidos	89
4.5.1.	Taludes de Escavação e Aterro.....	89
4.5.2.	Muros.....	98
4.6.	Conclusões	103
5.	Capítulo 5 – Conclusão	108
	Bibliografia	112
	<i>ANEXO 1 CARATERIZAÇÃO DAS ROCHAS.....</i>	<i>115</i>
	<i>ANEXO 2 CARATERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA.....</i>	<i>119</i>
	<i>ANEXO 3 SONDAGENS E PDSP.....</i>	<i>128</i>

Índice de Figuras



Figura 1 – Exemplo ilustrativo de uma anta.	31
Figura 2- Localização das Antas nas quais foram recolhidas amostras para efetuar o estudo.	31
Figura 3 - Exsicador	37
Figura 5- Montagem da bomba de vácuo.....	37
Figura 4 – Exemplo ilustrativo da mostra Lito – 050 em vácuo	37
Figura 6- Pesagem da amostra submersa	38
Figura 7- Esquema legendado do Martelo de Schmidt.....	43
Figura 8 Leitor de unidade de pressão disponível no Martelo de Schmidt do Tipo L.	44
Figura 9- Ábaco de Miller.....	45
Figura 10- Projeção no ábaco, da amostra Lito-007.....	46
Figura 11- Projeção no ábaco, da amostra Lito-041.....	46
Figura 12- Comparação de algumas das principais classificações de materiais rochosos, segundo a RCU. (Hawkins, 1998).	47
Figura 13- Niton XL3t XRF Analyzer utilizada para análise química das amostras.	49
Figura 14- Dispositivo de Montagem para análise química das amostras	50
Figura 15- Esquema da amostra Lito-052, identificando a presença e ausência de cola/resina utilizada na preparação das lâminas delgadas da rocha.	51
Figura 16- Local da obra em relação à cidade de Coimbra.....	56
Figura 17- Local da obra em relação à Igreja de São Paulo de Frades, em Coimbra, com Ribeira de São Paulo representada a azul () e local da obra contornado a vermelho ().	57
Figura 18- Carta Geológica de Portugal correspondente ao local da obra, à escala de 1:500 000 (LNEG, 2014).	58
Figura 19- Solo arenoso presente no local da obra.	58
Figura 20- Talude Estrada Principal do Jardim.	59
Figura 21- Equipamento APAFOR-30D.....	60
Figura 22- Planta do AutoCAD® com localização das sondagens realizadas.....	61
Figura 23- Ilustração do ensaio SPT.	62
Figura 24- Ensaio SPT em execução.....	63
Figura 25- Exemplo de troços de uma amostra com comprimento (índice RQD).....	64
Figura 26- Classificação com base no RQD. (Deere, 1989).....	64
Figura 27- Planta do AutoCAD® com localização dos Penetrómetros Dinâmicos Super Pesados realizados.....	66
Figura 28- Perfil longitudinal do terreno, com as zonas geotécnicas representadas.....	72
Figura 29- Três pilares-chave da Ascendi, na fase de exploração da infraestruturas.....	76
Figura 30- Plataforma “SustlMS”	77
Figura 31- Talude de Aterro, localizado no IP2 (Vila Nova de Foz Côa).....	78

Figura 32- Talude de Escavação, localizado no IC5 (Mogadouro).....	78
Figura 33- Muro de Gabiões de Aterro, localizado no IP2 (Trancoso - São Pedro).....	79
Figura 34- Display plataforma SustIMS (patologia drenagem superficial).....	81
Figura 35- Layout plataforma SustIMS (drenagem superficial).	82
Figura 36- Display SustIMS (patologia de inspeção principal).	84
Figura 37- Muro de Betão, localizado no IP2 (Macedo de Cavaleiros- Bornes).	85
Figura 38- Ficha de Inspeção Visual Muros de Escavação.	85
Figura 39 - Níveis da Inspeção de Muros.....	86
Figura 40- Layout das Outras Observações – Equipamentos (inspeção de muros).....	86
Figura 41- Patologias presentes nos panos dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (inspeção completa) (TPF, 2020).....	89
Figura 42- Patologias presentes nos sistemas de drenagem dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (inspeção completa).....	90
Figura 43- Patologias presentes na proteção superficial dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (inspeção completa) (TPF, 2020).....	90
Figura 44- Patologias presentes nos sistemas de drenagem dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (inspeção de rotina) (TPF, 2020).....	91
Figura 45- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IP2, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 7 taludes com inspeção completa) (TPF, 2020).....	92
Figura 46- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IP2, de acordo com o Estado de Conservação (total de 7 taludes com inspeção completa) (TPF, 2020). ...	92
Figura 47- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IP2, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 241 taludes com inspeção de rotina) (TPF, 2020). .	93
Figura 48- Patologias presentes nos panos dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (inspeção completa) (TPF, 2020). ...	93
Figura 49- Patologias presentes nos sistemas de drenagem dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (inspeção completa) (TPF, 2020).....	94
Figura 50- Patologias presentes na proteção superficial dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (inspeção completa) (TPF, 2020). ...	94
Figura 51- Patologias presentes nos sistemas de drenagem dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (inspeção de rotina) (TPF, 2020).....	95
Figura 52- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IC5, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 3 taludes com inspeção completa) (TPF, 2020).....	96
Figura 53- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IC5, de acordo com o Estado de Conservação (total de 3 taludes com inspeção completa) (TPF, 2020). ...	96

Figura 54- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IC5, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 258 taludes com inspeção de rotina) (TPF, 2020).	97
Figura 55- Tipo de patologias observadas em relação aos níveis dos muros inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (total de 11) (TPF, 2020).....	98
Figura 56- Tipo de patologias observadas no sistema de drenagem dos muros inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (total de 11) (TPF, 2020).....	99
Figura 57- Tipo de patologias observadas nos equipamentos de instrumentação dos muros inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (total de 11) (TPF, 2020).....	99
Figura 58- Distribuição dos muros inspecionados no IP2, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 11 muros) (TPF, 2020).	100
Figura 59- Distribuição dos muros inspecionados no IP2, de acordo com o Estado de Conservação (total de 11 muros) (TPF, 2020).....	100
Figura 60- Tipo de patologias observadas nos níveis dos muros inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (total de 18) (TPF, 2020).	101
Figura 61- Tipo de patologias observadas no sistema de drenagem dos muros inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (total de 18).	101
Figura 62- Distribuição dos muros inspecionados no IC5, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 18 muros) (TPF, 2020).	102
Figura 63- Distribuição dos muros inspecionados no IC5, de acordo com o Estado de Conservação (total de 18 muros) (TPF, 2020).....	102
Figura 64- Distribuição de patologias nos taludes e muros da Subconcessão Douro Interior – IP2 (total de 248 taludes e 11 muros) (TPF, 2020).....	104
Figura 65- Distribuição de patologias nos taludes e muros da Subconcessão Douro Interior – IC5 (total de 261 taludes e 18 muros). (TPF, 2020).....	104
Figura 66 - Percentagens de Óxidos em cada Amostra	118
Figura 67 - Planta em AutoCAD do edifício industrial para a Sociedade das Águas de Brijó	121
Figura 68 – Perfil A-B.....	122
Figura 69 – Perfil C-D	123
Figura 70 – Perfil E-F	124
Figura 71 – Perfil G-H	125
Figura 72 – Perfil I-J.....	126
Figura 73 – Perfil K-L	127

Índice de Tabelas

Tabela 1- Amostras de rocha das Antas, com respetiva referência e local de recolha (a referência e a classificação é baseada em Moleiro (2015)).....	34
Tabela 2- Resultados da Porosidade ($n\%$) e Peso Volúmico seco (γ_d) das amostras.....	40
Tabela 3- Valores de Resistência à Compressão Uniaxial e respetiva classificação da rocha.	47
Tabela 4- Óxidos presentes nas rochas.....	50
Tabela 5 - Comparação efeitos da cola no resultado da análise química das amostras Lito-014 e Lito-052.	52
Tabela 6- Parâmetros obtidos das Sondagens efetuadas.....	65
Tabela 7- Síntese dos ensaios de Penetração Dinâmica Super Pesada (PDSP).....	68
Tabela 8- Síntese dos ensaios SPT e estimativa das propriedades geotécnicas dos zonamentos obtidos.	71
Tabela 9- Estado de Manutenção relativo às patologias do talude.	87
Tabela 10- Significado da avaliação do estado geral de conservação.....	88
Tabela 11 - Determinação das Porosidades e Pesos Volúmicos Secos das Amostras em Estudo.	117

Lista de Abreviaturas

DCT – Departamento de Ciências da Terra;

DT – Descida de Talude;

IC5 – Itinerário Complementar 5;

IP2 – Itinerário Principal 2;

IPN – Instituto Pedro Nunes;

IR – Índice de Recuperação

ISRM – International Society for Rock Mechanics;

PDSP – Penetrómetro Dinâmico Super Pesado;

RCU – Resistência à Compressão Uniaxial;

RQD – Rock Quality Designation;

SDI – Subconcessão do Douro Interior;

SPT – Standard Penetration Test;

SustIMS – Sistema de Gestão de Infraestruturas Rodoviárias;

XRF – X-Ray Fluorescence;

ZG1 – Zona Geotécnica 1;

ZG2 – Zona Geotécnica 2.

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

Lista de Símbolos

A – área da base do cone;
e – penetração média por pancada;
g – aceleração da gravidade;
 γ_d – peso volúmico seco;
h – altura de queda do martelo;
 kN/m^3 – Quilonewton por metro cúbico;
kPa – Quilopascal;
M – massa do martelo;
m – metros;
M' – massa dos componentes da máquina;
Mi – massa inicial da amostra;
MPa – Megapascal;
Ms – massa da amostra seca;
Msab – massa da amostra submersa;
Msat – massa da amostra saturada;
n – porosidade;
ppm – partes por milhão;
qd – resistência de ponta dinâmica;
rd – resistência de ponta unitária;
v – volume;
Vv – volume de vazios;
Pw – densidade da água;
 σ – estimativa da resistência à compressão uniaxial da rocha.

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

CAPÍTULO

1

1. Capítulo 1 - Considerações Iniciais

1.1. Enquadramento

Desde os inícios da Humanidade que esta vive em constante interação e dependência do solo e dos materiais rochosos. O Homem utiliza as rochas em numerosas atividades diárias desde tempos remotos, como na obtenção de fogo através da sua fricção e na criação de utensílios (Pinsky, 2011). Contudo, durante muitos séculos o Homem apenas conseguia distinguir as rochas através das suas formas e texturas. O desenvolvimento da Humanidade juntamente com o da tecnologia, permitiu obter conhecimentos progressivamente mais aprofundados das rochas e minerais.

Na atualidade, o estudo do solo é imprescindível na realização de diversas atividades como a agricultura, a construção de edifícios, barragens entre outros. Ao longo da história existem numerosos acontecimentos em que o estudo dos solos não foi realizado corretamente, tendo provocado situações indesejadas e muitos deles resultaram em perdas de vidas humanas. A Torre de Pisa (Pepe & Jamiolkowski, 2003) é um exemplo muito conhecido deste tipo de acontecimentos, a qual sofreu uma inclinação devido à instabilidade do terreno de fundação onde esta foi construída. Outro exemplo, é a cidade do México que apresenta inúmeros fenómenos de subsidência (GEG – Engineering Structures for Life, 2017).

A caracterização geológica e geotécnica dos terrenos é uma área científica em constante evolução e indispensável para garantir a qualidade e segurança das construções.

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito de um estágio no Instituto Pedro Nunes (IPN) (Instituto Pedro Nunes, 2017), no Labgeo – laboratório de geotecnia. Este laboratório tem com principal área de serviços a consultoria e a caracterização geológica e geotécnica dos terrenos através de estudos e ensaios de campo. Adicionalmente, o Labgeo acompanha dissertações de mestrado, permitindo aos alunos inserir-se nos diversos projetos durante a sua passagem.

1.2. Objetivos da Dissertação

A presente dissertação tem como objetivo principal inserir a autora num ambiente prático relacionado com a realização de estudos geotécnicos de rochas, fundações e taludes, permitindo aprofundar os conhecimentos lecionados ao longo do mestrado em Engenharia Geológica e de Minas. Ao longo da dissertação serão desenvolvidos os seguintes projetos:

- Caracterização geotécnica de amostras de rochas utilizadas na construção de Antas que correspondem a monumentos megalíticos tumulares;

- Realização de um estudo geológico-geotécnico de um terreno onde será construído um edifício industrial para engarrafamento de águas;
- Inspeções de Taludes e Muros no âmbito da manutenção preventiva de construções da Ascendi.

1.3. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos. No primeiro é efetuado o enquadramento em que este trabalho se insere e qual o seu objetivo final.

O Capítulo 2 é referente ao estudo realizado na caracterização de amostras de rochas utilizadas na pré-história para a construção de antas. Numa primeira fase, são descritas as amostras de rochas em estudo e o local onde foram recolhidas. De seguida, ao longo do capítulo é apresentado o cálculo das propriedades das amostras de rocha (porosidade, peso volúmico, resistência e análise química), sendo este cálculo acompanhado de uma explicação teórica de conceitos e dos procedimentos experimentais que se realizaram.

No Capítulo 3 é apresentado o trabalho desenvolvido para a Sociedade de Águas de Brijó, Lda, que consistiu na realização de um estudo geológico-geotécnico do terreno onde irá ser construído o edifício industrial da empresa. Ao longo deste capítulo é apresentado o enquadramento geológico do terreno e o seu estudo geotécnico, realizado através de sete sondagens, acompanhadas de ensaios *Standard Penetration Test* (SPT) e onze ensaios relativos aos Penetrómetros Dinâmicos Super Pesados (PDSP). Numa fase final, os resultados obtidos das prospeções foram interpretados, possibilitando a divisão do terreno em duas zonas geotécnicas.

O Capítulo 4 consiste num trabalho desenvolvido juntamente com a Ascendi, no qual foram realizadas inspeções de Taludes e Muros, na Subconcessão do Douro Interior (SDI), mais propriamente no IC5 (Itinerário Complementar 5) e IP2 (Itinerário Principal 2), no âmbito da manutenção preventiva de construções. Este trabalho teve uma duração aproximada de dois meses, tendo se avaliado sensivelmente 509 taludes e 29 muros com o auxílio da plataforma Sistema de Gestão de Infraestruturas Rodoviárias (SustIMS) (Neves, Matos, & Neves) da Ascendi.

No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões principais desta dissertação de mestrado, destacando-se os contributos dos trabalhos desenvolvidos tanto para o Labgeo do IPN como para a autora no desenvolvimento de novos conhecimentos.

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

CAPÍTULO

2

2. Capítulo 2 – Caracterização Expedita de Rochas Utilizadas em Antas

2.1. Introdução

No presente capítulo será abordada a caracterização de rochas utilizadas no decorrer da pré-história na construção de antas. Este trabalho foi desenvolvido em colaboração com o Instituto Politécnico de Tomar e com o Instituto Terra e Memória de Mação.

Na caracterização das rochas foi realizado o cálculo das seguintes propriedades: porosidade (n) e peso volúmico seco (γ_d), segundo a norma da *International Society for Rock Mechanics* (ISRM, 2007), estimativa da resistência à compressão uniaxial da rocha (σ), usando o Martelo de Schmidt (Katz, Reches, & Roegiers, 2000). Foi também realizada a análise química das rochas recorrendo a um equipamento portátil de XRF (*X-ray fluorescence*) (Sabri, 2020).

Assim, este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados da caracterização das amostras de rochas utilizadas na construção de antas, e que foram recolhidas em trabalho de campo nos distritos de Santarém e Portalegre. Na primeira parte deste capítulo será apresentada uma breve contextualização histórica destas construções e uma descrição das amostras de rochas recolhidas para análise. Numa fase final, será apresentado a metodologia adotada para a caracterização das rochas e a interpretação dos resultados obtidos.

2.2. Contextualização Histórica

Uma anta (ver Figura 1) (Boaventura, 2009), ou dólmen, corresponde a um grupo de rochas de grande dimensão, que se unificaram de modo a formar um monumento constituído por uma laje assente sobre três ou mais elementos rochosos, dispostos em posição vertical. Surgiram quando o Homem deixou de ter comportamento nómada, iniciando a vivência em comunidades sedentárias. Desse modo, esta disposição de rochas, formavam uma câmara que tinha a finalidade de enterrar as pessoas mais importantes das comunidades, em posição fetal, pois acreditava-se no renascimento do defunto.

Estes monumentos, são datados desde o fim do milénio V a.C. até ao milénio I a.C., sendo que continuaram a ser utilizados posteriormente, como na idade do Bronze e do Ferro.

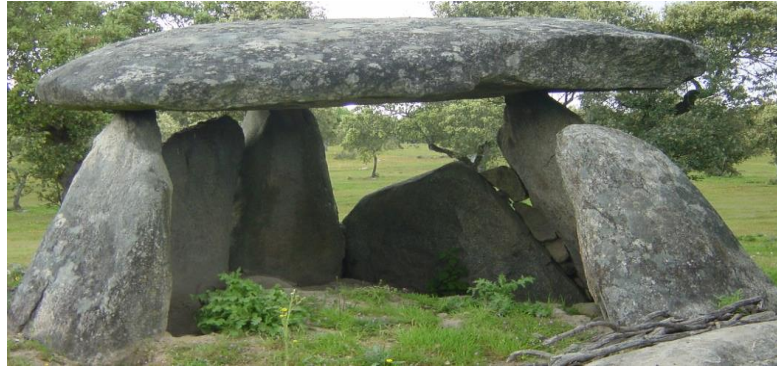


Figura 1 – Exemplo ilustrativo de uma anta.
Fonte: (All About Portugal, 2016)

2.3. Enquadramento Geográfico e Geológico

Na Figura 2, encontram-se localizados os locais de recolha das amostras, verificando-se que estes, estão dispersos pelos distritos de Santarém e Portalegre, sendo estas pertencentes à província de Ribatejo e Alentejo, respetivamente. A campanha de recolha foi realizada anteriormente a este trabalho e encontra-se descrita em (Moleiro, 2015).

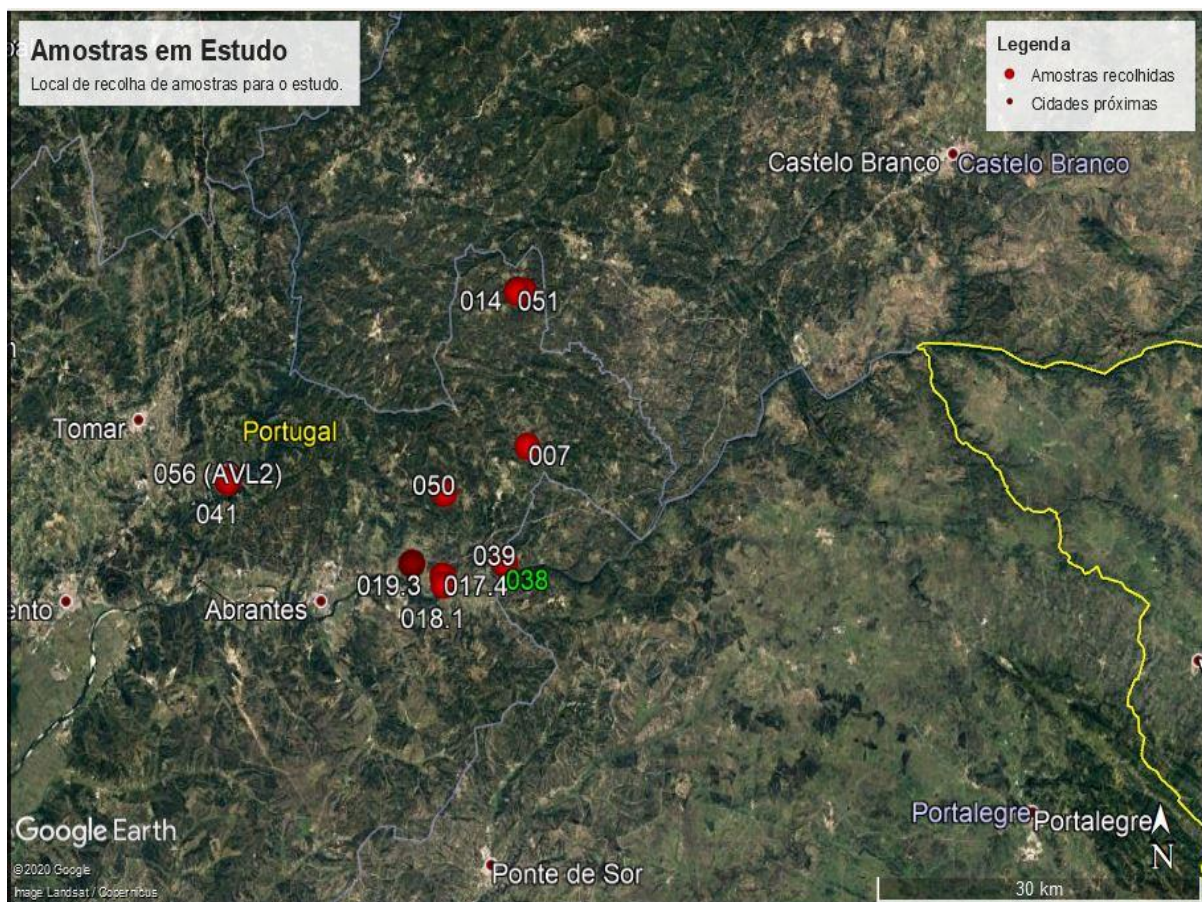









Figura 2- Localização das Antas nas quais foram recolhidas amostras para efetuar o estudo.
Fonte: Google Earth ((Google, 2020))

2.4. Amostras em Estudo

A Tabela 1, apresenta-as amostras de rocha de antigas antas recolhidas nas províncias anteriormente referidas (ver Figura 2). Nestas amostras verifica-se a presença de rochas sedimentares como o grauvaque, rochas ígneas como granito e ainda rochas metamórficas como o metagrauvaque.

Amostras em estudo	Referências
	<p>Lito-056 (AVL7) Ortognaisse Milonítico <u>Anta do Val da Laje 1</u> União de Freguesias da Serra da Junceira, Tomar.</p>
	<p>Lito-056 (AVL2) Ortognaisse Milonítico <u>Anta do Val da Laje 1</u> União de Freguesias da Serra da Junceira, Tomar.</p>
	<p>Lito-055 (AL2) Metagrauvaque <u>Anta da Lajinha</u> Cardigos, Mação</p>
	<p>Lito-055 (AL6) Metagrauvaque <u>Anta da Lajinha</u> Cardigos, Mação</p>
	<p>Lito-013 Metagrauvaque <u>Mamoá da Anta da Lajinha</u> Cardigos, Mação</p>
	<p>Lito-050 Pórfiro granítico de grão médio <u>Queixoperra, Penhascoso, Mação</u></p>
	<p>Lito-014 Metagrauvaque <u>Estradão Roda/Carrascal</u> Cardigos, Mação</p>
	<p>Lito-052 Grauvaque <u>Estradão Anta da Lajinha</u> Cardigos, Mação</p>

	<p>Lito-051 Grauvaque Feldspático <u>Estradão Roda/Carrascal</u> Cardigos, Mação</p>
	<p>Lito-019.3 Ortognaisse Milonítico <u>Ribr.ª Rio Frio</u> Ortiga, Mação</p>
	<p>Lito-017.4 Ortognaisse Milonítico <u>Ribr.ª Rio Frio (Lagar Velho)</u> Mouriscas, Abrantes</p>
	<p>Lito-037 Granito com tendência porfiroide <u>Torre Fundeira</u> Belver, Gavião</p>
	<p>Lito-038 Granito com tendência porfiroide <u>Torre Fundeira</u> Belver, Gavião</p>
	<p>Lito-041 Ortognaisse Milonítico <u>Val da Laje 1</u> União de Freguesias da Serra da Junceira, Tomar.</p>
	<p>Lito-044 Granulito/ Protomilonito trondhjemite <u>Mouriscas</u> Mouriscas, Abrantes</p>






	<p>Lito-042 Anfibolito <u>Mouriscas</u> Mouriscas, Abrantes</p>
	<p>Lito-007 Quartzito Negro <u>Conheira do Caratão</u> Mação, Mação</p>
	<p>Lito-039 Granito com tendência porfiroide <u>Torre Fundeira</u> Belver, Gavião</p>
	<p>Lito-018.1 Ortognaisse Milonítico <u>Ribr.ª Rio Frio</u> Ortiga, Mação</p>
	<p>Lito-012.1 Metagrauvaque <u>Estradão Roda/Carrascal</u> Cardigos, Mação</p>

Tabela 1- Amostras de rocha das Antas, com respetiva referência e local de recolha (a referência e a classificação é baseada em Moleiro (2015)).

As amostras das rochas apresentadas na Tabela 1 foram sujeitas ao processo de caracterização neste trabalho (determinação de porosidades (n), pesos volúmicos (γ_d), resistência à compressão uniaxial e análise química) o qual se irá apresentar nas secções 2.5, 2.6 e 2.7.

2.5. Determinação de Porosidades e Pesos Volúmicos Secos das Amostras Recolhidas

A porosidade (n) de uma rocha corresponde ao volume de espaços vazios ou poros existentes na rocha, os quais estão diretamente relacionados com a quantidade de fluidos presentes. Desta forma, o cálculo da porosidade (n) é dado através da razão entre o volume de vazios (Vv) e o volume total da rocha (V), apresentando-se o seu resultado em percentagem. Desta forma (equação (1)):

- **Porosidade (n)**

$$n (\%) = \frac{Vv}{V} \times 100 (\%) \quad (1)$$

Por sua vez o volume de vazios (Vv) de uma rocha pode ser definido pela equação (2).

- **Volume dos poros/ vazios (Vv)**

$$Vv = \frac{Msat - Ms}{\rho_w} \quad (2)$$

onde, $Msat$ é a massa da amostra saturada em água, Ms é a massa da amostra seca, e ρ_w é a massa volúmica da água ($\approx 997 \text{ kg/m}^3$).

Relativamente ao peso volúmico seco (γ_d) de uma rocha este corresponde ao peso por unidade de volume, calculado através da resultante da massa volúmica da rocha (quociente entre a massa da rocha seca (Ms) e o volume da rocha (V)), multiplicada pela aceleração da gravidade (9.807 m/s^2), de acordo com a equação (3).

- **Peso volúmico Seco (γ_d)**

$$\gamma_d = \frac{Ms}{V} \cdot 9,807, \quad (3)$$

onde 9.807 corresponde à aceleração da gravidade padrão na superfície terrestre em Portugal.

Assim, após uma familiarização com estes conceitos, foram realizados ensaios laboratoriais no Instituto Pedro Nunes (IPN) – Labgeo à generalidade das amostras em estudo, através do procedimento experimental apresentado no subcapítulo 2.5.1. Duas amostras de grandes dimensões foram ensaiadas no Departamento Ciências Terra (DCT) pois o equipamento existente no Labgeo não tinha capacidade para efetuar as pesagens necessárias.

2.5.1. Procedimento Experimental para a Determinação das Porosidades e o Peso Volúmico Seco das Amostras em Estudo

O material utilizado para a realização do procedimento experimental nº 3, segundo a *International Society for Rock Mechanics (ISRM)*, (ISRM, 1979), para a determinação da porosidade (n) e do peso volúmico seco (γ_d) das amostras em estudo foi o seguinte:

- Estufa a 105°C para retirar a água existente nos poros das amostras das rochas;
- Exsicador (ver Figura 3) para arrefecer lentamente a rocha até à temperatura ambiente (≈ 25 °C), após ser retirada da estufa, permitindo evitar que as correntes de convecção provocadas pelo calor das amostras a alta temperatura afetem a medição da balança;



Figura 3 - Exsicador

Fonte: Wikipédia ((Wikipédia, 2020))

- Bomba de vácuo (ver Figura 4) para submeter a amostra submersa em água (ver Figura 5) a uma pressão de sensivelmente 6 torr;
- Balança digital com precisão de 0.01 gramas para pesar as amostras;
- Rede perfurada capaz de pesar amostras, na balança, em banho de imersão em



Figura 5 – Exemplo ilustrativo da mostra Lito –



Figura 4- Montagem da bomba de vácuo

que a amostra é pesada debaixo de água, colocada num recipiente que será pendurado na parte inferior da balança (Figura 6);



Figura 6- Pesagem da amostra submersa

- Tabuleiros;
- Outro material de laboratório.

Todos os materiais anteriormente referidos, estavam de acordo com as normas para a realização do ensaio em questão.

Após recolhido o material necessário definiu-se o seguinte procedimento experimental a ser realizado para cada amostra:

1. Retirar partículas soltas e/ou musgos presentes na superfície da rocha;
2. Pesar a rocha, sendo este valor a Massa Inicial da amostra (M_i);
3. Colocar a amostra submersa, em vácuo, a 6 torr, durante 1 hora, agitando levemente e periodicamente o recipiente, para remover o ar que possa ter ficado preso;
4. Seguidamente, procedeu-se à pesagem da rocha em banho de imersão, ou seja, a pesagem é feita dentro de água, sendo esta massa a Massa Submersa da amostra (M_{sub});

5. De seguida, retiramos a amostra da água, secando-a superficialmente, de modo a efetuar uma pesagem que corresponde à Massa Saturada da amostra (M_{sat});
6. Após efetuar as pesagens, colocaram-se as amostras na estufa, a 105°C , durante 24h;
7. No dia seguinte, retirou-se as amostras da estufa, colocando-as num exsiccador para que a amostra arrefeça, durante pelo menos 30 minutos;
8. Com a amostra arrefecida, efetuou-se a última pesagem que corresponde à Massa Seca da amostra (M_s).

Considera-se importante referir que todas as amostras foram sujeitas ao mesmo procedimento, sendo que, mesmo em situações que existiam duas amostras idênticas disponíveis, estas também foram sujeitas ao mesmo estudo, possibilitando assim um termo de comparação.

Posteriormente aos trabalhos realizados no laboratório, procedeu-se à organização dos resultados obtidos num documento de Excel (ver Tabela 11 do Anexo 1), e aos cálculos para determinar as porosidades (n) e pesos volúmicos secos (γ_d) das amostras das rochas em estudo, com base nas expressões (1), (2) e (3).

2.5.2. Resultados Obtidos das Porosidades e do Peso Volúmico Seco das Amostras em Estudo

Nesta secção serão apresentados os resultados da porosidade (n) e do peso volúmico seco (γ_d) de cada amostra de rocha, obtidos através do procedimento experimental anteriormente apresentado. Desta forma, a Tabela 2 apresenta a porosidade e o peso volúmico seco para cada amostra de rocha:

Rochas Sedimentares: $0 < n < 90\%$

Rochas Ígneas e Metamórficas: $n \leq 2\%$ (bom estado) até $n \geq 20\%$ (meteorizada)

(Goodman, 1989)

Referência Amostra	n (%)	γ_d (kN/m^3)
Lito - 012,1	1,74	25,67
Lito - 007 (maior dimensão)	0,02	25,79
Lito - 007 (menor dimensão)	0,07	25,95
Lito - 013	0,37	26,81
Lito - 014	0,62	26,27
Lito - 017,4	1,31	26,10
Lito - 018,1 (maior dimensão)	2,85	25,75
Lito - 018,1 (menor dimensão)	2,15	25,86
Lito - 019,3 (maior dimensão)	2,60	26,08
Lito - 019,3 (menor dimensão)	1,94	26,09
Lito - 037 (maior dimensão)	2,16	25,48
Lito - 037 (menor dimensão)	2,28	25,48
Lito - 038 (maior dimensão)	1,54	25,86
Lito - 038 (menor dimensão)	2,85	25,23
Lito - 039 (maior dimensão)	1,82	26,30
Lito - 039 (menor dimensão)	1,68	25,33
Lito - 041	5,54	24,35
Lito - 042	0,23	27,33
Lito - 044	0,25	26,95
Lito - 050	0,60	26,13
Lito - 051 (maior dimensão)	1,57	25,62
Lito - 051 (menor dimensão)	3,98	26,12
Lito - 052	3,42	24,64
Lito - 055 (AL2)	3,40	25,79
Lito - 055 (AL6)	0,85	26,58
Lito - 056 (AVL2)	3,74	25,03
Lito - 056 (AVL7)	1,54	24,92

Tabela 2- Resultados da Porosidade ($n\%$) e Peso Volúmico seco (γ_d) das amostras.

Da Tabela 2 é perceptível que os valores das porosidades variaram entre 0,02 e 5,54%. A porosidade das rochas, pode variar entre 0 e 90%. Contudo, considerando rochas ígneas ou metamórficas, geralmente, não se apresentam com uma porosidade superior a 2%. Normalmente, essa porosidade, está relacionada com microfissuras presentes, que por ação da meteorização, podem aumentar em número e extensão, resultando deste modo num aumento da porosidade, podendo atingir valores superiores de 20%, ou mais (Goodman, 1989). Por sua vez, em rochas sedimentares, quanto mais antiga é a rocha menor tende a ser a porosidade. Essa antiguidade resulta numa estabilidade maior, visto que a litogénese e a precipitação química resultam num menor volume de vazios.

Relativamente à situação em estudo, a maioria das amostras são rochas ígneas e metamórficas, sendo apenas duas (Lito-51 e Lito-52), rochas sedimentares. Assim, pode considerar-se que os resultados obtidos estão de acordo com o esperado, dada a tipologia das rochas.

Por conseguinte, as rochas são classificadas devido à sua porosidade, como **muito compactas** ($\leq 1\%$), **pouco porosas** (1 a 2,5%), **medianamente porosa** (2,5 a 5%) e **bastante porosa** (5% a 10%) (UFJF, 2009). Deste modo, tendo por base os resultados da Tabela 2 as amostras de rochas quanto à sua classificação são:

- **Muito compactas** - correspondem às amostras que apresentam menores valores em termos de porosidade são 8: **Lito – 007 (maior /menor dimensão)** (Quartzito negro); **Lito – 013** (Metagrauvaque); **Lito – 014** (Metagrauvaque); **Lito – 042** (Anfibolito); **Lito – 044** (Granulito); **Lito – 050** (Pórfiro granítico) e **Lito - 055 (AL6)** (Metagrauvaque);
- **Pouco porosas** - correspondem à maioria das amostras estudadas, sendo 11: **Lito - 056 (AVL7)** (Ortognaisse milonítico); **Lito - 051 (maior dimensão)** (Grauvaque); **Lito - 039 (maior dimensão)** (Granito); **Lito - 039 (menor dimensão)** (Granito); **Lito - 019,3 (menor dimensão)** (Ortognaisse milonítico); **Lito - 037 (maior dimensão)** (Granito); **Lito - 037 (menor dimensão)** (Granito); **Lito - 038 (maior dimensão)** (Granito); **Lito - 018,1 (menor dimensão)** (Ortognaisse milonítico); **Lito - 017,4** (Ortognaisse milonítico) e **Lito - 012.1** (Metagrauvaque);
- **Medianamente porosa** - estudaram-se 7 amostras com estas características: **Lito-052** (Grauvaque); **Lito - 056 (AVL2)** (Ortognaisse milonítico); **Lito - 055 (AL2)** (Metagrauvaque); **Lito - 051 (menor dimensão)** (Grauvaque); **Lito - 038 (menor dimensão)** (Granito); **Lito - 019,3 (maior dimensão)** (Ortognaisse milonítico) e **Lito - 018,1 (maior dimensão)** (Ortognaisse milonítico);
- **Bastante porosa** – encontra-se apenas uma amostra: **Lito-041** (Ortognaisse milonítico).

As amostras da Tabela 2 que apresentam a mesma identificação, correspondem a amostras do mesmo material rochoso, em que foram também sujeitas ao ensaio como termo de comparação. Os resultados destas comparações, apresentam-se próximos, registando-se mínimas diferenças que podem ser resultantes da heterogeneidade da rocha e das fissuras inexistentes.

Quanto ao peso volúmico seco (γ_d), verifica-se que varia de 24,35 a 27,33 kN/m³ nas amostras da Tabela 2. Neste caso, foi calculado o peso volúmico seco, que corresponde ao quociente entre a massa seca e o volume, multiplicando-o pela aceleração da gravidade. Concluiu-se que a rocha que apresenta maior peso volúmico seco corresponde à Lito - 042, que corresponde a um anfibolito, que é uma rocha bastante densa, anteriormente classificada quanto à porosidade, como muito compacta. A amostra de menor peso volúmico seco é a Lito - 041 (ortognaisse milonítico), que corresponde, igualmente, à amostra rochosa mais porosa, de entre as estudadas.

2.6. Estimativa da Resistência à Compressão Uniaxial - Martelo de Schmidt

O martelo de Schmidt corresponde a um esclerómetro, consistindo num aparelho metálico de pequenas dimensões, geometria cilíndrica, constituído por uma mola no seu interior e um embolo de impacto (ver Figura 7), sendo esta utilizada para pressionar a rocha, provocando que a mola no seu interior dispare.

A Resistência à Compressão Uniaxial (RCU) de uma rocha pode ser estimada através da utilização do martelo de Schmidt (Kahraman, 2001; Yassar & Erdogan, 2004; Aydin & Basu, 2005), de forma simples e não destrutiva. A RCU é uma característica das rochas associada à sua dureza (Bieniawski, 1974), sendo de grande utilização na classificação mecânica das rochas.

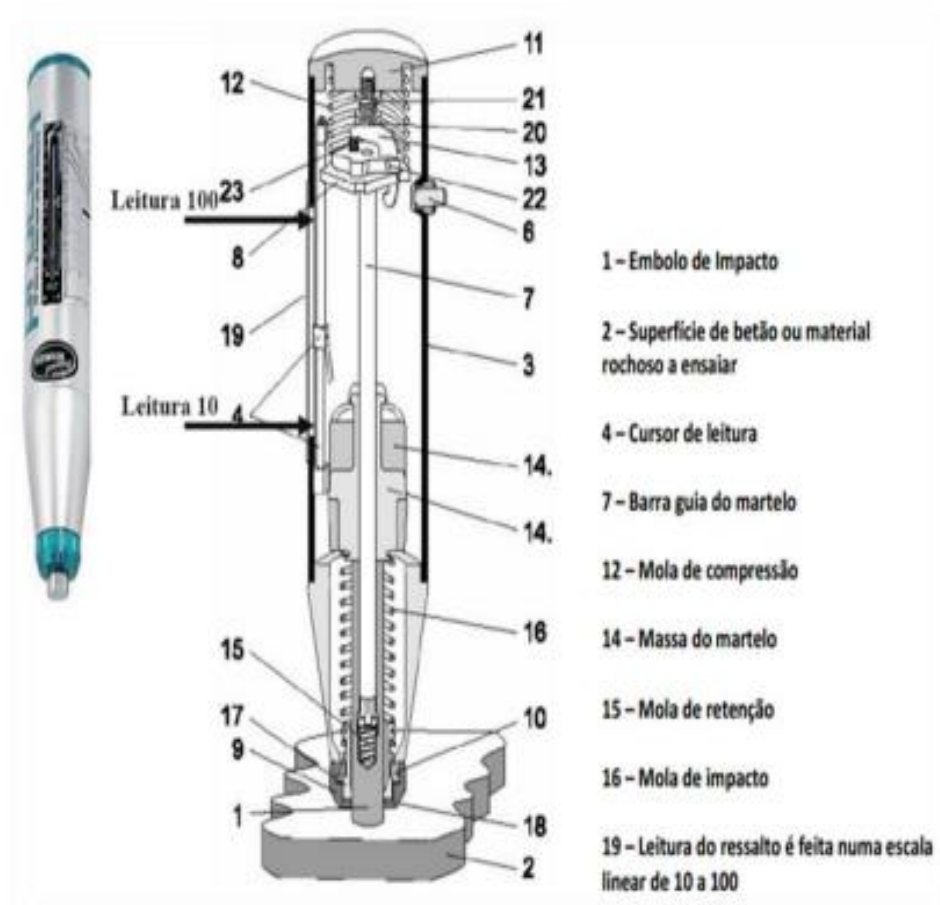


Figura 7- Esquema legendado do Martelo de Schmidt.

Fonte: Proceq ((Proceq, 2020))

2.6.1. Procedimento Experimental com o Martelo de Schmidt

Antes de iniciar o procedimento experimental para estimar a RCU através do martelo de Schmidt foi preparada a bancada de ensaio, isto é, garantir que a superfície se encontra limpa e sem partículas soltas, coloca-se o embolo do impacto (ver ponto 1 da Figura 7) perpendicularmente à superfície a ensaiar (amostra de rocha), de modo a empurrar o martelo de Schmidt contra ela, de forma contínua (ver Figura 8). A medição é realizada quando a massa (ver ponto 14 da Figura 7) localizada no interior do martelo se solta, ouvindo-se um impacto. Nesse momento, o valor de ressalto do martelo de Schmidt encontra-se disponível para leitura, no leitor existente no martelo.

O martelo de Schmidt utilizado neste procedimento experimental é do Tipo L, uma vez que possui uma energia de impacto (R) reduzida, sendo adequado para teste de amostras de rochas de pequenas espessuras. A energia de impacto deste tipo de martelos é aproximadamente de 0.735 N.m (Proceq, 2020).



Figura 8 Leitor de unidade de pressão disponível no Martelo de Schmidt do Tipo L.

O ensaio, consiste em efetuar, pelo menos, 10 medições em cada rocha, sendo que, dessas 10 medições, as 5 de menor valor são retiradas e as restantes 5 com maiores valores são consideradas. O valor final do Ressonância ou resistência do martelo de Schmidt corresponde à média das 5 medições mais altas.

Seguidamente, através da resistência do martelo de Schmidt e com o valor do peso volúmico seco médio das rochas, anteriormente obtidas (ver Tabela 11 do Anexo 1), efetua-se a projeção no projeta-se no Ábaco de Miller (ver Figura 9) (Ronaib, 2019), de modo a se determinar a Resistência à Compressão Uniaxial (RCU), em valores de MPa (Megapascal).

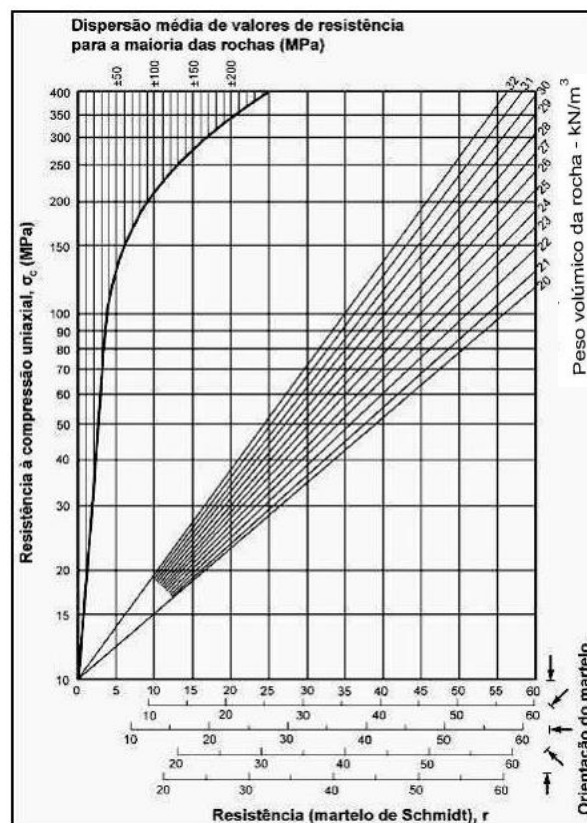


Figura 9- Ábaco de Miller.

Fonte: (Ronaib, 2019)

Assim, através da projeção dos valores obtidos da resistência (ressalto) do martelo de Schmidt e traçando uma linha até à correspondente densidade da rocha em questão, após a intersecção deve definir-se uma linha horizontal de modo a obter o valor da RCU.

2.6.2. Resultados Obtidos da Estimativa da Resistência à Compressão Uniaxial com o Martelo de Schmidt do Tipo L

Nesta secção serão apresentados os resultados obtidos na estimativa da Resistência à Compressão Uniaxial (RCU) das amostras em estudo. Contudo, não foi possível realizar esta estimativa para todas as amostras apresentadas na Tabela 1, dado o tamanho reduzido de algumas amostras, como por exemplo a amostra Lito - 052. Desta forma, as figuras seguintes apresentam o Ábaco de Miller para as amostra de rocha que apresentam a maior e a menor resistência à compressão uniaxial sendo estas, respetivamente, a Lito-007 (Figura 10) e a Lito-041 (Figura 11).

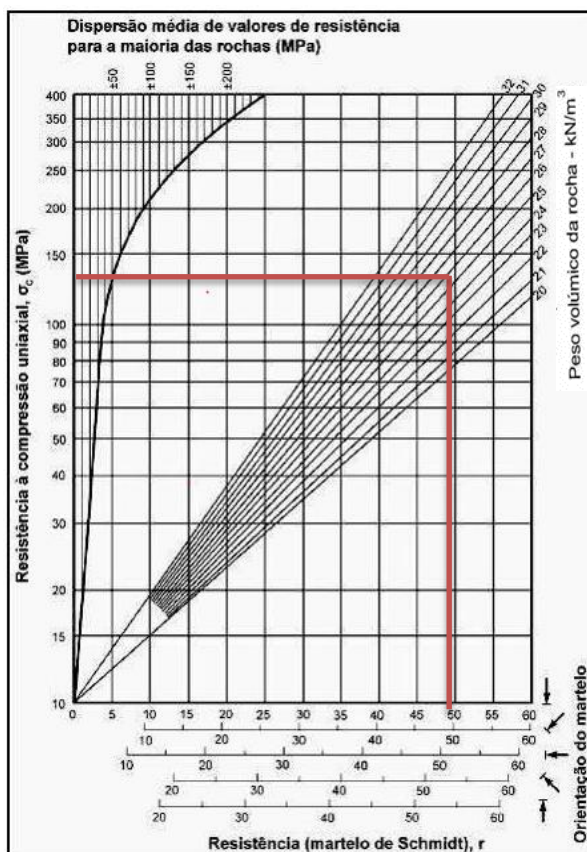


Figura 10- Projeção no ábaco, da amostra Lito-007.

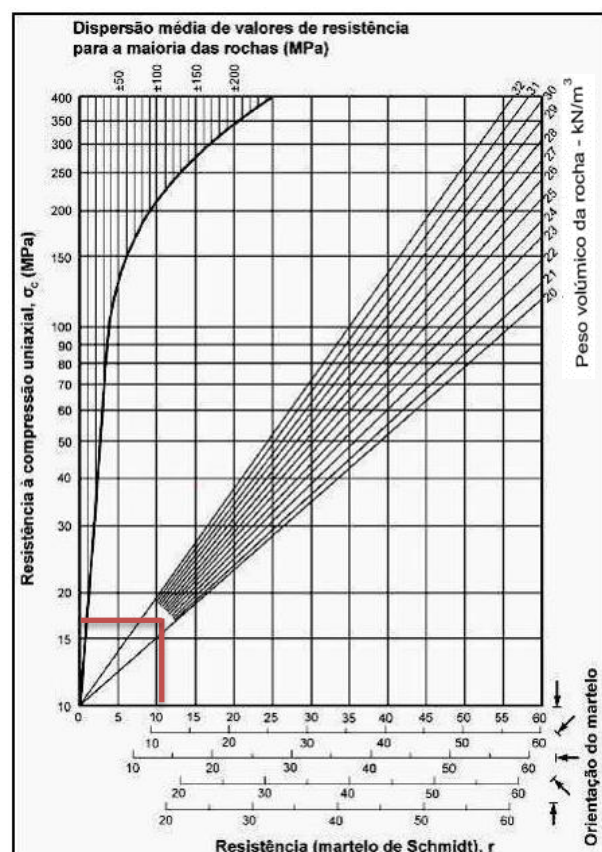


Figura 11- Projeção no ábaco, da amostra Lito-041.

Com base nas projeções realizadas no Ábaco de Miller para cada amostra de rocha, a Tabela 6 apresenta os resultados da Resistência à Compressão Uniaxial (RCU) em MPa de cada amostra, bem como a sua classificação (ISRM, 1978) com base no valor RCU correspondente.

Amostra	RCU em MPa (valores aproximados)	Classificação da Rocha
Lito – 042 (anfíbolito)	60	Resistente
Lito - 018,1 (ortognaisse milonítico)	30	Medianamente resistente
Lito - 012,1	50	Resistente
Lito – 044 (granulito/ protomilonito trondhjemite)	25	Medianamente resistente
Lito – 038 (granito c/tendência porfiroide)	32	Medianamente resistente
Lito – 039 (granito c/tendência porfiroide)	20	Branda
Lito – 051 (grauvaque feldspático)	28	Medianamente resistente
Lito – 041 (ortognaisse Milonítico)	17	Branda
Lito – 007 (quartzito negro)	140	Muito resistente

Tabela 3- Valores de Resistência à Compressão Uniaxial e respetiva classificação da rocha.

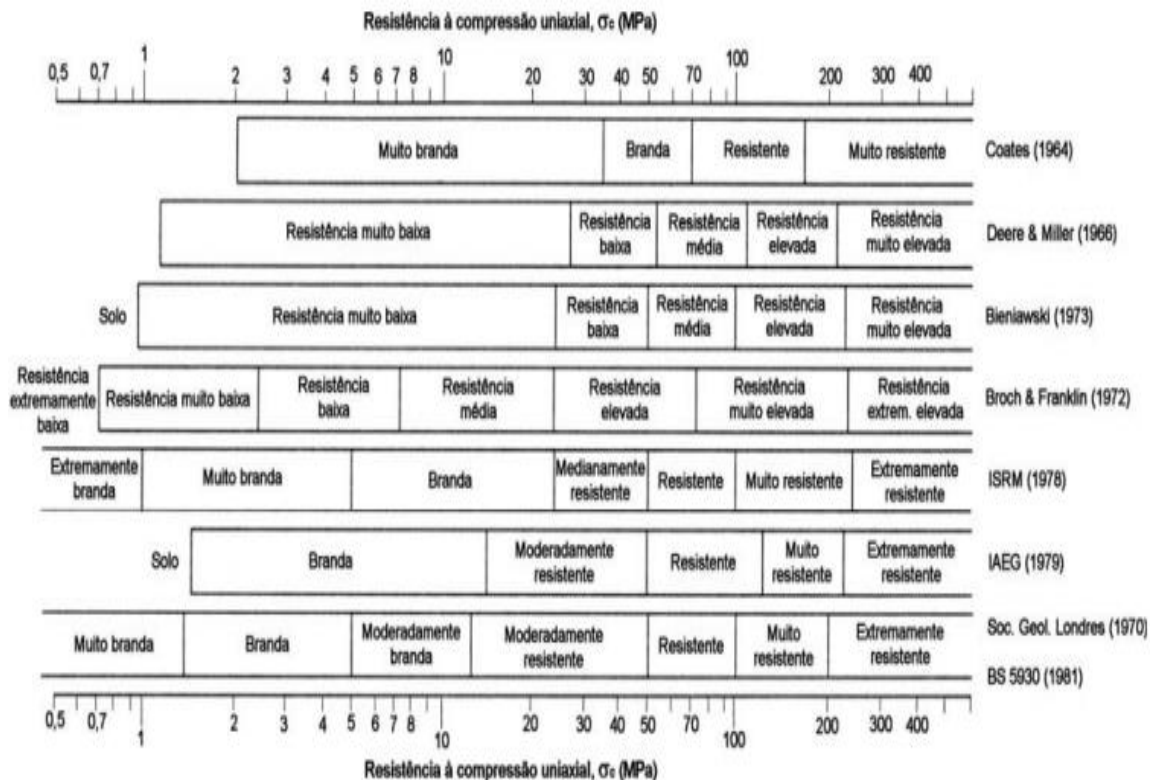


Figura 12- Comparação de algumas das principais classificações de materiais rochosos, segundo a RCU. (Hawkins, 1998).

Como observado na Tabela 3, mediante os valores de RCU das amostras de rochas é atribuída uma classificação. De acordo com a Resistência à Compressão Uniaxial (RCU) resultante, as rochas analisadas encontram-se classificadas desde brandas a muito resistentes. No entanto, verificou-se que essa classificação pode variar de acordo com diferentes autores, como é perceptível na Figura 12.

É de notar, a existência de diferenças significativas nas resistências, especialmente para as resistências abaixo dos 100 MPa. Esta falta de consenso pode resultar de tais classificações terem sido realizadas através de estudos mais particulares, ao contrário do que esperado, que seria para a generalidade das rochas.

No presente estudo, usou-se a classificação (ISRM, 1978) que divide as rochas quanto a sua classificação dos materiais rochosos, segundo o valor de RCU em: Extremamente branda [0-1 MPa]; Muito branda [1-5 MPa]; Branda [5-25 MPa]; Medianamente resistente [25-50 MPa]; Resistente [50-90 MPa]; Muito resistente [90-220 MPa]; e Extremamente resistente [>220 MPa].

Concluiu-se assim, que a rocha mais resistente entre as estudadas corresponde à Lito-007, que é constituída por Quartzito negro (140 MPa - muito resistente), seguida do Anfibolito (Lito-042) com uma resistência de 60 MPa (resistente) e do Metagrauvaque, Lito-012.1, com o resultado de 50 MPa (resistente). Além das amostras anteriormente referidas, 4 foram consideradas medianamente resistentes (Lito-018.1, Lito-038; Lito-051 e Lito-044), e classificaram-se ainda 3 amostras como brandas (Lito-041 e Lito-039) e sendo a amostra Lito – 041 a amostra menos resistente.

Assim, as amostras Lito – 007 e Lito – 041 correspondem às amostras de maior e menor resistência, respetivamente. Este facto era expectável, uma vez que da análise da Tabela 2 a amostra Lito – 007 correspondia a amostra com menor porosidade, ou seja, a amostra com menor volume de espaço vazios. Da mesma forma, a amostra Lito – 041 era a amostra com maior porosidade (ver Tabela 2), correspondendo à amostra menos resistente, pela razão apresentada anteriormente.

2.7. Análise Química das Rochas Através do Método (XRF)

A análise química de rochas, através do método de fluorescência de raios-X (XRF), consiste na interação de raios-X com um elemento presente na rocha, permitindo assim obter a sua composição elementar.

Trata-se de uma técnica analítica bastante usada, visto ser rápida, não destrutiva, não requerendo a preparação de amostras e efetua medições numa grande variedade de elementos. O modelo utilizado para efetuar as medições foi o *Niton™ XL3t XRF Analyzer* (Thermo Scientific™, 2020) (Figura 13) existente no DCT.



Figura 13- Niton XL3t XRF Analyzer utilizada para análise química das amostras.

2.7.1. Procedimento Experimental para Análise Química das Amostras

De modo a facilitar o uso da “pistola” *Niton XL3t XRF Analyzer* na análise química das amostras recorreu-se ao dispositivo de montagem apresentado na Figura 14. Além disso, esse suporte contém uma tampa que protege o utilizador dos raios associados à análise. Por sua vez, a *Niton* foi encaixada no suporte de modo à ponta ficar virada para cima, local onde se irá colocar a amostra em estudo. Antes de iniciarmos a medição, procede-se ao fecho da tampa. Por fim, damos início à medição, aguardando 120 segundos pelo resultado.

O modelo usado para a análise química dispõe de um display onde se pode ter acesso aos dados da análise como por exemplo, a identificação do elemento, a sua quantidade em ppm, e o tempo de duração desta exposição. Esses dados são exportados diretamente para um documento de Excel, permitindo este equipamento fazer ligação com o computador para facilitar a análise e tratamento dos dados obtidos.

Local onde se coloca a amostra.

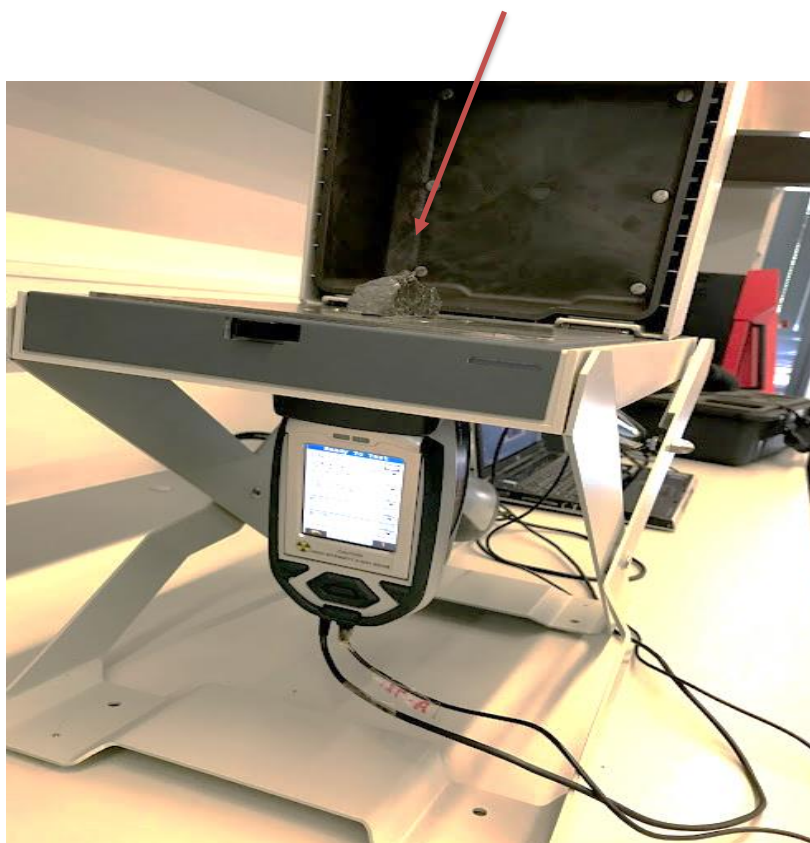


Figura 14- Dispositivo de Montagem para análise química das amostras

Os dados retirados do documento Excel exportado apresentam a quantidade de elementos em ppm. De modo a facilitar a análise, a quantidade de elementos em ppm foi convertida para percentagem de óxidos (ver Figura 66 do Anexo 1), sendo que, essa conversão apenas foi feita para os elementos mais abundantes, que foram os seguintes:

▪ SiO_2	Dióxido de Silício	▪ TiO_2	Dióxido de titânio
▪ Al_2O_3	Óxido de alumínio	▪ Fe_2O_3	Óxido de ferro (III)
▪ FeO	Óxido de ferro (II)	▪ K_2O	Óxido de potássio
▪ MnO	Óxido de manganês	▪ MgO	Óxido de magnésio
▪ CaO	Óxido de cálcio	▪ P_2O_5	Pentóxido de difósforo

Tabela 4- Óxidos presentes nas rochas.

2.7.2. Resultados Obtidos da Análise Química das Amostras em Estudo

Os resultados obtidos da análise química das amostras de rochas em estudo encontram-se na Figura 66 do Anexo 1 devido à sua extensão. De forma geral, é perceptível que os óxidos maioritariamente presentes são o SiO_2 (dióxido de silício) e o Al_2O_3 (óxido de alumínio). Por outro lado, o P_2O_5 (Pentóxido de difósforo) e o MgO (Óxido de magnésio) são os óxidos menos abundantes nas amostras de rocha em análise. Adicionalmente, obteve-se sensivelmente para todas as amostras um total de 80 por cento dos óxidos da amostra, exceto para a amostra Lito – 007, devido a possíveis erros da análise realizada através do presente método. Os resultados obtidos da análise química para as amostras com presença de cola serão abordados na secção seguinte.

2.7.3. Efeitos de Contaminação nas Amostras na Análise Química

Ao longo dos ensaios, surgiu a oportunidade de se estudar, em algumas amostras, as modificações que a contaminação por cola/resina, utilizada na consolidação da rocha para a preparação de lâminas delgadas, em algumas amostras, teria no resultado da análise química, mais propriamente nos óxidos estudados. Desta forma, nestes casos realizou-se uma análise em zonas sem cola, repetindo uma segunda análise em zonas da rocha com presença de cola. A Figura 15 apresenta um exemplo da amostra Lito -052 que continha cola.

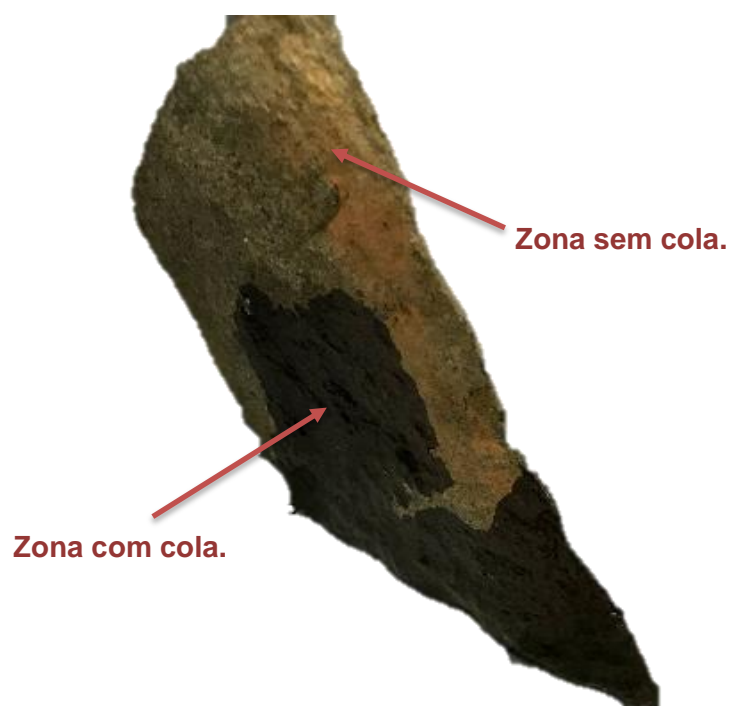


Figura 15- Esquema da amostra Lito-052, identificando a presença e ausência de cola/resina utilizada na preparação das lâminas delgadas da rocha.

As amostras que foram sujeitas ao estudo do efeito de contaminação que a cola poderia provocar nas análises químicas foram as Lito-014 e Lito-052, correspondendo a um Metagrauvaque e Grauvaque, respetivamente.

Os resultados obtidos através dessa comparação foram os seguintes (Tabela 5):

	Composição Química (%)										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SOMA
Lito - 014											
Lito-'014 cola	7,28	0,55	0,52	4,01	3,61	0,03	0,00	0,12	1,23	0,00	17,35
Lito-'014 s/cola	62,41	0,48	6,15	4,42	3,98	0,03	0,69	0,28	1,33	0,07	79,84
Lito-'014 cola 2	8,51	0,45	0,64	3,76	3,38	0,04	0,00	0,13	1,05	0,00	17,94
Lito-'014 s/cola 2	63,24	0,55	6,70	4,46	4,01	0,05	0,00	0,25	1,42	0,10	80,79
Lito - 052											
Lito-'052 cola	8,10	0,38	0,87	3,12	2,81	0,02	0,00	0,03	0,94	0,00	16,26
Lito-'052 s/cola	64,16	0,52	6,70	4,03	3,63	0,02	0,00	0,10	1,53	0,14	80,83
Lito-'052 cola 2	3,47	0,49	0,41	2,75	2,48	0,01	0,00	0,06	0,73	0,00	10,40
Lito-'052 s/cola 2	70,93	0,65	7,86	4,36	3,92	0,02	1,01	0,12	1,55	0,22	90,63

Tabela 5 - Comparação efeitos da cola no resultado da análise química das amostras Lito-014 e Lito-052.

Como se pode verificar, em ambas as amostras, a presença de cola alterou completamente a análise resultante, existindo uma diferença de, pelo menos, 63% (no caso da Lito-014) na soma das percentagens existentes, de cada óxido, presente na rocha. Na amostra Lito-052, essa diferença chega a atingir os 80%.

Os óxidos que apresentam uma maior alteração, na análise química, face à presença de cola, são o SiO₂ e o Al₂O₃ (dióxido de silício e óxido de alumínio, respetivamente). Por sua vez, estes óxidos são os que apresentam maiores quantidades nas rochas analisadas, facto que justifica a diferença total na soma das percentagens de óxidos presentes. A composição química das resinas que constituem as colas possuem valores reduzidos de Si e Al.

2.8. Conclusões

Durante este trabalho foi realizada a caracterização de amostras de rochas utilizadas na pré-história na construção de antas, recolhidas nos distritos de Santarém e Portalegre.

Na secção 2.4 foram apresentadas as referências das amostras de rochas que iriam ser analisadas ao longo deste capítulo, tendo se verificado que existiam rochas sedimentares, ígneas e metamórficas.

De seguida, na secção 2.5 numa primeira fase foi realizada uma explicação teórica dos conceitos de porosidade (n) e peso volúmico seco (γ_d) das rochas. Numa segunda fase, foi apresentado o procedimento experimental realizado que permitiu determinar as porosidades e os pesos volúmcicos das amostras em estudo. Deste procedimento, determinou-se que a amostra que apresenta maior valor de porosidade é a Lito – 041 (n (%) ≈ 5.51), correspondendo a uma classificação de bastante porosa, sendo esta um ortognaisse milonítico, e a amostra com um valor de porosidade menor é a Lito – 007 (n (%) ≈ 0.02), que se pode classificar como uma rocha muito compacta, tratando-se de um Quartzito negro. Relativamente ao peso volúmico seco (γ_d) verificou-se que este não varia muito de amostra para amostra, encontrando-se num intervalo de [24.35 – 27.33] (kN/m³).

Após determinar a porosidade (n) e o peso volúmico seco (γ_d) das amostras, a secção 2.6 apresenta a estimativa da Resistência à Compressão Uniaxial (RCU) obtida através da utilização do Martelo de Schmidt. Tal como na secção anterior, foi realizado um enquadramento teórico e uma descrição do procedimento realizado em laboratório e que possibilitou a estimativa da RCU. Por conseguinte, a amostra que apresenta uma RCU mais elevada é a Lito – 007 (RCU = 120 MPa – Muito resistente) enquanto a amostra Lito – 041 é a que possui um menor valor de resistência (RCU = 15 MPa – Branda). Este fato era esperado uma vez que a amostra Lito – 007 é a que apresentou uma menor porosidade e a amostra Lito – 041 é a amostra com maior porosidade, permitindo assim afirmar que o procedimento da caracterização das rochas foi realizado corretamente.

Por último, na secção 2.7 apresenta-se análise química das amostras das rochas realizadas através do método de fluorescência de raios-X (XRF) com o equipamento *Niton™ XL3t XRF Analyzer*. Da análise realizada, verificou-se que dos óxidos analisados o mais abundante é, de forma geral o Dióxido de Silício (SiO_2) e o menos abundante o óxido de magnésio (MgO). Além disso, devido à existência de cola em determinadas amostras foi realizada uma análise de modo a contabilizar os efeitos de contaminação da cola nas amostras, a qual possibilitou concluir que a presença de cola pode alterar significativamente a presença dos óxidos na rocha na ordem de grandeza dos 80%.

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

CAPÍTULO

3

3. Capítulo 3 – Estudo Geológico-Geotécnico do Terreno de Fundação de uma Unidade Industrial

3.1. Introdução

O presente capítulo, apresenta o desenvolvimento de um trabalho realizado para a Sociedade de Águas de Brijó, Lda, que consistiu na realização de estudos geológicos e geotécnicos.

O trabalho efetuado teve como objetivo principal obter o conhecimento geológico do terreno para a construção de um edifício industrial com 4 níveis, incluindo áreas exteriores para estacionamento automóvel e cargas e descargas.

Genericamente, a realização deste trabalho está compreendida nas seguintes etapas:

1. Enquadramento geológico do terreno;
2. Estudo Geotécnico do terreno através de:
 - a. Realização de sete sondagens;
 - b. Realização de onze ensaios Penetrómetros Dinâmicos Super Pesados (PDSP) (Fonseca, Sousa, & Cruz, 2001).

3.2. Enquadramento Geográfico

A obra em questão, está localizada na união de freguesias de Eiras e São Paulo de Frades, pertencente ao concelho de Coimbra, mais propriamente na Estrada Principal do Jardim.

Na Figura 16, apresenta-se a localização da obra em relação à cidade de Coimbra, podendo

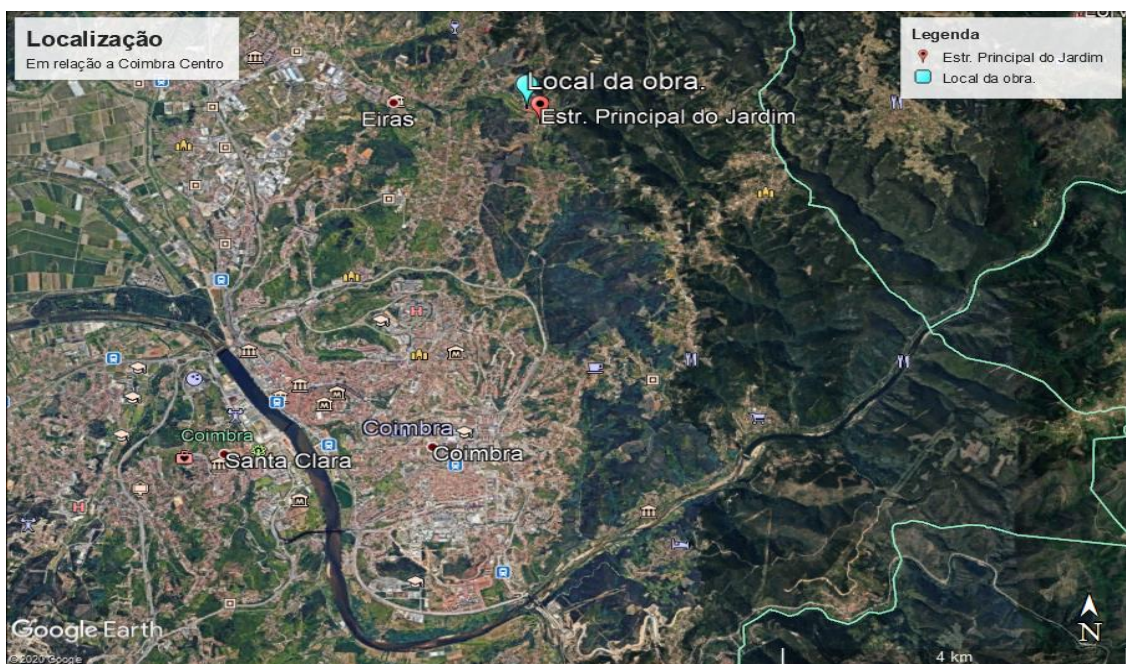


Figura 16- Local da obra em relação à cidade de Coimbra.

Fonte: Google Earth. (Google, 2020).

verificar-se que a obra se localiza a Norte da mesma.

Seguidamente, encontra-se na Figura 17, a localização da obra (vermelho), tendo como referência a Igreja de São Paulo de Frades, podendo observar também a Ribeira de São Paulo (azul).



Figura 17- Local da obra em relação à Igreja de São Paulo de Frades, em Coimbra, com Ribeira de São Paulo representada a azul (—) e local da obra contornado a vermelho (—).

Fonte: Google Earth (Google, 2020)

3.3. Enquadramento Geológico e Geologia de Superfície

O enquadramento geológico foi realizado tendo por base o excerto da Carta Geológica de Portugal (Barbosa, Soares, & Machado, 2008), relativo à zona centro do país a uma escala de 1:50 000, é apresentado na Figura 18.

Da análise da Figura 18 verifica-se que a área em estudo se localiza no Grés de Silves (Grupo de Silves) (representado a roxo), o qual data do período do Triássico. Além disso, verifica-se que a área em questão se encontra muito próxima do contacto de Xistos e Metagrauvaques, sendo estes datados do Proterozóico.

No local onde se irá realizar a obra, observou-se um solo arenoso de cor acastanhada com escassa densidade de vegetação (Figura 19). Adicionalmente, a Figura 20 permite observar afloramentos do Grés de Silves nos taludes da Estrada Principal do Jardim.

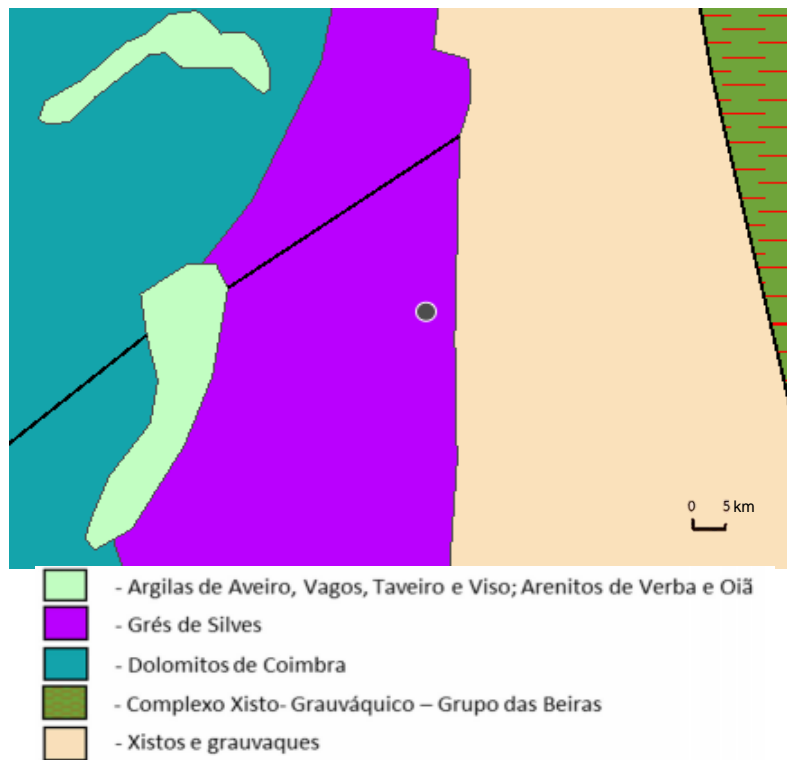


Figura 18- Carta Geológica de Portugal correspondente ao local da obra, à escala de 1:500 000 (LNEG, 2014).
Fonte: Geoportal do LNEG (Lneg, 2020).



Figura 19- Solo arenoso presente no local da obra.



Figura 20- Talude Estrada Principal do Jardim.

3.4. Trabalhos de Prospeção

Os trabalhos de prospeção foram realizados no âmbito da caracterização geológico-geotécnica do terreno. Neste contexto, teve-se como metodologia as seguintes fases de trabalho:

1. Realização de sete sondagens com o equipamento *APAFOR-30D* (ver Figura 21), acompanhadas de ensaios *Standard Penetration Test* (SPT) (Folque, 1992);
2. Realização de onze ensaios com o Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (PDSP), os quais foram realizados com o equipamento *TG 73-200* do fabricante Pagani.



Figura 21- Equipamento APAFOR-30D

De modo a caracterizar as zonas mais sensíveis do terreno desta obra, o local onde se realizaram as prospeções foram planeados com o objetivo de avaliar as condições das fundações do futuro edifício industrial, cuja área ocupará 2127 m² e será composto por 4 pisos. Desta forma, as prospeções foram realizadas em zonas mais sensíveis, nomeadamente zonas onde haverá maiores cargas (armazenamento em silos e onde se efetuam as cargas e descargas, verificando-se assim um movimento constante de veículos pesados) e o local onde irá assentar o edifício principal.

Após a informação recolhida nos trabalhos de prospeção, realizaram-se seis perfis no software AutoCAD®, sendo três deles perpendiculares à ribeira de São Paulo e os restantes, paralelos à mesma linha de água (ver da Figura 68 a Figura 73 do Anexo 2).

Numa fase final destas prospeções, analisaram-se os resultados das sondagens, acompanhadas de ensaios SPT e os ensaios PDSP de modo a realizar a caracterização geológico-geotécnica do terreno, como será apresentado numa fase final deste capítulo. Para além disso, irão determinar-se os parâmetros geotécnicos do terreno.

3.4.1. Sondagens

Com base na metodologia de trabalho apresentada na secção anterior, começou-se por realizar as sete sondagens mecânicas à rotação ao longo do terreno em estudo nas localizações assinaladas na Figura 22.

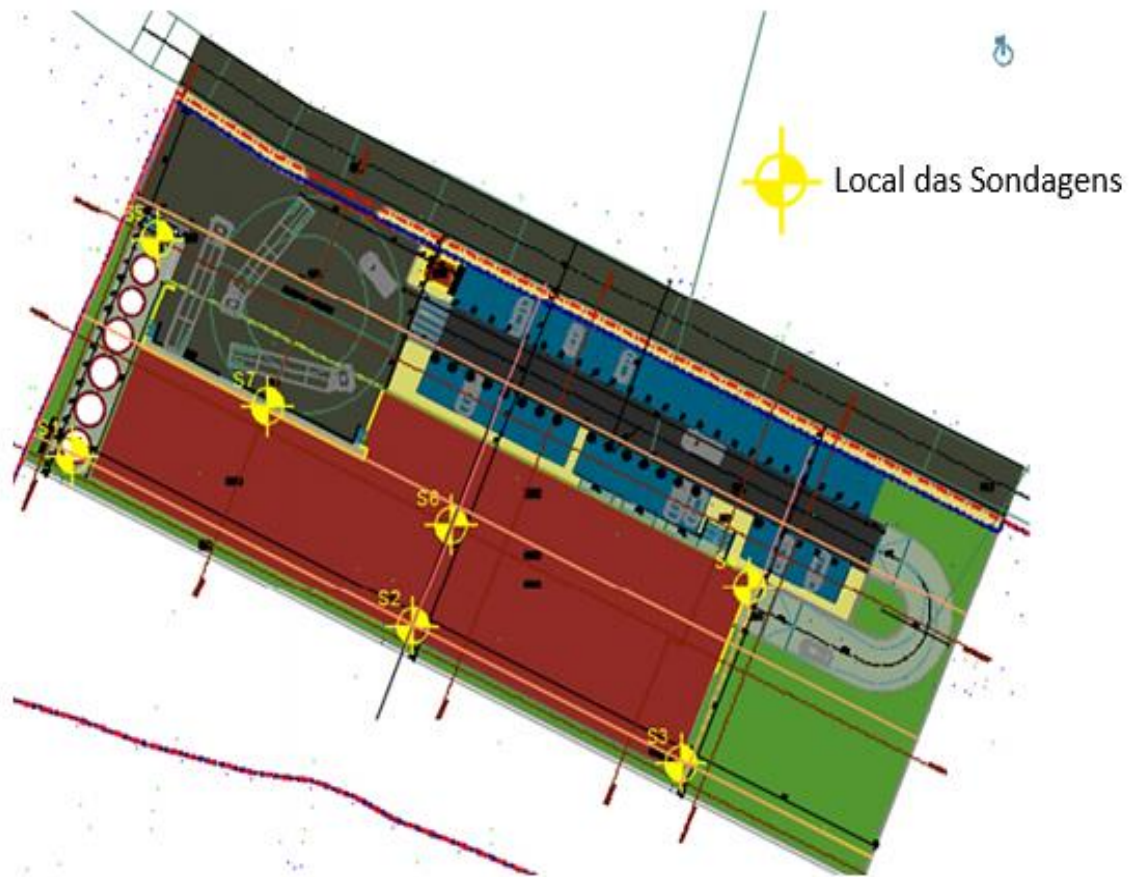


Figura 22- Planta do AutoCAD® com localização das sondagens realizadas.

Estas sondagens permitem obter informações das características do terreno em profundidade. Para a execução das sondagens acompanhadas dos ensaios *Standard Penetration Test* (SPT), utilizou-se o equipamento APAFOR-30D, que permite a realização de sondagens à rotação em solo e em rocha com carotagem, atingindo profundidades da ordem dos 25 metros.

Na realização das furações, usou-se um caroteiro do tipo T2 de 76 mm, com um tubo de revestimento de 84/77 mm de diâmetro externo/interno respetivamente, de modo a garantir a estabilidade do furo e permitir a execução dos ensaios SPT.

O ensaio SPT é principalmente utilizado para a determinação de propriedades mecânicas de solos. Este, realiza-se na base de um furo de sondagem, consistindo na cravação de um amostrador, no terreno, com dimensões e energia de cravação normalizadas, sendo largado um pilão com massa de 63,5 kg a uma altura de queda de 76 cm. A Figura 23 apresenta uma ilustração esquemática do ensaio SPT.

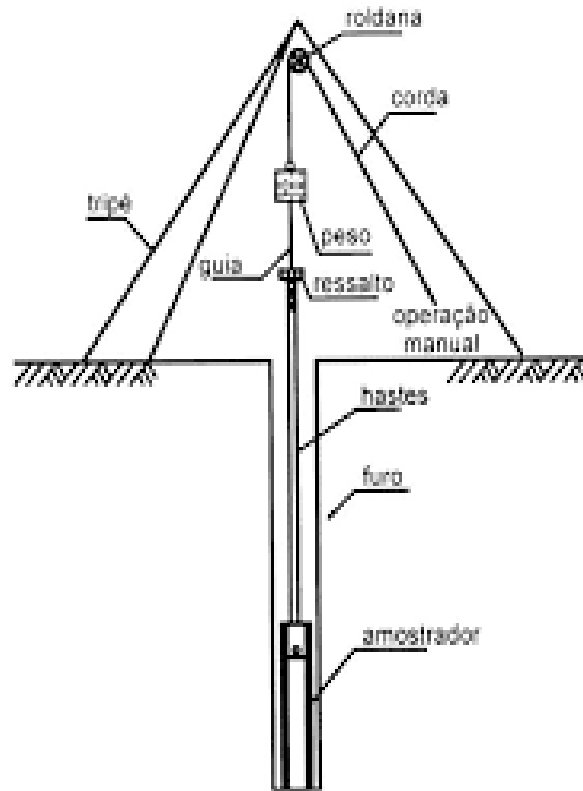


Figura 23- Ilustração do ensaio SPT.
Fonte: (Santos, 2012)

A realização de ensaios SPT é compreendida em três fases, correspondendo à penetração de 15 cm em cada uma delas. A primeira fase, correspondente aos primeiros 15 cm é desprezada devido às perturbações do terreno que se encontra na base do furo, provocadas pelos trabalhos da furação. Após os 15 cm iniciais, procede-se à penetração dos 30 cm seguintes, que correspondem à segunda e terceira fase. A Figura 24 apresenta um exemplo de um ensaio SPT realizado nesta obra.



Figura 24- Ensaio SPT em execução.

O número de pancadas (N) necessárias para cravar esses 30 cm, é o valor de N (SPT) (ver Tabela 6), considerando-se “nega” do ensaio quando se atingem as 60 pancadas sem haver cravação dos 30 cm, ou seja, N (SPT) igual a 60.

Desta forma, a Tabela 6 apresenta o valor de N (SPT) obtidos nas sondagens (identificadas por S1 a S7, nas localizações apresentadas na Figura 22), tendo-se realizado em cada sondagem ensaios SPT a cada 1,5 metros de profundidade. A Tabela 6, apresenta também o Índice de Recuperação (IR) e o índice *Rock Quality Designation* (RQD).

- O **índice de recuperação (IR)** corresponde à percentagem de amostra recuperada ao longo das operações de furação. Este índice é determinado, através do quociente entre a soma dos comprimentos de todos os tarolos (porção de solo ou rocha, obtido na perfuração) e o comprimento da furação efetuada, em percentagem.
- O **índice RQD**, consiste no quociente entre o somatório de troços da amostra com comprimento superior a 10 cm (Figura 25) e o comprimento total furado, em percentagem. Com base nesse resultado, classifica-se o maciço entre muito fraco (índice de RQD de 0-25%) e excelente (90-100%), como apresentado na Figura 26.

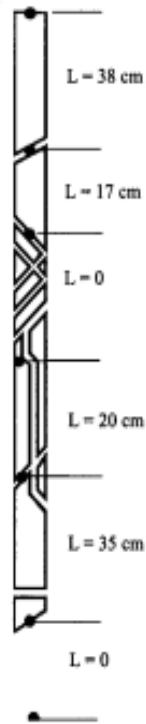


Figura 25- Exemplo de troços de uma amostra com comprimento (índice RQD).

RQD	Qualidade do Maciço Rochoso
0 - 25%	muito fraco
25 - 50%	fraco
50 - 75%	razoável
75 - 90%	bom
90 - 100%	excelente

Figura 26- Classificação com base no RQD. (Deere, 1989).

Profundidade (m)	Parâmetros	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1,5	N (SPT)	2	6	13	60	60	60	60
	RQD (%)	-	-	-	-	-	-	-
	IR (%)	3	8	5	20	18	7	18
3,0	N (SPT)	60	60	60	60	60	60	60
	RQD (%)	-	-	-	-	-	-	-
	IR (%)	-	4	4	10	-	-	-
4,5	N (SPT)	60	60	60	60	60	60	60
	RQD (%)	-	-	-	-	-	-	-
	IR (%)	-	8	8	-	-	-	-
6,0	N (SPT)	60	60	60	60	60	60	60
	RQD (%)	23	-	-	-	-	-	-
	IR (%)	27	-	19	12	-	-	-
7,5	N (SPT)	-	60	60	-	-	-	60
	RQD (%)	-	-	-	-	-	-	-
	IR (%)	-	16	28	-	-	-	6

Tabela 6- Parâmetros obtidos das Sondagens efetuadas.

Da análise da Tabela 6 verifica-se que todas as sondagens tiveram o resultado de “nega”. Na sondagem **S1, S2, S3** este resultado foi obtido aos 3 metros de profundidade, enquanto nas sondagens de **S4 – S7** esse resultado verificou-se logo a 1.5 metros. Durante a realização dos trabalhos, verificaram-se algumas dificuldades na execução dos ensaios devido à provável presença de seixos. Estes faziam com que as pancadas não entrassem em profundidade, tendo então que voltar a furar para os metros seguintes e voltar a realizar o ensaio em profundidades maiores, facto que está diretamente relacionado com os resultados obtidos em todas as sondagens.

Os registos pormenorizados, bem como a indicação dos valores de N (SPT), o Índice de Recuperação (IR), o índice RQD e a caracterização litológica dos terrenos atravessados, encontram-se no Anexo 3.

3.4.2. Penetração Dinâmica Super Pesada

Numa segunda fase dos trabalhos para a realização dos onze ensaios de Penetração Dinâmica Super Pesada (PDSP), utilizou-se o equipamento de marca Pagani, modelo TG

73-200 (Pagani, 2020). Seguiram-se os procedimentos recomendados pela norma *EN ISO 22476-2:2005* (ISO, 2005)

Desta forma, a Figura 27 apresenta a planta do AutoCAD® com as localizações onde se realizaram os ensaios PDSP.

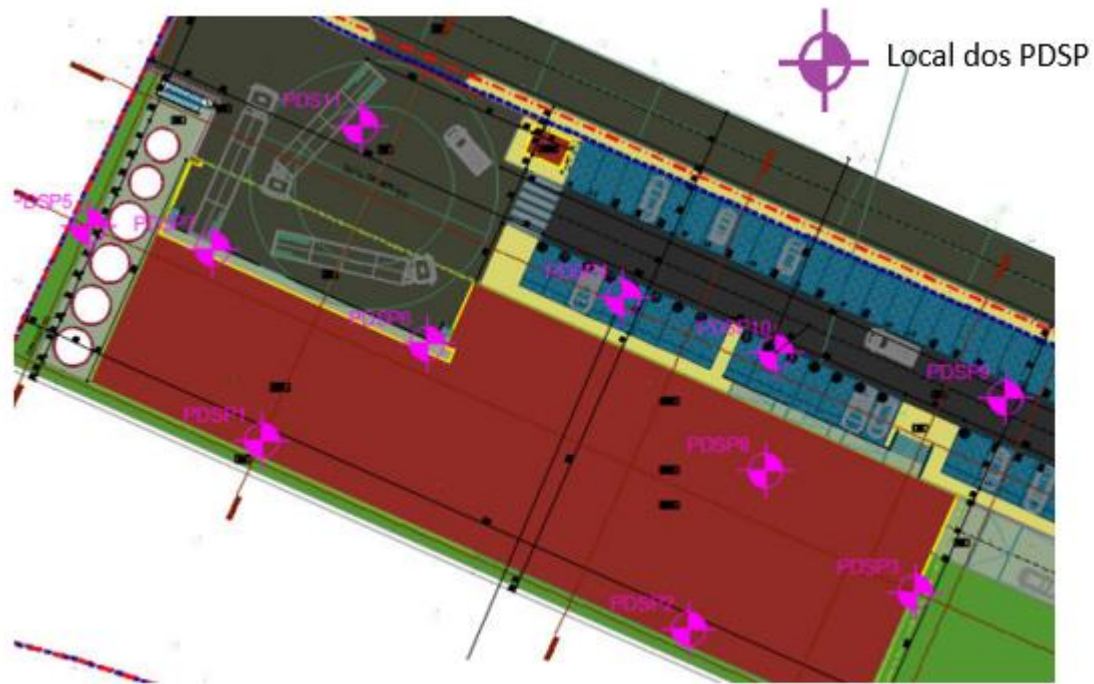


Figura 27- Planta do AutoCAD® com localização dos Penetrómetros Dinâmicos Super Pesados realizados.

Os ensaios PDSP consistem na cravação dinâmica, no terreno, de uma ponteira cônica por ação da queda de um peso com massa de 63,5 kg de uma altura de 75 cm, com o objetivo de contabilizar o número de pancadas necessárias para cravar a ponteira 20 cm no terreno a ensaiar. Assim, este ensaio permite obter um índice quantitativo da resistência do terreno e avaliar a sua evolução em profundidade, bem como analisar a resistência à penetração do solo de modo a detetar possíveis camadas com diferentes resistências. Deste modo, a realização destes ensaios permitiu uma análise gráfica do terreno (ver Anexo 3) o qual apresenta as seguintes curvas:

1. Variação do nº de pancadas por cada 20 cm de cravação;
2. Resistência de ponta dinâmica (q_d) calculada de acordo com a expressão 4:

Resistência de ponta dinâmica (qd)

$$qd = \frac{M}{M+M'} \cdot rd, \quad (4)$$

onde M é a massa do martelo, M' é a massa dos componentes da máquina (varas, batente e varas guia), rd é a resistência de ponta unitária, parâmetro que indica o trabalho efetuado na cravação. Por sua vez, a resistência de ponta unitária (rd) é dada pela expressão 5:

Resistência de ponta Unitária (rd)

$$rd = \frac{M \cdot g \cdot h}{A \cdot e}, \quad (5)$$

na qual g é a aceleração da gravidade na superfície terrestre ($\approx 9.81 \text{ m/s}^2$), h a altura da queda do martelo (m), A corresponde à área da base do cone (m^2) e, por último, e corresponde à penetração média por pancada (0,2/N20). Ao longo do ensaio PDSP, o número de varas aumenta e conseqüentemente a inércia do sistema de cravação também. Este facto, levou à necessidade de ajustar o valor da resistência de ponta unitária (rd) para cada ensaio.

Seguidamente, na Tabela 7, encontra-se um resumo dos resultados dos ensaios realizados, podendo se ainda encontrar os boletins dos respetivos ensaios no Anexo 3 do presente documento.

PDSP	Profundidade máxima (m)	Resistência dinâmica		Observações
		Prof. (m)	qd (MPa)	
PDSP1	2,2	2,0 – 2,2	20,5 - 76,8	Nega*
PDSP2	3,2	1,4 -1,6	8,2 – 15,6	Nega*
PDSP3	2,0	1,8 – 2,0	9,0 – 82,1	Nega*
PDSP4	1,6	0,4 – 0,6 1,4 – 1,6	3,5 – 5,3 25,4 – 82, 1	Nega*
PDSP5	2,4	1,0 – 1,2 2,2 – 2,4	6,2 – 7,4 10,0 – 76,8	Nega*
PDSP6	1,2	1,0 – 1,2	68,7 -82,1	Nega*
PDSP7	1,2	1,0 – 1,2	29,1 – 82,1	Nega*
PDSP8	1,6	1,4 – 1,8	27,1 – 82,1	Nega*
PDSP9	2,6	2,4 – 2,6	59,9 - 76,8	Nega*
PDSP10	1,6	1,4 – 1,6	66,5 – 82,1	Nega*
PDSP11	2,2	2,0 – 2,2	65,6 – 74,8	Nega*

Tabela 7- Síntese dos ensaios de Penetração Dinâmica Super Pesada (PDSP)

* Nega

(100 pancadas sem cravar 20 cm)

Da Tabela 7 verifica-se que em todos os ensaios realizados foi obtida “Nega” (em cada 100 pancadas, não se atingiu a meta dos 20 cm penetrados no terreno), para profundidades máximas no intervalo [1.6 - 3.2] metros. Tal como sucedeu na realização das sondagens, acompanhadas pelos ensaios SPT, considera-se que o facto de todos os ensaios PDSP terem o resultado de “Nega”, está associado à presença de seixos no terreno que impossibilitaram a penetração da ponta cónica.

Assim, com base nos resultados apresentados ao longo desta secção, nas sondagens (ver Tabela 6) e nos ensaios PDSP (ver Tabela 7), irá realizar-se de seguida a interpretação geológica dos mesmos, o que permitirá a caracterização geológica-geotécnica do terreno.

3.5. Interpretação dos Resultados

Nesta secção serão apresentadas as conclusões da interpretação dos resultados obtidos durante as prospeções, que permitiram a caracterização geológica e geotécnica do terreno e a definição do seu zonamento em profundidade. Para além dos resultados obtidos das prospeções foi realizada uma análise da distribuição espacial dos materiais sedimentares na localização em estudo, de modo a perceber a distribuição do local afetada pelos processos de sedimentação, erosão e transporte, os quais são por vezes irregulares em áreas continentais, como é o caso. Para além destes fatores existe ainda o impacto das movimentações devido à atividade humana, bem como da agricultura, sendo este um fator difícil de prever e delimitar.

Perante estas situações foram definidas duas zonas geotécnicas de modo a realizar a caracterização geológica e geotécnica do terreno onde se irá realizar a obra. Deste modo, as zonas geotécnicas definidas são as seguintes:

- **ZONA GEOTÉCNICA 1 SOLO AGRÍCOLA E SOLO ALUVIONAR** – Esta zona tal como o nome indica é composta por solo agrícola (à superfície) e solo aluvionar, encontrando-se disposta entre a superfície e os 3 metros de profundidade. A espessura desta camada varia ao longo do terreno, sendo que quanto mais próximos da linha de água (Ribeira de S. Paulo de Frades), maior será a espessura e o nível freático irá encontrar-se mais próximo da superfície.

Dos trabalhos desenvolvidos verificou-se que esta zona é constituída essencialmente por areias e argilas avermelhadas.

Relativamente à resistência do terreno esta pode ser estimada através da resistência de ponta dinâmica (qd). Por conseguinte, segundo (Cestari, 1991), a tensão admissível (q_{ad}) é uma fração do valor de qd , que é dada pela seguinte expressão:

$$q_{ad} = \frac{q_d}{[15 \text{ a } 20]} \cdot (6)$$

Deste modo, para o cálculo da tensão admissível (q_{ad}) recorreu-se à distribuição dos valores de (qd) obtidos, excluindo os valores referentes ao primeiro metro de cravação. Além disso, por uma questão de abordagem conservadora considerou-se para efeitos cálculo o valor de qd que corresponde aproximadamente ao mínimo registado com nos ensaios PDSP na zona geotécnica em análise, ou seja, o valor de qd de 0,9 MPa até nulo. Assim, obtém-se uma tensão admissível do terreno nesta zona de 45 kPa.

- **ZONA GEOTÉCNICA 2 (GRÉS)** - A zona geotécnica 2, é constituída, na sua totalidade, por Grés de Silves, tendo sido identificada em todas as sondagens realizadas. Encontra-se entre 1,0 e 3,0 m de profundidade, visto que, das sondagens S4 a S7, identifica-se esta zona a partir de 1 m de profundidade e das sondagens S1 a S3, apenas se encontra este zonamento entre os 2,5 e 3 m de profundidade.

A partir dos resultados dos ensaios dos Penetrómetros Dinâmicos Super Pesados (PDSP), pode-se identificar esta litologia, desde profundidades próximas da superfície (aproximadamente 1 m), até aos 3,2 m, valor mais alto de profundidade a que este zonamento foi encontrado (PDSP2) nos resultados obtidos. Esta identificação advém de os materiais atravessados apresentarem uma maior resistência de ponta dinâmica (q_d) superior a 60 MPa. Concluindo, esta zona geotécnica é bastante resistente, apresentando um bom comportamento mecânico, pelo que será adequada como terreno de fundação.

3.5.1. Parâmetros Geotécnicos

As correlações entre os ensaios SPT e PDSP, apresentam elevado interesse pois não existe correspondências diretas com a mesma fiabilidade, que permitam estimar os parâmetros de resistência a partir dos resultados dos PDSP, como existem para os valores do SPT (como por exemplo, correlações com o índice de compactidade ou o ângulo de atrito).

Estas correlações, não são adequadas para outros tipos de terrenos nem para equipamentos utilizados na realização dos ensaios em questão. Mesmo que as características sejam semelhantes, fazer essa comparação pode levar a resultados erróneos.

Segundo o fabricante da máquina utilizada para a realização de PDSP (Pagani), a média da eficiência energética, transmitida às varas, é de 78%, o que permite que o valor do (N_{20}) PDSP, seja padronizado com os dados de outros testes *in-situ*, principalmente N_{SPT} . As relações entre o número de pancadas do PDSP e SPT, segundo (Afonso, 2016), variam da seguinte forma (expressão 7):

$$0,7 < \frac{N_{SPT}}{N_{PDSP}} < 1,58. \quad (7)$$

Ainda assim, estas correlações não são constantes e crescem com o valor de N_{SPT} . Deste modo, é difícil indicar a correlação mais adequada.

Apesar dessa dificuldade, considerando outras correlações existentes, relativas a tipos de solos com características semelhantes ao do estudo em questão, considera-se a correlação entre o N_{PDSP} e o N_{SPT} de aproximadamente 1.

Na Tabela 8, apresenta-se uma estimativa dos parâmetros geotécnicos do terreno, realizada de forma empírica, através de correlações com os dados obtidos nos ensaios SPT (Clayton, 1995):

Parâmetros Geotécnicos

ZG	Litologia	SPT (nº pancadas)	Ângulo de atrito interno	Coesão (MPa)	Módulo de deformabilidade (MPa)	Tensão admissível* (kPa)	Peso específico (kN/m ³)
ZG1	Areias e argilas com seixos	1-2	< 30°	0,01-0,02	2-4	< 50	~13
ZG2	Grés de Silves SPT=60	60	30° - 40°	0,01-0,50	>50	>700	18-23

Tabela 8- Síntese dos ensaios SPT e estimativa das propriedades geotécnicas dos zonamentos obtidos.

* Para a tensão admissível, consideram-se os menores valores dos ensaios SPT, os ensaios PDSP e sapata de 2m de largura.

3.6. Conclusões

O trabalho desenvolvido neste capítulo permitiu obter a resistência do solo em estudo para a construção das fundações através da avaliação das principais características do terreno.

Esta avaliação realizou-se com base nos seguintes campos:

- Geologia de superfície;
- Sondagens acompanhadas da realização dos ensaios SPT;
- Penetrómetros Dinâmicos Super Pesados.

Da análise destes, procurou entender-se a variação das propriedades litológicas, interpretando assim as características geológico-geotécnicas.

Como resultado dessa análise, conclui-se que:

- A zona em estudo tem uma camada superficial de solo pouco resistente e muito deformável, tendo uma profundidade de cerca de 3 m nas zonas de maior espessura. É constituída por solo agrícola aluvionar;
- É fundamental que as fundações sejam implementadas no firme rochoso (Grés de Silves), que corresponde à camada mais resistente e menos deformável;
- É necessário ter em conta as medidas de contenção do talude, na zona noroeste do projeto, através da construção de um muro de suporte;
- É essencial prestar maior atenção à zona onde se fará a construção dos silos, visto ser a zona (noroeste) sujeita às maiores cargas;
- Deverá ter-se em conta as oscilações do nível freático no terreno, tendo em conta que, com a aproximação à linha de água, será detetado a menor profundidade;

- Próximo da linha de água, a zona geotécnica 1, apresenta uma maior espessura da camada, sendo que a ZG2 se encontra a maiores profundidades.

A partir dos dados obtidos neste estudo, elaboraram-se 6 perfis geológico-geotécnicos interpretativos (ver Anexo 2), de modo a abranger toda a área de implementação do edifício, sendo três deles com direção preferencial noroeste/sudeste (ver perfis A-B, C-D e E-F do Anexo 2) e os outros, nordeste/sudoeste (ver perfis G-H, I-J e K-L do Anexo 2).

Nestes, foi realizada uma interpretação da distribuição das zonas geotécnicas consideradas, baseando-se na prospeção efetuada e no conhecimento do tipo de terreno encontrado no local. No entanto, podem ocorrer variações locais que não foram detetadas, visto que, a informação obtida nos trabalhos desenvolvidos é pontual. Este facto, pode levar a interpretações que diferem da realidade do terreno. Na Figura 28, pode-se observar um exemplo de um perfil geotécnico realizado (perfil A-B), relativo ao terreno em estudo. A figura é apresentada em melhor qualidade no Anexo 2.

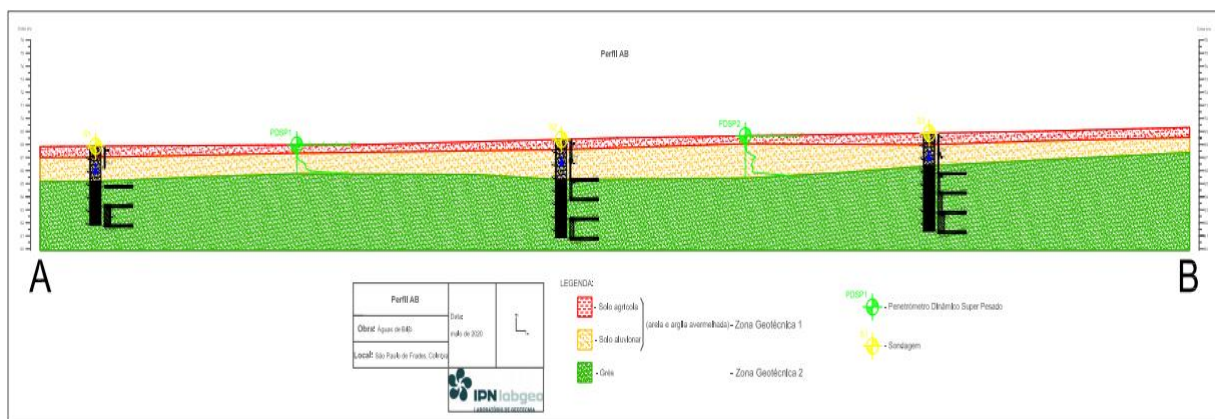


Figura 28- Perfil longitudinal do terreno, com as zonas geotécnicas representadas.

A ZG1, que é a primeira a ser encontrada, à medida que aumentamos a profundidade a partir da superfície, apresenta heterogeneidade sendo constituída, maioritariamente, por solo agrícola e aluvionar (areia com argila, argila com seixos) e classifica-se com baixa resistência e elevada deformabilidade. Como os valores de SPT são muito baixos, admite-se que a ZG1 não deve ser utilizada como terreno de fundação, devendo ser removida, na totalidade, para a execução das fundações.

A ZG 2, é constituída por Grés de Silves e apresenta-se como a mais resistente. Possui excelentes características, com valores de N_{SPT} de 60, atingindo-se a nega, tanto nos ensaios SPT como nos PDSP. É, portanto, a zona que apresenta melhores condições de fundação do terreno estudado.

Em termos de escavabilidade, a ZG1 será desmontável com recurso a meios mecânicos (pás mecânicas e/ou baldes de escavadoras).

Para a ZG2 (grés), poderá ser necessário recorrer à utilização de martelos hidráulicos de elevada energia de modo executar o desmonte da rocha, que geralmente é branda. Desaconselha-se o uso de explosivos pela proximidade às habitações e à via de comunicação.

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

CAPÍTULO

4

4. Capítulo 4 – Inspeções visuais de Taludes e Muros

4.1. Introdução

Este capítulo tem como objetivo abordar o trabalho realizado na manutenção preventiva de construções, a qual atua diretamente na redução de riscos associados, permitindo reduções de tempo, custos e acima de tudo, a perda de vidas humanas. Com isso em mente, foram realizadas Inspeções visuais de Taludes e Muros, na Subconcessão do Douro Interior (SDI), mais propriamente no IC5 (Itinerário Complementar 5) e IP2 (Itinerário Principal 2), em parceria com a Ascendi (Ascendi, 2020).

A Figura 29 apresenta os pilares chave da Ascendi durante a fase de exploração das infraestruturas (Ferreira, Neves, & Sanches, 2018).



Figura 29- Três pilares-chave da Ascendi, na fase de exploração da infraestrutura.

Fonte: Ascendi; Ferreira, Neves e Sanches (2018).

Desses três pilares, o trabalho apresentado ao longo deste capítulo foca-se no pilar da Inspeção Visual.

Os muros e taludes, correspondem a elementos estruturais que constituem faixas de proteção e delimitação das rodovias. Estes, encontram-se expostos a agentes erosivos, que tendem a degradar os seus constituintes. Por essa razão, anualmente, desenvolvem-se atividades, de modo a garantir as condições destas infraestruturas, que seguem as seguintes etapas:

- Desmatção;
- Limpeza de órgão de drenagem;
- Inspeção visual Completa e Inspeção Visual na Drenagem Superficial.

Esta última atividade permite:

- Editar ou recolher informações do cadastro de elementos constituintes dos taludes;
- Identificar patologias/ocorrências;
- Definir ações de manutenção/conservação, isto é, trabalhos a realizar de forma a tratar patologias identificadas;
- Atribuir Estados de Manutenção e de Conservação.

No total ao longo deste trabalho foram avaliados 509 taludes, dos quais 10 são de inspeção principal e 497 de inspeção de rotina, e 29 muros.

Para tal, utilizou-se a plataforma Sistema de Gestão de Infraestruturas Rodoviárias (SustIMS (Ferreira, Neves, & Sanches, 2018)) (Figura 30), fornecida pela Ascendi. Esta tem como objetivo garantir uma gestão sustentável das infraestruturas rodoviárias, de modo a que se possa avaliar mais facilmente a necessidade de futuras intervenções, visto que, compila todas as informações recolhidas.



Figura 30- Plataforma "SustIMS".

Fonte: (Ascendi, 2020)

A inspeção visual, focou-se, maioritariamente, na Drenagem Superficial, salvo alguns casos em que foi necessário efetuar inspeção completa. Devido ao risco associado à inspeção, antes do início da campanha de campo, são avaliadas as condições de segurança de cada

talude a inspecionar, sendo preenchida a Ficha de Procedimentos de Segurança, com base no Manual de Segurança e Circulação e no Manual de Sinalização Temporária da Ascendi.

Os trabalhos incidiram em taludes de aterro (Figura 31), taludes de escavação (Figura 32) e muros (Figura 33). Os taludes de aterro resultam da deposição de material, quando a fundação tem pouca capacidade de suporte ou de nivelar o terreno, de modo a garantir as condições necessárias para a infraestrutura. Por outro lado, os aterros de escavação são resultantes de um processo de corte, com o objetivo de retirar material.



Talude de Aterro

Figura 31- Talude de Aterro, localizado no IP2 (Vila Nova de Foz Côa).



Talude de Escavação

Figura 32- Talude de Escavação, localizado no IC5 (Mogadouro).

Relativamente aos muros, que podem ser de aterro ou de escavação tal como os taludes, são estruturas de contenção que visam dar estabilidade ao talude de modo a evitar a sua rutura, contendo assim, possíveis deslizamentos ou desabamentos. Estes, podem ser constituídos por diferentes materiais, sendo que neste caso, foram avaliados muros de gabiões e de betão.



Figura 33- Muro de Gabiões de Aterro, localizado no IP2 (Trancoso - São Pedro).

4.2. Inspeção de Taludes

4.2.1. Inspeção de Rotina (Drenagem Superficial)

As inspeções de drenagem superficial, foram realizadas em taludes de aterro e de escavação. Estas, têm como objetivo, através da observação visual, analisar o estado de manutenção dos componentes, por forma a garantir que estes estejam em bom estado, garantindo assim o seu funcionamento correto.

Desta forma, estas baseiam-se na análise dos componentes de drenagem superficial visíveis à superfície, como por exemplo:

- Valetas de Plataforma;
- Valetas de Banqueta;
- Valetas de Bordadura;
- Valas de Crista;
- Valas de Pé;
- Descidas de Talude;
- Caixas de Visita;
- Caixas de Receção;
- Caixas de Ligação;
- Passagem Hidráulica;

Nessa análise, verifica-se a existência de patologias nesses componentes, as quais podem ser:

- Assoreamento;
- Assoreamento (Caixas+DT);
- Descalçamento I;
- Descalçamento II;
- Descalçamento I (Caixas+DT);
- Descalçamento II (Caixas+DT);
- Elemento Partido;
- Elemento Partido I (Caixas+DT);
- Elemento Partido II (Caixas+DT);
- Fenda;
- Obstrução;
- Obstrução I (Caixas DT);
- Obstrução II (Caixas DT);

- Vegetação I (vegetação rasteira, seca que dificulta passagem de água);
- Vegetação II (de maior quantidade que a anterior, obstruindo praticamente o componente) ;
- Vegetação III (de grande extensão e altura, impede a visualização do componente, obstruindo completamente o componente);
- Outros;
- Partido (Tampa);
- Estagnação de Água;
- Ravinamento Superficial;
- Obstrução Parcial (Tampa);
- Sem Tampa;
- Fissuração (<2mm);
- Sem Fundo.

À medida que se analisam os componentes, associa-se uma patologia (caso se verifique) e regista-se fotograficamente na plataforma da Ascendi para posterior análise, como se pode observar na Figura 34.

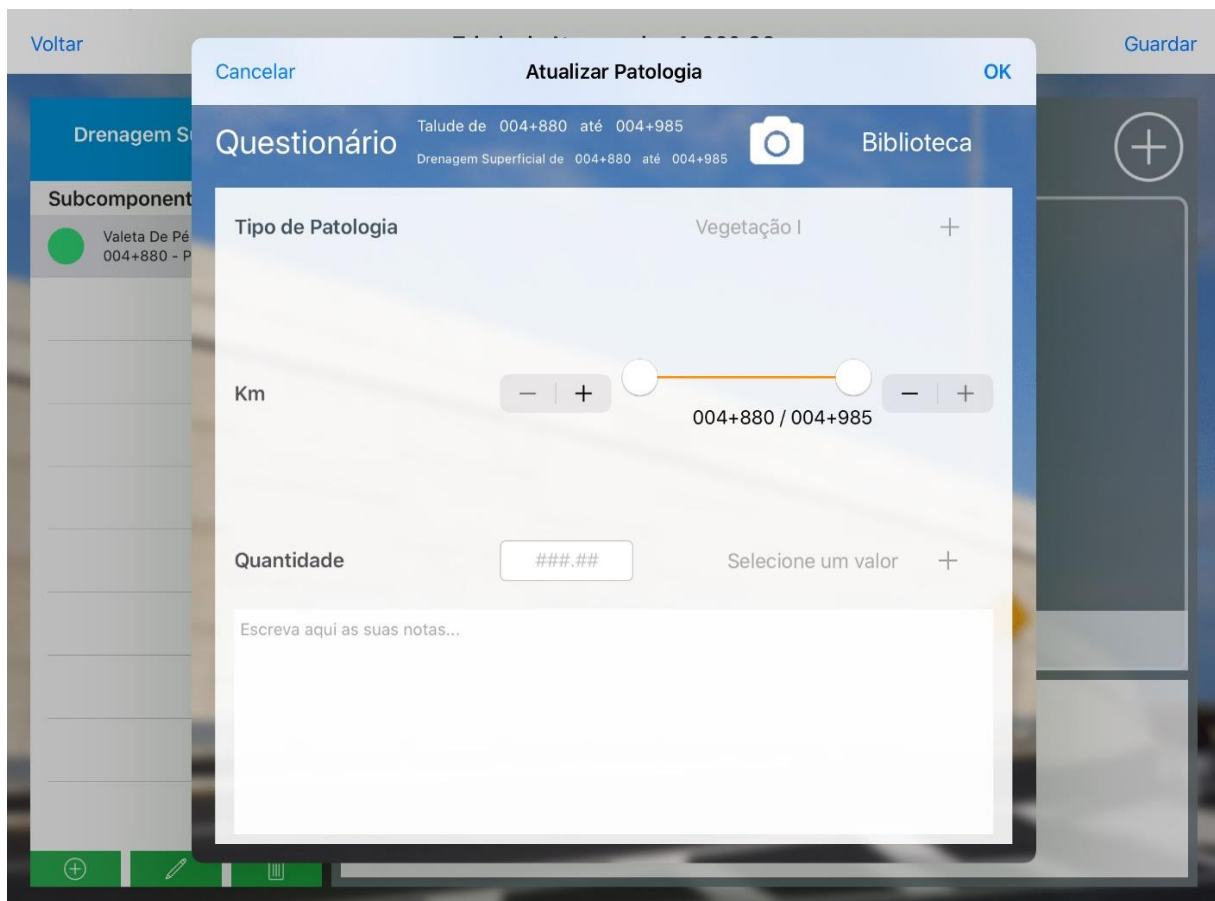


Figura 34- Display plataforma SustIMS (patologia drenagem superficial).

Fonte: (Ascendi, 2020)

Na Figura 34, encontra-se o display da plataforma onde se insere a informação da patologia. Seleciona-se o tipo de patologia e de seguida, no canto superior direito, onde se encontra o ícone da câmara fotográfica inserem-se as fotografias das patologias, ficando estas disponíveis na *Biblioteca*. De seguida, a plataforma permite definir a localização em quilómetros da patologia, ou seja, o início e o fim desta ao longo do componente de drenagem que estamos a analisar. Neste âmbito, é fornecido ao utilizador uma barra nomeada por *km* (ver Figura 34) delimitada por “+” e “-”. Por último, o display da plataforma de drenagem superficial possui um campo onde permite registar algumas notas relevantes, associadas ao talude em questão. Após preencher esses dados, guardamos a informação e finaliza-se a inspeção do talude em questão.

Na situação de se detetar um componente do talude presente na plataforma, que esteja em falta no talude em si ou que a informação esteja errada e ser necessário modificar o nome do componente, ou mesmo até adicionar um componente presente que não consta na lista da plataforma, depois de confirmar com os responsáveis da Ascendi, podemos alterar essa informação nos três quadrados verdes, rodeados pelo círculo vermelho na Figura 35.

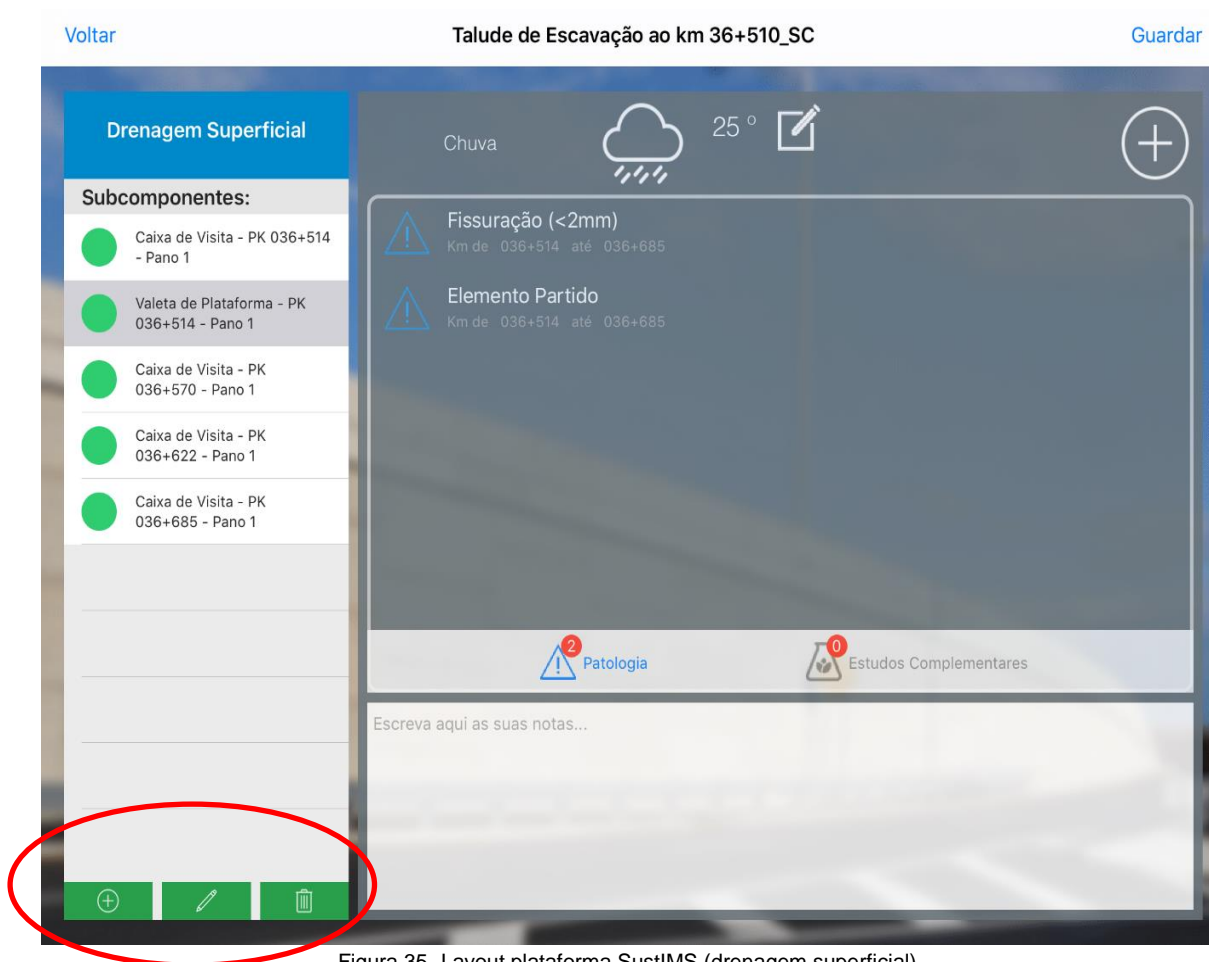


Figura 35- Layout plataforma SustIMS (drenagem superficial).

Fonte: Ascendi

4.2.2. Inspeção Principal

A inspeção principal corresponde a uma inspeção completa em que é necessário avaliar todos os componentes da infraestrutura. Nesta, além da Drenagem Superficial, como fizemos anteriormente, há que analisar todos os componentes, sendo estes os Panos, a Drenagem Profunda e Equipamentos. Os últimos, referem-se a vedações, rails, portões, nos quais é necessário analisar o estado de conservação e propor a sua manutenção, se for necessário.

Relativamente à Drenagem Profunda, não foi realizada uma vez que requer uso de máquinas específicas sendo o seu acesso limitado.

Assim sendo, as patologias que serão tidas em consideração na Inspeção Principal, além das referidas na Drenagem Superficial, são as seguintes:

- Abatimentos;
- Erosão Superficial;
- Erosão Interna;
- Escorregamento;
- Deposição de material;
- Deslizamento Planar;
- Deslizamento Circular;
- Fenda(s);
- Fissuração na Impermeabilização;
- Presença de Água (Fluído);
- Presença de Água (Húmido);
- Presença de Água (Gotejante);
- Presença de Vegetação;
- Presença de Blocos (Grandes);
- Presença de Blocos (Médios);
- Presença de Blocos (Pequenos);
- Queda de Blocos;
- Ravinamento Profundo;
- Ravinamento Superficial;
- Outros.

Em simultâneo com a análise dos taludes são identificadas as patologias associadas, sendo necessário introduzir na plataforma o estado de manutenção (bom, médio ou mau), o

risco associado à patologia (nulo, médio ou elevado) e a dimensão da patologia (pequena, média ou grande) (Figura 36).

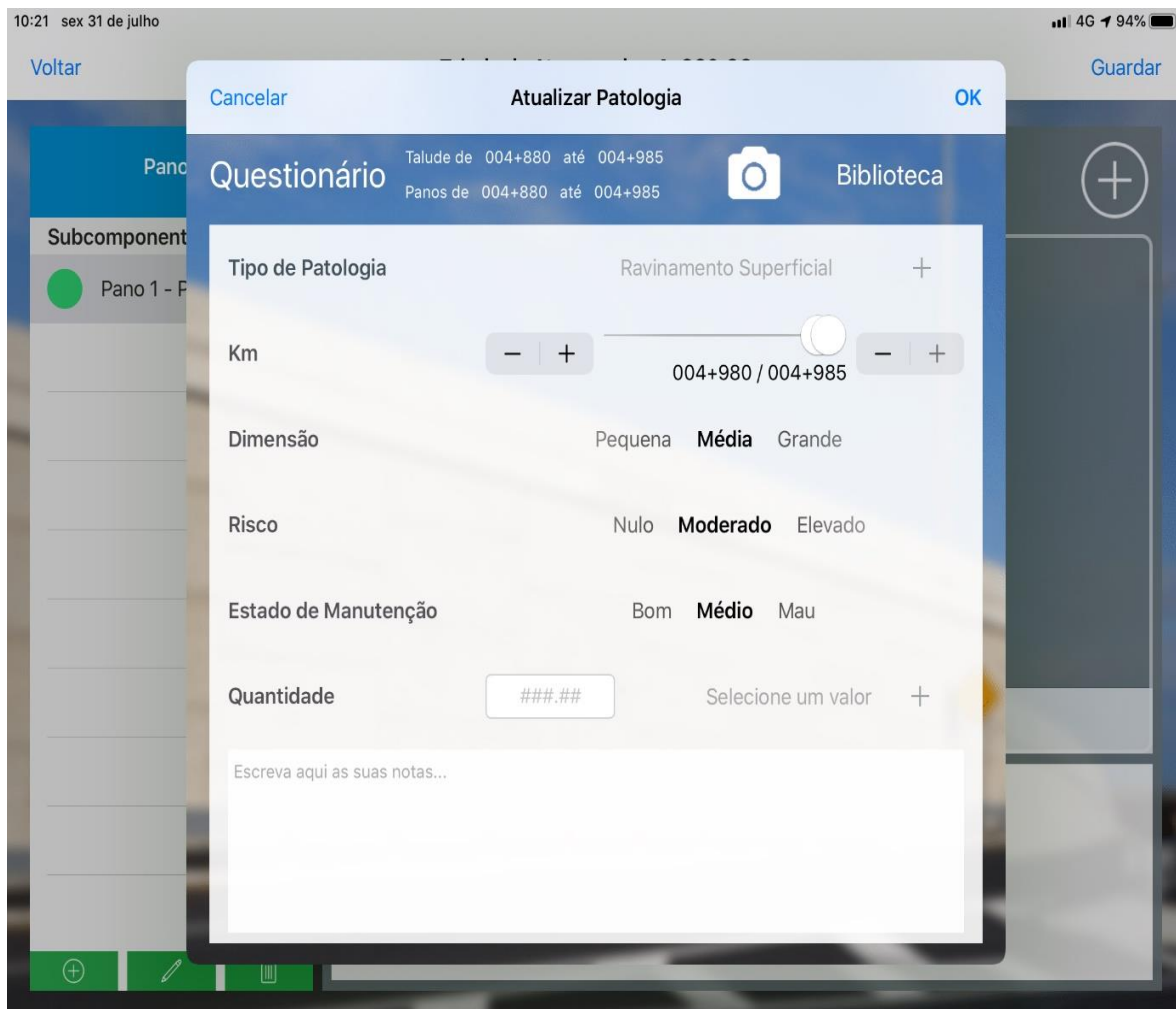


Figura 36- Display SustIMS (patologia de inspeção principal).
Fonte: (Ascendi, 2020)

4.3. Inspeção de Muros

Relativamente à inspeção dos muros, foram identificados dois tipos diferentes, nomeadamente, muros de gavião (Figura 33) e de betão (Figura 37).

A inspeção de cada tipo de muro é ligeiramente diferente, visto que, nos muros de gavião tem de se ter em consideração determinados aspetos que não estão presentes nos muros de betão, como por exemplo, a presença de vazios e a malha metálica, como é perceptível na Figura 33 e na de betão (Figura 37).



Figura 37- Muro de Betão, localizado no IP2 (Macedo de Cavaleiros- Bornes).

A plataforma SustIMS não está desenvolvida para a inspeção de muros. Desta forma, foi fornecido um documento de Excel previamente construído, de forma a simplificar o trabalho. Assim, a Figura 38 apresenta a Ficha de Inspeção Visual de Muros de Escavação da Ascendi.

ascendi		FICHA DE INSPEÇÃO VISUAL MUROS DE ESCAVAÇÃO			ESCAVAÇÃO 042+865 - 043+135		SDI
		DECRESCENTE NÓ DE CARLÃO - NÓ DE PINHAL NORTE <td colspan="2">MURO B.A. C/ ANCORAGENS <td>IC5</td> </td>			MURO B.A. C/ ANCORAGENS <td>IC5</td>		IC5
		PLENA VIA					LOTE 6.2
DATA		MATRÍCULA	SDI.VLR.IC5.042+865.ME.D.D.SL		T.F.		INSP.
ENTIDADE		Pk [CADASTRO]	042+865	043+135	H _{MAX}		-
EXECUTOU		Pk [INSP]			NºNIVEIS		1
CLIMA		Pk [TF]	014+865	015+135			
			[Pk INICIAL]	[Pk FINAL]			[EXTENSÃO]
FOTOGRAFIA DE CONTEXTO - INÍCIO DO MURO				FOTOGRAFIA DE CONTEXTO - FIM DO MURO			

Figura 38- Ficha de Inspeção Visual Muros de Escavação.

Fonte: (Ascendi, 2020)

Tal como na plataforma SustIMS, requer fotos do início e fim do muro, apresentando apenas diferenças no facto de existir a necessidade de preencher a data, entidade que realiza a

inspeção, quem a executou e as condições climáticas relativas ao momento em que foi realizada a inspeção.

Por sua vez, a inspeção dos muros é realizada por níveis. Um nível corresponde a cada bancada que se apresenta no muro, ainda que esta possua tamanhos reduzidos. Em cada nível é necessário registar a altura aproximada, a inclinação, os pontos quilométricos em que a patologia se encontra, a fotografia da patologia e a recomendação, como se pode observar na Figura 39.

NÍVEIS						
CADASTRO						
NÍVEIS	ALTURA [M]	INCLINAÇÃO	NÍVEIS	ALTURA [M]	INCLINAÇÃO	
NÍVEL 1						
PATOLOGIAS						
ID	PK INICIAL	PK FINAL	NÍVEL	PATOLOGIA	FOTO	RECOMENDAÇÃO
1						
2						
3						

Figura 39 - Níveis da Inspeção de Muros.

Fonte: (Ascendi, 2020)

Após a identificação dos níveis são realizadas outras observações relativamente à inspeção dos muros. Estas observações dividem-se na análise dos equipamentos (pavimento, vedação, guarda de segurança e maciço fundação) e da instrumentação (inclinómetros/piezómetros, alvos topográficos e células de carga), como se ilustra na Figura 40. A instrumentação de inclinómetros, células de carga e alvos topográficos requer a sua contagem/leitura.

O restante preenchimento é semelhante, sendo necessário apresentar os pontos quilométricos em que está compreendida a patologia, o nível em que se encontra (no caso de se encontrar num nível), as fotos e as recomendações que sejam necessárias.

OUTRAS OBSERVAÇÕES - EQUIPAMENTOS						
EQUIPAMENTOS						
INDÍCIOS DE INSTABILIZAÇÃO	PK INICIAL	PK FINAL	FOTOS	OBSERVAÇÕES		
PAVIMENTO						
VEDAÇÃO						
GUARDA DE SEGURANÇA						
MACIÇO FUND. EQUIPAMENTOS						
INSTRUMENTAÇÃO						
TIPO	QTD	PK INICIAL	PK FINAL	FOTOS		
INCLINÓMETROS/PIEZÓMETROS						
ALVOS TOPOGRÁFICOS						
CÉLULAS DE CARGA						
PATOLOGIAS						
ID	TIPO EQUIP. INSTRUM.	NÍVEL	PATOLOGIAS	PK	FOTOS	RECOMENDAÇÕES
1						
2						
3						

Figura 40- Layout das Outras Observações – Equipamentos (inspeção de muros).

Fonte: (Ascendi, 2020)

4.4. Estados de Conservação, Manutenção e Relatório

Depois de os dados de campo serem recolhidos, determina-se em gabinete, o estado de manutenção (Tabela 9) e conservação (Tabela 10) dos taludes e dos muros, sendo que os resultados serão mencionados no próximo ponto, do presente capítulo.

Na Tabela 9 encontra-se apresentado as medidas que devem ser tidas em consideração quanto ao estado de manutenção:

1	Bom	Sem necessidade de efetuar manutenção.
2	Médio	Necessidade de efetuar manutenção em 6 meses .
3	Mau	Necessidade de efetuar manutenção em 3 meses .

Tabela 9- Estado de Manutenção relativo às patologias do talude.

Fonte: (Ascendi, 2020)

O estado de manutenção de um talude (Tabela 9), classifica-se em Bom (1), Médio (2) ou Mau (3), tendo em conta o tipo e extensão das patologias associadas. Às últimas associam-se ações de manutenção indispensáveis de modo a permitir a sua funcionalidade e conseqüentemente, a funcionalidade dos componentes existentes, ações estas, focadas na eliminação de fenómenos de degradação gradativa.

As ações em questão têm como principal objetivo, atenuar as patologias de reduzida complexidade, como por exemplo, a desmatação, limpeza, selagem do material fissurado, entre outros.

Na Tabela 10 apresentam-se as medidas a tomar, relativas ao estado de conservação.

1	Muito Bom	Sem patologias, não é necessário efetuar qualquer reparação
2	Bom	Terão de ser efetuados trabalhos de reparação tais como, selagem dos órgãos de drenagem, preenchimento de ravinamentos, impermeabilização de fissuras, campanhas de observação visual etc, num prazo inferior a 2 anos, com meios próprios, caso seja possível.
3	Médio	Terão de ser efetuados trabalhos de reparação tais como, reparações dos órgãos de drenagem, Preenchimento de ravinamentos, impermeabilização de fissuras, campanhas de monitorização etc., num prazo inferior a 1 ano, com meios próprios, caso seja possível. Caso contrário deverá proceder-se a elaboração de uma Nota Técnica e consequente execução da Empreitada.
4	Mau	Verificar a necessidade de implementação de medidas de intervenção imediatas. Verificar a necessidade de promover campanhas de monitorização. Proceder à elaboração de uma Nota Técnica/Projeto para a sua reparação num prazo de 3 a 6 meses.
5	Muito Mau	Criar estado de alerta imediato. Ativar todos os mecanismos inerentes à implementação de medidas de intervenção imediatas. Monitorizar diariamente. Proceder à elaboração de uma Nota Técnica/Projeto para a sua reparação num prazo curto de 0 a 3 meses.

Tabela 10- Significado da avaliação do estado geral de conservação.

Fonte: (Ascendi, 2020)

O estado de conservação (Tabela 10), classifica-se de 1 (muito bom) a 5 (muito mau), baseando-se no tipo e extensão das patologias nas quais se implementam ações de conservação fundamentais de modo a repor a estabilidade do talude ou do muro, carecendo de uma caracterização geológica-geotécnica e hidrogeológica. Deste modo, estas ações, são de carácter corretivo e englobam a execução de trabalhos que requerem conhecimentos técnicos aprofundados. São designadas como ações de conservação a reabilitação, reparação e reforço.

Por último, é elaborado um relatório final que apresenta a seguinte estrutura (Ferreira, Neves, & Sanches, 2018):

- Uma introdução na qual é apresentado o âmbito da inspeção e o seu enquadramento geográfico;

- Caracterização geográfica e geológica da zona de localização dos taludes e muros inspecionados;
- Metodologia adotada para as inspeções visuais;
- Apresentação dos resultados com a indicação da tipologia dos taludes inspecionados (talude escavação e talude de aterro), as patologias observadas por componente e o estado de manutenção e de conservação dos componentes.
- Considerações finais onde é efetuada uma análise global da inspeção realizada.

4.5. Resultados obtidos

4.5.1. Taludes de Escavação e Aterro

- Subconcessão Douro Interior - IP2

De acordo com as inspeções realizadas no IP2 (completas e de rotina), as patologias que foram maioritariamente encontradas nos taludes inspecionados foram as seguintes (Figura 41, Figura 42, Figura 43 e Figura 44):

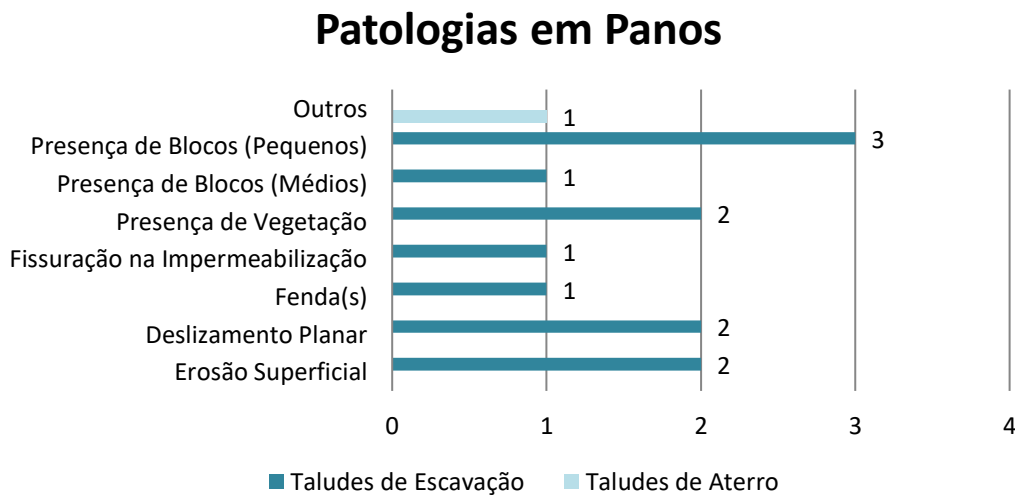


Figura 41- Patologias presentes nos panos dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (inspeção completa) (TPF, 2020).

Patologias na Drenagem

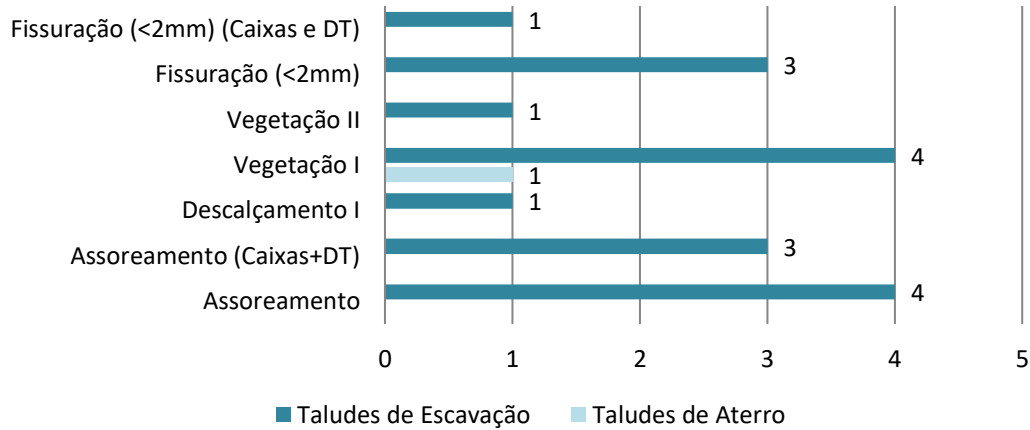


Figura 42- Patologias presentes nos sistemas de drenagem dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (inspeção completa).

Patologias na Proteção Superficial

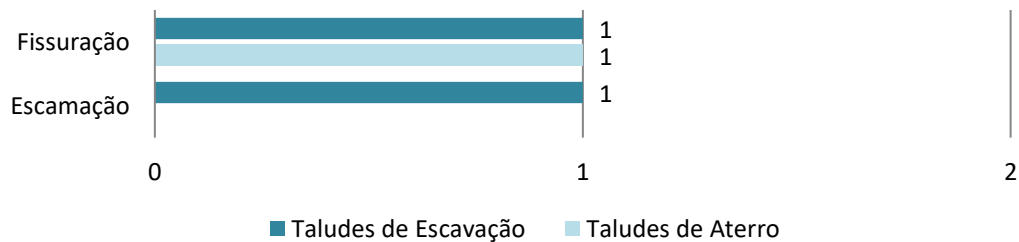


Figura 43- Patologias presentes na proteção superficial dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (inspeção completa) (TPF, 2020).

Patologias na Drenagem

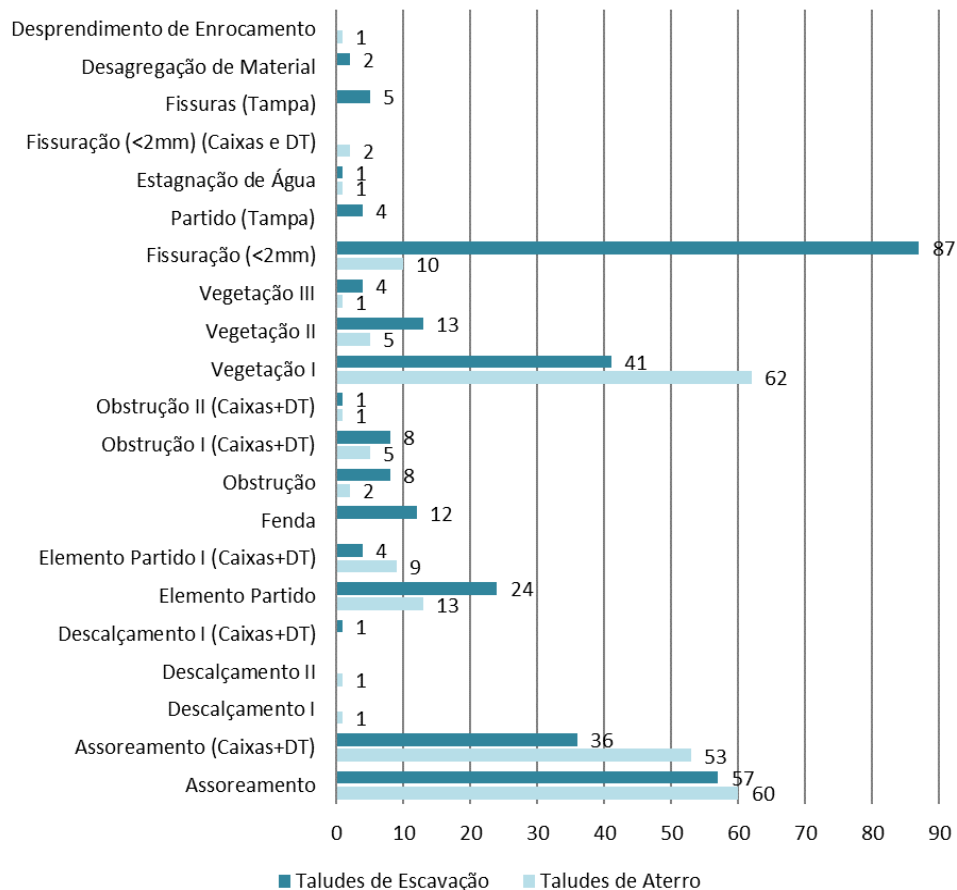


Figura 44- Patologias presentes nos sistemas de drenagem dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (inspeção de rotina) (TPF, 2020).

Num total de 248 taludes inspecionados no IP2, 7 tiveram inspeção completa e nos restantes 241, foi realizada inspeção de rotina.

Quando à inspeção completa, verifica-se que o sistema de drenagem (Figura 42) é o que apresenta maior percentagem de patologias, sendo essas a Vegetação I e o Assoreamento.

Em relação aos panos (Figura 41) a patologia mais observada foi a Presença de Blocos (Pequenos), seguindo-se da proteção superficial (Figura 43- Patologias presentes na proteção superficial dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (inspeção completa).Figura 43), em que as patologias associadas são a Fissuração e Escamação.

Já nas inspeções de rotina (Figura 44), em que inspecionaram apenas os órgãos de drenagem, a patologia mais observadas foram a Fissuração (<2mm), a Vegetação I, seguindo-se de Assoreamento.

Seguidamente, apresentam-se na Figura 45, Figura 46 e Figura 47 a repartição dos estados de manutenção e conservação dos taludes de escavação e de aterro inspecionados no Itinerário Principal 2 (IP2).

Estado de Manutenção SDI - IP2 (inspeção completa)

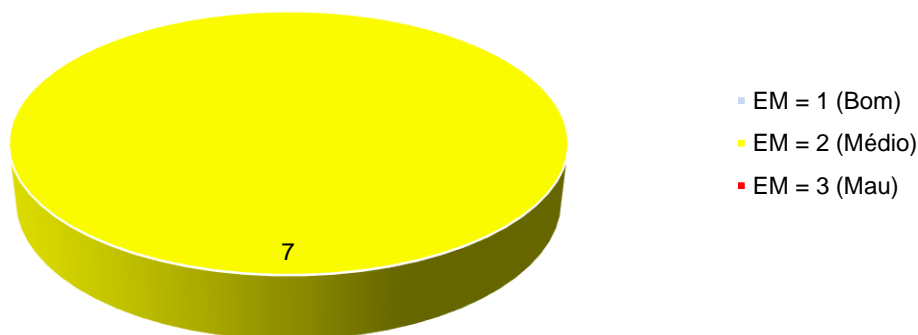


Figura 45- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IP2, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 7 taludes com inspeção completa) (TPF, 2020).

De acordo com a Figura 45, observa-se que, os 7 taludes de inspeção completa do IP2, apresentam um estado de manutenção médio, sendo então necessário se efetue manutenção em 6 meses.

Já em relação ao estado de conservação (ver Figura 46) classificam-se 1 como muito bom, 1 com classificação média e 5 considerados bons.

Estado de Conservação SDI - IP2 (inspeção completa)

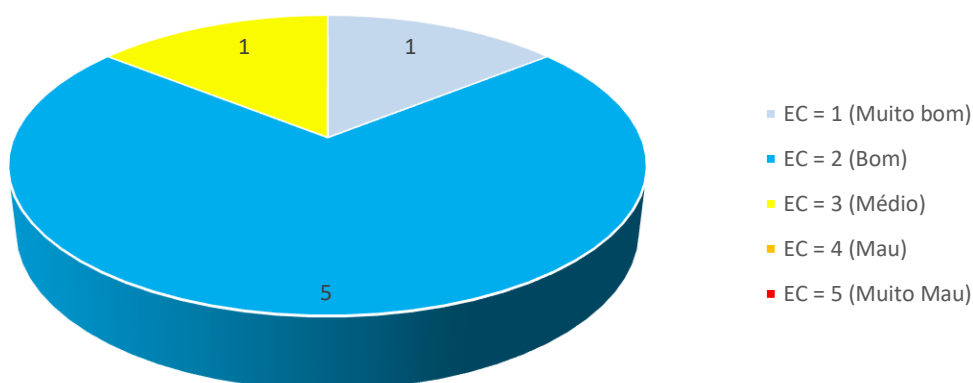


Figura 46- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IP2, de acordo com o Estado de Conservação (total de 7 taludes com inspeção completa) (TPF, 2020).

Quanto à inspeção de rotina, na Figura 47, num total de 241 taludes, verifica-se que 1 encontra-se classificado como muito mau, 65 como médios e 175 como estando em bom estado de manutenção.

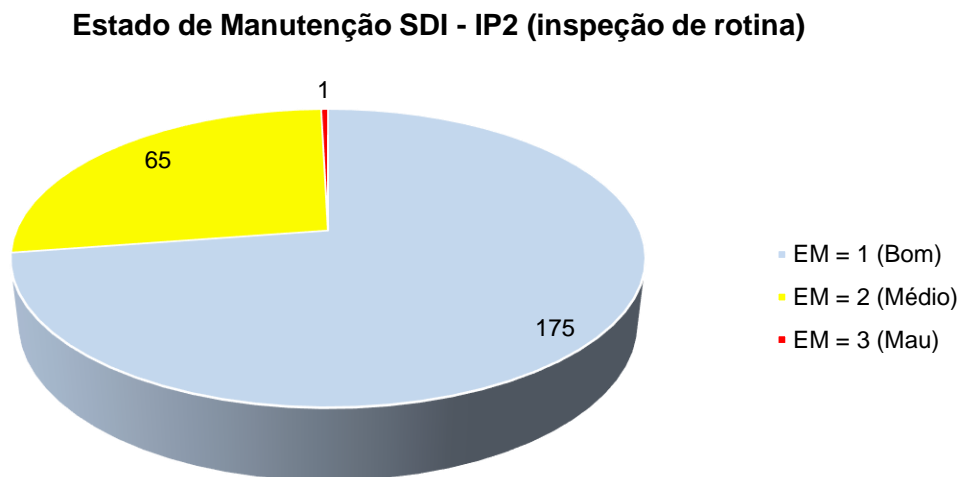


Figura 47- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IP2, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 241 taludes com inspeção de rotina) (TPF, 2020).

- Subconcessão Douro Interior – IC5

De acordo com as inspeções realizadas no IC5 (completas e de rotina), as patologias que foram maioritariamente encontradas nos taludes inspecionados foram as seguintes (Figura 48, Figura 49, Figura 50 e Figura 51) :

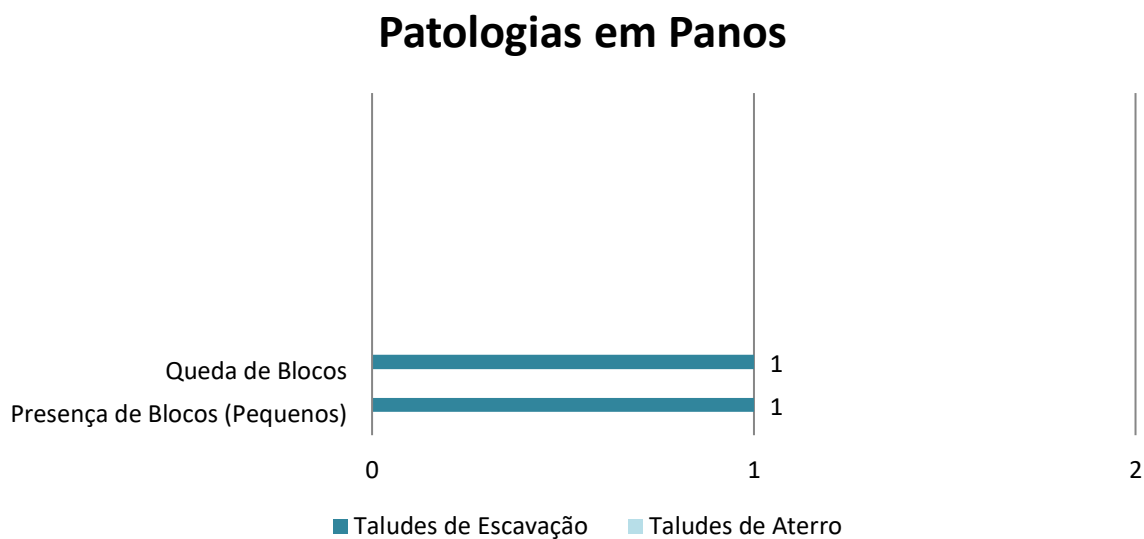


Figura 48- Patologias presentes nos panos dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (inspeção completa) (TPF, 2020).

Patologias na Drenagem

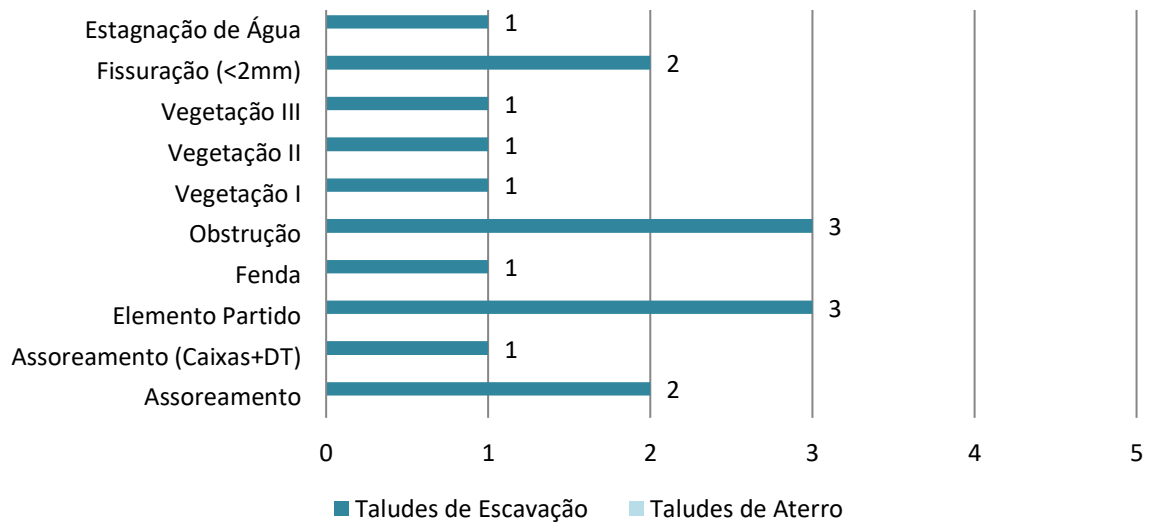


Figura 49- Patologias presentes nos sistemas de drenagem dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (inspeção completa) (TPF, 2020).

Patologias na Proteção Superficial

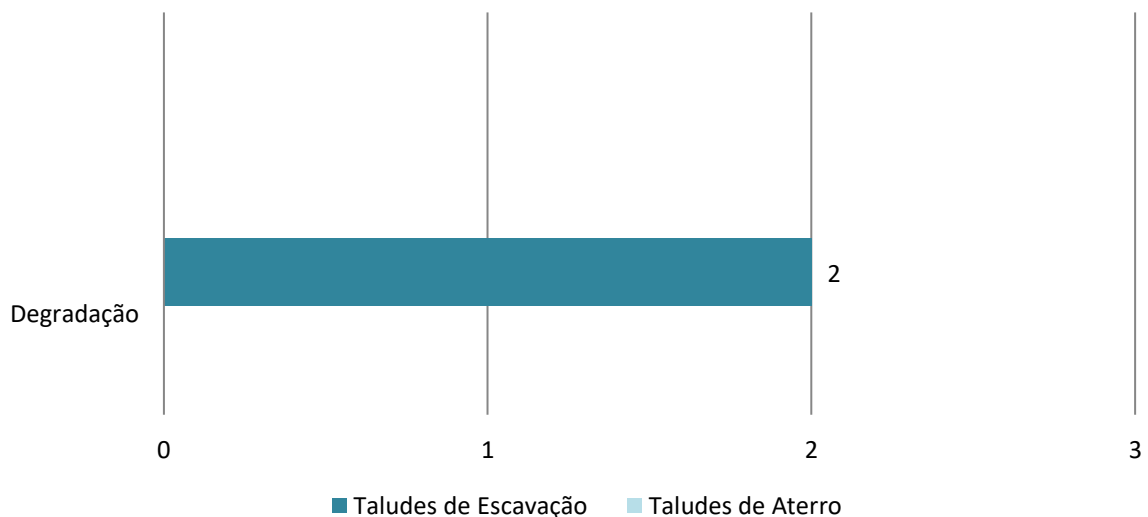


Figura 50- Patologias presentes na proteção superficial dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (inspeção completa) (TPF, 2020).

Patologias na Drenagem

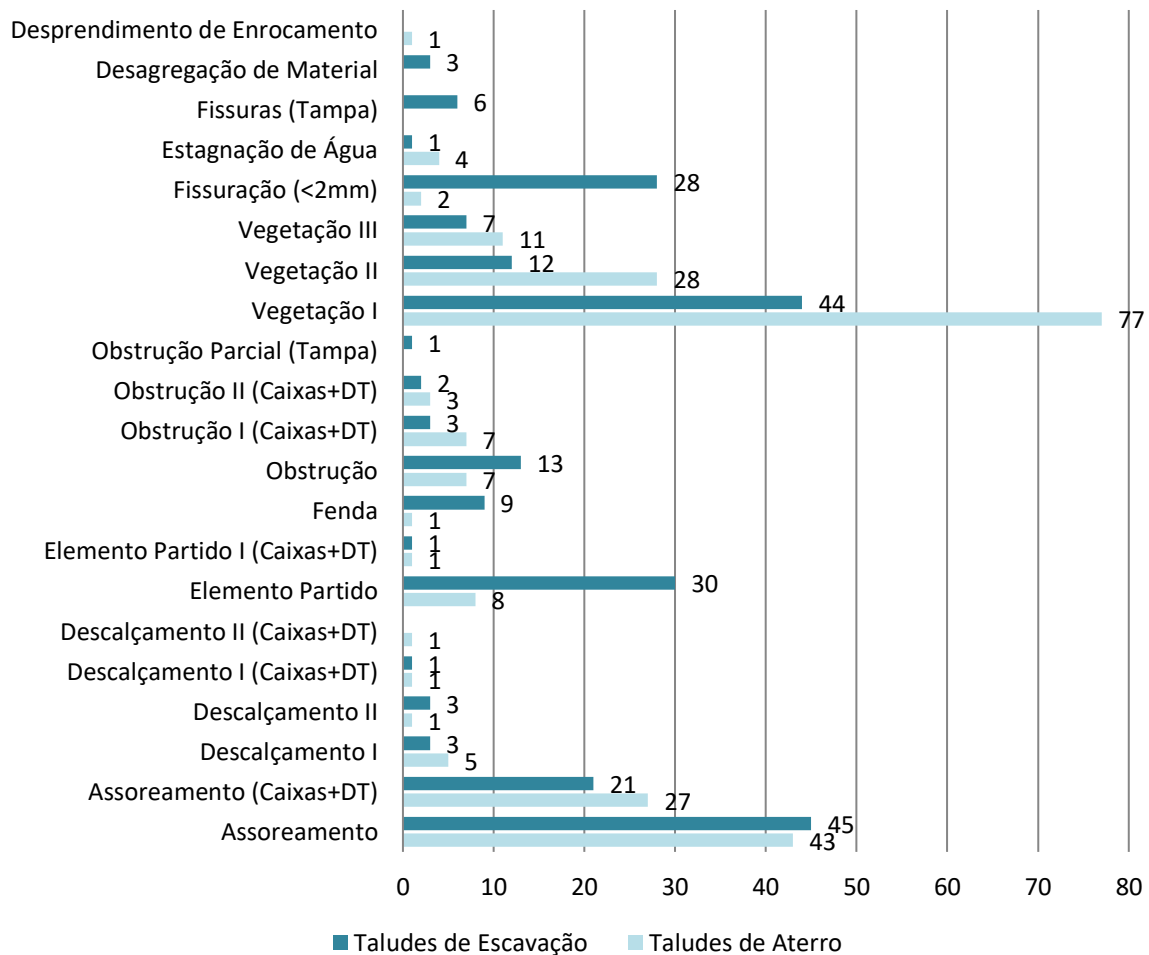


Figura 51- Patologias presentes nos sistemas de drenagem dos taludes de escavação e aterro inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (inspeção de rotina) (TPF, 2020).

Dos 261 taludes inspecionados no IC5, 3 deles foram sujeitos a uma inspeção completa e os 258 restantes, a uma inspeção de rotina.

Relativamente aos taludes de inspeção completa, verifica-se, que no sistema de drenagem (Figura 49) há uma maior percentagem de patologias, seguido da proteção superficial (Figura 50) e dos panos (Figura 48). Observando os gráficos anteriormente referidos, nos panos as duas patologias encontradas foram a Presença de Blocos (Pequenos) e a Queda de Blocos. Relativamente ao sistema de drenagem verifica-se que Vegetação I e o Assoreamento, são as mais observadas. Por último, a patologia associada à proteção superficial é a Degradação.

Já nas inspeções de rotina, em que inspecionaram apenas os órgãos de drenagem (Figura 51), a patologia mais observada foi a Vegetação I, seguindo-se de Assoreamento.

Nas seguintes figuras (Figura 52, Figura 53 e Figura 54) encontra-se representada a repartição dos estados de manutenção e conservação dos taludes de escavação e de aterro inspecionados no Itinerário Complementar 5, sendo que 3 foram alvo de uma inspeção completa (Estado de Manutenção e Estado de Conservação) e 258 tiveram uma inspeção de rotina (Estado de Manutenção).

Estados de Manutenção SDI - IC5 (inspeção completa)

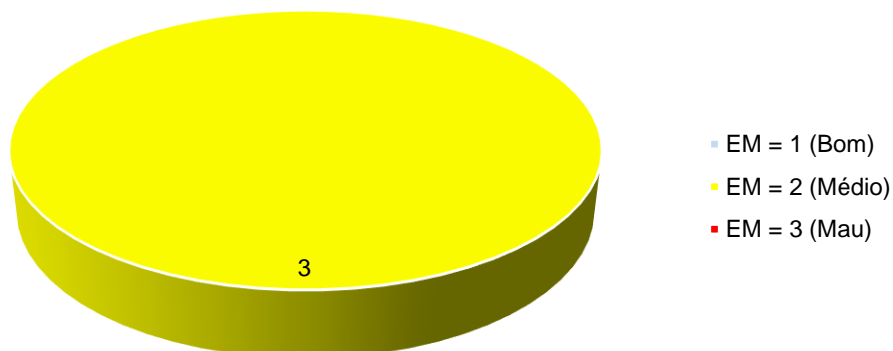


Figura 52- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IC5, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 3 taludes com inspeção completa) (TPF, 2020).

Relativamente à Figura 52 conclui-se que os 3 taludes de inspeção completa apresentam um Estado de Manutenção Médio.

No que respeita ao Estado de Conservação, o qual é apresentado na Figura 53, pode-se observar que existem 2 taludes com Estado de Conservação Bom e 1 talude com Estado de Conservação Médio.

Estado de Conservação SDI - IC5 (inspeção completa)

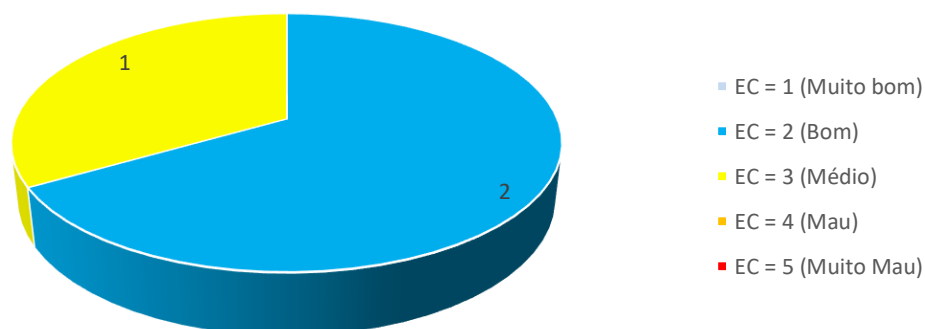


Figura 53- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IC5, de acordo com o Estado de Conservação (total de 3 taludes com inspeção completa) (TPF, 2020).

Quanto ao estado de manutenção, dos taludes de inspeção de rotina (ver Figura 54), verifica-se que 194 taludes apresentam Estado de Manutenção Bom, 58 apresentam Estado de Manutenção Médio e 6 taludes apresentam Estado de Manutenção Mau.

Estados de Manutenção SDI - IC5 (inspeção de rotina)

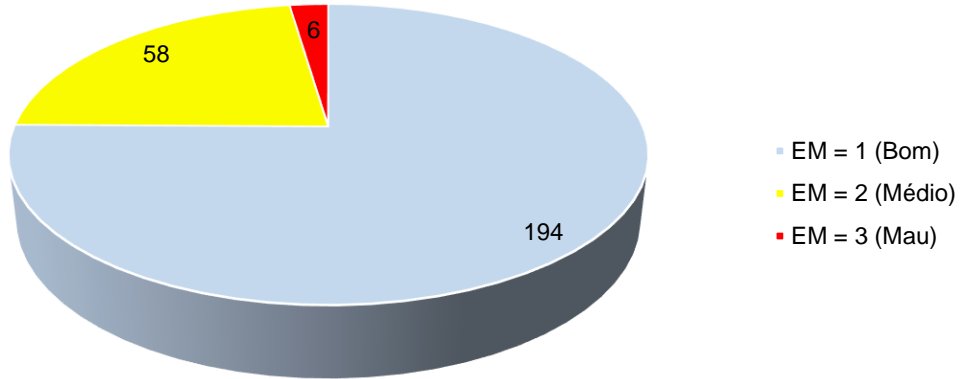


Figura 54- Distribuição dos taludes de aterro e escavação inspecionados no IC5, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 258 taludes com inspeção de rotina) (TPF, 2020).

4.5.2. Muros

Na Subconcessão Douro Interior – IP2 e IC5, foram inspecionados, respetivamente, 11 e 18 muros que apresentam patologias localizadas nos níveis e nos sistemas de drenagem.

Quanto a muros de aterro, foram inspecionados 6 no IP2 e 17 no IC5. Por outro lado, relativamente aos muros de escavação, foram inspecionados 5 no IP2 e 1 no IC5.

- Subconcessão Douro Interior – IP2

De acordo com as inspeções realizadas aos muros no IP2, as patologias que foram maioritariamente encontradas nos constituintes foram as seguintes (Figura 55, Figura 56 e Figura 57):

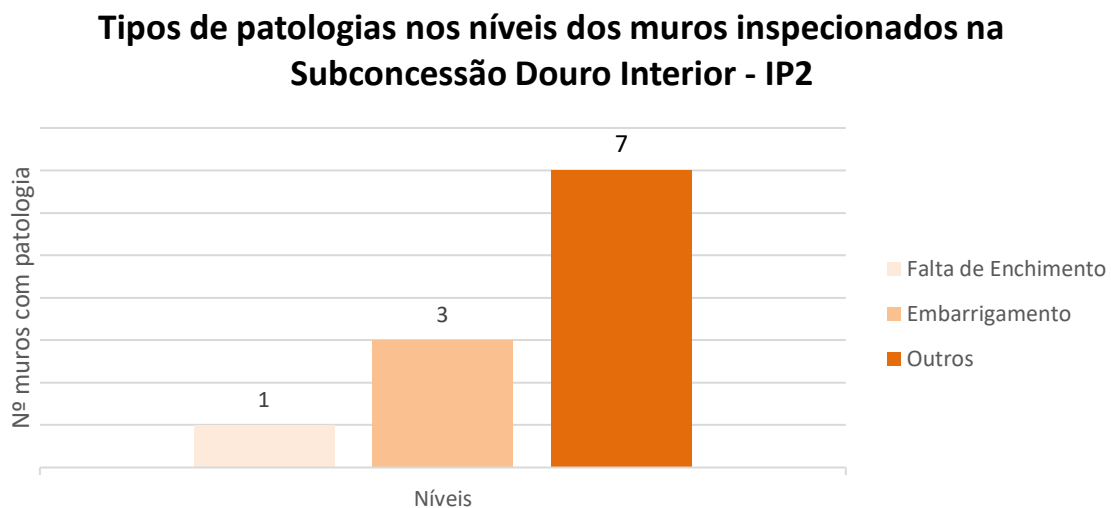


Figura 55- Tipo de patologias observadas em relação aos níveis dos muros inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (total de 11) (TPF, 2020).

Em relação aos níveis dos muros (Figura 55), as patologias mais observadas foram a queda de blocos que se encontram englobadas na patologia “Outros”.

Relativamente aos sistemas de drenagem (Figura 56), as patologias mais observadas foram o Assoreamento, Obstrução e Fissuração (<2mm).

Finalmente, em relação aos equipamentos (Figura 57), a patologia que se verifica é Proteção Danificada.

Tipos de patologias no sistema de drenagem dos muros inspecionados na Subconcessão do Douro Interior - IP2

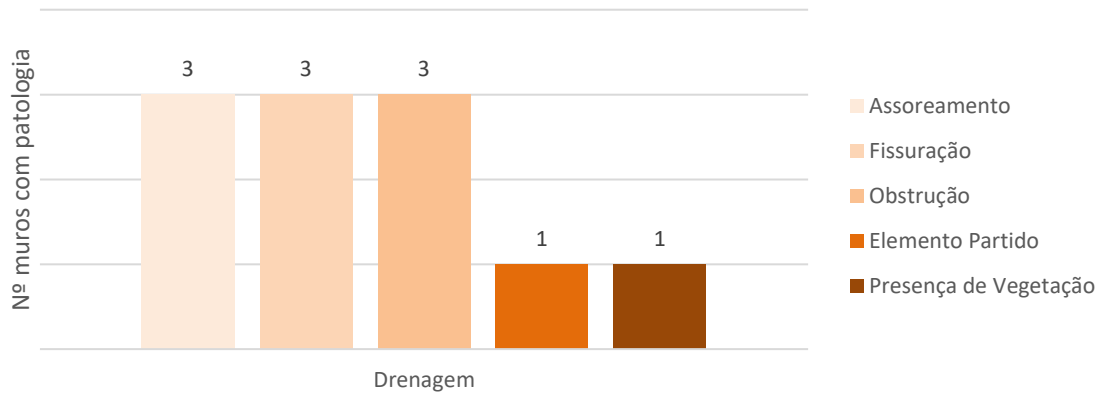


Figura 56- Tipo de patologias observadas no sistema de drenagem dos muros inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (total de 11) (TPF, 2020).

Tipos de patologias nos equipamentos dos muros inspecionados na Subconcessão do Douro Interior - IP2

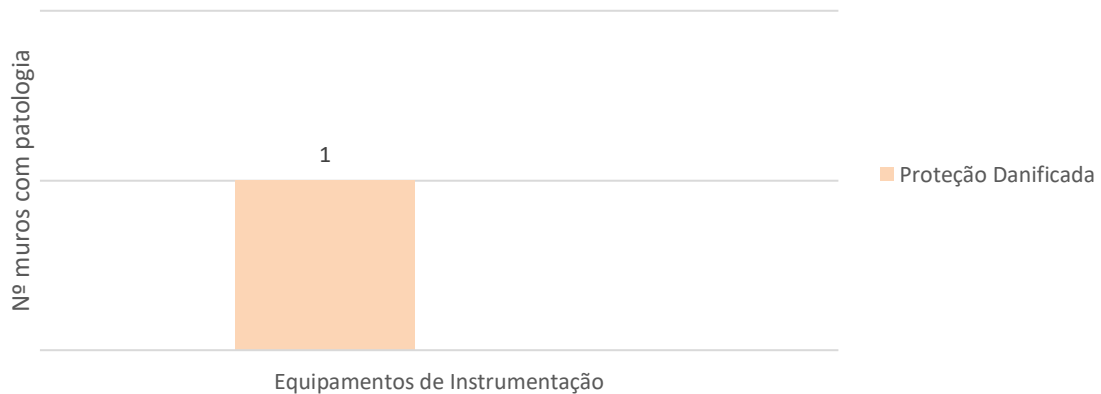


Figura 57- Tipo de patologias observadas nos equipamentos de instrumentação dos muros inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IP2 (total de 11) (TPF, 2020).

Seguidamente, apresenta-se na Figura 58, a distribuição dos muros inspecionados no IP2. De acordo com o seu Estado de Manutenção, pode observar-se que existem 7 muros que apresentam um Estado de Manutenção Bom e 4 muros que apresentam um Estado de Manutenção Médio.

Muros
Estado de Manutenção Subconcessão Douro Interior - IP2

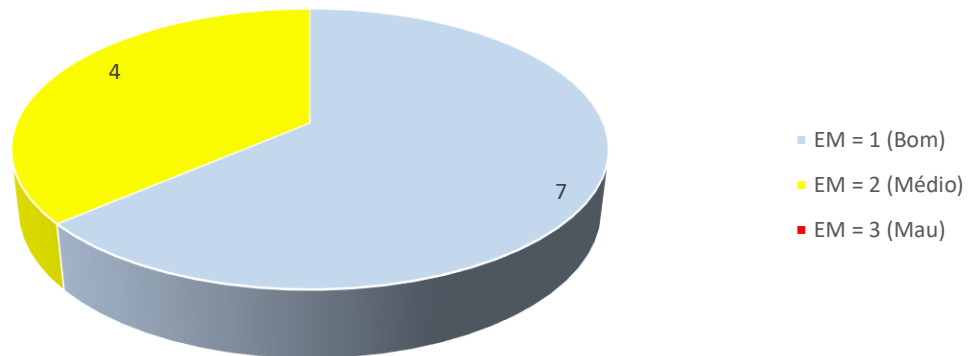


Figura 58- Distribuição dos muros inspecionados no IP2, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 11 muros) (TPF, 2020).

Na Figura 59, apresenta-se a distribuição dos muros inspecionados no IP2 e de acordo com o seu Estado de Conservação, 6 muros apresentam um Estado de Manutenção Muito Bom, 2 muros apresentam um Estado de Manutenção Bom, 2 com Estado de Manutenção Médio e, por último, 1 muro que apresenta um Estado de Manutenção Mau.

Muros
Estado de Conservação Subconcessão Douro Interior - IP2

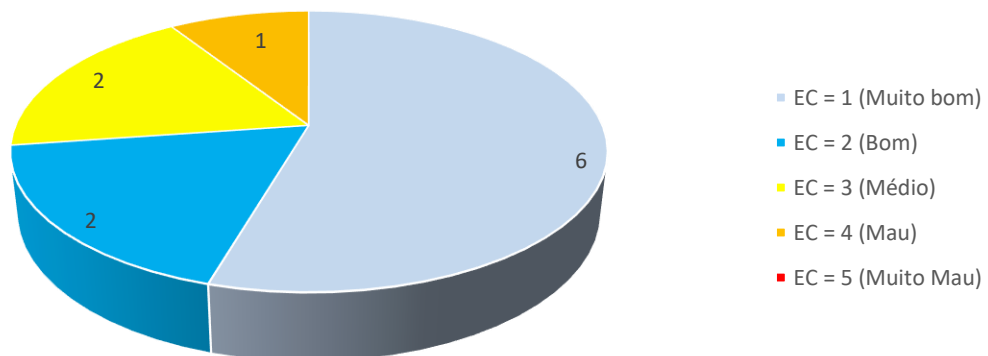


Figura 59- Distribuição dos muros inspecionados no IP2, de acordo com o Estado de Conservação (total de 11 muros) (TPF, 2020).

- Subconcessão Douro Interior – IC5

Em relação aos muros inspecionados no IC5, as patologias observadas nestes, em relação aos níveis, foram a Obstrução de Drenos Sub-Horizontais, a Superfície Partida, a Fendilhação e a queda de blocos referida como “Outros” (Figura 60).

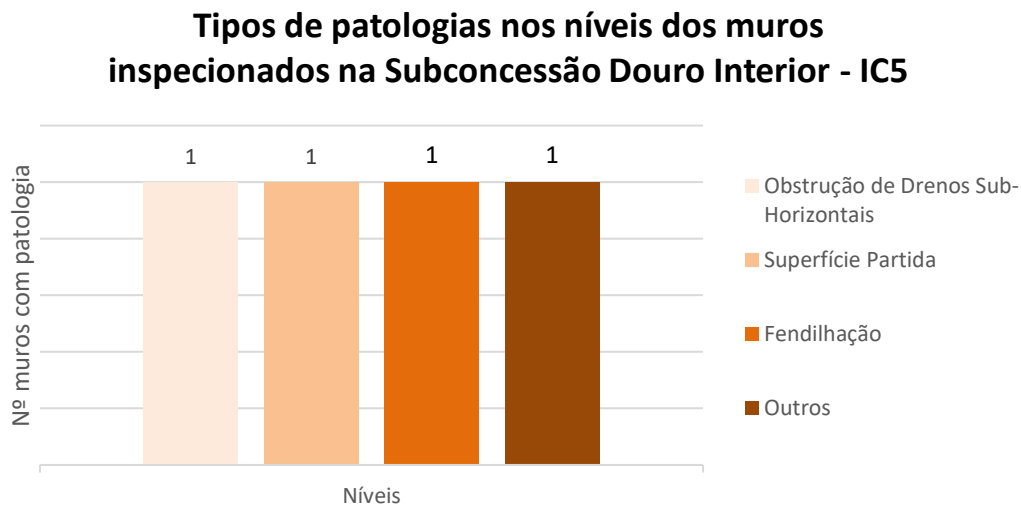


Figura 60- Tipo de patologias observadas nos níveis dos muros inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (total de 18) (TPF, 2020).

No sistema de drenagem, a patologia mais observada foi a Presença de Vegetação, a Obstrução e o Assoreamento (Figura 61), no caso da Obstrução e do Assoreamento estes derivam maioritariamente de entulho acumulado no sistema de drenagem, foram ainda encontradas as patologias de Elemento Partido e Fissuração (<2mm).

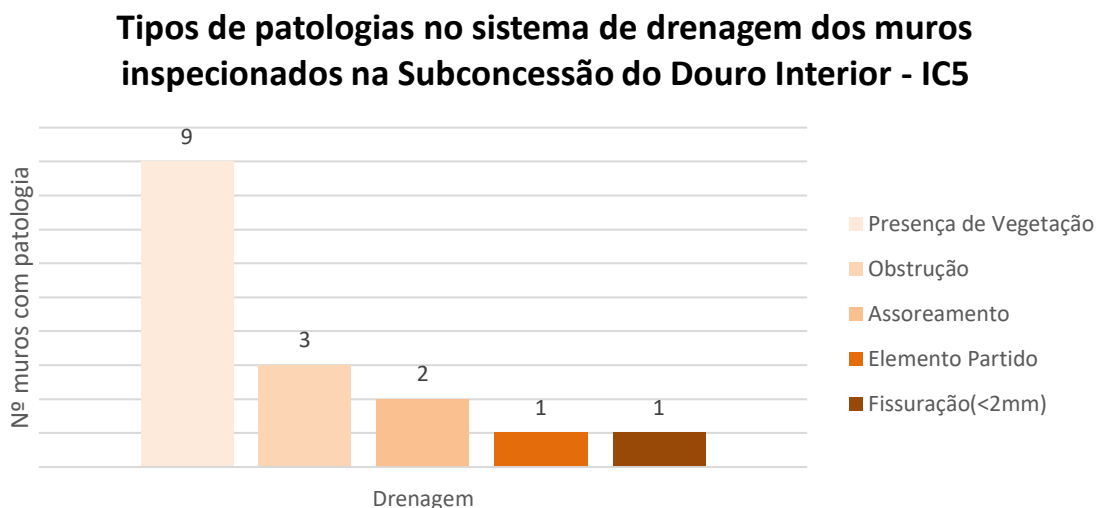


Figura 61- Tipo de patologias observadas no sistema de drenagem dos muros inspecionados na Subconcessão Douro Interior – IC5 (total de 18).

Em seguida, apresenta-se a distribuição dos muros inspecionados no IC5 (ver Figura 62), de acordo com o Estados de Manutenção, concluindo-se que, num total de 18 muros, 17 apresentam um Estado de Manutenção Bom e 1 muro apresenta um Estado de Manutenção Médio.

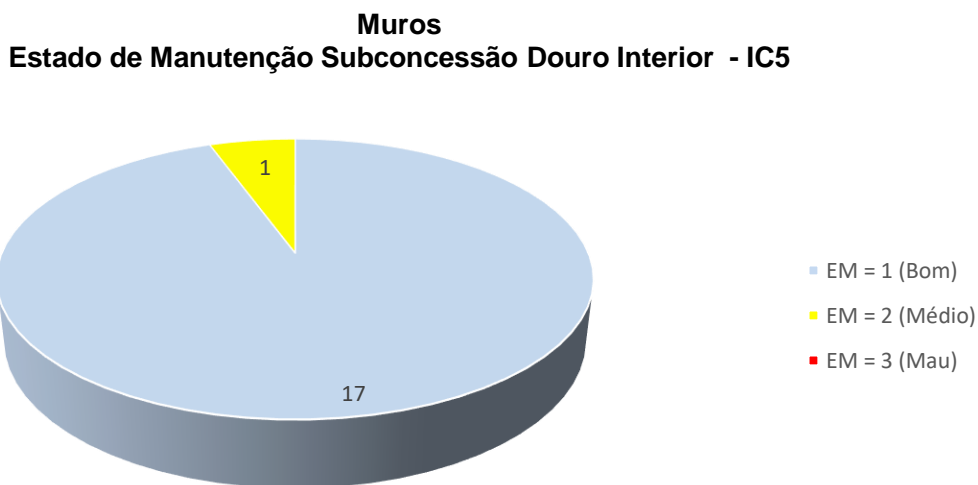


Figura 62- Distribuição dos muros inspecionados no IC5, de acordo com o Estado de Manutenção (total de 18 muros) (TPF, 2020).

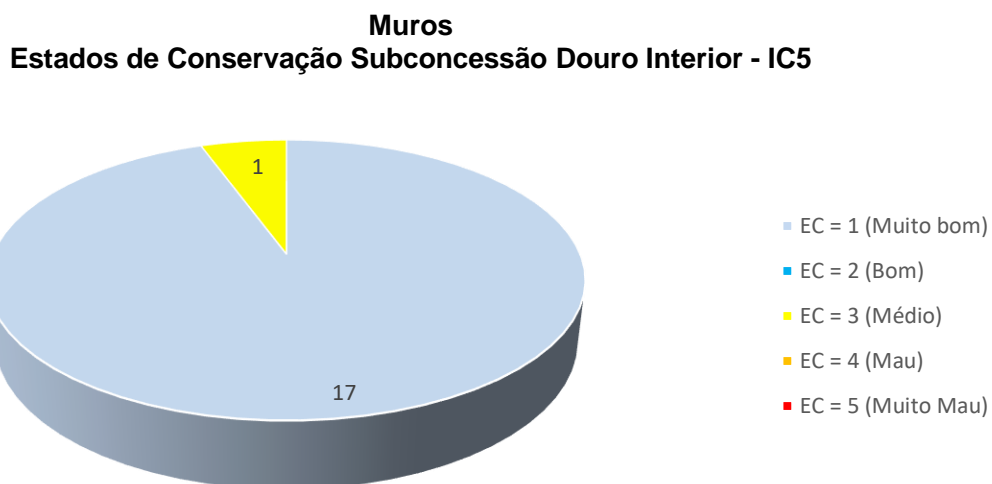


Figura 63- Distribuição dos muros inspecionados no IC5, de acordo com o Estado de Conservação (total de 18 muros) (TPF, 2020).

Relativamente ao Estado de Conservação (Figura 63), no total de 18 muros, 17 deles apresentam um Estado de Manutenção Muito Bom e 1 um deles apresenta Estado de Manutenção Médio.

4.6. Conclusões

Ao longo deste capítulo foi apresentado o trabalho desenvolvido na inspeção visual de taludes e muros na Subconcessão do Douro Interior (SDI), mais propriamente no IC5 (Itinerário Complementar 5) e IP2 (Itinerário Principal 2), no âmbito da manutenção preventiva de construções.

Numa fase inicial, foram ilustrados e explicados a tipologia de taludes e os muros que foram alvo de estudo ao longo deste trabalho, nomeadamente, taludes de aterro, taludes de escavação, muros de gabiões e muros de betão. Além disso, foram apresentadas as diferenças entre as várias construções.

De seguida, na secção 4.2 abordaram-se as inspeções realizadas aos taludes, tendo sido efetuado dois tipos de inspeções visuais: as inspeções de drenagem superficial e as inspeções principais. Neste âmbito, foi apresentado a metodologia usada para a realização destas inspeções e ainda a plataforma que serviu de suporte para este trabalho, a SustIMS. Com base na metodologia apresentada e na SustIMS definiram-se os taludes quanto ao seu estado de manutenção, o risco associado à patologia e a dimensão da mesma.

Na secção 4.3 apresentou-se o mesmo procedimento da secção 4.2, mas agora para as inspeções realizadas aos muros. Neste contexto, existiram algumas diferenças que obrigaram ao recurso de outros métodos de trabalho, como por exemplo a Ficha de Inspeção Visual de Muros em vez da plataforma SustIMS.

Na secção 4.4 ilustraram-se as várias classificações que os taludes e muros podem ter quanto ao seu estado de conservação e manutenção. Além disso, apresentou-se a constituição convencional de um relatório de um trabalho desta natureza.

Por último, na secção 4.5 apresentam-se os resultados obtidos, ao longo das 509 inspeções de taludes e 29 inspeções de muros, realizadas ao longo deste trabalho.

Observando a Figura 64, verifica-se que, no IP2, num total de 248 taludes e 11 muros, identificaram-se patologias em 124 taludes de aterro, em 98 taludes de escavação, existindo 26 taludes sem patologias associadas. Em relação aos muros, detetaram-se patologias em 5 muros de aterro e em 5 muros de escavação, existindo 1 muro sem patologias associadas.

Distribuição de patologias SDI - IP2

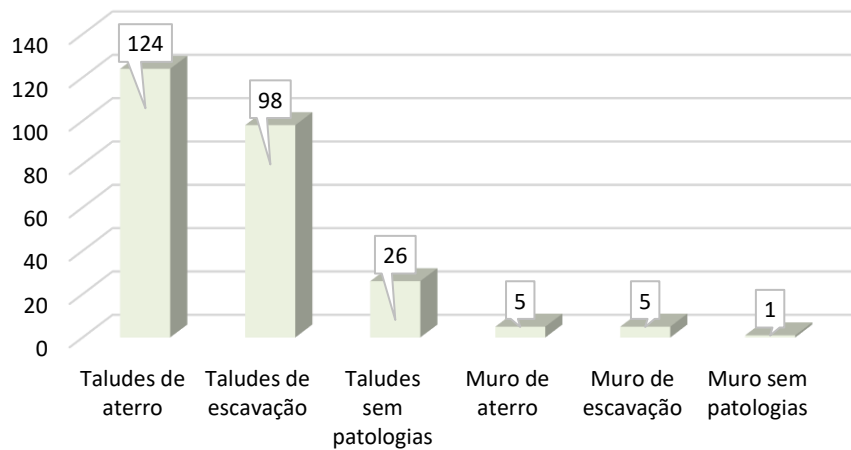


Figura 64- Distribuição de patologias nos taludes e muros da Subconcessão Douro Interior – IP2 (total de 248 taludes e 11 muros) (TPF, 2020).

Analisando Figura 65, verifica-se que, no IC5, num total de 261 taludes e 18 muros, identificaram-se patologias em 114 taludes de aterro, em 82 taludes de escavação, sendo que, 65 taludes não apresentam patologias associadas. Quanto aos muros, detetaram-se patologias em 12 muros de aterro e em 1 muros de escavação, existindo 5 muros sem patologias associadas.

Distribuição de patologias SDI - IC5

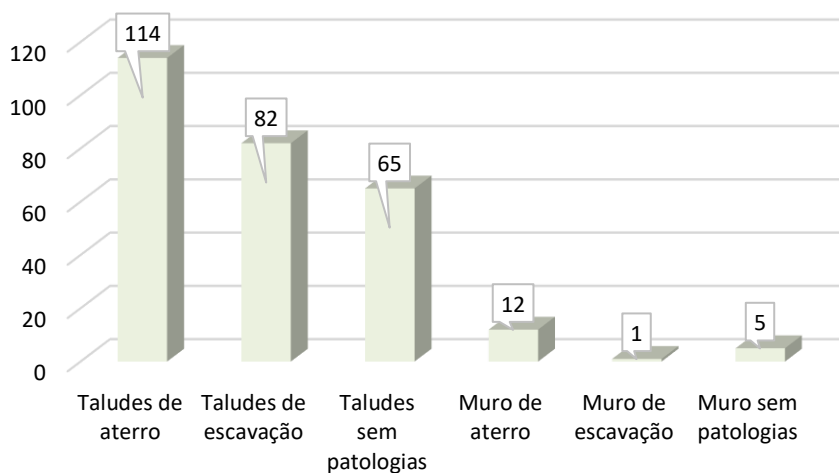


Figura 65- Distribuição de patologias nos taludes e muros da Subconcessão Douro Interior – IC5 (total de 261 taludes e 18 muros). (TPF, 2020)

No geral, verifica-se que as patologias no sistema de drenagem são as mais frequentes e preocupantes, visto que, falta de limpeza ou reparação, podem desenvolver várias patologias nos panos, como a erosão, ravinamentos e deslizamentos, comprometendo assim a estabilidade dos taludes. Os problemas existentes na drenagem superficial são preocupantes, visto que a água que não consegue passar pelos componentes existentes para tal, efetua-o por outros “caminhos”. Esse caminho alternativo e não suposto, pode gerar instabilidades como ravinamentos, deslizamentos, queda de blocos, que em casos extremos podem atingir a infraestrutura rodoviária.

Assim sendo, no geral e tendo em conta as patologias encontradas, as recomendações mais sugeridas e que requerem maior atenção são:

- Manutenção Vegetal;
- Limpeza;
- Remoção de Blocos Rochosos;
- Reparação do Paramento (<25m²);
- Remoção de Vegetação;
- Avaliar Solução de Tratamento/Proteção;
- Selagem e Monitorização de Fissuras >2 mm e <10 mm.

Estas recomendações reforçam a necessidade da regularização de operações de manutenção de infraestruturas, que apesar de se aparentarem pouco relevantes, como uma limpeza, são de extrema importância para o seu bom funcionamento e mais importante ainda, para segurança de todos.

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

CAPÍTULO

5

5. Capítulo 5 – Conclusão

Esta dissertação de mestrado tinha como objetivo documentar o trabalho da autora numa componente de aplicação prática de conhecimentos adquiridos no mestrado em Engenharia Geológica e de Minas, versando três áreas de trabalho (caracterização geotécnica de rochas, estudo de fundações e manutenção de infraestruturas rodoviárias através da inspeção visual de taludes e muros). O trabalho permitiu a participação em trabalhos de gabinete e de campo relacionados com projetos de engenharia, tendo grande parte do trabalho sido realizado no âmbito de um estágio curricular realizado no Labgeo – laboratório de Geotecnia do Instituto Pedro Nunes (IPN).

O trabalho desenvolvido sintetiza-se de acordo com o descrito nos parágrafos seguintes.

O primeiro trabalho tinha como objetivo a caracterização de amostras de rochas utilizadas na construção de antas. Esta, foi realizada através do cálculo dos seguintes parâmetros: porosidade (n), peso volúmico seco (γ_d) e estimativa da resistência à compressão uniaxial da rocha (σ). Este trabalho exigiu do autor a realização de ensaios experimentais no Labgeo e sentido crítico na interpretação dos resultados obtidos, o qual só foi possível devido à contextualização teórica realizada numa fase inicial deste capítulo. Deste trabalho, concluiu-se que a maioria das amostras de rochas apresentam pouca porosidade (11 amostras), seguindo-se as muito compactas (8 amostras), as medianamente porosas (7 amostras) e apenas uma classificada como bastante porosa.

Em relação ao peso volúmico seco (γ_d), nas amostras estudadas, varia de 24,35 a 27,33 kN/m³, sendo a rocha que apresenta maior peso volúmico seco corresponde à Lito – 042 (anfíbolito) e a amostra de menor peso volúmico seco é a Lito - 041 (ortognaisse milonítico).

Relativamente à resistência à compressão uniaxial, concluiu-se que as amostras de maior e menor resistência foram, respetivamente, a amostra Lito-007 (classificada como muito resistente) e a Lito-041 (classificada como branda).

Da análise química realizada, temos que os óxidos maioritariamente presentes são o SiO₂ (dióxido de silício) e o Al₂O₃ (óxido de alumínio), sendo o P₂O₅ (Pentóxido de difósforo) e o MgO (Óxido de magnésio), os óxidos menos abundantes. Seguidamente, relativamente ao estudo realizado nas amostras com presença de cola, conclui-se que a presença de cola alterou completamente a análise resultante em que os óxidos que apresentam uma maior alteração, na análise química, face a essa presença, são o SiO₂ e o Al₂O₃. Assim sendo, concluiu-se que a composição química das resinas que constituem as colas possuem valores reduzidos de Si e Al. Deste primeiro estudo, pode-se concluir que as civilizações antigas faziam uma seleção acertada das rochas que usariam nas construções, facto que hoje nos permite realizar este estudo, bem como muitos outros, de modo a aumentar o nosso conhecimento acerca destas.

De seguida foi apresentado o trabalho realizado para a Sociedade de Águas de Brijó, Lda, que consistiu na realização de estudos geológicos e geotécnicos de um terreno, no qual será construído um edifício industrial com 4 níveis. Este trabalho teve essencialmente uma componente mais de trabalho de campo, dada a realização de sete sondagens, acompanhadas de ensaios *Standard Penetration Test* (SPT) e onze ensaios com o Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (PDSP). Assim, com a realização deste trabalho foi possível aplicar e aprofundar os conceitos abordados essencialmente nas unidades curriculares de Geologia de Engenharia e Geotécnica.

Concluiu-se que o terreno em estudo se encontrava dividido em duas zonas geotécnicas, sendo a zona 1 constituída por solo agrícola e aluvionar (camada superficial de solo pouco resistente e muito deformável) e a zona 2 constituída por grés (camada mais resistente e menos deformável), sendo fundamental que as fundações do edifício a construir, sejam implementadas nesta última zona. Além disso, recomenda-se a necessidade de ter em conta as medidas de contenção do talude, na zona noroeste do projeto, através da construção de um muro de suporte, a necessidade de prestar maior atenção à zona onde se fará a construção dos silos, visto ser a zona (noroeste) sujeita às maiores cargas e de ter em conta as oscilações do nível freático. O método selecionado para o desmonte da zona geotécnica 1, foram meios mecânicos (pás mecânicas e/ou baldes de escavadoras).

Por último, foram realizadas Inspeções de Taludes e Muros, na Subconcessão do Douro Interior (SDI), mais propriamente no IC5 (Itinerário Complementar 5) e IP2 (Itinerário Principal 2), em parceria com a Ascendi, no âmbito da manutenção preventiva de construções. Tal como o capítulo anterior, este trabalho foi focado numa componente mais prática, tendo-se aproximado nas diversas vertentes do mundo laboral, uma vez que exigiu a deslocação da autora e de outro elemento do IPN ao longo de aproximadamente 3 meses para as áreas de trabalho. Desta forma, este trabalho foi muito enriquecedor tanto na componente pessoal como técnica.

De um modo geral, concluiu-se que os taludes de aterro foram, em ambos (IP2 e IC5) os que se apresentam em maior número a nível de patologias e que a maioria das patologias encontradas durante a inspeção visual encontravam-se nos sistemas de drenagem. As recomendações mais sugeridas, tendo em conta as patologias encontradas ao longo dos trabalhos foram a limpeza dos constituintes, a manutenção vegetal, remoção de blocos rochosos, reparação do paramento, remoção de vegetação, avaliar solução de tratamento e proteção e por último, selagem e monitorização de fissuras.

Concluindo, esta tese possibilitou à autora realizar trabalhos que se encontram enquadrados com a sua formação obtida ao longo dos últimos 5 anos na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra na licenciatura de Geologia e no mestrado de Engenharia Geológica e de Minas. Assim, considera-se que o objetivo proposto para a dissertação em causa foi alcançado.

REFERÊNCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografia

- (Agosto de 2020). Obtido de Wikipédia: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Dessecador>
- All About Portugal. (2016). *Antas Grandes do Paço*. Obtido de <https://www.allaboutportugal.pt/pt/montemor-o-novo/monumentos/antas-grandes-do-paco>
- Ascendi. (Junho de 2020). *Ascendi*. Obtido de <https://www.ascendi.pt/apresentacao/>
- Aydin, A., & Basu, A. (September de 2005). The Schmidt hammer in rock material characterization. *Engineering Geology*, pp. 1-14.
- Barbosa, B., Soares, A., & Machado, S. (2008). Carta Geológica de Portugal 1:50.000: FOLHA 19-A. Lisboa.
- Bieniawski, Z. (March de 1974). Estimating the Strength of Rock Materials. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, pp. 312-320.
- Boaventura, R. (2009). As antas e o megalitismo da região de Lisboa. Lisboa, Portugal: Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras Departamento de História.
- Cestari, F. (1991). *Prove Geotechnique in situ*. Segrate: GEO-GRAPH SEGRATE.
- Clayton. (1995). *The Standard Penetration Test (SPT): Methods and Use*. London: Construction Industry Research And Information Association.
- Deere, D. (1989). *Rock Quality Designation (RQD) after Twenty Years*. Vicksburg: US Army Corps of Engineers Contract Reepport, US Army Engineer Waterways Experiment Station.
- Ferreira, A., Neves, A., & Sanches, S. (2018). Inspeção Visual de Muros e Taludes. *16º Congresso Nacional de Geotecnia*. Açores: Sociedade Portuguesa de Geotecnia.
- Ferreira, A., Neves, A., & Sanches, S. (2018). SUSTIMS – MUROS & TALUDES.
- Folque, J. (1992). Os ensaios SPT. *Seminário Internacional de Ensaio In-Situ, LNEC*. Lisboa.
- Fonseca, A. V., Sousa, J. F., & Cruz, N. B. (2001). Parametrical correlations between SPT, CPT, DPL, PMT, DMT, CH and PLT tests results on a typical profile of saprolitic soils from Granite. *International Conference on In Situ Measurement of Soil Properties and Case Histories*.
- GEG – Engineering Structures for Life. (2017). Desafios Geotécnicos na Cidade do México. *Obras de Engenharia Geotécnica Portuguesa no Mundo –Infraestruturas de transportes*. Lisboa: Ordem dos Engenheiros.
- Goodman, R. E. (1989). *Introduction to rock mechanics*. 2ed. New York: John Wiley & Sons.
- Google. (2020). Google Earth.
- Hawkins, A. (June de 1998). Aspects of rock strenght. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 57(1), pp. 17–30.
- Instituto Pedro Nunes. (2017). *Laboratórios de I&DT*. Obtido de Laboratório de Geotecnia: <https://www.ipn.pt/laboratorio/LABGEO>
- ISMR. (1979). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strenght and deformability of rock materials. Em *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts* (pp. 135-140).

- ISO. (2005). Geotechnical Engineering - Field Testing. Part 2: "Dynamic Probing" EN ISO 22476-2. p. 30.
- ISRM. (1978). Suggested method for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Em *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts* (pp. 319-368).
- ISRM. (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties. Em *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts* (pp. 143-151).
- ISRM. (2007). *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring*. Ankara, Turkey.
- Kahraman, S. (Outubro de 2001). Evaluation of simple methods for assessing the uniaxial compressive strength of rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, pp. 981-994.
- Katz, O., Reches, Z., & Roegiers, J. C. (2000). Evaluation of mechanical rock properties using a schmidt hammer . *International Journal of Rock Mechanic and Mining Science*, 723-728.
- Lneg. (Julho de 2020). *Carta geológica de Portugal 1:500000*-. Obtido de GeoPortal Visualizador de Mapas.: <https://geoportal.lneg.pt/mapa/#>
- Moleiro, V. L. (2015). *Antropização da paisagem e gestão das matérias-primas: estudo arqueopetrográfico de monumentos megalíticos do Alto Ribatejo, Portugal (Doctoral dissertation)*.
- Neves, C., Matos, J., & Neves, L. (s.d.). Sustims - Plataforma de gestão sustentável de infraestruturas rodoviárias. pp. 8-10.
- Pagani. (Agosto de 2020). *TG 73-200*. Obtido de Pagani Geotechnical Equipment: <https://www.pagani-geotechnical.com/project/tg-73-200/>
- Pepe, M., & Jamiolkowski, M. (2003). Geotechnical characterisation of the subsoil of Pisa Tower. *Characterisation and Engineering Properties of Natural Soils*, 2, 908-946.
- Pinsky, J. (2011). *InfoEscola*. Obtido em 10 de 10 de 2020, de As primeiras civilizações: <https://www.infoescola.com/historia/tecnologias-na-pre-historia/>
- Proceq. (2020). Obtido de Esclerômetros Schmidt® para ensaios em concreto e rochas: <https://www.proceq.com/pt/compare/schmidt-esclerometros/>
- Ronaib, e. a. (September de 2019). Espeleo-Tema. *Lithostructural and Geomechanical Preliminary Studies in Iron Caves, Carajás-PA*, pp. 195-212.
- Sabri, M. M. (2020). Chemical and structural analysis of rocks using X-ray fluorescence and X-ray diffraction techniques . *The Scientific Journal of Koya University*, 79-87.
- Santos, J. A. (2012). *Civil Instituto Superior Técnico*. Obtido de Ensaios de campo Projecto Geotécnico I: <http://www.civil.ist.utl.pt/~jaime/12.pdf>
- Thermo Scientific™. (5 de Setembro de 2020). Obtido de Niton™ XL3t XRF Analyzer: <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/10131166#/10131166>
- TPF, S. (2020). *Ascendi | Subconcessão do Douro Interior IP2 e IC5 | Prestação de serviço para monitorização de Taludes e Muros*. Lisboa.

- UFJF. (2009). *Universidade Federal de Juiz de Fora*. Obtido de Capítulo 8 – PROPRIEDADES DAS ROCHAS: <https://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/Geologia-Cap8.pdf>
- Vallejo, L., Ferrer, M., & Ortuño, L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson.
- Yassar, E., & Erdogan, Y. (February de 2004). Estimation of rock physicommechanical properties using hardness methods. *Engineering Geology*, pp. 281-288.

ANEXO 1

CARACTERIZAÇÃO

DAS ROCHAS

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

Tabela 11 - Determinação das Porosidades e Pesos Volúnicos Secos das Amostras em Estudo.

<i>Referência Amostra</i>	<i>M. Inicial</i>	<i>M. Saturada</i>	<i>M. Submersa</i>	<i>M. Seca</i>	<i>Volume da amostra</i> <i>V</i>	<i>Volume de vazios</i> <i>Vv</i>	<i>Porosidade</i> <i>n (%)</i>	<i>Massa volúmica</i> <i>pd (g/cm³)</i>	<i>Peso volúmico</i> <i>γ (kN/m³)</i>
12,1	950,6	954,11	592,03	947,81	362,08	6,30	1,74	2,6177	25,67
Lito - 007 (maior dimensão)	790,55	790,55	489,95	790,48	300,60	0,07	0,02	2,6297	25,79
Lito - 007 (menor dimensão)	213,56	213,58	132,88	213,52	80,70	0,06	0,07	2,6458	25,95
Lito - 013	4151,7	4155,8	2637,5	4150,2	1518,30	5,60	0,37	2,7335	26,81
Lito - 014	159,16	159,36	100	158,99	59,36	0,37	0,62	2,6784	26,27
Lito - 017,4	223,77	224,7	140,67	223,6	84,03	1,10	1,31	2,6610	26,10
Lito - 018,1 (maior dimensão)	2007,01	2025,99	1262,8	2004,21	763,19	21,78	2,85	2,6261	25,75
Lito - 018,1 (menor dimensão)	285,21	287,24	179,17	284,92	108,07	2,32	2,15	2,6364	25,86
Lito - 019,3 (maior dimensão)	277,31	279,52	175,41	276,81	104,11	2,71	2,60	2,6588	26,08
Lito - 019,3 (menor dimensão)	185,02	186,05	116,63	184,7	69,42	1,35	1,94	2,6606	26,09
Lito - 037 (maior dimensão)	416,92	419,84	259,61	416,38	160,23	3,46	2,16	2,5986	25,48
Lito - 037 (menor dimensão)	253,51	255,32	157,9	253,1	97,42	2,22	2,28	2,5980	25,48
Lito - 038 (maior dimensão)	1403,19	1409,86	878,37	1401,65	531,49	8,21	1,54	2,6372	25,86
Lito - 038 (menor dimensão)	240,41	242,76	149,42	240,1	93,34	2,66	2,85	2,5723	25,23
Lito - 039 (maior dimensão)	752,95	757	476,65	751,91	280,35	5,09	1,82	2,6820	26,30
Lito - 039 (menor dimensão)	106,34	106,88	65,76	106,19	41,12	0,69	1,68	2,5824	25,33
Lito - 041	852,02	869,11	526,78	850,15	342,33	18,96	5,54	2,4834	24,35
Lito - 042	1514	1514,58	971,54	1513,31	543,04	1,27	0,23	2,7867	27,33
Lito - 044	1121,76	1122,43	714,34	1121,43	408,09	1,00	0,25	2,7480	26,95
Lito - 050	4145,4	4153,9	2598,64	4144,6	1555,26	9,30	0,60	2,6649	26,13
Lito - 051 (maior dimensão)	734,47	736,87	456,46	732,47	280,41	4,40	1,57	2,6121	25,62
Lito - 051 (menor dimensão)	86,62	87,57	55,17	86,28	32,40	1,29	3,98	2,6630	26,12
Lito - 052	181,15	183,17	111,24	180,71	71,93	2,46	3,42	2,5123	24,64
Lito - 055 (AL2)	34,15	34,52	21,56	34,08	12,96	0,44	3,40	2,6296	25,79
Lito - 055 (AL6)	79,82	79,98	50,56	79,73	29,42	0,25	0,85	2,7101	26,58
Lito - 056 (AVL2)	47,23	47,81	29,35	47,12	18,46	0,69	3,74	2,5525	25,03
Lito - 056 (AVL7)	56,14	56,32	34,29	55,98	22,03	0,34	1,54	2,5411	24,92

Amostras	Composição Química (%)										SOMA
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	
Lito-018,1 (mica)	62,31	0,83	6,53	6,47	5,82	0,07	1,43	0,50	2,75	0,10	86,81
Lito-'018,1 (qz)	59,31	0,18	8,27	0,78	0,70	0,02	0,00	1,41	1,52	0,20	72,39
Lito-'039	70,30	0,30	4,06	2,51	2,26	0,03	0,00	0,53	2,04	0,13	82,17
Lito-012.1	62,99	0,77	7,20	4,68	4,21	0,02	0,00	0,14	1,64	0,13	81,80
Lito-'007	35,14	1,39	4,05	0,17	0,15	0,01	0,00	0,08	2,27	0,00	43,26
Lito-'042	52,95	0,72	11,23	6,49	5,84	0,08	1,56	4,04	3,02	0,53	86,46
Lito-'044	61,56	0,23	7,23	2,01	1,81	0,03	0,00	3,23	0,84	0,16	77,10
Lito-'041	68,04	0,11	8,17	0,58	0,52	0,02	0,00	1,47	2,68	0,00	81,58
Lito-'038	53,18	0,38	9,66	3,10	2,79	0,04	0,00	0,93	3,36	0,11	73,54
Lito-'037	57,76	0,30	7,94	2,22	1,99	0,03	0,00	0,96	3,43	0,10	74,73
Lito-'017.4	64,47	0,47	7,37	3,03	2,72	0,03	0,00	1,55	1,67	0,29	81,60
Lito-'019.3	63,06	0,42	8,30	3,19	2,87	0,03	0,00	1,14	1,68	0,13	80,82
Lito-'051	63,01	0,70	9,14	4,80	4,32	0,02	0,75	0,16	1,98	0,15	85,02
Lito-'014 cola	7,28	0,55	0,52	4,01	3,61	0,03	0,00	0,12	1,23	0,00	17,35
Lito-'014 s/cola	62,41	0,48	6,15	4,42	3,98	0,03	0,69	0,28	1,33	0,07	79,84
Lito-'014 s/cola 2	63,24	0,55	6,70	4,46	4,01	0,05	0,00	0,25	1,42	0,10	80,79
Lito-'014 cola 2	8,51	0,45	0,64	3,76	3,38	0,04	0,00	0,13	1,05	0,00	17,94
Lito-'052 cola	8,10	0,38	0,87	3,12	2,81	0,02	0,00	0,03	0,94	0,00	16,26
Lito-'052 cola 2	3,47	0,49	0,41	2,75	2,48	0,01	0,00	0,06	0,73	0,00	10,40
Lito-'052 s/cola	64,16	0,52	6,70	4,03	3,63	0,02	0,00	0,10	1,53	0,14	80,83
Lito-'052 s/cola 2	70,93	0,65	7,86	4,36	3,92	0,02	1,01	0,12	1,55	0,22	90,63
Lito-'050	67,87	0,23	10,24	2,21	1,99	0,03	0,00	0,38	4,28	0,23	87,46
Lito-'013	69,30	0,65	7,62	4,39	3,95	0,05	0,70	0,80	1,50	0,18	89,13
Lito-'055 al2	63,96	0,56	6,56	4,47	4,02	0,03	0,83	0,14	1,56	0,14	82,26
Lito-'055 al6	59,20	0,52	6,14	4,46	4,01	0,07	0,66	0,18	1,52	0,13	76,89
Lito-'056 avl2	48,03	0,19	5,77	0,83	0,75	0,01	0,00	1,09	1,93	0,10	58,70
Lito-'056 avl7	65,80	0,39	9,18	2,20	1,98	0,03	0,00	1,31	3,28	0,20	84,37

Figura 66 - Percentagens de Óxidos em cada Amostra

ANEXO 2

CARATERIZAÇÃO

GEOLOGICA-

GEO TÉCNICA

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

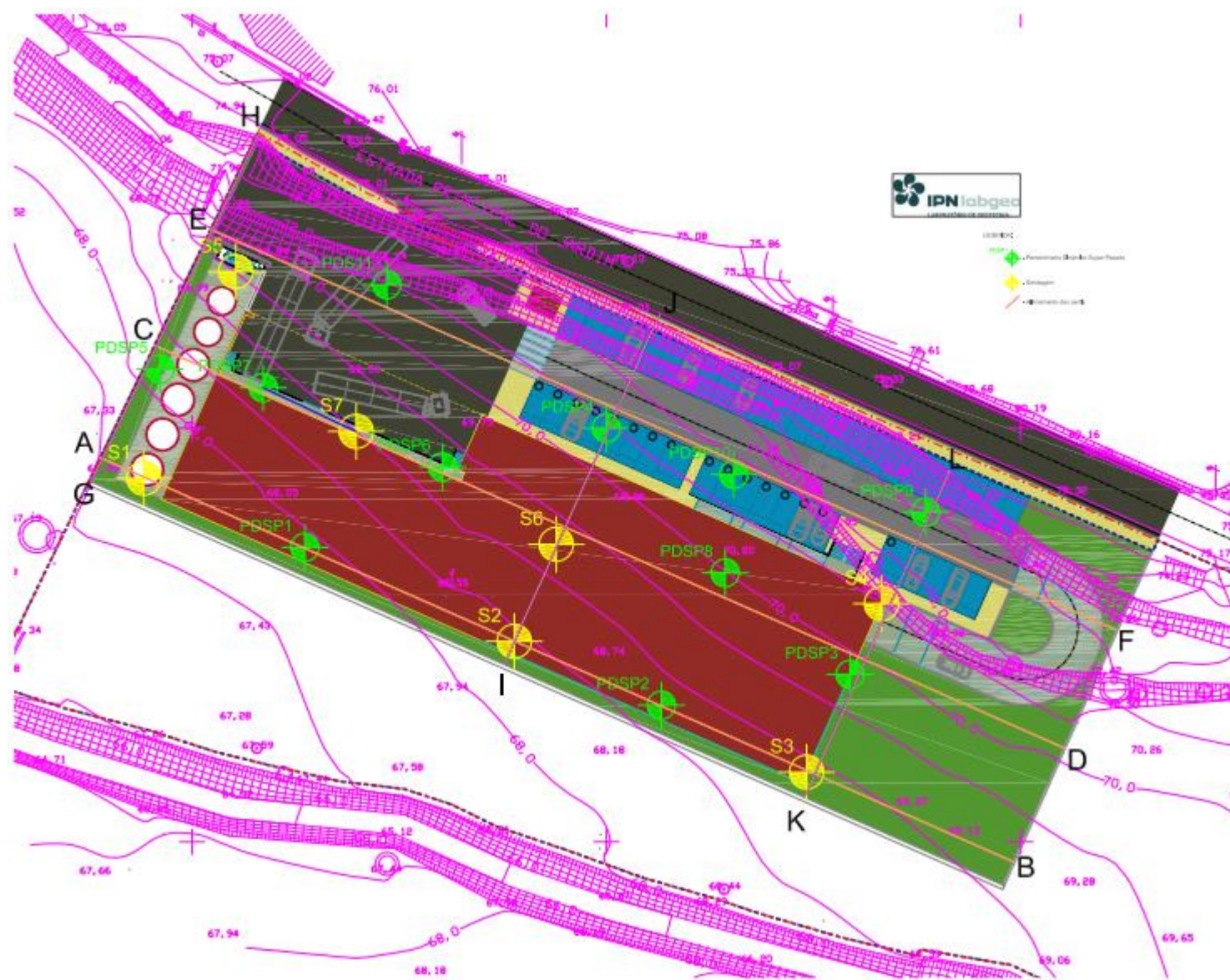


Figura 67 - Planta em AutoCAD do edifício industrial para a Sociedade das Águas de Brijó

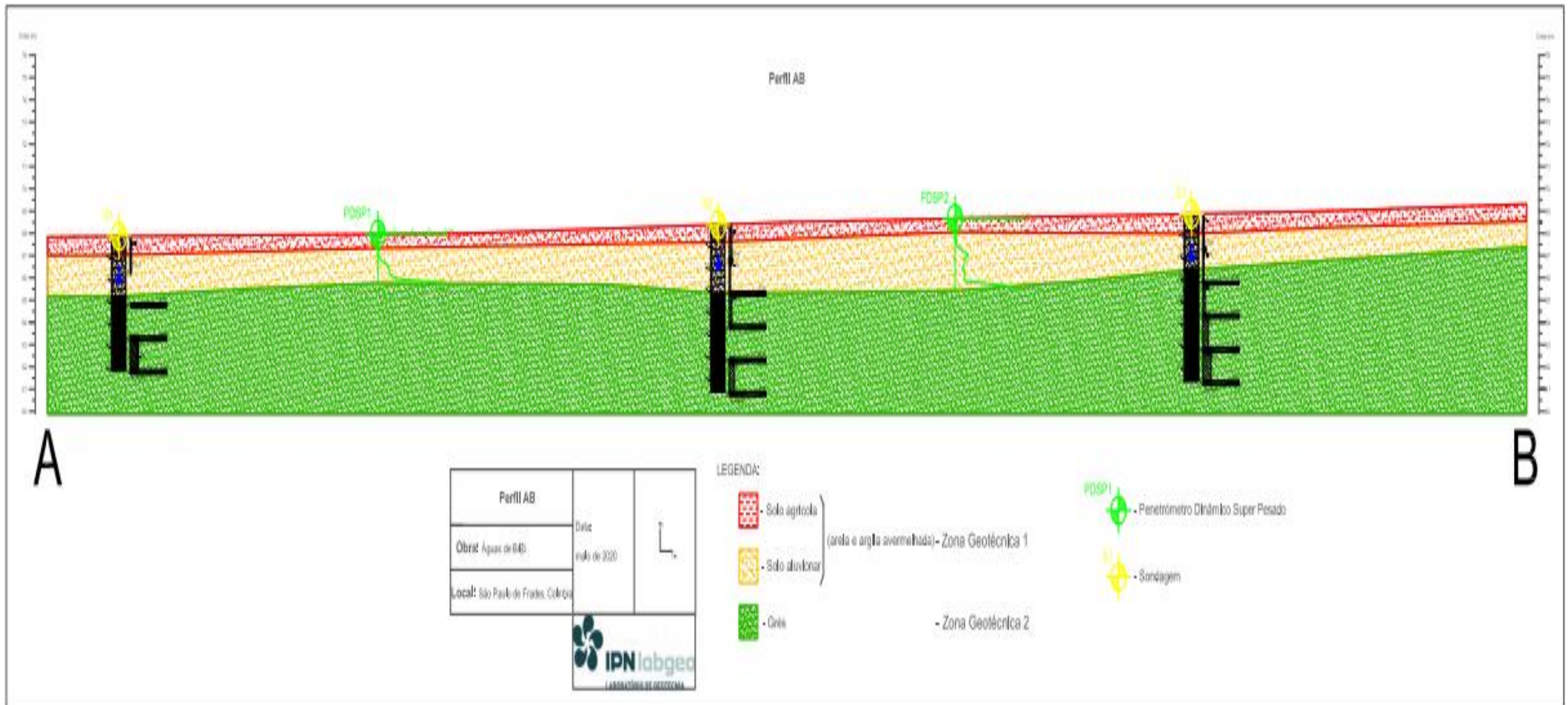


Figura 68 – Perfil A-B



Figura 69 – Perfil C-D

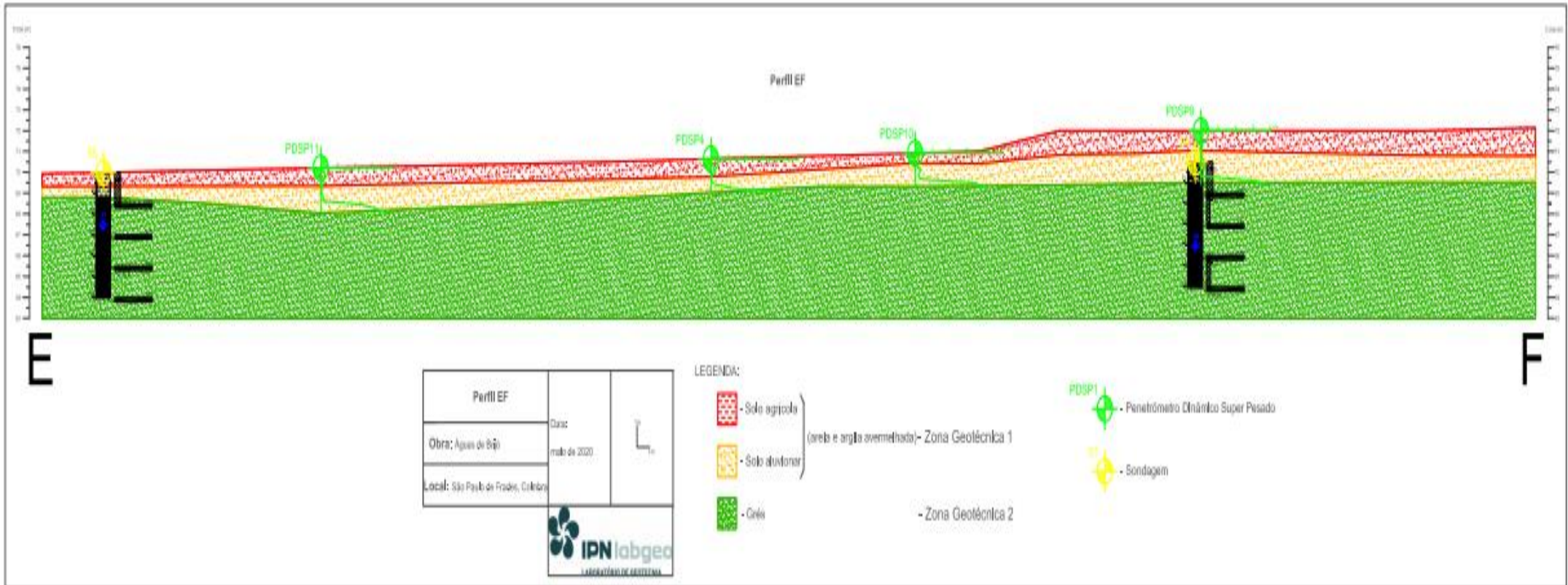


Figura 70 – Perfil E-F

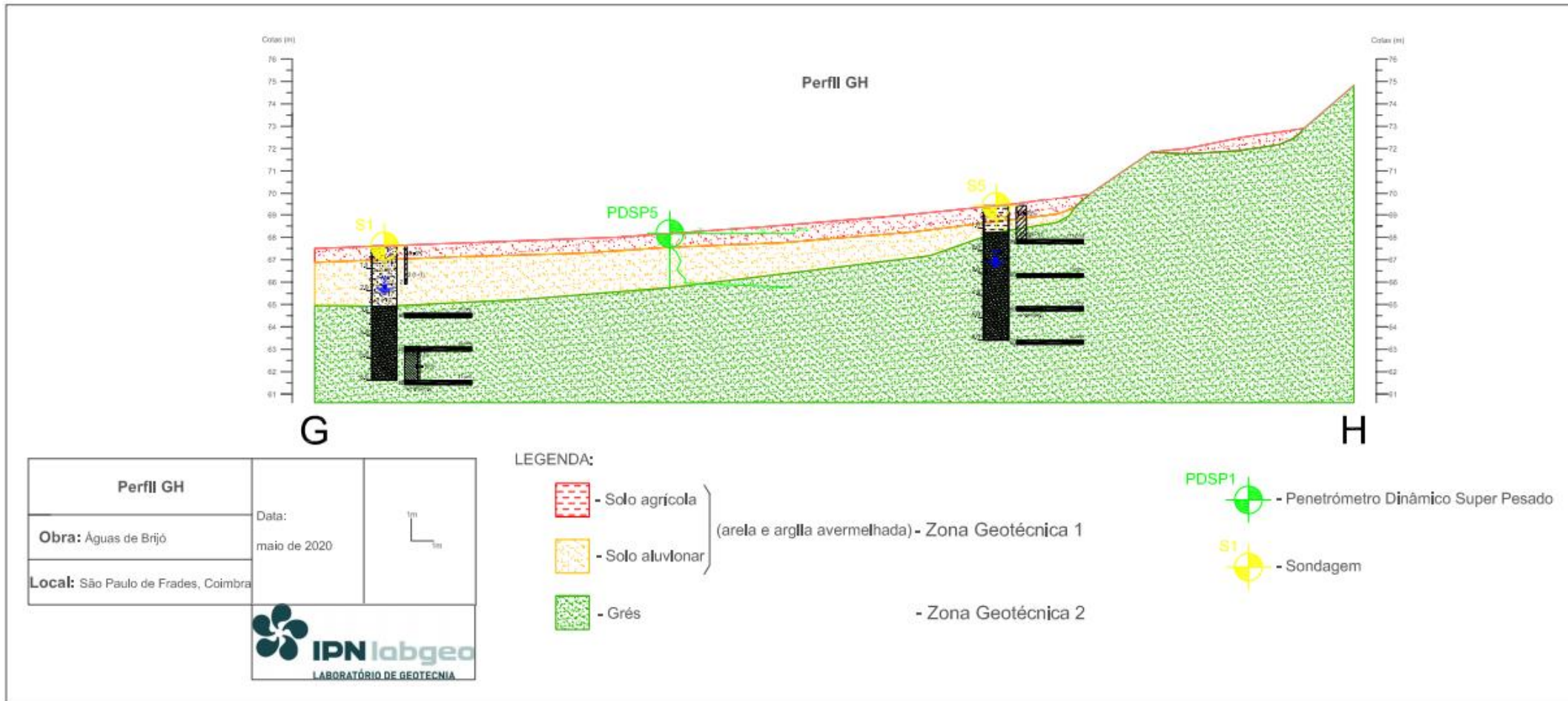


Figura 71 – Perfil G-H

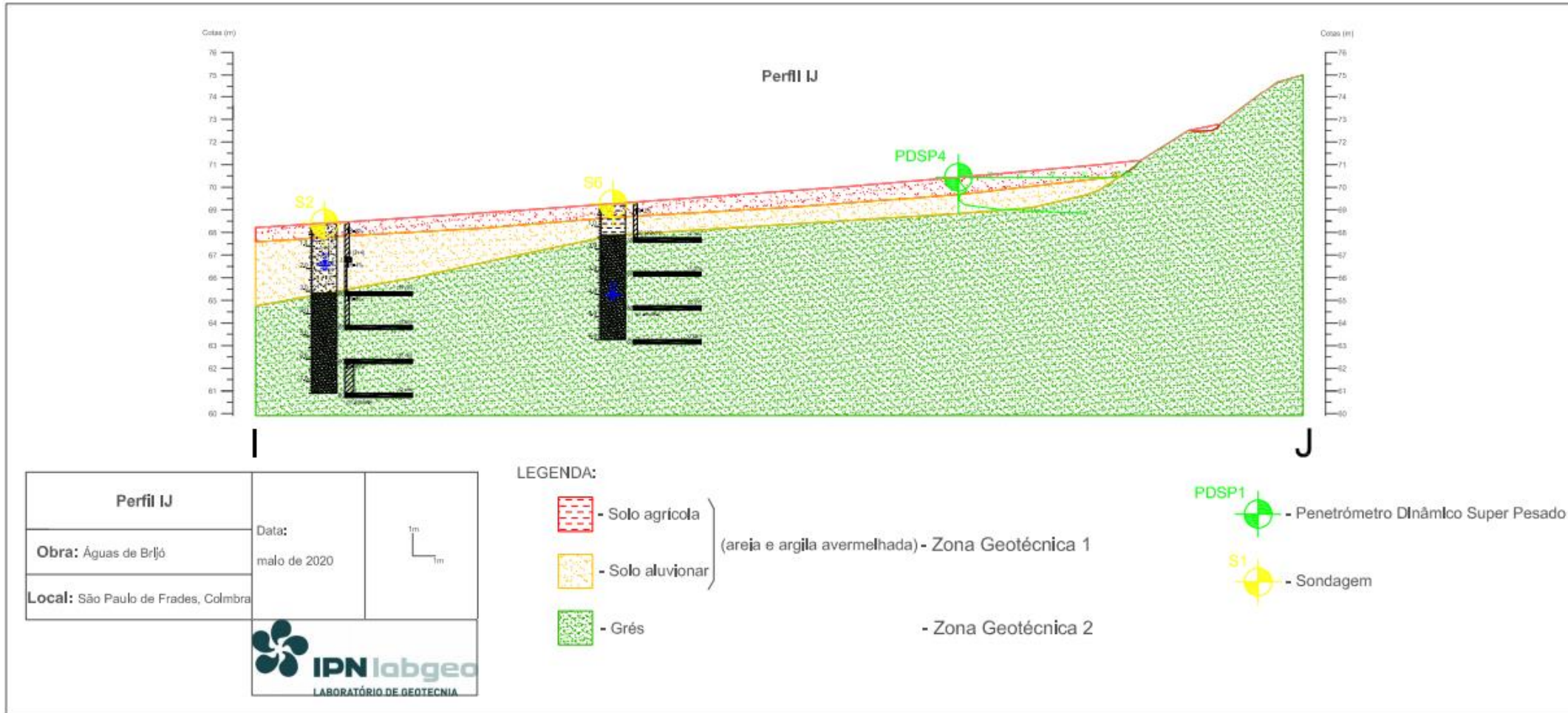


Figura 72 – Perfil I-J

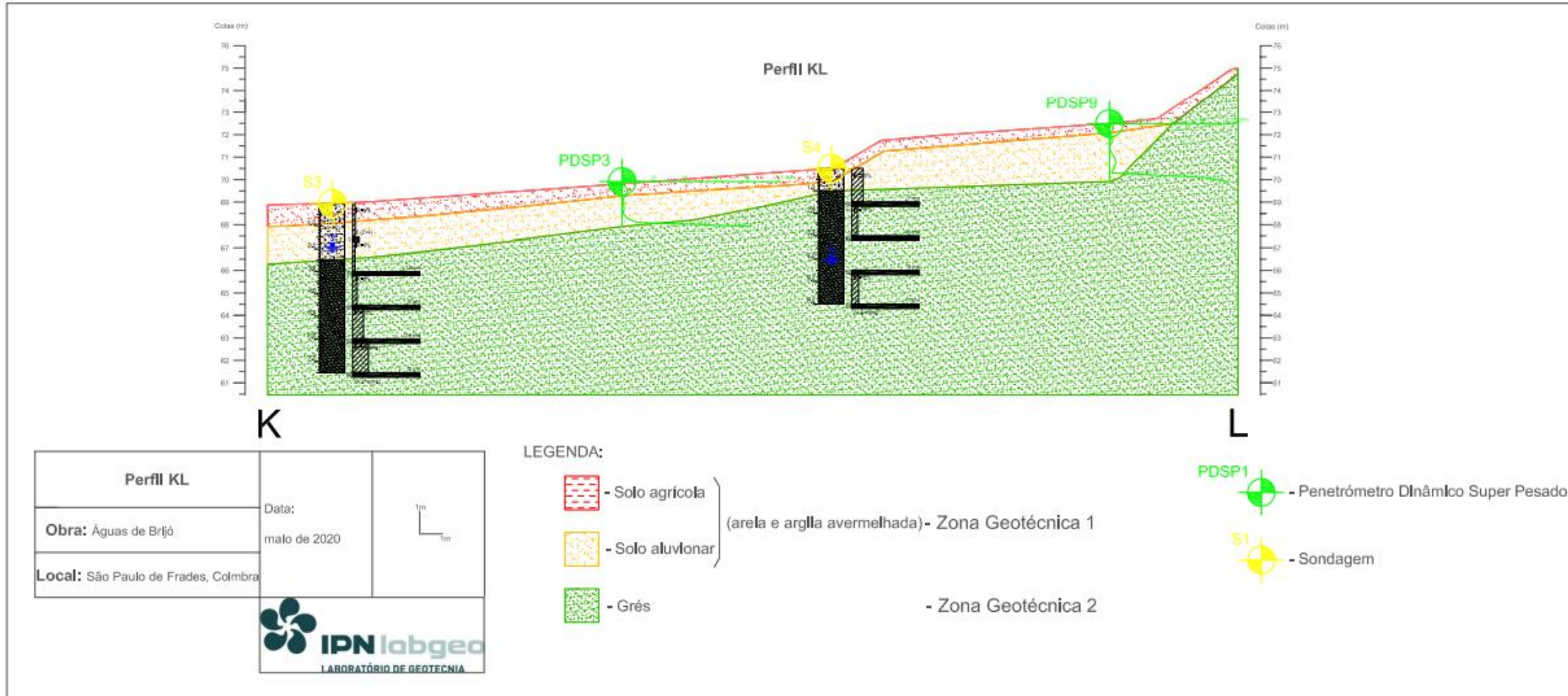


Figura 73 – Perfil K-L





ANEXO 3

SONDAGENS E

PDSP

(

(Esta página foi deixada em branco intencionalmente)

Furação φ	Profundidade (m)	Manobras Idade/Formação	Descrição Litológica	Simbologia	S.P.T. (Standard Penetration Test)						Recuper.(%) 				Alteração	Fraturação	Piezômetro / Nível água				
					Pancadas						R.Q.D. (%) (-*) 										
					1ª fase	2ª e 3ª fases					* -Qualidade do maciço										
	10	20	30	40	50	60	20	40	60	80											
	1.0	1.5 m	Areia com argila, cor acastanhada com cascalheira																		
	2.0	1.5 m				2															
	3.0	1.5 m	Grés fino, cor avermelhada																		
	4.0	1.5 m				60															
	5.0	1.5 m				60															
	6.0	1.5 m	FIM DE SONDAGEM																		
	7.0	1.5 m																			
	8.0	1.5 m																			
	9.0	1.5 m																			
	10.0	1.5 m																			
	11.0	1.5 m																			
	12.0	1.5 m																			
	13.0	1.5 m																			
	14.0	1.5 m																			
	15.0	1.5 m																			
	16.0	1.5 m																			
	17.0	1.5 m																			
	18.0	1.5 m																			

Profundidade do nível de água:

N.A.: 1.90m

APAFOR - 30D

Sondagem a rotação: Caroteiro T2-76 mm

Tubo revestimento 84/77 mm

EQUIPAMENTO

Comprimento: 6.0m

Cota aproximada: 67.70m

Coordenadas:

OBSERVAÇÕES: Utilizaram-se 4.5m de tubo de revestimento
O furo fechou aos 2m de profundidade






Sondador: Carlos Valente

Equipa: José Soares

Responsável: Carlos Valente

Verificou: Paula Gonçalves

Escala: 1/100

Furação φ	Profundidade (m)	Manobras Idade/Formação	Descrição Litológica	Simbologia	S.P.T. (Standard Penetration Test)						Recuper.(%) 				Alteração	Fraturação	Piezômetro / Nível água
					Pancadas						R.Q.D. (%) (-*) 						
					1ª fase	2ª e 3ª fases					*-Qualidade do maciço						
	10	20	30	40	50	60	20	40	60	80							
	1.0	1.5 m	Areia argilosa, cor acastanhada com cascalheira		1	6 (2+4)					IR=8%				-	-	 N.A.: 1.8m
	2.0	1.5 m			60	(10 cm)					IR=4%				-	-	
	3.0	1.5 m	Grés fino, cor avermelhada		60	(10 cm)					IR=8%				W4-W5	-	
	4.0	1.5 m			60	(8 cm)									W4-W5	-	
	5.0	1.5 m			60	(10 cm)									W4-W5	-	
	6.0	1.5 m			60	(10 cm)					IR=16%				W4-W5	-	
	7.0	1.5 m			60	(2 cm)											
	8.0	1.5 m	FIM DE SONDAGEM		60	(s/ amostra)											
	9.0	1.5 m															
	10.0	1.5 m															
	11.0	1.5 m															
	12.0	1.5 m															
	13.0	1.5 m															
	14.0	1.5 m															
	15.0	1.5 m															
	16.0	1.5 m															
	17.0	1.5 m															
	18.0	1.5 m															

Profundidade do nível de água:

N.A.: 1.80m

APAFOR - 30D

Sondagem a rotação: Caroteiro T2-76 mm

Tubo revestimento 84/77 mm

EQUIPAMENTO

Comprimento: 7.5m

Cota aproximada: 68.25m

Coordenadas:

OBSERVAÇÕES: Utilizaram-se 6m de tubo de revestimento
O furo fechou aos 1.2m de profundidade






Sondador: Carlos Valente

Equipa: José Soares

Responsável: Carlos Valente

Verificou: Paula Gonçalves

Escala: 1/100

Furação φ	Profundidade (m)	Manobras Idade/Formação	Descrição Litológica	Simbologia	S.P.T. (Standard Penetration Test)						Recuper.(%) 				Alteração	Fraturação	Piezômetro / Nível água
					Pancadas						R.Q.D. (%) (-*) 						
					1ª fase	2ª e 3ª fases					*-Qualidade do maciço						
	10	20	30	40	50	60	20	40	60	80							
	1.0	1.5 m	Areia com argila, cor acastanhada com cascalheira		1	6 (2+4)					IR=5%				-	-	N.A.: 1.9m 
	2.0	1.5 m			60	(10 cm)					IR=4%				-	-	
	3.0	1.5 m	Grés fino, cor avermelhada		60	(10 cm)					IR=8%				W5	-	
	4.0	1.5 m			60	(8 cm)					IR=19%				W4-W5	-	
	5.0	1.5 m			60	(10 cm)					IR=28%				W4-W5	-	
	6.0	1.5 m			60	(s/ amostra)									W4-W5	-	
	7.0	1.5 m			60	(2 cm)									W4-W5	-	
	8.0	1.5 m	FIM DE SONDAGEM		60	(s/ amostra)											
	9.0	1.5 m															
	10.0	1.5 m															
	11.0	1.5 m															
	12.0	1.5 m															
	13.0	1.5 m															
	14.0	1.5 m															
	15.0	1.5 m															
	16.0	1.5 m															
	17.0	1.5 m															
	18.0	1.5 m															

Profundidade do nível de água:

N.A.: 1.90m

APAFOR - 30D

Sondagem a rotação: Caroteiro T2-76 mm

Tubo revestimento 84/77 mm

EQUIPAMENTO

Comprimento: 7.5m

Cota aproximada: 68.80m

Coordenadas:

OBSERVAÇÕES: Utilizaram-se 7.5m de tubo de revestimento
O furo fechou aos 3m de profundidade



Sondador: Carlos Valente

Equipa: José Soares

Responsável: Carlos Valente

Verificou: Paula Gonçalves

Escala: 1/100

Furação φ	Profundidade (m)	Manobras Idade/Formação	Descrição Litológica	Simbologia	S.P.T. (Standard Penetration Test)						Recuper.(%) 				Alteração	Fraturação	Piezômetro / Nível água	
					Pancadas						R.Q.D. (%) (-*) 							
					1ª fase	2ª e 3ª fases					*-Qualidade do maciço							
	10	20	30	40	50	60	20	40	60	80								
	1.0	1.5 m	Holocénico	Areia com argila, cor acastanhada com cascalheira (Aluvião)								1R=20%						
	2.0	1.5 m										1R=10%						
	3.0	1.5 m																
	4.0	1.5 m	Jurássico - "Grés de Silves"															
	5.0	1.5 m		Grés fino, cor avermelhada														
	6.0	1.5 m											1R=12%					
	6.0	1.5 m		FIM DE SONDAGEM														
	7.0	1.5 m																
	8.0	1.5 m																
	9.0	1.5 m																
	10.0	1.5 m																
	11.0	1.5 m																
	12.0	1.5 m																
	13.0	1.5 m																
	14.0	1.5 m																
	15.0	1.5 m																
	16.0	1.5 m																
	17.0	1.5 m																
	18.0	1.5 m																

Profundidade do nível de água:

N.A.: 4.00m

APAFOR - 30D

Sondagem a rotação: Caroteiro T2-76 mm

Tubo revestimento 84/77 mm

EQUIPAMENTO

Comprimento: 6.0m

Cota aproximada:70.45m

Coordenadas:

OBSERVAÇÕES: Utilizaram-se 6m de tubo de revestimento
O furo fechou aos 3m de profundidade





Sondador: Carlos Valente

Equipa: José Soares

Responsável: Carlos Valente

Verificou: Paula Gonçalves

Escala: 1/100

Furação φ	Profundidade (m)	Manobras Idade/Formação	Descrição Litológica	Simbologia	S.P.T. (Standard Penetration Test)						Recuper.(%) 				Alteração	Fraturação	Piezômetro / Nível água			
					Pancadas						R.Q.D. (%) (-*) 									
					1ª fase	2ª e 3ª fases					*-Qualidade do maciço									
	10	20	30	40	50	60	20	40	60	80										
	1.0	Holocénico	Argila, cor avermelhada com seixos (Aluvião)																	
	2.0	Jurássico - "Grés de Silves"	Grés fino, cor avermelhada		60 (49+11)	(17 cm)														
	3.0				35															
	4.0				60	(6 cm)														
	5.0				60	(3 cm)														
	6.0																			
	6.0		FIM DE SONDAGEM		60	(7 cm)														
	7.0																			
	8.0																			
	9.0																			
	10.0																			
	11.0																			
	12.0																			
	13.0																			
	14.0																			
	15.0																			
	16.0																			
	17.0																			
	18.0																			

Profundidade do nível de água:

N.A.: 3.00m

APAFOR - 30D

Sondagem a rotação: Caroteiro T2-76 mm

Tubo revestimento 84/77 mm

EQUIPAMENTO

Comprimento: 6.0m

Cota aproximada:69.55m

Coordenadas:

OBSERVAÇÕES: Utilizaram-se 6m de tubo de revestimento
O furo fechou aos 1.5m de profundidade



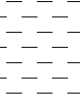

Sondador: Carlos Valente

Equipa: José Soares

Responsável: Carlos Valente

Verificou: Paula Gonçalves

Escala: 1/100

Furação φ	Profundidade (m)	Manobras Idade/Formação	Descrição Litológica	Simbologia	S.P.T. (Standard Penetration Test)						Recuper.(%) 				Alteração	Fraturação	Piezômetro / Nível água			
					Pancadas						R.Q.D. (%) (-*) 									
					1ª fase	2ª e 3ª fases					*-Qualidade do maciço									
	10	20	30	40	50	60	20	40	60	80										
	1.0	Holocénico	Argila, cor avermelhada com seixos (Aluvião)																	
	2.0	Jurássico - "Grés de Silves"	Grés fino, cor avermelhada		35	60 (49+11) (7 cm)														
	3.0				60	(7 cm)														
	4.0				60	(2 cm)														
	5.0					(s/ amostra)														
	6.0																			
	6.0		FIM DE SONDAGEM		60	(7 cm)														
	7.0																			
	8.0																			
	9.0																			
	10.0																			
	11.0																			
	12.0																			
	13.0																			
	14.0																			
	15.0																			
	16.0																			
	17.0																			
	18.0																			

Profundidade do nível de água:

N.A.: 4.00m

APAFOR - 30D

Sondagem a rotação: Caroteiro T2-76 mm

Tubo revestimento 84/77 mm

EQUIPAMENTO

Comprimento: 6.0m

Cota aproximada:69.10m

Coordenadas:

OBSERVAÇÕES: Utilizaram-se 6m de tubo de revestimento
O furo fechou aos 2.6m de profundidade





Sondador: Carlos Valente

Equipa: José Soares

Responsável: Carlos Valente

Verificou: Paula Gonçalves

Escala: 1/100

Furação φ	Profundidade (m)	Manobras Idade/Formação	Descrição Litológica	Simbologia	S.P.T. (Standard Penetration Test)						Recuper.(%) 				Alteração	Fraturação	Piezômetro / Nível água		
					Pancadas						R.Q.D. (%) (--) 								
					1ª fase	2ª e 3ª fases					* -Qualidade do maciço								
	10	20	30	40	50	60	20	40	60	80									
	1.0	1.5 m	Argila, cor avermelhada com seixos (Aluvião)																
	2.0	1.5 m	Grés fino, cor avermelhada																
	3.0	1.5 m			60	(5 cm)													
	4.0	1.5 m			60	(7 cm)													
	5.0	1.5 m			60	(5 cm)													
	6.0	1.5 m																	
	6.0	1.5 m	FIM DE SONDAGEM																
	7.0	1.5 m																	
	8.0	1.5 m																	
	9.0	1.5 m																	
	10.0	1.5 m																	
	11.0	1.5 m																	
	12.0	1.5 m																	
	13.0	1.5 m																	
	14.0	1.5 m																	
	15.0	1.5 m																	
	16.0	1.5 m																	
	17.0	1.5 m																	
	18.0	1.5 m																	

Profundidade do nível de água:

N.A.: 3.00m

APAFOR - 30D

Sondagem a rotação: Caroteiro T2-76 mm

Tubo revestimento 84/77 mm

EQUIPAMENTO

Comprimento: 6.0m

Cota aproximada: 69.00m

Coordenadas:

OBSERVAÇÕES: Utilizaram-se 6m de tubo de revestimento
O furo fechou aos 2.6m de profundidade

Sondador: Carlos Valente

Equipa: José Soares

Responsável: Carlos Valente

Verificou: Paula Gonçalves

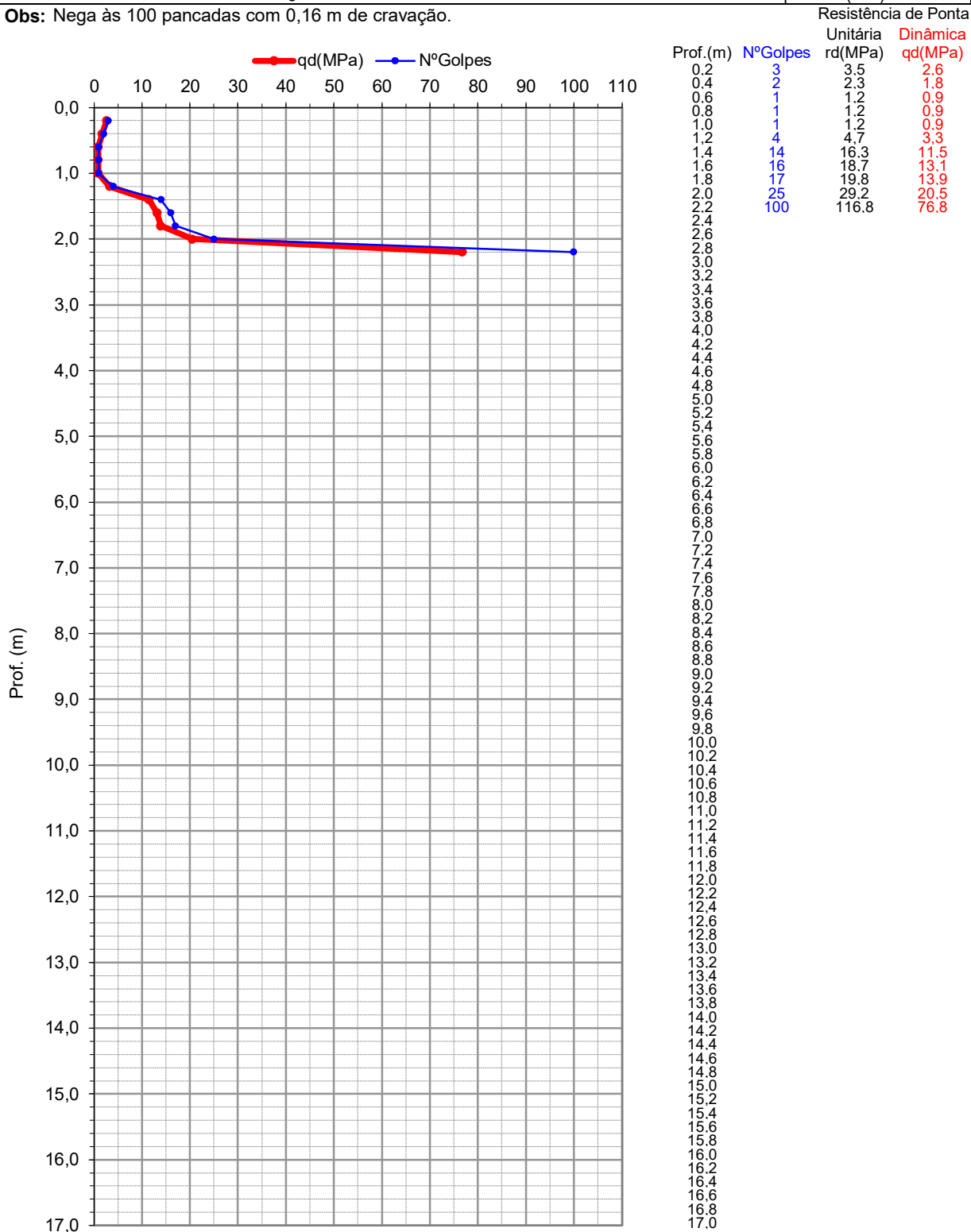
Escala: 1/100

**PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)
 EN ISO 22476-2:2005**

Cliente: Sociedade de Águas de Brijó, Lda	Nº: 1
Obra: Edifício Industrial - Estrada Principal do Jardim	Refª: 20/23-R
Local: São Paulo de Frades	Comprimento do ensaio (m): 2,2

Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,7	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante / Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm ²): 20

Obs: Nega às 100 pancadas com 0,16 m de cravação.



Executou:

Verificou:

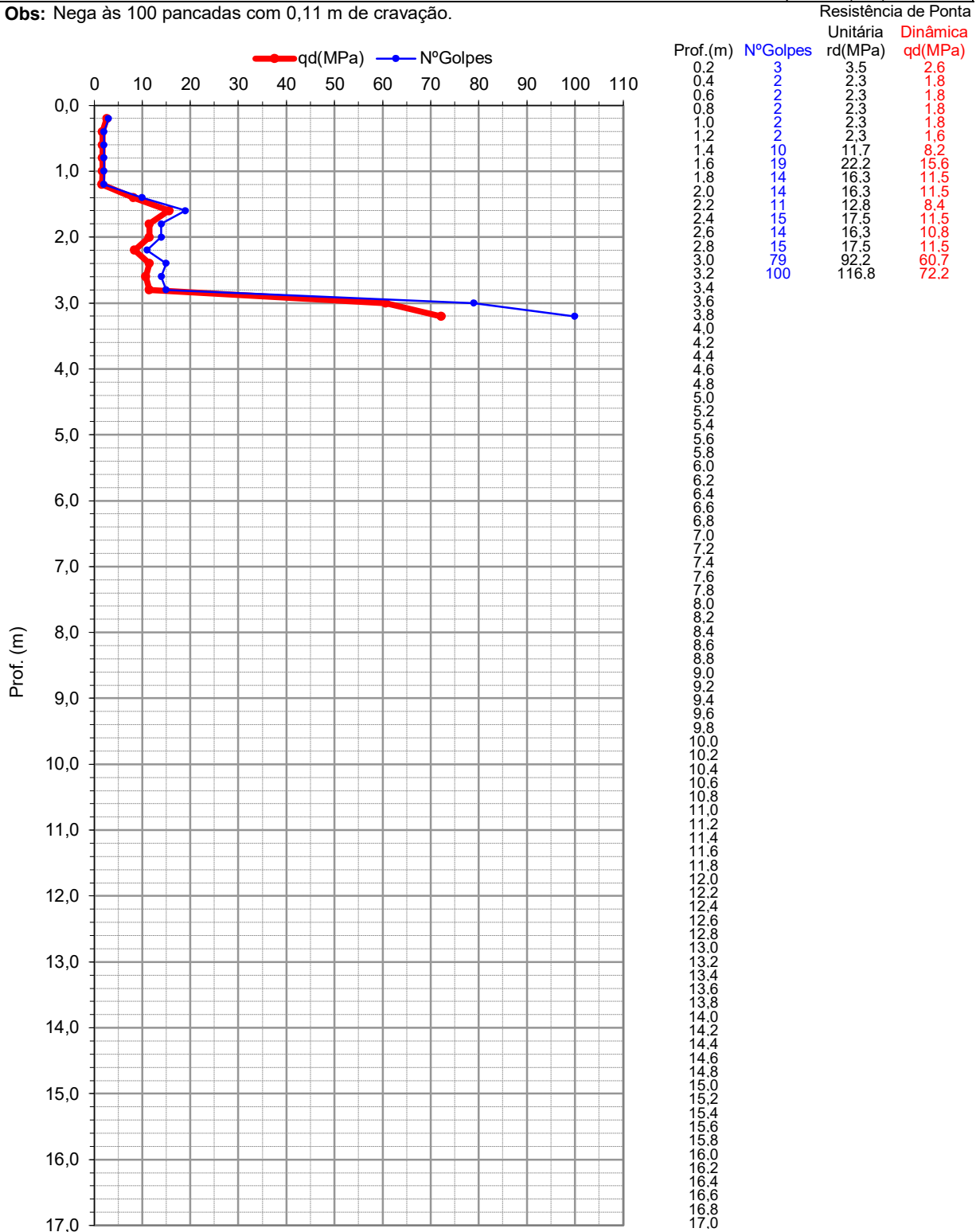
Data: 11 de Março de 2020.

**PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)
 EN ISO 22476-2:2005**

Cliente: Sociedade de Águas de Brijó, Lda	Nº: 2
Obra: Edifício Industrial - Estrada Principal do Jardim	Refª: 20/23-R
Local: São Paulo de Frades	Comprimento do ensaio (m): 3,2

Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,7	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante / Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm ²): 20

Obs: Nega às 100 pancadas com 0,11 m de cravação.



Executou:

Verificou:

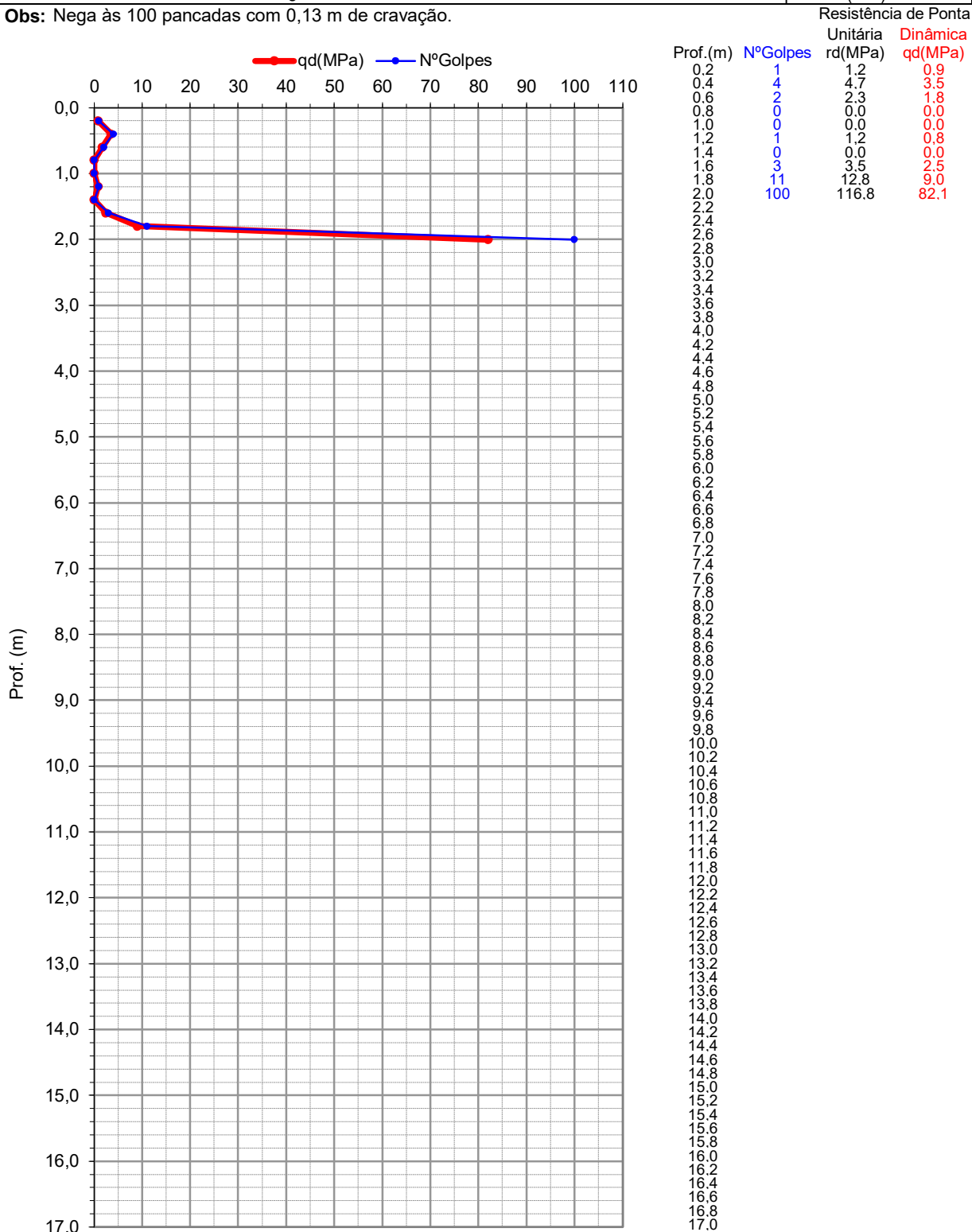
Data: 11 de Março de 2020.

**PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)
 EN ISO 22476-2:2005**

Cliente: Sociedade de Águas de Brijó, Lda	Nº: 3
Obra: Edifício Industrial - Estrada Principal do Jardim	Refª: 20/23-R
Local: São Paulo de Frades	Comprimento do ensaio (m): 2,0

Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,7	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante / Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm ²): 20

Obs: Nega às 100 pancadas com 0,13 m de cravação.



Executou:

Verificou:

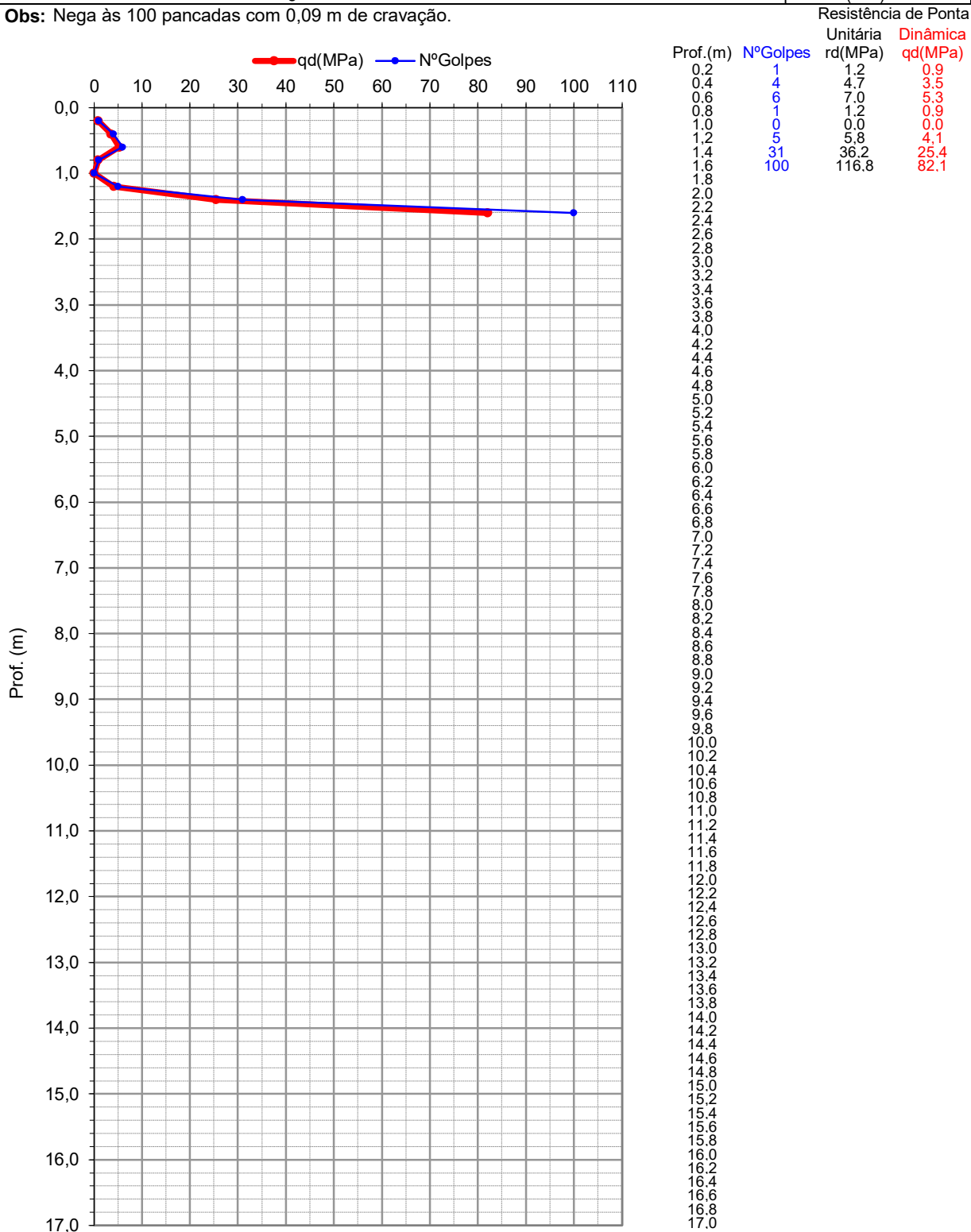
Data: 11 de Março de 2020.

**PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)
 EN ISO 22476-2:2005**

Cliente: Sociedade de Águas de Brijó, Lda	Nº: 4
Obra: Edifício Industrial - Estrada Principal do Jardim	Refª: 20/23-R
Local: São Paulo de Frades	Comprimento do ensaio (m): 1,6

Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,7	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante / Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm ²): 20

Obs: Nega às 100 pancadas com 0,09 m de cravação.



Executou:

Verificou:

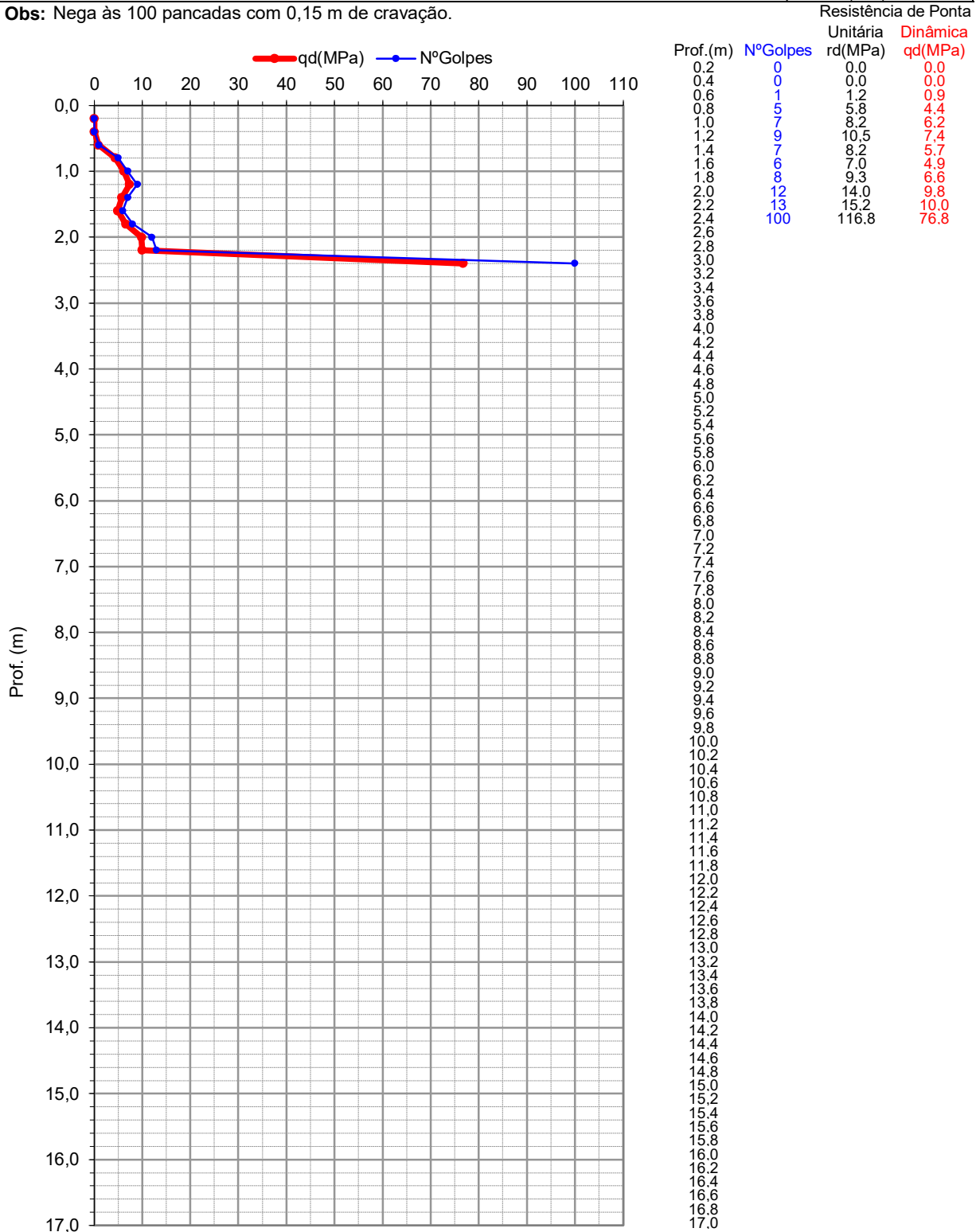
Data: 11 de Março de 2020.

**PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)
 EN ISO 22476-2:2005**

Cliente: Sociedade de Águas de Brijó, Lda	Nº: 5
Obra: Edifício Industrial - Estrada Principal do Jardim	Refª: 20/23-R
Local: São Paulo de Frades	Comprimento do ensaio (m): 2,4

Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,7	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante / Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm ²): 20

Obs: Nega às 100 pancadas com 0,15 m de cravação.



Executou:

Verificou:

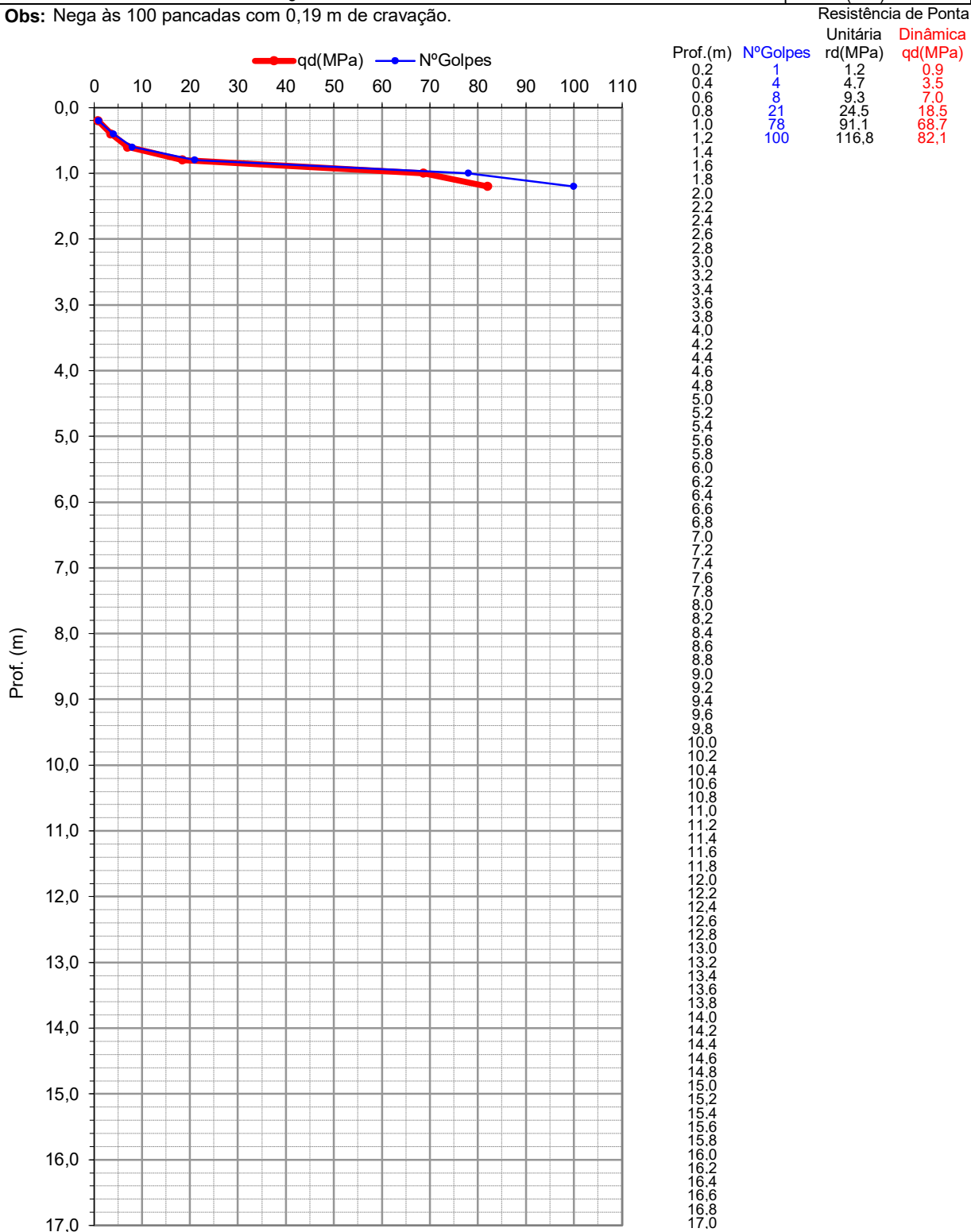
Data: 11 de Março de 2020.

**PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)
 EN ISO 22476-2:2005**

Cliente: Sociedade de Águas de Brijó, Lda	Nº: 6
Obra: Edifício Industrial - Estrada Principal do Jardim	Refª: 20/23-R
Local: São Paulo de Frades	Comprimento do ensaio (m): 1,2

Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,7	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante / Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm ²): 20

Obs: Nega às 100 pancadas com 0,19 m de cravação.



Executou:

Verificou:

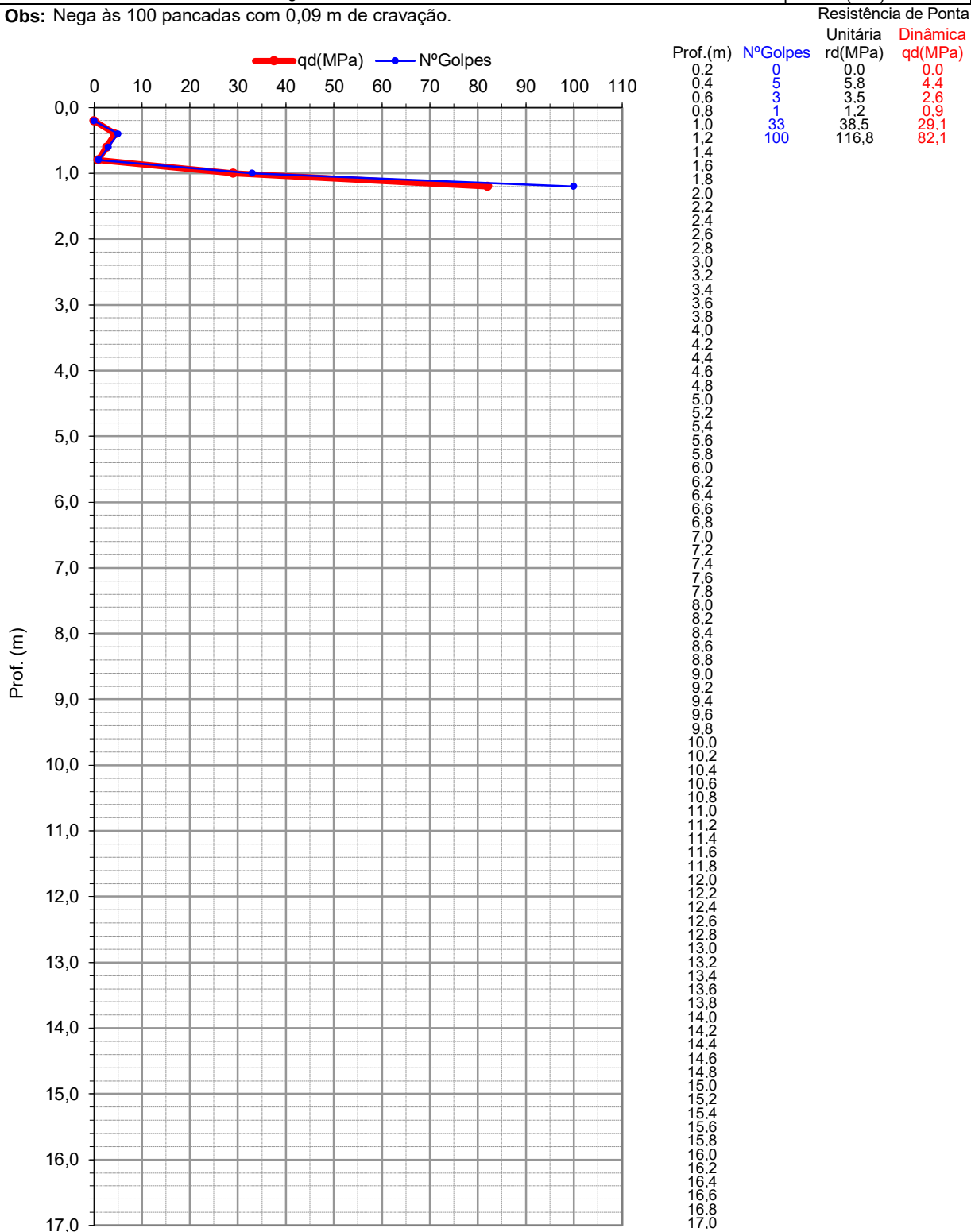
Data: 12 de Março de 2020.

**PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)
 EN ISO 22476-2:2005**

Cliente: Sociedade de Águas de Brijó, Lda	Nº: 7
Obra: Edifício Industrial - Estrada Principal do Jardim	Refª: 20/23-R
Local: São Paulo de Frades	Comprimento do ensaio (m): 1,2

Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,7	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante / Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm ²): 20

Obs: Nega às 100 pancadas com 0,09 m de cravação.



Executou:

Verificou:

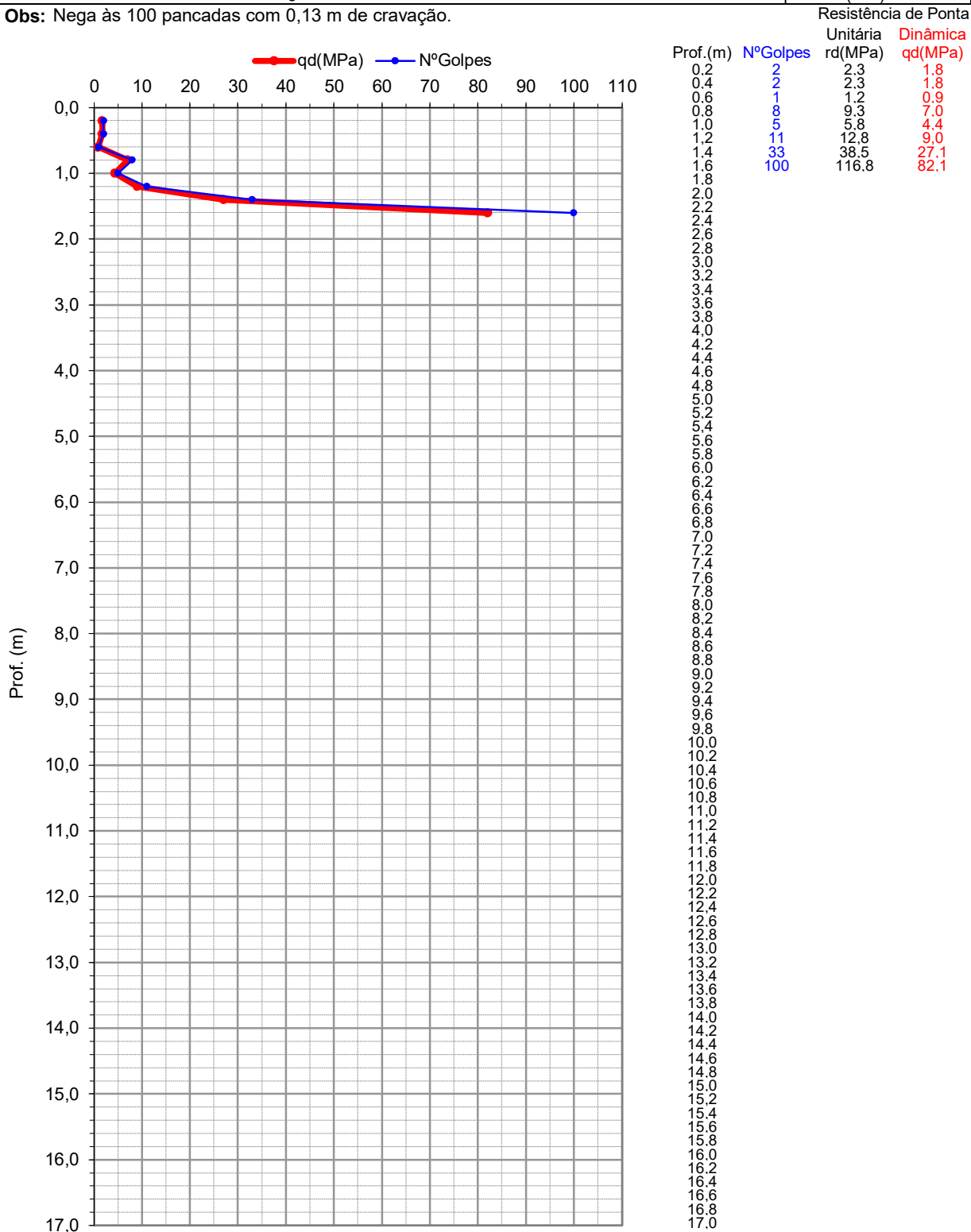
Data: 12 de Março de 2020.

**PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)
 EN ISO 22476-2:2005**

Cliente: Sociedade de Águas de Brijó, Lda	Nº: 8
Obra: Edifício Industrial - Estrada Principal do Jardim	Refª: 20/23-R
Local: São Paulo de Frades	Comprimento do ensaio (m): 1,6

Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,7	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante / Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm ²): 20

Obs: Nega às 100 pancadas com 0,13 m de cravação.



Executou:

Verificou:

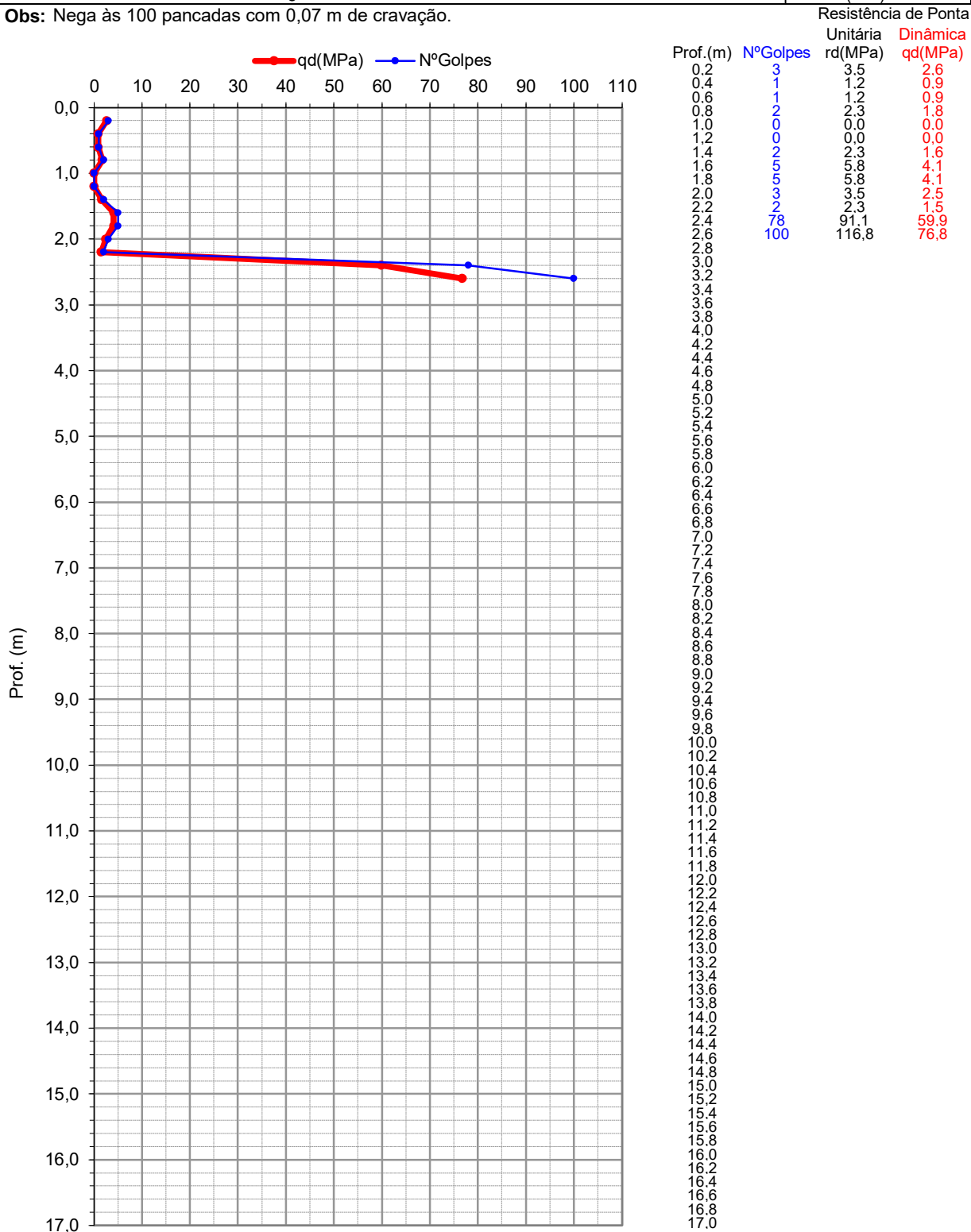
Data: 12 de Março de 2020.

**PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)
 EN ISO 22476-2:2005**

Cliente: Sociedade de Águas de Brijó, Lda	Nº: 9
Obra: Edifício Industrial - Estrada Principal do Jardim	Refª: 20/23-R
Local: São Paulo de Frades	Comprimento do ensaio (m): 2,6

Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,7	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante / Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm ²): 20

Obs: Nega às 100 pancadas com 0,07 m de cravação.



Executou:

Verificou:

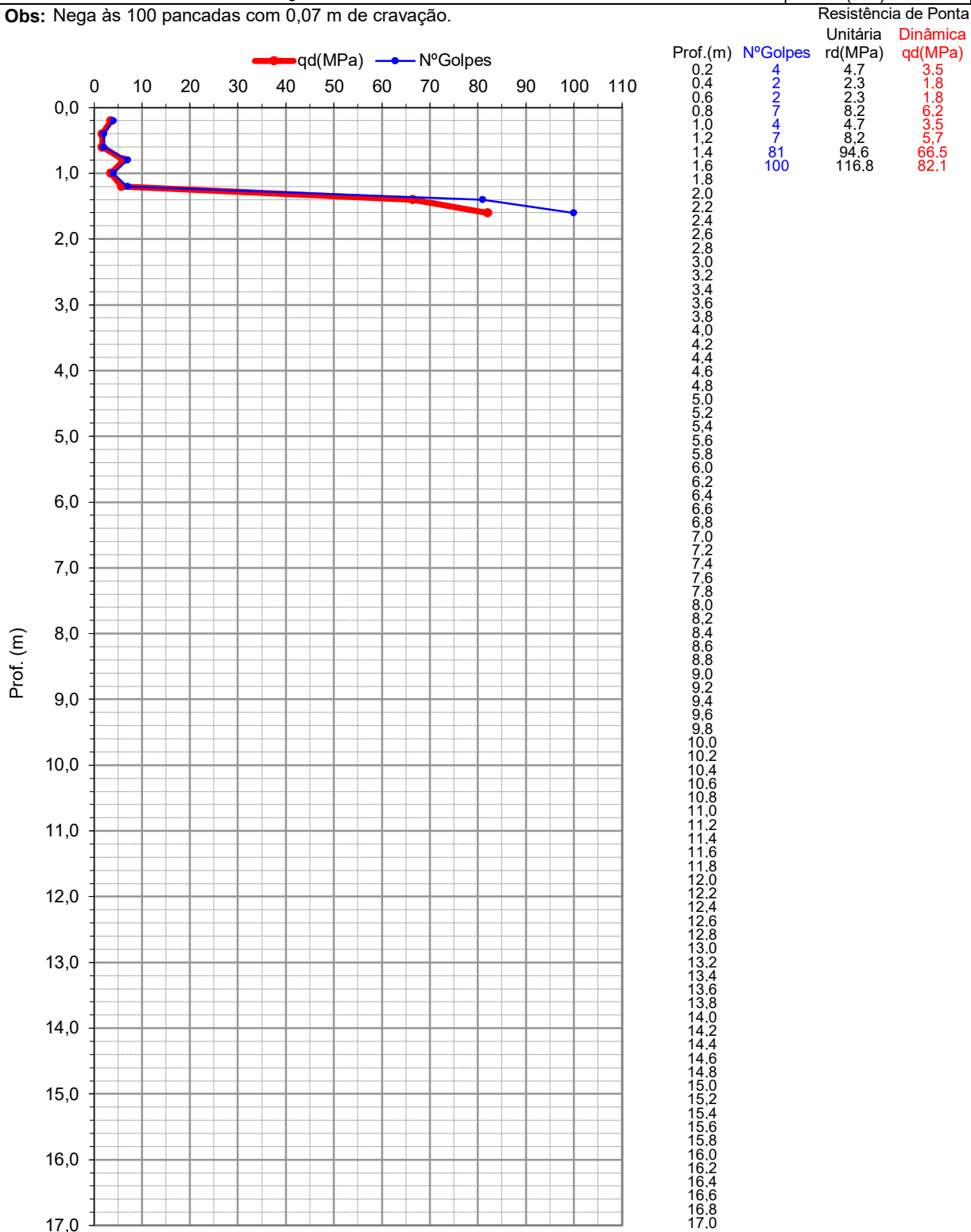
Data: 12 de Março de 2020.

**PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)
 EN ISO 22476-2:2005**

Cliente: Sociedade de Águas de Brijó, Lda	Nº: 10
Obra: Edifício Industrial - Estrada Principal do Jardim	Refª: 20/23-R
Local: São Paulo de Frades	Comprimento do ensaio (m): 1,6

Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,7	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante / Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm ²): 20

Obs: Nega às 100 pancadas com 0,07 m de cravação.



Executou:

Verificou:

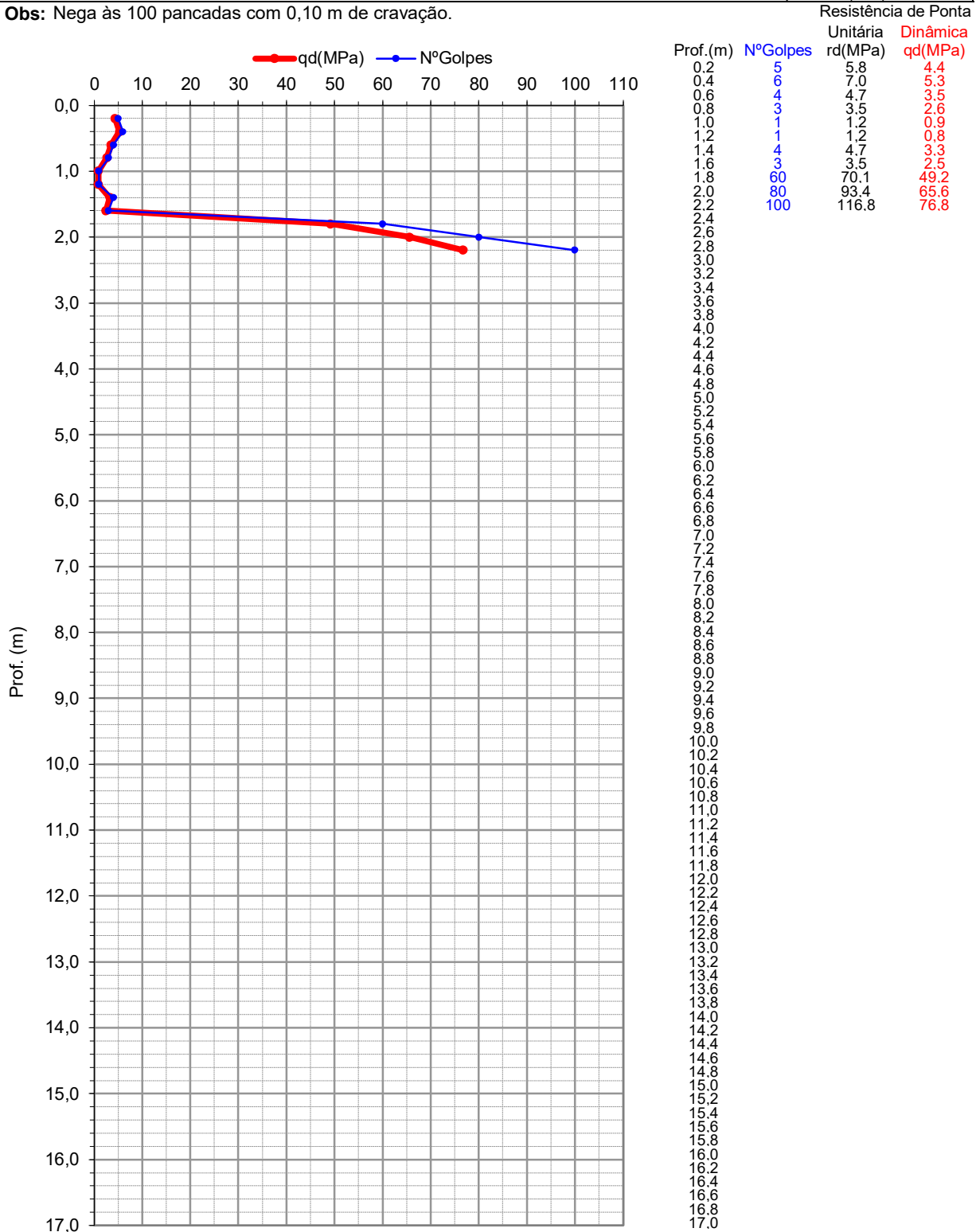
Data: 12 de Março de 2020.

**PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)
 EN ISO 22476-2:2005**

Cliente: Sociedade de Águas de Brijó, Lda	Nº: 11
Obra: Edifício Industrial - Estrada Principal do Jardim	Refª: 20/23-R
Local: São Paulo de Frades, Coimbra	Comprimento do ensaio (m): 2,2

Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,7	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante / Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm ²): 20

Obs: Nega às 100 pancadas com 0,10 m de cravação.



Executou:

Verificou:

Data: 12 de março de 2020.