



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

IVAN JOSÉ DELATIM

**CLASSIFICAÇÃO DE SONDAgens (TRADO, PERCUSSÃO, ROTATIVA E MISTA)
PARA A APRESENTAÇÃO EM PERFIS INDIVIDUAIS DE SONDAgens:
CURSO EXAMINADO SOB A PERSPECTIVA DE
ENSINO E DE PENSAMENTO GEOLÓGICO**

CAMPINAS

2017

IVAN JOSÉ DELATIM

**CLASSIFICAÇÃO DE SONDAgens (TRADO, PERCUSSÃO, ROTATIVA E MISTA)
PARA A APRESENTAÇÃO EM PERFIS INDIVIDUAIS DE SONDAgens:
CURSO EXAMINADO SOB A PERSPECTIVA DE
ENSINO E DE PENSAMENTO GEOLÓGICO**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE
EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA.**

ORIENTADOR: PROF. DR. PEDRO WAGNER GONÇALVES

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA DISSERTAÇÃO A SER DEFENDIDA PELO ALUNO
IVAN JOSÉ DELATIM E ORIENTADO PELO
PROF. DR. PEDRO WAGNER GONÇALVES**

CAMPINAS

2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

D375c Delatim, Ivan José, 1959-
Classificação de sondagens (trado, percussão, rotativa e mista) para a apresentação em perfis individuais de sondagens : curso examinado sob a perspectiva de ensino e de pensamento geológico / Ivan José Delatim. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Pedro Wagner Gonçalves.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Geologia de engenharia. 2. Sondagem. 3. Mecânica do solo. 4. Solos. I. Gonçalves, Pedro Wagner, 1958-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Borehole classification (auge boring, cable percussion boring and rotatory drilling) for an investigation of individual borehole profiles : a course undertaken from the perspective of current teaching methods and geological thinking

Palavras-chave em inglês:

Engineering geology

Sounding

Soil mechanics

Soils

Área de concentração: Ensino e História de Ciências da Terra

Titulação: Mestre em Ensino História e Ciências da Terra

Banca examinadora:

Pedro Wagner Gonçalves [Orientador]

Wilson Shoji Iyomasa

Alfredo Borges de Campos

Data de defesa: 24-07-2017

Programa de Pós-Graduação: Ensino e História de Ciências da Terra



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

AUTOR: Ivan José Delatim

CLASSIFICAÇÃO DE SONDAgens (TRADO, PERCUSSÃO, ROTATIVA E MISTA)
para a Apresentação em Perfis Individuais de Sondagens: Curso Examinado
sob a Perspectiva de Ensino e de Pensamento Geológico.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves

Aprovado em: 24 / 07 / 2017

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves - Presidente

Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos

Prof. Dr. Wilson Shoji Iyomasa

***A Ata de Defesa assinada pelos membros da Comissão Examinadora,
consta no processo de vida acadêmica do aluno.***

Campinas, 24 de julho de 2017.

*“A lição nós sabemos de cor
Só nos resta aprender”*

Beto Guedes

*Para Elisete, Michele, Daniel,
Henrique e Rosa.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que me ajudaram diretamente nesse trabalho e àqueles que contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Ao Professor Doutor Pedro Wagner Gonçalves, orientador, que acreditou nesse projeto e, com imensa paciência e dedicação, auxiliou na organização de minhas ideias, além de todo o aprendizado nesse período de convívio acadêmico.

Aos amigos e colegas geólogos, que são muitos e que participaram do meu crescimento profissional ao longo de trinta anos de atuação profissional, pelas discussões, dicas, esclarecimentos e aprendizados. Agradeço especialmente a Luiz Ferreira Vaz, Marilda Tressoldi, João Jerônimo Montecelli e Fernando F. Kertzman, pelo incentivo e colaborações ao trabalho. Ao mestre Carmo T. Yassuda (*in memoriam*), de quem um dia ouvi e tomei como lema que “*aprender não ocupa espaço*”.

Aos membros da banca de qualificação Profs. Drs. Alfredo Borges De-Campos e Alexandre Campana Vidal, pelas críticas, ideias e sugestões oferecidas.

Aos meus pais, Dona Elvira e sr. João Delatim, pela vida e pelo incentivo de sempre seguir adiante. Aos meus irmãos, sempre presentes em todos os momentos de minha vida com incentivo e alegria e que diretamente foram responsáveis pela minha formação em Geologia.

À minha esposa Elisete, cujo apoio e paciência tornaram possível tudo isso.

RESUMO

Todo projeto de engenharia civil inicia-se pelo conhecimento das condições geológicas da área onde se pretende construir uma obra. As sondagens diretas, indiscutivelmente, contribuem para a investigação do subsolo, cujo diagnóstico final, formalmente apresentado na forma de Perfil Individual de Sondagem (PIS), deve refletir as condições geológico-geotécnicas do local investigado. O presente trabalho propõe examinar um “Curso de Classificação de Sondagens”, que tem por objetivo, capacitar profissionais da área de Geologia a descreverem amostras e solos e rochas provenientes de sondagem, para serem apresentados nos PIS. A qualidade e a confiabilidades dessas investigações e de seus resultados dependem de vários atores, que necessitam ter conhecimentos técnicos específicos e treinamento adequado. O curso propõe discutir o papel desses atores no processo de elaboração desses resultados e as competências necessárias para realiza-las, além de propor uma sequência descritiva que seja compreendida por Geólogos e demais profissionais da área da Geologia de Engenharia. Para isso o curso levam em conta os critérios práticos utilizados na descrição tátil-visual, amparados em procedimentos práticos, terminologias e parâmetros geotécnicos constantes nas normas técnicas vigentes e nos boletins técnicos da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE. O curso se desenvolve sob duas linhas de pensamentos: uma Geológica, a partir dos indicadores que emergem da geologia como ciência, como o raciocínio geológico, a partir das reflexões de Robert Frodeman e outra educacional, de Philippe Perrenoud, que defende o aprendizado por competência e assim identificá-las para a tarefa de descrever amostras de sondagens. O curso está estruturado em dois módulos, com abordagens teóricas e práticas e pode ser situado como um curso técnico na área de Geologia. Uma avaliação preliminar, junto aos participantes das edições realizadas nos dois últimos anos, revelou que a tarefa de descrever amostras obtidas em sondagens é parte essencial na capacitação profissional dos geólogos, pois o auxilia na compreensão da importância dos métodos de investigação para os projetos e no seu papel como ator participante no processo, comprometido com a qualidade, com a ética e garantindo confiabilidade nos resultados apresentados. Aos alunos que participaram de curso e que inclui em seu dia-a-dia a atividade de descrever sondagens, se dizem mais seguros em acompanhar os trabalhos de investigação no campo e confortáveis quanto aos resultados por eles apresentados. Dessa maneira o curso atende a uma necessidade técnica do profissional de Geologia para a qual manipular amostras obtidas em sondagens é parte essencial na sua formação, assim, os procedimentos que envolvem manuseio e descrição de solos e rochas devem ser incorporados às metodologias de investigação da Geologia de Engenharia e faz uma provocação ao meio técnico, principalmente à Geologia, na busca por uma padronização na maneira de descrever os horizontes geológicos nos PIS, capaz de ser compreendida por todos os profissionais de Geologia de Engenharia.

Palavras-chave: geologia de engenharia; sondagens; descrição de sondagem; solos; rochas; desenvolvimento de competências.

ABSTRACT

Direct borehole undoubtedly assists in the probing of the subsoil and the final analysis of the geological and geotechnical conditions is represented in the form of an "Individual Borehole Profile" (also known as LOG). This study seeks to examine a "Course on Borehole Classification", with the aim of helping professionals to become qualified in the area of Geology and enabling them to describe the soil and rock samples exposed by the borehole. The standard and reliability of these investigations depends on a number of different players who need to have specialist technical knowledge and appropriate training. The course entails discussing the role of those involved in achieving these goals and acquiring the necessary skills. It also puts forward a descriptive sequence which can be understood by geologists and other professionals in the area of engineering geology. In undertaking this, the course takes account of the criteria employed in the visual-tactile description, and is supported by practical procedures, as well as the terminology and fixed geotechnical parameters derived from the technical standards of the Brazilian Association of Environmental and Engineering Geology (ABGE). The course is evolving along two lines of thought: i) geological – on the basis of the indicators that have emerged from geology as a science, a form of geological reasoning and the ideas of Robert Frodeman and ii) educational, as defined by Philippe Perrenoud, who supports the notion of learning through the skills required for the task of discovering samples obtained by drilling. The course is divided into two modules that adopt both theoretical and practical approaches and can be included as a technical course in the area of Geology. A preliminary assessment, which included participants from previous courses, revealed that the task of discovering samples obtained from borehole, is an essential part of the professional training of geologists since it assists in understanding the importance of investigative methods. Moreover, it teaches students to be committed to high standards involving ethical considerations, while ensuring they are able to show their results in a reliable way. The student participants will be able to describe borehole activities as a part of their everyday routine; this will make them feel more confident when being involved in the investigative work in the field and more comfortable with regard to the results that they show. In this way, the course caters for the technical needs of professional in Geology since an ability to handle samples obtained from boreholes, is an essential part of their training. Thus, procedures that involve the handling and description of soil and rocks should be incorporated in the investigative methodology of Engineering Geology. In this way, they can act as a stimulus within the technical environment, particularly Geology, and encourage specialists to seek a standardized way of describing the geological horizons in the LOG so that they can be fully understood by all the professionals in Engineering Geology.

Keywords: engineering geology; borehole; description of borehole; soils; rocks; development of skills.

SIGLAS

ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental
CE	Competências Específicas
CEB	Câmara de Educação de Base
CG	Competências Genéricas
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CPRM	Serviço Geológico do Brasil (Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais)
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DCG	Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Geologia e Engenharia Geológica
GE	Geologia de Engenharia
LOG	Perfil Individual de Sondagem em inglês
PIS	Perfil Individual de Sondagem

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
Capítulo 1:	21
QUAIS SÃO OS INDICADORES QUE EMERGEM DA GEOLOGIA COMO CIÊNCIA PARA DESCREVER O CURSO DE CLASSIFICAÇÃO DE SONDAgens?	21
Capítulo 2:	29
COMO O CURSO DE CLASSIFICAÇÃO DE SONDAgEM SE SITUA ENTRE OS CURSOS TÉCNICOS E CONTRIBUI PARA O DESENVOLVIMENTO DAS COMPETÊNCIAS NECESSÁRIAS PARA DESCREVER E INTERPRETAR AMOSTRAS DE SONDAgEM?	29
Capítulo 3.	40
OS CRITÉRIOS DE IDENTIFICAÇÃO E PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS NA CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS E ROCHAS PROVENIENTES DE SONDAgens.	40
Capítulo 4.	47
DESCRiÇÃO DO CURSO CLASSIFICAÇÃO DE SONDAgEM	47
4.1. Estrutura básica e objetivos do curso	47
4.2. Aula prática para descrição de solos	52
4.3. Aula prática para descrição das amostras de rocha	60
Capítulo 5.	72
COMO O CURSO DE CLASSIFICAÇÃO DE SONDAgEM CONTRIBUI PARA A CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL VOLTADA À TAREFA DE DESCREVER E INTERPRETAR AMOSTRAS DE SONDAgens?	72
CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	78
APÊNDICES	83
ANEXO A	132
ANEXO B	135

INTRODUÇÃO

Esta reflexão se propõe examinar um curso técnico de Classificação de Sondagens, que tem por objetivo capacitar profissionais da área de Geologia de Engenharia (GE). Por meio do curso, os participantes descrevem amostras de solos e rochas provenientes de sondagens. Examinam os critérios e os cuidados necessários para apresentar seus resultados.

O conteúdo teórico do curso leva em conta os critérios práticos utilizados na descrição tátil-visual, amparados em procedimentos, terminologias e parâmetros geotécnicos constantes nas normas técnicas vigentes (NBR-13441/1995; NBR-6502/1995; NBR-6484/2001) e nos boletins técnicos da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE (Manual de Sondagem - Boletim N° 3. 2013; Diretrizes para Classificação de Sondagens – 1ª Tentativa) largamente utilizados pela Geologia de Engenharia.

Neste trabalho utiliza-se o termo “Classificação de Sondagem”¹ para designar a tarefa de descrever as amostras de solos e rochas, provenientes de sondagens, bem como a interpretação dos dados presentes nos boletins de campo. Portanto esse termo não possui relação com as classificações geotécnicas convencionais utilizadas pela Mecânica dos Solos. O curso é baseado na experiência prática no campo da Geologia de Engenharia e mais especificamente nas atividades de descrição criteriosa de sondagens seguindo as normas técnicas adotadas no país com aproximações e adaptações das normas internacionais.

Todo projeto de engenharia, seja estrada, barragens, mineração, metrô, pontes, aterros sanitários e até mesmo uma simples edificação, inicia-se pelo conhecimento das condições geológicas locais, reconhecendo seus horizontes geológicos e suas características geológico-geotécnicas. O mapa geológico é o ponto de partida para um conhecimento da geologia de uma área onde se pretende implantar um sistema de obras civis, pois fornece um indicativo dos

¹ O termo classificação de sondagem é usual, embora a atividade principal seja a descrição de amostras.

possíveis tipos litológicos que podem ser encontrados, entretanto, as sondagens contribuem, indiscutivelmente, para a investigação do subsolo. Seus resultados são apresentados na forma de Perfis Individuais de Sondagens (PIS), ou Log², como é também conhecido pelo meio técnico, que representa o diagnóstico das condições geológico-geotécnicas do local investigado.

Esse diagnóstico é o resultado do trabalho de um conjunto de atores que estão diretamente envolvidos nos processos de execução, obtenção de dados e de interpretação das amostras de sondagens. A dinâmica do trabalho e a interface entre esses atores estão diretamente ligadas ao formato adotado pela empresa executora. Se a empresa possui um profissional de Geologia em seu quadro de colaboradores, por exemplo, confere uma maior agilidade e confiabilidade técnica aos resultados apresentados. O curso busca discutir os papéis e responsabilidades desses atores em cada fase do processo, da investigação à apresentação final.

A necessidade de se conhecer as propriedades das diversas camadas presentes em um horizonte estratigráfico sempre foi uma preocupação constante para as obras de engenharia e as sondagens, é, portanto, imprescindível para um bom projeto e estimativa correta de seus custos. Ao mesmo tempo, no meio técnico de Geologia de Engenharia e de Engenharia Civil, há reclamações sobre os resultados apresentados de uma determinada campanha de investigação. Em outros termos, todos já ouviram a piada: “Se derem uma mesma sondagem para cinco geólogos descreverem, teremos cinco resultados diferentes”. Essas reclamações pesam sobre a qualidade dos serviços de investigações executados no Brasil.

A experiência adquirida na área de projetos, trabalhando com resultados de campanhas de investigações realizadas em diversas regiões do Brasil, tem indicado que os problemas são verificados nos resultados das investigações apresentadas (PIS), pelos atores envolvidos. O primeiro tem origem no campo, a equipe de sondagem, responsável pela execução da investigação e coleta de

² Termo em inglês que significa “registro”.

dados; o segundo, na interpretação desses resultados, executada pelo responsável pela descrição da sondagem.

Muitos profissionais da área têm se dedicado a escrever trabalhos que indicam, relacionam e apresentam não conformidades em procedimentos executivos e que interferem demasiadamente na qualidade dos serviços executados. Teixeira (1974) foi pioneiro na busca pela qualidade na execução da sondagem a percussão, para a qual analisou, expôs e argumentou os fatores que influenciam os valores de resistência a penetração “N”, (SPT - Standart Penetration Test) que serviram de base para a elaboração da primeira norma brasileira para esse método de investigação, em 1979.

Cavalcante e Danziger (2006), acompanhando a execução de sondagens a percussão por cinco empresas executoras atuantes nos Estados do Rio de Janeiro, Paraíba, Sergipe e Bahia, verificaram que a prática está longe de estar em conformidade com a norma vigente. O trabalho analisa os fatores que influenciam os valores de resistência do solo (SPT) e demonstra que há inúmeras causas que interferem nesses resultados e os agrupam em três categorias: equipamentos, procedimentos e à condição do solo.

Mais recentemente, Monteiro et al. (2011), da equipe de Geotecnia do Metrô de São Paulo, fez um levantamento detalhado dos problemas verificados pela equipe de fiscalização de campo, durante o acompanhamento dos serviços de sondagens a percussão. Devido às diversas não conformidades verificadas e para garantir qualidade na execução das sondagens, adotaram um sistema de avaliação de qualidade, o qual avalia todas as fases do processo: a execução, a análise e classificação das amostras e, por fim, a apresentação dos resultados.

Dos fatores até aqui mencionados, diretamente ligados à falta de acurácia nos serviços de investigação, há outro ponto importante a ser considerado: a descrição do material proveniente das sondagens.

A falta de uniformização, quanto às descrições dos materiais atravessados e apresentados nos Perfis Individuais de Sondagens dissociados das normas vigentes, só reforça as frequentes não conformidades observadas. Entretanto,

considera-se que estão à disposição dos técnicos procedimentos e parâmetros geotécnicos para descrição de solos e de testemunhos de rochas, mas que não são utilizados adequadamente. Um dos motivos para essa situação pode estar na preparação (ou falta de) dos profissionais que executam e interpretam as sondagens.

Procura-se justificar as deficiências e não conformidades observadas nesse campo da investigação nas últimas décadas como resultado de um período pouco fértil e produtivo ocorrido em nosso país. Carneiro (1995), em seu trabalho “Perspectiva do Profissional de Geociência em um Cenário de Retomada do Crescimento Econômico Brasileiro”, faz a seguinte abordagem: “Por razões as mais diversas ao longo da 'década perdida', como têm sido denominados os anos 80, muitos colegas afastaram-se do exercício da profissão”. Essa constatação resume muito bem a condição econômica e social que ocorreu nesse longo período de recessão econômica, sem investimentos em praticamente todas as áreas que geram oportunidades de trabalho aos profissionais de geociências.

Outro aspecto a considerar está na formação dos profissionais dos cursos de Geologia e Engenharia Geológica. A descrição de amostras de solos e rochas provenientes de sondagens, com foco para a Geologia de Engenharia, tem pouca abordagem ou praticamente inexistente na graduação.

Este quadro serviu de base para órgãos como Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - ABGE e o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, promoverem o curso que será examinado neste trabalho.

Isso implicou, desde a primeira oferta do curso, determinar as referências, os suportes e as ênfases necessárias em um curso que capacite profissionais da área de Geologia de Engenharia para classificar sondagens com critérios técnicos rígidos. Foi necessário delimitar os parâmetros geológico-geotécnicos e os critérios que garantem a confiabilidade à descrição das amostras de solos e testemunhos de rochas das sondagens a trado, percussão, rotativas e mista.

O objetivo central deste estudo é discutir o curso classificação de sondagens. Para fazer essa descrição se utilizam elementos que o situam como

curso técnico a partir da noção de fazer Geologia (a partir das reflexões de Robert Frodeman (2010) sobre a Geologia como ciência) e da abordagem educacional de Philippe Perrenoud (2013).

Nessa direção, Frodeman (2010) posiciona o raciocínio geológico como um raciocínio científico baseado na teoria da hermenêutica e no caráter histórico de algumas ciências da natureza. Isso contribui para explicar como o curso mobiliza conceitos pertinentes à Geologia (Petrologia, Sedimentologia, Mineralogia, Morfologia e Estratigrafia), bem como de mecânica dos solos e de rochas para classificar sondagens.

Na linguagem de Philippe Perrenoud (2013), o curso oferece aos participantes “situações de aprendizagens” que os coloquem diante de situações semelhantes àquelas que vão encontrar na vida profissional. Isso implica que irão mobilizar conhecimentos, recursos e habilidades necessários para classificar sondagem.

Em outros termos, pretende-se situar o curso de Classificação de Sondagens entre os cursos técnicos que visam aperfeiçoar a formação de geólogos e estudantes para tarefas práticas-chaves da fase de diagnóstico das características geológicas e geotécnicas, que precisam ser consideradas nas etapas de projeto de obras de Engenharia.

Portanto, os objetivos principais dessa pesquisa são:

Discutir o formato do curso Classificação de Sondagem, já oferecido a dezenas de profissionais que trabalham na área de investigação para Geologia de Engenharia;

Pesquisar e Identificar as competências profissionais específicas exigidas para descrever e classificar amostras de solos e rochas obtidas pelas técnicas mais usuais de sondagem (trado, rotativa, percussão e mista);

Compreender os raciocínios geológicos (interpretativo e histórico) exigidos dos profissionais para descrever e classificar amostras de solos e rochas obtidos por sondagens;

Estudar e estabelecer o espaço requerido para fazer a descrição e classificação de amostras de sondagens para situar a atividade entre as diversas atividades geológicas típicas da Geologia de Engenharia;

Revelar os fundamentos e os princípios adotados pelo curso para avaliar no que acompanha e no que se diferencia das normas internacionais mais comuns de descrição e classificação de amostras de solo e rocha obtidas por sondagens.

Para atingir tais objetivos se emprega um processo de reflexão que combina vários elementos da análise qualitativa. De fato, busca-se aclarar os elementos que contribuam para aperfeiçoar o curso. Um ponto de partida é a experiência do professor do curso (autor desta dissertação), mas esta é cotejada com a literatura de três fontes chaves: a) literatura educacional que se dedica a explicitar uma pedagogia por competências, bem como suas implicações para a formação técnica e profissional; b) literatura sobre a História da Ciência e a Filosofia da Geologia que fornece indicadores para descrever os raciocínios empregados no curso; c) literatura sobre normas e procedimentos adotados para descrever e classificar amostras de solos e rochas para caracterizar os maciços rochosos em termos de suas propriedades geotécnicas.

O capítulo 1 apresenta os indicadores que emergem da geologia como ciência e sua importância na construção de uma linguagem mais eficiente e adequada ao entendimento da Geologia e da Engenharia, para atender aos diversos problemas oriundos da intervenção humana na natureza. Discorre como os Geólogos contribuíram introduzindo ferramentas, como a interpretação geológica, que faltavam à maioria dos engenheiros responsáveis pelos estudos geológicos. Aborda a importância da interpretação de campo e estabelece um paralelo com os conceitos de Frodeman, que contempla a Geologia como uma ciência histórica, narrativa e hermenêutica. Reforça a importância de investigação de campo por meio de sondagens como ferramenta indispensável na obtenção de informações do subsolo necessárias ao entendimento da Geologia local e os cuidados que se deve ter quando se dirige para a tarefa de descrever amostras obtidas nessas investigações. Discute-se que a tarefa de descrever solos e

rochas é uma tarefa dúbia, pois não se trata de um trabalho de campo, tão pouco de laboratório, mas de um espaço onde também se constrói o conhecimento, semelhante ao papel dos museus no século XVIII. E mostra que a descrição de amostras passa por uma série de tarefas, que vai da organização das amostras à sua descrição, reforçando a necessidade de se conhecer o local investigado como um elemento adicional no entendimento do arcabouço geológico da área em estudo.

O Capítulo 2 discorre sobre como o Curso de Classificação se enquadra na legislação vigente como um curso técnico (Decreto N°5154 de 23/07/2004), que propõe qualificação e capacitação aos profissionais de Geologia e Geotecnia, e avalia quais profissionais estão qualificados para a tarefa de classificar sondagens. Coloca a classificação tátil-visual como metodologia para descrição de solos e rochas. Mostra como o curso contribui para o desenvolvimento de competência a partir dos conceitos educacionais propostos por Philippe Perrenoud, para o qual as competências são produtos da aprendizagem que o profissional deverá mobilizar quando necessário e que requer uma articulação de conteúdos de diversas áreas, portanto, interdisciplinar. Mostra também que, para a construção das competências, não é necessário ter um conhecimento completo de toda a teoria para executar tarefas práticas e técnicas, mas sim saber mobilizar os recursos necessários como saberes, habilidades, atitudes, valores e identidade somados a recursos adquiridos durante sua vida profissional. Mostra também que as competências vêm ao encontro de uma nova sociedade que requer profissionais mais críticos, com conhecimento de sua realidade local, com capacidade de adaptação às mudanças e com comprometimento ético. Nessa direção, mostra que está em conformidade com as diretrizes curriculares que definem as competências que devem ser atingidas para todos os profissionais formados no território nacional. Apresenta as competências definidas pelo Projeto Tuning - América Latina, que definiu vinte e sete competências genéricas, comuns a qualquer curso de graduação. Para o curso de Geologia e Engenharia Geológica, foram definidas dezessete competências genéricas e dezoito competências específicas, que buscam fortalecer os processos de reforma

curriculares e uma estratégia para uma maior inserção dos estudantes no campo profissional.

O Capítulo 3 apresenta como e em que contexto geológico-geotécnico surgiram as primeiras Normas Brasileiras que estabeleceram critérios e procedimentos para a execução de métodos de investigação e descrição de solos e rochas no Brasil e procura fazer uma comparação com as normas internacionais. Aborda os parâmetros geotécnicos propostos aos maciços rochosos desenvolvidos por profissionais que estiveram à frente das grandes obras nas décadas de 1960 e 1970, para as quais foi necessário criar parâmetros que atendessem às necessidades da Geologia (Brasil) e que estão aí, à disposição para desenvolver estudos geotécnicos de diversas necessidades.

O Capítulo 4 descreve a estrutura e os objetivos do curso. Discorre sobre os conteúdos que são abordados, como os métodos de investigação (sondagens a trado, percussão, rotativa e mista) e suas respectivas normas, e apresenta as não conformidades mais frequentes praticadas pelas empresas executoras. Aborda os tipos de amostragem e os cuidados necessários que garantam amostras de qualidade. Aborda como os resultados das investigações devem ser apresentados nos Perfis Individuais de Sondagens, analisando diversos modelos de apresentação e as não conformidades. Procura justificar que a tarefa de Classificar Sondagem não é aprendida na graduação e que o profissional deve buscar desenvolver essa competência para quando for solicitado. Chama o participante a ser um agente ativo no processo de aprendizagem, a partir de experiências cotidianas e “situações de aprendizagem”. O curso é um complemento à formação do profissional cujo objetivo é formar o que a legislação brasileira de ensino técnico denomina uma competência profissional específica. O conteúdo teórico é vivenciado na prática a partir das situações de aprendizagens propostas para o desenvolvimento da competência para Classificar Sondagem.

O Capítulo 5 apresenta como o curso trabalha com as situações de aprendizagens durante as aulas práticas e auxilia o participante na aplicação dos conceitos apresentados no curso e a mobilizar seus recursos metodológicos

adquiridos na graduação, bem como a experiência profissional acumulada. O professor utiliza de sua experiência profissional para contrapor “conceitos falsos” trazidos pelos alunos, a partir de contraexemplos, auxiliando-os na reorganização desses conceitos para a interpretação das amostras e consequente apresentação dos resultados. Mostra que essa tarefa está vinculada a um ensino técnico, pois seu aprendizado está vinculado não por meio do ensino de conceitos, mas por meio de articulação fornecida pela situação de aprendizagem.

Capítulo 1:

QUAIS SÃO OS INDICADORES QUE EMERGEM DA GEOLOGIA COMO CIÊNCIA PARA DESCREVER O CURSO DE CLASSIFICAÇÃO DE SONDAJENS?

A aproximação da Geologia com a Engenharia dependeu da existência de uma massa crítica de geólogos no país (fato chave para compreender como foram formulados e adaptados os métodos de investigação da Geologia de Engenharia). Vaz (ABGE – 30 Anos, p. 20-85, 1998) informa:

As principais dificuldades enfrentadas pelos geólogos que se dedicavam à Geologia de Engenharia na década de 60 estavam associadas a um forte ceticismo sobre a contribuição da Geologia, à falta de uma linguagem comum com a Engenharia Civil e à deficiência dos métodos e procedimentos de investigação geológica. Entretanto, os geólogos introduziram as ferramentas de interpretação geológica, que faltavam à maioria dos engenheiros responsáveis pelos estudos geológicos que se faziam até o início da década de 60.

A sondagem rotativa teve seu início no Brasil na década de 1940, quando o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) adquiriu a primeira sonda com coroa diamantada, para os estudos geológicos da Barragem de Salto Grande, no Rio Paranapanema. Essa nova tecnologia de pesquisa necessitava também de uma linguagem adequada para a apresentação dos resultados.

Vaz (ABGE - 30 anos,1998) recorda que a contribuição da Geologia era essencialmente descritiva, resumindo à descrição dos tipos petrográficos, sem se importar com a finalidade da obra, nem com o tipo de solicitação imposta. Não raramente apresentava extensa e bem fundamentada história da evolução geológica da região. Mas isso trazia pouco ou quase nenhum benefício palpável às obras de Engenharia.

Para atender às necessidades das obras de Engenharia Civil da década de 1960, muitos geólogos buscaram aperfeiçoamento fazendo cursos de mecânica dos solos e de resistência de materiais, bem como engenheiros civis buscaram

estudar geologia. Foi uma fase importante, pois permitiu aos geólogos aperfeiçoar as investigações geológicas e desenvolver uma linguagem apropriada à comunicação com os engenheiros.

Nesse contexto, entre o final de 1960 e meados da década de 1970, surgem as primeiras tentativas de quantificar os parâmetros geológicos, o que exigiu normalização dos procedimentos de investigação geológica e terminologia. É característica dessa fase a definição do grau de alteração e fraturamento e, mais tarde, dos graus de coerência.

Importante nesse estágio em que se encontrava a Geologia de Engenharia foi o trabalho de Santos (1976), que fez uma avaliação sobre a utilização excessiva de resultados indiretos obtidos a partir de ensaios e instrumentações tecnológicas. Critica o que chamou de “matematização de parâmetros geológicos” e propõe:

A racional e intensiva observação da natureza, com suas respostas às solicitações de obras já instaladas, como fonte principal e mais segura de dados para o projeto.

Sem desmerecer a importância que os ensaios tecnológicos representam para os estudos em projetos civis, o autor acredita que seu papel deva ser de auxiliar, dentro de uma análise interpretativa da natureza, com o objetivo de criar modelos fenomenológicos que melhor representem o comportamento das diversas situações geológicas, frente às diferentes solicitações impostas pela obra.

Essa disposição para interpretação do campo vai ao encontro da defesa de Frodeman (2010) de que “o raciocínio geológico nos oferece o melhor modelo do tipo de raciocínio necessário para enfrentar os tipos de problemas que deverão emergir”, a qual também é justificada por Vaz (ABGE – 30 anos, 1998), que diz que os geólogos que vinham trabalhar em sua equipe recebiam a recomendação de:

Andar muito no campo, arrastando-se em ravinas e drenagens, escorregando em barrancos e subindo no alto dos morros e das igrejas, se necessário, até dominarem o

controle geológico da paisagem, descobrirem as surpresas dissimuladas nas ravinas e decifrarem os barrancos.

A investigação de campo também é justificada por Souza, Silva e Lyomasa (1998) no livro *Geologia de Engenharia da ABGE*, p.163, em seu capítulo *Métodos de Investigação*:

A construção de obras civis, bem como estudos do meio ambiente que não envolvem, necessariamente, construções de obras, devem ser precedidas de estudos para caracterização geológico-geotécnica da área de interesse que indicarão: distribuição dos diversos materiais que compõem o local, parâmetros físicos dos materiais, técnicas mais adequadas para intervenção nos terrenos, volumes necessários para remoção ou escavação, necessidade de tratamento de estabilização dos maciços e, finalmente, se for o caso, indicação do melhor local para o posicionamento das estruturas das obras civis.

Os métodos de investigações abordados durante o curso estão entre os métodos diretos mais frequentes e consagrados pelo meio técnico, pois segundo Souza, Silva e Lyomasa (1998, p. 163):

Com as sondagens mecânicas é possível definir, com precisão, as características dos materiais ao longo da linha de perfuração: descrevem-se testemunhos, variações litológicas, estruturas geológicas e características geotécnicas dos materiais.

As sondagens estão presentes em todas as fases de um projeto. Se tomar como exemplo um estudo de barragem, elas são realizadas desde a fase de inventário até o projeto executivo. Devem ser realizadas em quantidades e profundidades suficientes que atendam ao nível de conhecimento que se pretende atingir em cada fase de projeto. O termo sondagem implica, necessariamente, a coleta de amostras (solo e rocha), e são para elas que o curso direciona seu foco, apresentando critérios e metodologias para descrevê-las e classificá-las.

A atividade de descrever e classificar amostras de sondagem, apesar de seu alcance interdisciplinar que aproxima problemas geológicos da Engenharia, encontra muitos aspectos de aproximação e semelhança com a investigação geológica. Nos limites deste estudo, adotar essa perspectiva geológica é um ponto estratégico para configurar o trabalho profissional que descreve amostras para Geologia de Engenharia.

Há vários modos de descrever e examinar a Geologia como ciência. Esta dissertação apoia-se em Frodeman (2010), que a caracteriza como uma ciência histórica, narrativa e hermenêutica.

A maneira como se tentou compreender a geologia de uma determinada área, a partir de fragmentos materializados em amostras representativas coletadas em sondagens, remete a um dos conceitos básicos da hermenêutica de que a compreensão é circular. Heidegger (1927, 1962) argumenta, conforme citado por Frodeman (2010, p.91):

Quando tentamos compreender algo, o significado de suas partes é entendido a partir da relação com o todo, enquanto nossa concepção do todo é construída a partir de um entendimento de suas partes.

Esse ponto de partida conduz à especulação de como se pode adaptar a ideia de Heidegger à investigação geológica. A sondagem é parte e a Geologia é o todo. Nesse contexto, o curso busca discutir o significado da parte (sondagem) – a partir do entendimento das camadas individuais (horizontes) –, para que se possa entender a sua relação com o todo (Geologia) – maciço rochoso.

Quando se dirige para a tarefa de classificar, constrói-se esse entendimento trazendo concepções, previsões e habilidades. Isso remete à maneira como o profissional deve-se comportar frente ao objeto investigado – é o que Heidegger definiu como pré-estruturas. Assim, chega-se ao objeto com uma ideia pré-formada e pode-se direcionar a descrição com foco nas características que se julgam importantes e, como isso, espera-se obter a resposta que se busca.

Esses princípios sugerem que é preciso ter uma ideia clara da finalidade para analisar a sondagem e, ao mesmo tempo, o conhecimento prévio da unidade geológica (formação, estruturas, etc.) sobre a qual será construída a obra de engenharia. Se, de um lado, há instrumentos conceituais que se usa na classificação, de outro, não se pode perder de vista os instrumentos físicos e materiais aos quais recorre-se para ordenar a técnica e a metodologia de descrição (p.ex., martelo, trena, ácido, lupa, planilhas, prancheta, lápis, bússola, etc.). Assim, o estudo da Geologia e a tarefa de descrever os testemunhos de

sondagens estão abrigados nos conceitos da hermenêutica de Heidegger (1927, 1962), conforme citado por Frodeman (2010, p.91).

Adicionalmente, para descrever a tarefa de classificar e descrever amostras provenientes de sondagens busca-se em Frodeman (2004) complementos para essa ideia de ciência hermenêutica.

O trabalho dos profissionais que precisam colher dados para obras de engenharia envolvem diferentes etapas dentre as quais estão a descrição e a classificação de amostras coletadas na sondagem.

Frodeman (2004) procurou distinguir duas atividades que envolvem a coleta de dados para construção do conhecimento racional sobre o comportamento da natureza. Assinalou que a atividade de laboratório com amostras purificadas corresponde a uma abstração sobre a natureza que remonta no pensamento antigo à ideia (perfeita, imutável, etc.) conceituada por Platão. Vargas (2015) complementa essa ideia quando mostra como naturalistas do século XVII adaptaram a ideia platônica do conhecimento analítico e experimental ao parametrizar elementos abstratos da natureza (Galileu, p.ex., tratou do movimento da matéria "descarnada": sem cor ou cheiro). Pode-se induzir que os objetos e as substâncias examinadas em laboratório tornaram-se entes abstratos, mas capazes de descrever, reconhecer e explicar características universais e ahistóricas.

De outro lado, Frodeman (2004) mostra como informações sistematizadas sobre a natureza são extraídas do campo, ilustrando com o comportamento do geólogo que anda pelo afloramento, usa o martelo, faz medidas para obter informes capazes de construir narrativas racionais sobre a sucessão de eventos naturais. Em seguida, o mesmo autor busca metáforas e analogias do geólogo com outros profissionais cuja atividade também é dinâmica, visual e intuitiva, apesar de igualmente precisarem construir ações cuja validade é rapidamente testada.

Esse pequeno apanhado mostra como a Geologia articula esses dois espaços para construir o conhecimento científico, mas cada um deles recorre a procedimentos, raciocínios e habilidades muito diferenciados. A partir dessa contribuição de Frodeman e de Vargas, pode-se induzir que a atividade de campo se aproxima do trabalho do médico da Grécia Antiga: precisando fazer o diagnóstico e curar o paciente, o médico constrói uma ideia racional a partir de dados fragmentados, obtidos por meio de observação direta e recorrendo a diversos esquemas mentais comparativos e classificatórios.

O médico da Grécia Antiga ficaria surpreso se pudesse ver os recursos que os médicos modernos têm à disposição. Mas, em termos de informações para chegar ao diagnóstico, há duas novidades-chaves: informações indiretas e coleta de amostras quase indolores (p.ex., exames de sangue, urina, etc.). Avançando essa analogia: geólogos modernos dispõem de dados de sensores remotos, informações geofísicas e amostras de sondagem.

O que se pretende enfatizar é: entre o espaço do campo e o espaço do laboratório, há outro que faz uma mediação entre esses dois polos. Nos limites desse argumento, deseja-se ressaltar o lado prático da classificação tátil-visual de amostras de sondagem.

Isso indicaria que o trabalho com amostras de sondagem é uma atividade dúbia: não é o teste que se faz em laboratório com amostra aleatória ou cuidadosamente colhida, mas também não possui a dinâmica sinérgica do trabalho de campo. Essa ferramenta adicional fornece uma ideia tridimensional do comportamento do maciço rochoso e do comportamento reativo que ocorrerá em virtude da construção da obra (viaduto, estrada, túnel, etc.).

O estudo das amostras de sondagem passa por organização dos testemunhos, identificação dos trechos não recuperados e identificação de partes (profundidades) mais relevantes. A descrição das amostras em termos de suas propriedades atinge a classificação de solos e rochas. Pode identificar partes de materiais que requerem preparação para o laboratório de mecânica de solos ou de rochas. Não significa excluir o papel do laboratório na prática científica em

Geologia. Pelo contrário, trata-se de considerar o potencial instrumental dos laboratórios modernos no quadro de desenvolvimento da ciência, observando o papel epistemológico diferencial que lhe cabe no contexto na ciência geológica, como Fantinel (2005) construiu ao argumentar sobre o caráter específico da atividade de campo na construção do conhecimento geológico, bem como no ensino de Geologia.

Na História da Ciência encontra-se um espaço com inúmeras semelhanças à descrição de amostras de sondagem: o museu.

No século XVIII, começou despertar, por parte da classe “erudita” da sociedade, grande interesse pelos minerais, rochas e outros elementos exóticos encontrados na Terra, como os fósseis. As coleções eram cuidadosamente organizadas e aquelas consideradas padrão serviam de parâmetros para a identificação de espécimes, como Rudwick (2005) descreveu para mostrar o papel formador do museu na carreira dos naturalistas.

Nesse efervescente período para as ciências naturais, reivindicações científicas foram feitas (e ainda o são) em diversos e distintos “lugares de conhecimento”. E para os eruditos desse período o museu ocupava o lugar de destaque e importância na prática de quase todas as ciências, pois reunia coleções de amostras ou “espécimes” de produtos naturais e humanos vindos de diversas áreas e partes do mundo, as quais poderiam ser descritas, comparadas, identificadas e classificadas.

O museu torna-se o principal lugar de trabalho de muitos eruditos (e muito dos seus “apoiadores”), abastados e governantes da realeza.

Os museus não eram vistos mais como simples “armários de curiosidades”, coleções de objetos escolhidos por sua raridade ou estranheza; eles tinham se tornado sistemáticos “inventários da natureza”, nos quais objetos comuns eram apreciados tanto quanto os raros e excepcionais.

Rudwick (1996) argumentou que o museu tornou-se o lugar principal onde se produzia conhecimento científico.

Assim, a exemplo dos museus que no século XVIII serviam de local para desenvolver ciência, o ambiente designado para classificar sondagem deve funcionar como um local para desenvolver conhecimento, no qual o profissional mobiliza todos os recursos necessários para a melhor compreensão do arcabouço geológico para a área investigada.

Segundo Frodeman (2004), o geólogo atribui diferentes valores aos vários aspectos do afloramento, julgando quais características ou padrões da rocha são significativos e quais não são. Isso pode ser comparado à classificação de amostras de sondagem: após a observação dos testemunhos de sondagem, também serão atribuídas características e identificados parâmetros que determinarão a qualidade do maciço para, a partir daí, compreender seu comportamento frente às solicitações a que será submetido. Entretanto, interpretar esses testemunhos de sondagens sem conhecer o local onde foram executadas acarretará dúvidas que só poderão ser respondidas quando se conhece “in loco” a área estudada, o que permite entender, a partir da morfologia apresentada, o arcabouço geológico local.

, Dessa maneira a precisão na interpretação das amostras de solos e rochas aumenta bastante quando se reconhece o contexto de obtenção das amostras, ou seja, quando são conhecidas a geologia do local e a situação de campo onde foi feita a sondagem. Entretanto, apesar dessa conclusão empírica, assinala-se que é possível descrever amostras com precisão menor (sem conhecer o local investigado), mas capaz de instruir conceitos necessários ao projeto da obra.

Capítulo 2:

COMO O CURSO DE CLASSIFICAÇÃO DE SONDAGEM SE SITUA ENTRE OS CURSOS TÉCNICOS E CONTRIBUI PARA O DESENVOLVIMENTO DAS COMPETÊNCIAS NECESSÁRIAS PARA DESCREVER E INTERPRETAR AMOSTRAS DE SONDAGEM?

A legislação brasileira atual (BRASIL. Resolução nº1 de 06 de janeiro de 2015) é o resultado de ampla e complexa disputa para estabelecer as diretrizes curriculares nacionais do ensino técnico. Do ponto de vista da legislação vigente, o Curso Classificação de Sondagem propõe qualificação e capacitação ao profissional de Geologia para a tarefa de classificar sondagens. Isso atende às diretrizes estabelecidas pela resolução da Câmara de Educação Básica (CEB) do Conselho Nacional de Educação (BRASIL. Resolução CEB Nº 4 de oito de dezembro de 1999), em acordo com seus princípios, critérios e definições de competências profissionais do técnico, por área profissional.

De quem é a responsabilidade pela classificação de sondagens? O Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), (BRASIL, Resolução nº 1.010, de 22 de agosto de 2005) e o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), órgãos que regulamentam a atribuição de títulos, atividades, competências e campos de atuação profissionais, estabelecem que os trabalhos de prospecção (nos quais incluem as sondagens) são de competência dos Geólogos, Engenheiros Geólogos e Engenheiros de Minas, e estes devem estar aptos a realizar a atividade de classificar sondagens. Apesar disso, o que se tem observado é que a responsabilidade técnica desse trabalho tem sido desempenhada por outros profissionais de Engenharia Civil e até mesmo por profissionais de nível técnico.

Apesar de o curso ter o foco voltado aos profissionais de Geologia, para o qual se entende que seja o profissional mais qualificado para realizar a tarefa de classificar sondagem, ele pretende atender às necessidades de profissionais de nível técnico em Geologia, bem como os Engenheiros Civis que atuam na área de

Geotecnia, e adotar a perspectiva de que, por meio da metodologia proposta para descrição, possa treiná-los para que, mesmo sem possuírem em sua formação todos os conhecimentos necessários ao entendimento completo do contexto geológico, possam compreender melhor a linguagem utilizada pela Geologia de Engenharia e as informações contidas nos perfis individuais de sondagens.

Ao tentar situar o curso como uma contribuição ao desenvolvimento das competências necessárias para descrever e interpretar amostras de sondagem recorre-se aos argumentos de Philippe Perrenoud (2013).

Perrenoud (2013) faz uma crítica demolidora à educação básica. Em essência, defende que o ensino é muito acadêmico e desconsidera que a maioria das crianças e jovens não farão ensino superior. Para ele, essa maioria requer instrução adaptada aos problemas, desafios e dilemas da nossa época. Em termos de processo de aprendizagem, argumenta a favor de por estudantes diante de simulações de problemas práticos (o que ele denominou "situações de aprendizagem"). P.ex., alunos do ensino básico frequentariam uma oficina de marcenaria na qual aprenderiam a fazer móveis (a simulação deve respeitar os cuidados de segurança com as crianças). Esse currículo prático seria interdisciplinar e, dessa forma, desapareceriam as disciplinas habituais (Português, Matemática, etc.).

Interpreta-se que essa valorização do prático e operacional é especialmente valiosa para o ensino técnico, sobretudo quando associado à capacitação específica que depende de treinamento e experiência. A seguir, serão indicados conceitos-chaves do pensamento de Perrenoud (2013) que pretende-se usar para interpretar o Curso de Classificação de Sondagem.

Para Perrenoud (2013, p.45), “a competência é o poder de agir com eficácia em uma situação, mobilizando e combinando, em um tempo real e de modo pertinente, os recursos intelectuais e emocionais”. Sustenta também que as competências são produtos de uma aprendizagem que o profissional deverá mobilizar quando necessário.

A competência de classificar sondagem requer uma articulação de conteúdos de distintas áreas, caracterizando-se dessa forma como um procedimento interdisciplinar. Ao classificar amostras obtidas em sondagens, o profissional usa conteúdos de mineralogia, petrologia, pedologia, mecânica de solos e de rochas. Além disso, há conhecimentos obtidos da experiência que vão facilitar o uso dos recursos intelectuais do técnico.

Perrenoud levanta um aspecto relevante para refletir: é possível desenvolver competências sem questionar os conhecimentos? Isso induz a questionar e duvidar dos saberes adquiridos durante a formação acadêmica. A organização e a seleção de conteúdos durante a formação inicial de geólogos, de engenharia geológica e engenheiros de minas é a que melhor prepara os profissionais para classificarem amostras de sondagem?

A classificação de sondagem segue uma rotina de tarefas que o profissional deverá desempenhar, mobilizando os diversos recursos necessários, tais como: saberes, habilidades, atitudes, valores e identidade, além de apropriar-se de novos recursos adquiridos durante a vida profissional – de certo modo, desenvolvê-los de acordo com as necessidades.

A noção de competência tem relação direta com a evolução da sociedade. Segundo Perrenoud (2013) saímos de uma sociedade tradicional, na qual o indivíduo tinha pouco, ou nenhuma, perspectiva de mudança. Seu lugar na sociedade já estava traçado desde seu nascimento e seria o mesmo que o de seus pais. Numa sociedade moderna, mais individualista, o destino das pessoas não está totalmente traçado, todos querem “ser alguém”, escolher sua própria vida e nela ter êxito. Ninguém se contenta em ser uma engrenagem anônima a serviço da comunidade.

O desenvolvimento de competências vem ao encontro das necessidades desse indivíduo inserido nessa nova sociedade mais tecnológica, detentor de um capital de competências da qual depende a realização de seus projetos pessoais, bem como seu valor no mercado de trabalho, que se não for mantido ou

desenvolvido se desvaloriza, conforme abordado no relatório final do Projeto Tuning – América Latina³ (2007).

A sociedade requer profissionais com pensamento crítico, com conhecimentos profundos de sua realidade local e mundial que, junto com sua capacidade de adaptação às mudanças, tenha assumido um compromisso ético com a sociedade, pg. 24.

Essas considerações sugerem que muitas exigências profissionais se modificam entre o momento que o profissional está na escola e a época de sua trajetória profissional. As crescentes necessidades de urbanização, questões ambientais (contaminantes, composição de materiais de depósitos tecnogênicos), aterros diversos (mineração, resíduos sólidos, construções civis, etc.), fornecimento de energia e recursos naturais, por exemplo, implicam em aumento e adensamento de obras de engenharia e isso está associado à realização de sondagens, bem como sua adequada e rigorosa classificação para atender às necessidades tecnológicas do setor produtivo. Uma área profissional que reúne conhecimentos geológicos, de engenharia e ambientais cresce de acordo com essas transformações sociais e econômicas. Isso conduziu muitos autores a elaborar e parametrizar parâmetros, bem como indicar classificações que possam ser usadas pela Geologia de Engenharia, p.ex., Deere, 1964; Guidicini, 1972; Camargo, 1972, 1978; Barton, 1974; Monticelli, 1986; Tognon, 1981; Soares, 1991; Vaz, 1996.

Os autores mencionados ajudam a justificar o lado prático do Curso de Classificação de Sondagem. O cerne do curso é ajudar profissionais a desenvolver suas competências utilizando conteúdos teóricos vistos durante sua formação.

³ O *Projeto Tuning* surgiu na Europa no final da década de 90, depois da criação do espaço Europeu de Ensino, como resposta ao desafio apresentado pela Declaração de Bolonha. Teve início em 2001 e até o final de 2004 foi uma experiência exclusiva da Europa, com mais de 175 universidades europeias participantes. O Projeto transpôs os limites geográficos, criando em 2004 *Tuning América Latina*, com o objetivo, semelhante ao europeu, a partir de uma avaliação da problemática que enfrentam as universidades europeias e comparar com aquela que tem pela frente as latinas americanas, sob três aspectos: a necessidade de compatibilidade, comparabilidade e competitividade do ensino superior; a atual globalização do mercado com uma crescente mobilização de alunos e profissionais, para quais se exige maior capacitação; e numa etapa de internacionalização em que vivemos, a universidade como ator social, tem desafios e responsabilidades. Para saber mais sobre o projeto Tuning – América Latina, visite o site: <http://tuning.unideusto.org/tuningal> ou www.rug.nl/let/tuningal.

É preciso assinalar, ainda, que há muitas necessidades profissionais específicas não contempladas pela formação acadêmica de geólogos, engenheiros, arquitetos, etc., dentre essas, a classificação de amostras provenientes de sondagem. Para dar um contraexemplo que reforça esse argumento, pode-se mencionar a ausência de detalhamento da classificação dos calcários a partir de amostras de sondagem aplicada à prospecção de petróleo (uma necessidade que se tornou ainda mais relevante depois da descoberta do petróleo do pré-sal).

Esse apanhado sugere que as competências requeridas para a descrição das sondagens incluem a articulação de conteúdos estritamente técnicos, bem como uma formação humanista e crítica capaz de avaliar a relevância e o alcance do rigor técnico.

Perrenoud (2013), argumenta que os seres humanos, na sua maioria, não estudam por estudar e sim para empreender uma ação. Eles vão à escola para dali saírem “armados para a vida”, o que os leva a adotar uma relação utilitária com o saber.

Perrenoud (2013), defende que não é necessário ter um conhecimento completo de toda a teoria para executar tarefas práticas e técnicas. Pode-se dar o exemplo dos sondadores: ao realizarem uma sondagem a percussão, sabem que devem anotar os números de golpes necessários à penetração dos 45 cm do amostrador, nos três estágios de 15 cm, porém não conseguem explicar para que serve esse número de golpes.

De outro lado, um geólogo ou engenheiro pode conhecer os métodos de investigação para coletar amostras, apresentados em alguma disciplina como a Mecânica dos Solos ou Geotecnia, mas dificilmente acompanhou a execução de uma sondagem.

A experiência profissional do autor dessa dissertação revela que essa clivagem entre domínio de conteúdos e competência para descrever sondagens é especialmente grave para profissionais recém-formados. O curso foi organizado

considerando especialmente esses profissionais de Geologia que atuam nos estudos geológico-geotécnicos.

Então, quais as competências que esses profissionais precisam ter para desenvolver a atividade de classificar sondagem?

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de graduação em Geologia ou em Engenharia Geológica (BRASIL, Resolução Nº 1 de 06 de Janeiro de 2015) definem as competências que devem ser atingidas para todos os profissionais formados no território nacional. Resultado de anos de debate que envolveram coordenadores de curso, órgãos de classe e associações científicas que orientam as instituições de ensino superior a

privilegiar a capacidade de abordar e resolver problemas geológicos com competência e adequada resolubilidade econômica e social, aliando uma sólida formação teórica a um treinamento prático e de campo intensivo (BRASIL, Resolução Nº 1 de 06 de Janeiro de 2015).

Isso conduz a competências e habilidades capazes de preparar o profissional para as mudanças no mercado de trabalho e para a formação permanente (BRASIL, Resolução Nº 1 de 06 de Janeiro de 2015). Essas competências conduzem o profissional a ser capaz de “planejar, executar, gerenciar, avaliar e fiscalizar projetos, serviços e ou pesquisas científicas básicas ou aplicadas que visem ao conhecimento e à utilização racional dos recursos naturais e do ambiente.” Tais competências se acham vinculadas às etapas de investigação próprias da Geologia de Engenharia (bem como de outras áreas, tais como petróleo ou mineração), e o Curso de Classificação de Sondagem está especialmente voltado para atender essas necessidades profissionais.

As Diretrizes Curriculares de Geologia (DCG) organizam uma tipologia dos conteúdos. Neste estudo enfatizam-se os conteúdos voltados para Geologia de Engenharia que permitem “ao aluno mesclar vários tópicos entre aqueles oferecidos por cada curso” (BRASIL, Resolução Nº 1 de 06 de Janeiro de 2015).

O artigo 4º das DCG dá uma indicação das competências previstas na formação dos geólogos. Destacam-se dois parágrafos que se aproximam das finalidades do Curso de Classificação de Sondagem:

“IX - conhecimentos necessários para utilizar racionalmente os recursos disponíveis e atuar de forma transdisciplinar;

X - compreensão das necessidades da contínua atualização e aprimoramento de suas competências e habilidades”

A cuidadosa apreciação dos resultados de sondagem contribui para formar uma perspectiva racional das possibilidades do maciço rochoso, e o curso em si é uma oportunidade de aprimoramento de competência que faz parte da formação dos profissionais.

As DCG indicam uma preocupação que envolve relacionar assuntos diferentes e poder atuar profissionalmente (se comunicar, trabalhar em grupo interdisciplinar, resolver problemas). O Curso de Classificação de Sondagem contribui para melhorar a comunicação entre geólogos e engenheiros e depende da capacidade de usar recursos cognitivos oriundos de distintas áreas de conhecimento (conhecimentos vinculados a geologia, mecânica de solos, pedologia, geomorfologia, etc.).

O Projeto Tuning – América Latina, 2004-2007, fez uma ampla consulta para caracterizar o desenvolvimento de competências de profissionais de nível superior. Incluiu Geologia entre as profissões levantadas. O levantamento definiu vinte e sete Competências Genéricas (CG) que se encaixam em qualquer curso de graduação. A equipe de trabalho de Geologia construiu o que chamaram de “meta-perfil” constituído por um conjunto de Competências Genéricas (CG) e Específicas (CE) consensuadas e validadas por estudantes, acadêmicos, empregadores e graduados na carreira de Geologia. Os profissionais não somente devem satisfazer os requisitos da sociedade, mas também projetá-los, de acordo com as necessidades das regiões e do país, e essas definições devem se realizar por meio de competências.

As competências representam uma combinação de atributos com relação ao conhecer e ao compreender (conhecimento teórico de um campo acadêmico); o saber como atuar (a aplicação prática e

operacional a base do conhecimento); e ao saber como ser (valores como parte integrante da forma de perceber os outros e viver em um contexto).” Projeto Tuning, 2007, pg.25.

As tabelas a seguir apresentam as listas das Competências Genéricas e Específicas acordadas para os profissionais da área de Geologia e Engenharia Geológica. Foram definidas dezessete competências genéricas, do total de vinte e sete, concentradas em seis áreas, Tabela 2.1. Essas competências se desenvolvem no processo formativo do profissional em diferentes profundidades e estão associadas ao desenvolvimento do “saber ser”,

ja que são necessárias para alcançar objetivos, realizar diferentes tipos de trabalhos, solucionar problemas e resolver soluções. Outra qualidade dessas competências é que são de caráter integrado combinando conhecimento, destreza e atitudes, permitindo desenvolver da melhor maneira as competências específicas” (Projeto Tuning – América Latina – Educación Superior en América Latina: reflexiones y perspectivas em Geologia, 2013, pg.25). (tradução do autor)

Tabela 2.1. Competências Genéricas

COMPETÊNCIAS GENÉRICAS		Inclui elementos de outras Competência Genéricas
CG 2	Capacidade de aplicar os conhecimentos na prática	CG 4 - Conhecimento sobre a área de estudo e a profissão
CG 13	Capacidade para atuar em novas situações	
CG 10	Capacidade de aprender e atualizar-se permanentemente	
CG 17	Capacidade de trabalhar em equipe:	CG 16 - Capacidade para tomar decisões
		CG 18 - Capacidade interpessoais
		CG 19 - Capacidade de motivar e conduzir em direção a metas comuns
CG 9	Capacidade de Investigação:	CG 1 - Capacidade de abstração, análises e sínteses
		CG 11 - Habilidade para buscar, processar e analisar informações procedentes de fontes diversas
		CG 15 - Capacidade para identificar, formular e resolver problemas
		CG 25 - Capacidade para formular e gerenciar projetos.
CG 26	Compromisso Ético:	CG 20 - Compromisso com a preservação do meio ambiente.
		CG 21 - Compromisso com seu meio socio-cultural.
		CG 27 - Compromisso com a qualidade.

Fonte: *Projeto Tuning – América Latina, 2007* (tradução do autor).

O projeto ainda agrupou as dezoito Competências Específicas, aquelas que os egressos devem ter quando finalizarem seus estudos em dois domínios, sendo um de caráter básico e outro de caráter aplicado.

As CE de caráter básico estão associadas ao “saber” – são aquelas que os estudantes de Geologia devem desenvolver nos primeiros anos de sua formação e estão apresentadas na Tabela 2.2. As CE de caráter aplicado estão associadas ao “saber fazer” e se desenvolvem nos últimos anos da formação, após o desenvolvimento das competências básicas. Essas competências ainda podem ser divididas em dois grupos, ligados às áreas de especialização dentro da Geologia, subdivididos em Geologia Econômica e Riscos Geológicos, as quais estão relacionadas na Tabela 2.3.

Tabela 2.2. Competências Específicas – Básicas (relacionadas ao SABER)

CE 4	Capacidade de observação e compreensão do entorno.
CE 1	Aplicar sistemas de classificação e tipificação de materias geológicas
CE 8	Descrever e analisar as relações dos elementos que estão presentes nas rochas e em suas estruturas internas e externas, com a finalidade de interpretar a evolução e sequência dos eventos geológicos.
CE 12	Perceber e compreender as dimensões espaciais e temporais dos processos geológicos e seus efeitos sobre o planeta.
CE 10	Elaborar e interpretar mapas e seções geológicas.

Fonte: *Projeto Tuning – América Latina, 2007* (tradução do autor).

Tabela 2.3. Competências Específicas – Aplicadas (relacionadas ao FAZER)

GEOLOGIA ECONÔMICA	CE 9	Efetuar estudos geológicos para busca, exploração, conservação e gestão de recursos hídricos e energéticos.
	CE 13	Planejar, executar, gerenciar e fiscalizar projetos e serviços voltados ao conhecimento, exploração e utilização de recursos naturais renováveis.
	CE 11	Avaliar e valorizar os recursos geológicos e as alterações causadas pelos mesmos.
	CE 18	Locar perfurações para investigação e exploração e realizar seu controle geológico.
	CE 2	Assessorar sobre o uso dos recursos naturais na formulação de políticas, normas, planos e programa de desenvolvimento.
RISCOS GEOLÓGICOS	CE 14	Proporcionar bases para a planificação territorial e previsão, prevenção e mitigação de riscos geológicos, desastres naturais e antrópicos.
	CE 15	Realizar e valorizar estudos tecnológicos e/ou geotécnicos de materias geológicas.
	CE 2	Assessorar sobre o uso dos recursos naturais na formulação de políticas, normas, planos e programa de desenvolvimento.

Fonte: *Projeto Tuning – América Latina, 2007* (tradução do autor).

Há, entretanto, um conjunto de competências específicas às quais não são necessariamente exclusivas dos domínios básico ou aplicado, mas que estão presentes em todo processo formativo do aluno e que foram incorporadas ao domínio transversal e estão relacionadas na Tabela 2.4.

Tabela 2.4. Competências Específicas – Transversais.

CE 3	Capacidade para interagir em áreas interdisciplinares e transdisciplinares.
CE 16	Rigor nas seleções de amostras, levantamento de dados, seu tratamento e interpretação.
CE 5	Desenvolver métodos de ensino e pesquisa da geologia, voltados tanto a melhora do desempenho profissional como a difusão do conhecimento.
CE 6	Desenvolver os trabalhos em equilíbrio com o cuidado e conservação do meio ambiente e social.
CE 7	Desenvolver a atividade profissional em uma postura de responsabilidade, legalidade, segurança e sustentabilidade.
CE 17	Ter a capacidade de coletar, processar e interpretar dados de diferentes fontes, através de métodos qualitativos e quantitativos, com o objetivo de construir modelos geológicos.

Fonte: *Projeto Tuning – América Latina, 2007* (tradução do autor)

As competências definidas pelo Projeto Tuning – América Latina (2007) aos profissionais de Geologia e de Engenharia Geológica buscam fortalecer os processos de reformas curriculares além de ser uma estratégia para uma maior inserção dos estudantes no campo profissional. As DCG (aprovadas em 2015) instituem as diretrizes com foco também nas competências e habilidades que os profissionais dessas duas áreas devem apresentar. Quando comparadas, nota-se que há mais convergências que divergências entre as propostas.

As DCG acompanham a legislação brasileira que dá um eixo geral do perfil do egresso do ensino superior. Todos os profissionais devem ter flexibilidade e interdisciplinaridade para sua inserção nas formas contemporâneas de organização social (BRASIL. Resolução Nº 1 de 06 de Janeiro de 2015). Isso conduz a formar um profissional para enfrentar “problemas geológicos com competência e adequada resolubilidade econômica e social, aliando uma sólida formação teórica a um treinamento prático e de campo intensivo” (BRASIL. Resolução Nº 1 de 06 de Janeiro de 2015). Dessa forma, o perfil do Projeto

Tuning e das DCG possuem vários pontos de aproximação e se voltam para “atitude ética, autônoma, crítica, empreendedora” para buscar “soluções de interesse da sociedade” (BRASIL. Resolução N° 1 de 06 de Janeiro de 2015).

A qualificação e capacitação profissional oferecida pelo Curso de Classificação de Sondagem é uma parte pequena, mas contribui para a educação permanente e formação que inter-relaciona diferentes áreas de conhecimento. Dessa maneira, trata-se de um esforço para o geólogo alcançar habilidades e competências que fazem parte de seu perfil.

Capítulo 3.

OS CRITÉRIOS DE IDENTIFICAÇÃO E PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS NA CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS E ROCHAS PROVENIENTES DE SONDAgens.

Experiências adquiridas permitem sugerir as etapas principais pelas quais a metodologia de investigação passou no Brasil. Desde o início da investigação do subsolo pelos métodos a percussão e rotativo, décadas de 1930 e 1940, havia a necessidade de apresentar as descrições dos solos e rochas amostrados. No início limitavam a identificação da fração granulométrica mais representativa do solo, identificavam um aterro ou solo de alteração de rocha e anotavam quando a sondagem atingia “rocha viva” (ou matacão). Não havia um enquadramento estratigráfico e tampouco sua gênese. No início, as descrições dos solos, restritas às sondagens a trado e percussão, eram pautadas pelos critérios da Mecânica dos Solos, sobretudo, pela diferenciação da granulação dos materiais constituintes; areias, silte e argila.

As primeiras normas sobre o assunto surgiram somente no final da década de 1970 e empregavam termos e nomenclaturas baseadas no que estava sendo utilizado fora do Brasil. As empresas de sondagem acabavam criando seus próprios critérios para descrição, que resultavam, em muitos casos, em terminologias diferentes para o mesmo material.

O desenvolvimento dos serviços de investigação requereu o surgimento de critérios e de linguagem mais adequada à realidade dos solos e rochas brasileiras e que fossem compreendidos e aceitos pela comunidade técnica. A época das primeiras Normas Técnicas brasileiras sobre métodos de investigação surgem também as normas de terminologias e simbologias para descrever solos e rochas e apresentar os resultados na forma de Perfis Individuais de Sondagem.

O Engenheiro Job Shugi Nogami (NOGAMI, 1970) apresenta duas contribuições importantes quando o assunto é o solo. Em trabalho apresentado na 2ª Semana Paulista de Geologia Aplicada, defende a importância do

conhecimento da macroestrutura dos solos e a sua aplicação prática na solução de problemas relacionados às obras civis. Propõe uma terminologia morfológica de macroestruturas naturais:

Apesar da grande influência que tem a macroestrutura sobre o comportamento dos solos, essa característica tem sido pouco considerada pelos especialistas estrangeiros, em Mecânica dos Solos (Terzaghi e Peck, 1948; Taylor, 1948; Tschebotarioff, 1951; Jumikis, 1967; Lambe e Wittman, 1969). [...] Os geólogos, de outro lado, também têm dado pequena importância à macroestrutura dos solos, apesar de nas condições prevaletentes em grande parte de nosso país, a geologia do “bedrock” ser baseada essencialmente no exame da macroestrutura dos solos de alteração da rocha.

Nogami (1976) defende também a importância e a necessidade da caracterização genética dos solos, como uma importante contribuição da Geologia de Engenharia, para finalidades rodoviárias. Chama a atenção para a utilização adequada dos conceitos pedológicos, além dos conceitos geológicos, pois grande parte dessas obras se desenvolve em solo que passaram por processos pedogenéticos, com peculiares características geotécnicas, principalmente quando laterizados. Pois o que se praticava era dar ênfase demais ao conceito de rocha matriz definindo todo o horizonte como residual, incluindo solos transportados e a extrapolação desse conceito para a parte pedologicamente transformada do solo.

Em abril de 1982 é lançada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT a *NBR-7250 - Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos*. Trata-se da primeira norma que estabelece os critérios para a identificação, baseados em exame tátil-visual e formulação da nomenclatura descritiva de amostras de solos obtidas em sondagens a percussão, para serem apresentadas em Perfil Individual de Sondagem.

A referida norma contribuiu para unificar a linguagem a ser utilizada pelas empresas de investigação e de projeto. Propôs seis características até hoje utilizadas: granulometria; plasticidade; compacidade – no caso de solos de granulação grossa; consistência – no caso de solos de granulação fina; cor e origem.

Pode-se dizer que a NBR-7250 é nossa única referência quanto à indicação de como apresentar uma descrição de solo em um Perfil Individual de Sondagem. Em 2001, seus conceitos foram revisados e incorporados na NBR-6484.

No início da década de 1990, mais duas normas são lançadas pela ABNT com o objetivo de normatizar nomenclaturas e simbologias geológico-geotécnicas. Denominadas de Rochas e Solos, a NBR 6502 trata especificamente da terminologia para os materiais da crosta terrestre, rochas e solos, para fins de engenharia geotécnica de fundações e obras de terra. A NBR 13441 estabelece a simbologia a ser utilizada para os termos geológico-geotécnicos, bem como as convenções gráficas de rochas e solos definidos pela NBR 6502.

Os métodos para descrever e identificar solos, utilizados pelo meio técnico no Brasil, tiveram como base os conceitos e métodos internacionais, principalmente os definidos pela American Society for Testing and Materials – ASTM dos EUA - Estados Unidos da América.

Um quadro da normatização internacional é exposto a seguir para situar mais claramente a abordagem apresentada no curso aos participantes.

Em 1984, a ASTM publicou a D 2488 – *Stander Practice for description and identification of soils (visual-manual Procedure)*, que trata de procedimentos para a descrição e identificação de solos para fins de engenharia. Trata-se de uma classificação tátil-visual. Divide o solo em três grupos principais com base no percentual de finos presentes, considerando solo fino, aquele que passa mais que 50% de sua fração na peneira 200 (0,074 mm): solo grosso, cujo percentual de material retido na peneira 200 (0,074 mm) é maior que 50%; e **solo altamente orgânico**. Em sua última revisão, realizada em 2000, os três grupos principais de solos são identificados pelo conjunto de duas letras, sendo a primeira letra correspondente ao tipo principal do solo: G = pedregulhos; S = areias; M = Siltes; C = argila; e O = solo orgânico. A segunda letra refere-se ao complemento dos solos: W = bem graduado; P = mal graduado; H = alta compressibilidade; L = baixa compressibilidade; e Pt = turfas. Essa terminologia é a mesma utilizada na

“Classificação Unificada” da Mecânica dos Solos. A classificação preliminar é tátil visual, em seguida requer ensaio de laboratório.

Na Nova Zelândia (ZNGS – Field Description of soil and rock, 2005), se utiliza a identificação tátil-visual com critérios bem definidos das faixas granulométricas a serem utilizadas, semelhante aos apresentados pela ASTM, porém sem a identificação das unidades por símbolos. Incluem “solos difíceis” para os que não se encaixam na tipologia, p.ex. solos vulcânicos.

No México não existe norma para descrição de sondagens – os geólogos recorrem à literatura internacional e a experiências pessoais para descrição (informação fornecida pelo geólogo mexicano Jose Luís Rosas por e-mail).

Na Comunidade Europeia, as Normas ISO 14688 e 14689 estabelecem os princípios básicos para a identificação e classificação dos solos e rochas para fins de Engenharia. Definem as classes dos solos considerando composição e propriedades geotécnicas, bem como sua aptidão para fim de Engenharia Geotécnica. Valem-se de ensaios de laboratório.

Almeida et al. (2014), da Universidade de Lisboa, em seu trabalho “Normatização da Terminologia e Simbologia na Prospecção Geotécnica”, chamam a atenção para uma padronização da linguagem utilizada para classificação dos solos e rochas provenientes de sondagens. O trabalho mostra a importância da descrição e classificação dos terrenos gerados nos estudos de caracterização geotécnica que pode e deve ser acumulado ao longo do tempo, representando um valioso patrimônio de informação. Porém, para que essa informação seja eficiente é necessária a utilização de uma terminologia e metodologia normatizada, cujos dados possam ser compilados e armazenados num banco de dados. Argumentam que embora os processos de identificação e descrição estejam normatizados, na prática isso não é respeitado, e esperam sensibilizar e alertar a comunidade geotécnica para a relevância da implementação das normas.

O cenário das descrições de solos apresentados em Perfis Individuais de Sondagem revela que a Mecânica dos Solos é a referência principal. O desenvolvimento da Geologia de Engenharia trouxe conceitos genéticos e características complementares de interesse genético e tecnológico, que contribui para uma linguagem mais adequada. Mas no Brasil parece predominar o desrespeito às normas técnicas, conforme apresentado por Delatim (2011) e discutido em mesa redonda sobre sondagens, em evento realizado pela ABGE em março de 2011, (http://itpack31.itarget.com.br/uploads/abe/arquivos/Caderno_MesaRedonda_Sondagens_final.pdf).

Por outro lado, as descrições de rochas trazem conceitos da mecânica das rochas na determinação de parâmetros capazes de caracterizar a rocha e o maciço rochoso. Segundo Vaz (ABGE – 30 Anos,1989), foi em 1968 que o consultor Klaus W. John introduziu o primeiro sistema brasileiro de classificação de maciços para a obra da Usina Hidrelétrica (UHE) Ilha Solteira, definindo cinco classes de rocha em função do tipo litológico e dos graus de alteração e fraturamento. E Vaz (ABGE – 30 Anos,1989) continua: isso serviu de base para elaboração de outras tipologias. É da mesma época o perfil de alteração de rochas duras com duas classes de solos e três de rocha (trabalho exposto na 1ª Semana Paulista de Geologia Aplicada em 1969).

Deere e Patton (1971) apresentam um perfil de alteração para rochas ígneas e metamórficas, para o qual o maciço foi dividido em três zonas: uma superior representada por solo residual, uma intermediária, denominada de rocha alterada e um terceiro zoneamento formado pela rocha sã.

Os parâmetros geotécnicos hoje utilizados para descrição dos testemunhos de sondagens são frutos de uma busca pelo conhecimento técnico daquilo que precisa ser entendido como conceito de “classe de rocha” e de “classe de maciço rochoso”.

Os parâmetros relacionados aos graus de alteração e coerência foram definidos por diversos autores. Guidicini et al. (1972) definiram critérios de

classificação para os maciços rochosos ígneos e metamórficos da serra da Cantareira. Incluíram, ainda, granitos, gnaisses, migmatitos e quartzitos do vale do São Francisco. Os autores apresentam um método de classificação preliminar para meios rochosos, cujo objetivo é fornecer subsídios ao geólogo de campo possibilitando uma caracterização preliminar do meio rochoso. Baseia-se na adoção de seis critérios, que são: i) classificação genética da rocha; ii) grau de alteração (A1 – são ou praticamente são; A2 – alterada; e A3 – muito alterada); iii) grau de resistência, em cinco níveis (R1 – muito resistente; R2 – resistente; R3 – pouco resistente; R4 – branda; e R5 – muito branda); iv) grau de coerência (C1 – muito coerente; C2 – coerente; C3 – pouco coerente; e C4 – friável); v) grau de fraturamento (F1 – ocasionalmente fraturada; F2 – pouco fraturada; F3 – medianamente fraturada; F4 – muito fraturada; F5 – extremamente fraturada; F6 – em fragmentos); vi) tipo de fraturamento. Assim, os quatro primeiros critérios definem o que se chama de “classe de rocha” e o conjunto dos seis critérios a “classe do maciço rochoso”. Quando aplicados em testemunhos, os autores sugerem uma padronização para a apresentação dos resultados em Perfil Individual de Sondagem.

Naquele mesmo ano Camargo et al. (1972) apresentam quatro níveis de coerência para basaltos, metassedimentos, granitos e gnaisses. Em 1978, revisaram e chegaram a cinco graus de alteração para os mesmos litotípos.

Tognon et al. (1981) propõem quatro níveis de alteração para os litotípos de gnaisses, migmatitos, granitos e granitóides, assim chamados de A1, para a rocha são, A2, para rocha medianamente alterada, A3, para rocha alterada, e A4, para rocha muito ou extremamente alterada.

O Grau de Fraturamento (GF) e o tipo de fraturamento são os critérios que melhor definem o conceito de “classe de maciço rochoso”: Deere (1964) com base no espaçamento das juntas e na quantidade de ocorrência por metro apresentou cinco níveis de fraturamentos, assim denominados: muito espaçado – mais que 3 metros entre fraturas; espaçado – entre 1 e 3 metros; moderadamente fraturado – entre 30 cm e 1 m; fraturado – entre 5 cm à 30 cm; e muito fraturado – espaçamento inferior a 5 cm. Silva (1977), trabalhando com

migmatitos, gnaisses e granitos, propõe cinco níveis de fraturamento. Camargo et al. (1978), trabalhando com basaltos, propõem seis níveis. A tabela mais utilizada pelo meio técnico é a proposta por Bieniawski e modificada pelo IPT (1997), com cinco níveis de fraturamento.

Quanto ao tipo de fraturamento, abrange a descrição de abertura, rugosidade, preenchimento extensão e continuidade. Há definições padrões desenvolvidas por Bieniawski (1998) e Barton (1974) que são adaptadas pelas empresas projetistas que normalmente solicitam mais detalhamento nas classificações dos parâmetros dos testemunhos de rocha.

A definição dos níveis dos graus de alteração, coerência e fraturamento, podem variar de acordo com cada autor, isso porque muitas vezes essas classificações foram desenvolvidas para uma condição litológica adequada à obra a que se encontra em estudo. Entretanto, importante ressaltar que dos sistemas de classificações geotécnicas desenvolvidas muitas se valeram de recursos laboratoriais sofisticados para avaliação das propriedades tecnológicas das rochas e outros se limitam à simples observação de campo. Ressalta-se que a escolha das tabelas de parâmetros utilizados para descrição de rochas (GA, GC e GF) devem ser aquelas que melhores se aplicam ao tipo rocha que está sendo descrita e devem estar indicadas nos respectivos PIS.

Capítulo 4.

DESCRIÇÃO DO CURSO CLASSIFICAÇÃO DE SONDAGEM

4.1. Estrutura básica e objetivos do curso

O curso oferecido na versão mais recente (oitava) é ministrado em três dias, num total de vinte e quatro horas, organizado em dois módulos. O primeiro trata da classificação dos solos e o segundo da classificação das rochas. O curso é composto de aulas teóricas (doze horas) e a outra metade de aulas práticas, nas quais os participantes trabalham com as amostras de sondagens, fazem suas descrições de acordo com o método proposto com o objetivo de elaborar o Perfil Individual da Sondagem.

Inicialmente são abordados os métodos de investigações diretas mais comuns utilizados pelo mercado brasileiro, que são as sondagens a Trado (ST), Percussão (SP), Rotativa (SR) e Mista (SM). São discutidos aspectos pertinentes aos seus processos executivos e à obtenção de dados, como a resistência dos solos, posicionamento do lençol freático, amostragem, etc. Os métodos de investigação são praticamente excluídos dos currículos de Geologia e das Engenharias, Civil e de Minas. Questionário realizado com os participantes do curso, mostra que 60% dos alunos têm apenas conhecimento teórico sobre os métodos. Apenas 40% têm conhecimento dos métodos ou já viram alguma sondagem ser executada. Muitos desses profissionais só tomam contato direto com a execução da sondagem e a descrição das amostras quando ingressam no mercado de trabalho.

Diante disso, o curso propõe alinhar as informações, de maneira a orientar o profissional quanto aos métodos de execução e possíveis “não conformidades” muito frequentes nas operações das equipes de campo para, assim, preparar o participante para desenvolver ações que permitam apresentar resultados mais confiáveis e atender às necessidades da comunidade geotécnica, bem como, pela importância da descrição e da classificação de testemunhos dos terrenos que

representam um valioso patrimônio de informações, como afirmou Almeida et al. (2014).

O curso apresenta as normas, manuais e procedimentos adotados para a execução dos serviços de investigações, bem como os parâmetros utilizados pelo meio técnico para a descrição de amostras de solos e rochas, propondo uma metodologia de trabalho que possibilite maior clareza e organização na maneira de descrever as amostras, interpretar os dados de campo e apresentá-los. O objetivo de se conhecer as normas vigentes é utilizar as nomenclaturas e terminologias adequadas que deverão ser compreendidas pela comunidade técnica.

A amostragem é um dos requisitos pertinentes ao processo de “sondar”, pois o termo “sondagem” já é indicativo de que amostras (solo e rocha) deverão ser coletadas durante a investigação. O curso possibilita ao participante identificar os tipos de amostragem pertinente a cada processo de investigação. Essas amostras que são submetidas à apreciação, descrição e identificação pelo profissional que irá “classificar a sondagem”.

A descrição cuidadosa das amostras provenientes de sondagens permite construir a história geológica da área investigada. Para o reconhecimento das frações do solo é proposta uma sequência de teste – seis no total -, (STANCATI. Identificação visual e tátil do solo, p.11-21, 1981) que facilita e orienta o aluno a identificar as frações presentes no solo. Esses testes fazem parte de uma prática reconhecida pelo meio técnico, porém pouco utilizada nas aulas de mecânicas dos solos ministradas para os cursos de Geologia e Engenharia Civil. O curso resgata essas técnicas (STANCATI, 1981) e verifica-se, a partir dos cursos ministrados, que são bem absorvidas pelos alunos, por tratarem de testes simples, sem a necessidade de equipamentos sofisticados e com resultados práticos satisfatórios.

O curso considera, ainda, as informações que podem ser extraídas do SPT. O que é? Para que serve? Como calcular? Como representá-lo no perfil individual de sondagem? Esse é um dado de extrema importância para diversos

projetos de engenharia e que a maioria dos alunos que participaram do curso não sabe como obtê-lo. O curso responde a todas as questões levantadas acima, valendo-se do método de cálculo proposto pelo manual da ABGE (ABGE - Diretrizes Para Descrição de Sondagens - 1ª Tentativa -, p.77-81, 2013) e por exercícios complementares que ajudam na determinação do valor do SPT e como deve ser apresentado nos PIS.

A gênese tem papel importante na descrição de solos e rochas e é um complemento que permite construir modelos geológicos que subsidiará os projetos geotécnicos e prever as condições de escavação, tratamento de maciço e o posicionamento das fundações de uma obra civil. Em Geologia de Engenharia, a classificação dos solos é feita a partir da rocha de origem e do processo de formação do solo, sendo por isso também denominada de classificação genética, conforme Vaz (1996). Definir uma camada de solo somente a partir de sua fração granulométrica predominante não é suficiente para compreender suas características e definir seu comportamento geotécnico, pois uma “argila arenosa”, por exemplo, pode pertencer a um aterro, um colúvio, uma camada aluvionar e até mesmo um solo de alteração. O curso enfatiza a classificação genética do solo e busca orientar o participante a conhecer como identificar cada uma delas.

A classificação das rochas segue os parâmetros geotécnicos estabelecidos a partir de tabelas de classes de alteração, coerência e grau de fraturamento, desenvolvidas por diversos autores, já consagradas no meio técnico. Importante assinalar que a descrição de testemunhos de rocha é um trabalho específico do Geólogo (CONFEA - Resolução nº 1.010, de 22 de agosto de 2005; BRASIL, Lei nº 4076, de 23 de junho de 1962), sendo ele o único que recebeu em sua formação os conhecimentos necessários que deverão ser mobilizados para o desempenho dessa tarefa. Entretanto, para os profissionais das áreas técnicas e de engenharia civil, que não tiveram esses conhecimentos específicos de geologia em sua formação, são apresentados mapas geológicos, para reconhecimento preliminar dos tipos litológicos que podem ser encontrados na área que se pretende estudar e procedimentos práticos para identificar os tipos

litológicos (estrutura, textura, dureza, composição mineral, etc), bem como a utilização das tabelas de parâmetros geomecânicos necessários à descrição dos testemunhos de rocha. Ensinar os participantes a aplicar esses parâmetros a partir desses critérios fixos (tabelas) é um dos objetivos do curso, de maneira que o participante possa obter um perfil que melhor represente as condições do maciço.

Todo o trabalho da “classificação” tem como objetivo final apresentar o Perfil Individual da Sondagem, no qual estarão indicados todos os dados da investigação coletados no campo e a interpretação da geologia local. São inúmeras as maneiras de apresentar os “Perfis Individuais de Sondagens” (ou Logs), cujo modelo fica a critério da empresa executora. Durante o curso o participante entra em contato com alguns dos formatos de apresentação, mas o objetivo principal são os dados de campo que deverão ser apresentados, bem como a descrição dos solos e as rochas.

O participante tem a oportunidade de verificar, a partir de diversos modelos de Perfis Individuais de Sondagens, as não conformidades mais comuns encontradas nas descrições dos solos e das rochas, cujo objetivo é enfatizar a importância da qualidade da informação fornecida, objeto fundamental para o entendimento geológico.

O curso valoriza o participante como um sujeito ativo do seu processo de aprendizagem para construir a competência para “classificar sondagem”. O processo está em sintonia com as competências definidas pelo Projeto Tuning – América Latina (2007), as quais representam uma combinação de atributos com relação ao conhecer, ao compreender, ao saber e como atuar. Também está de acordo com as DCG, quando convoca o aluno a utilizar seus recursos disponíveis e atuar de maneira transdisciplinar, compreendendo a necessidade de estar em constante atualização e aprimoramento de suas competências e habilidades.

As diversas tarefas realizadas para a descrição dos solos e rochas desenvolvidas durante o curso também estão relacionadas às competências Genéricas e Específicas, definidas pelo Projeto Tuning – América Latina (2007), para as áreas de Geologia e Engenharia de Minas.

Desde a primeira oferta do curso, os participantes, em sua maioria, são profissionais da área geológica, mas há também engenheiros e profissionais de nível técnico. Dessa maneira, alguns participantes não tiveram em sua formação inicial recursos (conceitos e habilidades) que precisam acionar para descrever e classificar as amostras. Nesse sentido, o curso indica direções que auxiliam esses profissionais a compreender e buscar um melhor entendimento para desenvolver competências relacionadas ao saber fazer, que tem caráter integrado, combinando conhecimento, destreza e atitude, que os auxiliará a desenvolver as competências específicas.

A prática da descrição dos solos e rochas e a interpretação geológica dos horizontes identificados congregam os conceitos educacionais de Perrenoud (2013) e da Geologia como ciência interpretativa de Frodeman (2010) e atendem às definições das competências genéricas e específicas do Projeto Tuning – América Latina (2007).

Ao final do curso os participantes devem estar aptos a descrever e classificar amostras de sondagens, para serem apresentadas em Perfis Individuais de Sondagens (PIS). Desse modo, o curso é um complemento à formação do profissional voltada para formar o que a legislação brasileira de ensino técnico denomina uma competência profissional específica.

O programa e todo conteúdo teórico do curso encontra-se anexado no Apêndice deste trabalho.

4.2. Aula prática para descrição de solos

A metodologia proposta para a aula prática vai ao encontro daquilo que Perrenoud (2000) definiu como “Situações de Aprendizagens”. Isso coloca o aluno a vivenciar o dia-a-dia da tarefa de descrever sondagens. As atividades foram organizadas estabelecendo uma sequência de trabalhos. A maneira como é apresentada essa sequência metodológica para descrição de amostras leva em conta os conhecimentos prévios (saberes adquiridos na graduação) que os alunos trazem consigo sobre o assunto. Tendo essa consciência, o foco é mostrar uma visão voltada aos objetivos que se pretendem alcançar, necessários à completa descrição e interpretação das amostras. Para os alunos, são muitos os objetivos a serem atingidos durante a tarefa de classificar, a partir da observância dos diversos parâmetros a serem considerados, que, em conjunto, representarão as melhores condições geológicas e mecânicas do maciço. Esse objetivo de interpretar os materiais, definindo-os como elemento pertencente a uma unidade geológica (unidade litoestratigráfica) que se formou em uma determinada época (unidade cronoestratigráfica) para poder alcançar as propriedades geotécnicas, acompanha o caráter interpretativo e histórico da Geologia, explicado por Frodeman (2010). A construção dessa competência requer do participante o caráter integrado combinando conhecimento, destreza e atitude, de acordo com o Projeto Tuning – América Latina (2007) ou as preocupações de formação de competências amplas presentes nas DCG (BRASIL. SEC-CES – Resolução Nº 1, de 06 de janeiro de 2015).

Primeiramente é feita uma contextualização geológica do local onde as sondagens manuseadas no curso foram realizadas. Como os participantes desconhecem o local onde as sondagens foram realizadas, é apresentado um mapa geológico regional com indicação das áreas investigadas. O objetivo é despertar nos alunos expectativas sobre a geologia local, mobilizando seus conhecimentos prévios sobre os tipos litológicos que poderão ser encontrados e suas particularidades. Outro objetivo que se pretende atingir com essa abordagem é reforçar a necessidade de se conhecer o local investigado, pois se

cria uma maior interface e comprometimento entre os aspectos geológicos a serem observados no campo e o profissional que irá interpretar.

Trabalhar em equipe é uma das capacidades que o profissional precisa ter para o desenvolvimento de competência. Assim, a turma é dividida em pequenos grupos (no máximo três pessoas por sondagem), de maneira que possam aplicar os conhecimentos adquiridos no curso. As amostras trabalhadas pelos alunos são provenientes de diversas áreas, próximas ao local de oferecimento do curso, que normalmente estão associadas às obras executadas na cidade e proximidades onde o curso é realizado.

Antes de iniciar a descrição dos testemunhos da sondagem propriamente dita são distribuídas algumas amostras com diferentes tipos de solos para serem manipulados pelos alunos, que possivelmente encontrarão paralelos nas amostras das sondagens que serão analisadas, além de aferir o tato dos participantes.

Esse primeiro contato propicia ao aluno o entendimento sobre a fração do solo e de como deve trabalhar com o material a ser descrito. O aluno entra em contato com procedimentos que o ajudam na identificação da fração do solo, separando solos finos dos solos grossos, pedregulhos, etc. Para entender o conceito de “fração do solo” é preciso estabelecer uma escala granulométrica para os materiais terrosos. Como o curso busca estabelecer critérios normativos utiliza-se a escala de diâmetros dos grãos estabelecida na NBR-6502. O objetivo é que os alunos aprendam a identificar e diferenciar: argila e silte, diversas granulações grosseiras (da areia, pedregulho, seixo rolado). Alunos usam testes empíricos e simples que prescindem ensaios e análises de laboratório.

Essa tarefa de fazer o aluno “colocar a mão na massa” visa provocar o aluno para se tornar um agente ativo na construção de conceitos e habilidades para reconhecer as frações do solo. Trata-se do primeiro passo para descrever o material e verificar se as expectativas levantadas previamente pelo mapa geológico se confirmam.

Para cada grupo é entregue uma sondagem a percussão, ou como se diz no popular “um furo de sondagem”. A “sondagem” compreende um saco plástico contendo todas as amostras coletadas naquele furo e o boletim de campo. Nas décadas de 1970 e 1980 as amostras de solo das sondagens a percussão eram acondicionada em caixas específicas para elas, prática não mais utilizada pelas empresas de sondagem. Acondicionar todas as amostras de uma sondagem em uma única embalagem (saco plástico) é de praxe da equipe de campo e assim o aluno vai tomando contato de como o material é encaminhado do campo. Os alunos devem conferir se o saco de amostras está identificado com nome da obra, local e número da sondagem.

De posse do boletim de campo é solicitada à equipe que faça o cálculo dos SPTs (Standard Penetration Test ou índice de resistência a penetração). Esse procedimento já foi abordado quando houve a exposição do método de investigação (sondagem a percussão). Com os valores de resistência obtidos na sondagem, o aluno já vai tomando contato com uma das características que auxilia no reconhecimento dos tipos de solos que se encontra na natureza, sob o ponto de vista da engenharia, ou seja, cria no aluno uma expectativa sobre o tipo de material que será analisado, se estará analisando solos moles, de baixa resistência, ou solos mais resistentes. Os valores de SPT são utilizados no momento de indicar a compacidade (para as areias e solos arenosos) ou a consistência (para argilas ou siltes argilosos) da camada identificada.

A equipe deve distribuir as amostras da sondagem enfileirando-as de maneira crescente, ou seja, da primeira amostra (AM 01) até a última (AM “n”). Essa distribuição pode ser feita da esquerda para a direita, ou vice-versa, o importante é que o aluno possa construir um “caminhamento” crescente para a leitura visual do perfil do subsolo, representando assim uma coluna do local investigado, do topo até a base. O boletim de campo da sondagem deve ser utilizado para conferência das profundidades das amostras coletadas, se a sequência da amostragem está completa ou se houve alguma amostra não recuperada.

O “caminhamento” pelas amostras corresponde a um processo que requer raciocínio visual e utiliza conceitos pedológicos e de mecânica de solos. É necessário reconstituir os horizontes ou “camadas” do solo para entender mentalmente como a história geológica do local traz informações para o comportamento geomecânico do maciço de solo.

As amostras abertas (sejam em saquinhos ou copinhos plásticos) são o passo inicial da leitura do perfil do subsolo de maneira visual. Os alunos fazem uma leitura visual das amostras e buscam observar diferenças entre elas para definir os possíveis horizontes ou camadas presentes, valendo-se de critérios como a cor e textura.

Definidos, a priori, os possíveis horizontes ou camadas inicia-se a descrição efetiva de cada amostra, valendo-se dos critérios aprendidos para identificação da fração dos solos abordados no curso, agrupando aquelas que apresentam características semelhantes e que compõem a camada. Os limites de cada camada, profundidades de topo e base, são definidos a partir da identificação feita, primeiramente, por quem está realizando a descrição, porém a profundidade exata a ser indicada na descrição deve ser aquela anotada pelo sondador no boletim de campo.

Nesse momento o aluno pode se deparar com um problema bastante comum nos boletins de campo. A falta de informação das mudanças das camadas ao longo da perfuração. Nesse caso procura-se mostrar ao aluno as deficiências e não conformidades que podem ocorrer durante a realização da investigação, fruto do descuido ou da inexperiência ou falta de acurácia do sondador. Nesse caso o problema pode ser resolvido por quem está realizando a descrição que precisa decidir onde é o limite dos tipos de solo (camadas) identificados.

Uma vez identificado o tipo de solo (fração predominante) e definida a descrição que caracterize a camada, são incorporados à descrição a resistência, a cor e a gênese. A resistência da camada é definida a partir dos valores de SPT realizados no trecho da camada e são descritas na forma de consistência (para argilas e siltes argilosos) e compactidade (para areias e siltes arenosos), (ABNT,

NBR-6484/2001). Para definição da cor utilizam-se as cores sugeridas na NBR-6484/2001. Para definição da gênese o aluno deve buscar seus conhecimentos morfológicos, sedimentológicos e estratigráficos, ou, alternativamente, no mapa geológico disponível da área investigada. Reforçando sempre que conhecer o local onde foi realizada a investigação é de fundamental importância para identificação da gênese das camadas que compõem aquele perfil investigado. Todas as anotações são feitas em uma ficha de classificação, conforme modelo apresentado no Apêndice A.

A descrição e identificação dos solos é um trabalho dinâmico e cognitivo do aluno que exigirá a mobilização de diversos saberes multidisciplinares, não somente da Geologia, mas também da Mecânica dos Solos – é a capacidade de aplicar os conhecimentos na prática. A interdisciplinaridade é necessária para uma perfeita compreensão dos horizontes a serem interpretados. A linguagem deve ter como foco a Engenharia Civil, pois essas camadas serão submetidas a diversas solicitações como cortes, cargas, compactações e escavações, e a identificação deve ser compreendida entre engenheiros (geotecnia) e geólogos (geologia de engenharia).

É preciso assinalar que segundo DCG todos esses recursos estão previstos entre o que é desejável para o perfil profissional do geólogo. Isso sugere que o Curso de Classificação de Sondagem é uma contribuição complementar e especializada, mas prevista entre as competências enfatizadas pelas diretrizes profissionais.

O aluno de posse de sua ficha de classificação e do boletim de campo tem todos os elementos necessários para elaboração do Perfil Individual de Sondagem. No Anexo A, estão apresentados modelos de planilha, boletim de campo e a tabela de Consistência e Compacidades, utilizadas durante a classificação da sondagem.

As Figuras 4.1 a 4.6 ilustram etapas e procedimentos utilizados durante a aula prática.



Figura 4.1. Distribuição das amostras de solos para identificação das frações e tato dos alunos.



Figura 4.2. Sondagens a Percussão e Rotativa para serem classificadas.

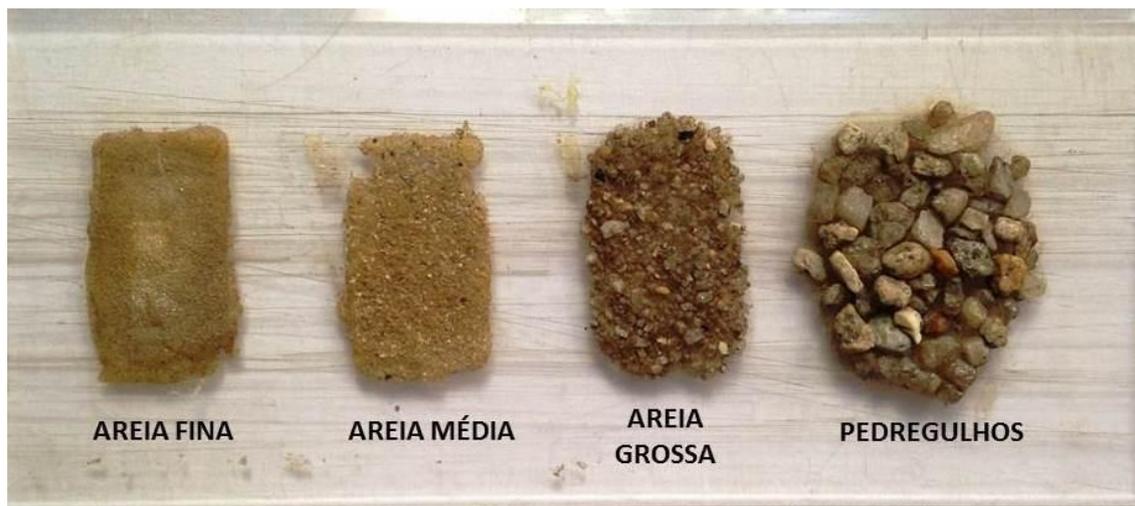


Figura 4.3. Gabarito ilustrando as frações de areia e pedregulhos de acordo com a NBR-6502.



Figura 4.4. Equipe organizando as amostras para iniciar a classificação da sondagem a percussão.



Figura 4.5. Aluno analisando tátil-visual a amostra e exercitando os testes sugeridos para definição da fração dos solos.



Figura 4.6. Alunos elaborando o Perfil Individual da Sondagem.

4.3. Aula prática para descrição das amostras de rocha

Os conceitos educacionais explicados por Perrenoud (2013) e aqui tomados como ferramenta para a construção da competência necessária para a tarefa de descrever sondagem, assim como o alinhamento quanto ao reconhecimento geológico local das amostras que serão descritas, abordados na aula prática para descrição dos solos são os mesmo utilizados para a atividade de descrever rochas.

As amostras de rocha exigem mais tempo e espaço físico para serem analisadas do que os solos. Por isso, na aula prática são disponibilizadas no máximo cinco sondagens. As sondagens são provenientes de diversos locais, dando preferência por diferentes tipos litológicos para ajudar o aluno compreender as características geomecânicas de cada um. Adicionalmente as amostras precisam apresentar diferentes condições de alteração e fraturamento que, por interferirem no comportamento geotécnico do maciço, permitem aplicar conceitos tratados na parte teórica.

Cada grupo é composto por no máximo seis alunos e agrupados levando em conta a formação acadêmica, de maneira que cada grupo tenha geólogos, engenheiros, técnicos, etc., assim cria-se uma equipe mais diversificada, porém com características particulares que possam contribuir para uma melhor interação entre os integrantes.

Diferentemente dos solos, nos quais os alunos fazem um reconhecimento prévio de diversos tipos, antes de iniciar a descrição propriamente dita, a identificação da rocha é realizada diretamente nos testemunhos de sondagem.

A atividade prática inicia-se com uma apresentação do conjunto de caixas de testemunhos que compõe uma sondagem, fazendo um reconhecimento de sua estrutura e morfologia.

Primeiramente são mostrados detalhes como as indicações do início e fim de cada caixa. E, na sequência, como devem ser acondicionados os testemunhos, como são feitos a identificação e o posicionamento dos “taquinhos”,

com as profundidades de início e término de cada manobra, sempre de maneira sequencial, do topo (início da rocha) até o final (término da sondagem) para facilitar a leitura dos testemunhos. Em seguida, os alunos devem verificar se as caixas de testemunhos estão devidamente identificadas com nome da obra, número da sondagem, número da caixa e profundidade do trecho amostrado, por caixa. E, por fim, como devem ser posicionadas (da direita para a esquerda), de maneira a criar, assim como nos solos, um caminhamento visual do trecho de rocha investigado do topo até a profundidade final. Reforça-se aos alunos que toda a metodologia de acondicionamento dos testemunhos está indicada no Manual de Sondagem (ABGE. Boletim N°3, 2013) e portanto tem critérios definidos para isso.

Nesse momento os alunos são instigados a observar e responder quanto às condições de apresentação das manobras, posicionamento dos testemunhos, se estão bem conservados, na sequência correta, protegidos de possíveis deslocamentos por conta do manuseio das caixas, limpeza e qualidade das caixas apresentadas. Com isso, o aluno vai tomando consciência de sua responsabilidade sobre aquilo que deverá analisar.

Após fazer um breve resumo sobre os parâmetros a serem observados durante a descrição dos testemunhos de rocha (nome da rocha, cor, textura, estrutura, GA e/ou GC, GF, RQD ou IQR), cada grupo é conduzido às respectivas sondagens para iniciar a classificação. A cada grupo são entregues o boletim de campo, as fichas para descrição e as caixas de amostras. Durante todo o trabalho os alunos são assistidos pelo professor, que vai passando de grupo em grupo, de maneira a esclarecer dúvidas quanto aos procedimentos a serem seguidos e chamando atenção para aspectos particulares da investigação.

Cada fase da descrição permite que o aluno mobilize seus conhecimentos adquiridos no Curso de Classificação de Sondagem, além daqueles adquiridos na graduação. A provocação inicial que é feita ao aluno diante dos testemunhos é que ele busque uma construção, ainda que “virtual” de um perfil de intemperismo, ou seja, é possível que ele se depare com diversas fases de alteração até chegar à rocha sã. Isso auxiliará o aluno a elaborar o Perfil Individual de Sondagem

reproduzindo as condições em que a rocha se encontra com todos os dados (parâmetros) necessários ao entendimento do horizonte geológico presente.

O primeiro parâmetro a ser verificado é a recuperação. Foi mostrado aos alunos que uma sondagem rotativa se faz por avanços sucessivos (ciclos) de corte, denominados “manobras”, e que o comprimento da manobra corresponde a um trecho perfurado. Assim, os alunos, com a ajuda de uma trena, devem conferir os comprimentos dos trechos recuperados de cada manobra e calcular o percentual de recuperação. A verificação da recuperação dos testemunhos já permite que o aluno estabeleça um modelo de perfil de alteração para aquele local investigado.

Nesse momento, o professor faz perguntas à equipe com o objetivo de chamar atenção para a maneira como foi feita a sondagem: o comprimento das manobras está adequado às condições de alteração da rocha? A baixa recuperação concentra-se somente no trecho inicial ou persiste ao longo de todo furo? Quais os trechos críticos encontrados (baixa recuperação)?

Esses questionamentos propõem ao aluno uma visão crítica para a maneira como a sondagem foi executada. O professor pergunta: a equipe de sondagem foi cuidadosa? Operou com manobras adequadas (menores) nos trechos de rocha alterada? É enfatizada aos alunos a importância desse procedimento, pois auxiliará na etapa da determinação do grau de alteração, conforme comentou Monticeli (1986). “Isso evita erros grosseiros, como o de anotar rocha sã para trechos com baixa recuperação, onde o maciço está alterado e apenas amostras recuperadas é que estão sãs”.

Assim, a recuperação fornece ao aluno a identificação dos trechos com as piores e as melhores condições mecânicas no maciço. Permite, ainda, avaliar se a baixa recuperação tem relação com o tipo litológico ou com problemas mecânicos causados durante a perfuração.

Costuma-se dizer que uma das coisas mais importantes para quem está realizando essa tarefa é verificar e entender exatamente aquilo que não foi recuperado e saber identificar o real posicionamento daquilo que se recuperou.

Isso significa a construção contínua do caminhamento pelo maciço rochoso. Uma vez identificado cada trecho recuperado, passa-se ao próximo parâmetro a ser considerado.

A classificação geológica da rocha identifica o litotipo em seu contexto genético. Qual é o nome da rocha que está sendo analisada? Quais atributos podem ser incluídos que melhor representem suas características genéticas? No momento em que o aluno está identificando o(s) tipo de rocha(s) está verificando também outros aspectos que auxiliam na caracterização estrutural e estratigráfica, muito importante para a reorganização de seus conceitos, pré-estabelecidos, sobre as condições geológicas locais.

Para a nomenclatura dos litotipo, o curso propõe a utilização da “Classificação dos Tipos Litológicos”, adaptado de Matula (1981), vide tabelas no Apêndice. Busca-se uma denominação simples, clara e objetiva, cuja linguagem possa ser entendida por geólogos e engenheiros civis. Definido o nome da rocha, deve-se complementar com cor, textura, estrutura e demais feições que auxiliem a identificar seu nível estratigráfico e sua maior ou menor resistência mecânica, com foliação, xistosidade, bandamento, etc. Para profissionais não familiarizados com a terminologia geológica são mostradas algumas características peculiares de certos tipos de rocha (bandamento, xistosidade e cristalização dos minerais presentes), que vão auxiliar na identificação da rocha.

Uma vez identificado o tipo litológico (classificação geológica), e levando em conta os trechos recuperados, define-se o Grau de Alteração (GA) da rocha. O GA refere-se à condição de sanidade da rocha. Trata-se de um indicador do estágio de alteração, dos minerais constituintes da rocha, que remete ao entendimento da condição de resistência da mesma, pois quanto maior a alteração, menor sua resistência mecânica, principalmente para as rochas ígneas e metamórficas. Os alunos devem usar lupa para melhor avaliar as condições de sanidade dos minerais presentes. São disponibilizados aos alunos dois tipos de tabelas para o GA, uma com cinco classes (Camargo et al. 1972) e outra com quatro classes de alteração (Tognon et al. 1981). As duas tabelas são de fácil compreensão e descrevem as características das diversas classes de alteração

de maneira detalhada. O aluno, com a ajuda do martelo do geólogo, canivete e lupa, conseguirá estabelecer as classes com relativa facilidade. A diferença entre as tabelas sugeridas está na tabela de Camargo et al (1972), que estabeleceu uma quinta classe de alteração (A5), para a qual considera rocha decomposta ou solo, além de incluir tipos de escavação e qualidade de fundação para algumas classes de rocha.

Os alunos podem escolher com qual tabela de GA irão trabalhar. Para os iniciantes, sugere-se trabalhar com cinco classes de alteração (Camargo et al.1972), pois, uma vez fixados os conceitos, fica mais fácil se adaptar e trabalhar com a tabela com quatro classes de alteração. De posse da tabela escolhida, são definidas as diversas classes de alteração presentes no litotipo.

Durante a identificação do GA avalia-se conjuntamente a resistência definida como Grau de Coerência (GC). Essa avaliação é feita a partir da observação do comportamento do testemunho de rocha quando submetida à pressão dos dedos (friabilidade), do risco pela lâmina do canivete (dureza) e da resistência ao golpe do martelo do geólogo (tenacidade). Aqui, vale ressaltar a importância dos equipamentos como canivete e martelo do geólogo, fundamentais para determinação desse parâmetro. Aos alunos é reforçado que os graus de alteração e coerência são estabelecidos a partir de valores extremos e, portanto, é preciso ter cuidado ao comparar o mesmo grau para rochas diferentes. Conforme comentou Monticeli (1986), “os graus são bastante dependentes do tipo litológico: um arenito muito coerente pode ser várias dezenas de vezes menos resistente que um basalto muito coerente”

Esses três primeiros parâmetros observados estão relacionados à maneira como a rocha está ocorrendo naquela área investigada. Nesse momento, se estabelece um entendimento do modelo do perfil de alteração para aquele local em estudo, e perguntas podem ser feitas: há uma gradação no perfil de intemperismo passando por várias classes de alteração, até a rocha sã, ou o contato solo rocha sã é abrupto? Trechos mais alterados concentram-se próximo ao topo do maciço rochoso ou são observados ao longo de todo o trecho investigado?

Após essas definições, são observados parâmetros que melhor caracterizam, não somente a rocha, mas o maciço rochoso, que são: o Grau de Fraturamento (GF), o Índice de Qualidade da Rocha (IQR) ou Rock Quality Designation (RQD), as condições das diversas feições presentes (descontinuidades) e a condutividade hidráulica.

Nesse momento da classificação, a equipe deve definir como irá descrever os diferentes trechos de fraturamentos presentes nos testemunhos. O GF indica o número de fraturas por metro em trechos de fraturamento homogêneos. Entende-se por “trecho homogêneo” aquele cujas peças possuem comprimentos semelhantes com variação de 50% para cima e/ou para baixo, conforme sugeriu Iyomasa et al. (1996).

Foi visto na aula teórica que as empresas de sondagens, em sua maioria, apresentam o GF e o RQD, feitos por manobra, por facilitarem o trabalho na hora da classificação e apresentação dos resultados, lembrando aqui que o RQD – *Rock Quality Designation*, foi definido por Deere et al. (1967) para dar uma estimativa quantitativa da qualidade do maciço rochoso e calculado por manobra. Entretanto, a maioria das empresas de projeto trabalha com trechos homogêneos, pois auxiliam na caracterização e classificação de maciços rochosos a partir dos sistemas de classificações definidos por Bieniawski (1974) e Barton et al. (1974).

Mas antes da definição do GF e conseqüente cálculo do IQR ou RQD, os alunos precisam aprender a reconhecer e diferenciar uma fratura natural de uma quebra mecânica. Esse objetivo leva-os a identificar e “ler” as condições das fraturas. É certo que o conjunto de feições presentes nos testemunhos tem relação com a gênese e com os diversos eventos tectônicos sofridos pelo maciço. Reforça-se também aos alunos que o termo “fratura” é genérico, pois podem englobar uma série de feições como diaclase, falhamentos, bandamento, etc.

Então, para o reconhecimento das fraturas naturais, verificam-se as condições de suas paredes e, para isso, observa-se se estão oxidadas (película de óxido de ferro ou manganês) ou alteradas. As fraturas podem estar Intertravadas (justapostas) e mesmo assim com indícios de percolação, ou

alteradas e até com vestígios de preenchimento. São características que as definem como uma fratura natural.

As fraturas presentes nos testemunhos têm relação direta com o tipo de rocha e sua gênese. Rochas bandadas ou foliadas tendem a apresentar um maior número de fraturas paralelas a essas estruturas. Isso dificulta a identificação daquilo que é realmente natural com que foi provocado por uma quebra mecânica. De outro lado, rochas sedimentares, pouco coerentes ou brandas partem ao longo do bandamento durante a perfuração, dificultando a identificação daquilo que é natural e mecânico.

Em geral, nas rochas ígneas e metamórficas são e pouco alteradas, as quebras mecânicas apresentam superfícies mais “frescas”, com bordas cortantes, paredes são, sem oxidação, que se encaixam perfeitamente. Resultam de problemas com o equipamento utilizado, ou pelo corte da rocha ao final de cada manobra, ou quando o testemunho é partido para ser acondicionado nas caixas de testemunhos. Confirmada uma dessas opções e com as superfícies justapostas (bem encaixadas) devem ser “marcadas” por meio de traços (dois a três), perpendiculares à fratura mecânica, feitos pelo sondador com pincel atômico.

Identificadas as fraturas naturais definem-se os trechos homogêneos e na sequência determina-se o GF e o IQR. Para o GF utiliza-se a Tabela “Grau de Fraturamento” (Apêndice), lembrando aos alunos que nem sempre em um testemunho de sondagem estão presentes todas as famílias de fraturas do maciço. Para o IQR, somam-se os tarugos maiores que 10 cm e divide pelo tamanho do trecho homogêneo. Esses parâmetros nos remetem à condição de esforços a que o maciço foi submetido. É fornecida aos alunos uma planilha na qual deverão ser anotados os trechos homogêneos identificados e demais características que definirão o GF, o IQR e as características que identificam as discontinuidades presentes (Anexo B).

Para os mesmos trechos homogêneos, onde foi definido o GF e o IQR, há outros aspectos que devem ser identificados nas fraturas (ou descontinuidades) presentes e que remetem à morfologia dessas fraturas ou descontinuidades. Verificam-se a inclinação em relação ao testemunho, medida com a ajuda de um transferidor, ou pelo inclinômetro da bússola; o perfil da fratura no testemunho, se irregular, ondulada ou plana; e a condição da superfície da fratura ou descontinuidade, se rugosa (BARTON: CHOUBEY, 1977), lisa ou estriada (ou polida). Podem ainda ser identificados o espaçamento e a abertura (essas observações devem ser feitas sempre que o objetivo futuro seja a classificação geológico-geotécnica ou geomecânica do maciço rochoso). O conjunto dessas características dá uma ideia do quão desconfinado, permeável e decomposto está o maciço.

A última observação a ser feita é quanto à condutividade hidráulica. Para isso é necessário que tenham sido realizados ensaios de Perda D'água sob Pressão (EPA) no trecho de rocha. De posse desses resultados, é possível comparar se os valores de condutividade hidráulica obtidos nos ensaios estão de acordo com os graus de fraturamentos definidos. A própria condição das fraturas observadas anteriormente pode fornecer uma orientação da percolação d'água pelo maciço. Importante analisar o comportamento da estrutura geológica após a realização do ensaio de Perda D'água Sob Pressão: tem efeito da Histerese⁴? Ao fazer o ensaio com pelo menos cinco estágios de pressão é possível elaborar o gráfico do que ocorre com a estrutura geológica (ABGE, Boletim Nº2, 1975) e obter informações importantes quando ao comportamento do maciço rochoso: se deforma? Tem efeito elástico, e, portanto, volta ao normal? Tem deformação plástica? Para fundações em rocha de barragens, por exemplo, essa avaliação é muito importante para avaliar o tratamento de impermeabilização e de instalação de drenos profundos. Os resultados desses ensaios devem ser incluídos no Perfil Individual de Sondagem.

⁴ Histerese: É a tendência de um sistema de conservar suas propriedades na ausência de um estímulo que as gerou, ou ainda, é a capacidade de preservar uma deformação efetuada por um estímulo. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Histerese>.

A atividade de classificar amostras de sondagens é similar à atividade do museu, ou seja, não é uma atividade de campo. Mas requer recursos cognitivos e interpretativos que podem ser confundidos com aqueles típicos do campo e seus resultados são mais bem sucedidos se forem combinados às observações feitas em afloramento. O geólogo precisa ter em mente o objetivo de examinar a sondagem: extrair as informações necessárias ao entendimento do maciço frente às solicitações a que será imposto pela obra. Esse lado aplicado caracteriza a interpretação geológica explicitada por Frodeman (2010).

Ao analisar os parâmetros em conjunto o aluno pode construir sua interpretação do maciço e como ele se encontra em profundidade. O uso das amostras de sondagem deve ter a mesma função de descrever no campo um afloramento.

Um trecho de rocha com baixa recuperação significa que se trata de uma rocha com elevado grau de alteração e não se espera obter grau de fraturamento e tão pouco IQR (com recuperações abaixo de 75%). Em um trecho de rocha sã, ou pouco alterada, é quase certo que se obtêm melhores recuperações, GF e IQR. Entretanto, uma rocha sã pode apresentar alto grau de fraturamento, F4 (11 a 19 frat/m) e ainda ter sido bem recuperada (recuperação acima de 75%), porém sem IQR, o que nos faz pensar que, embora esteja num trecho de rocha praticamente sã, trata-se de um trecho fortemente perturbado e que deverá apresentar maior condutividade hidráulica.

Exceções devem ser consideradas quando se trabalha com rochas sedimentares brandas. Nesse caso, a avaliação deve ser feita pela “Coerência”, conforme já mencionado, e nunca pela alteração. Assim, não se diz que o arenito Caiuá, p. ex., tem grau de alteração A4 (muito alterado – segundo Camargo, 1972), mas coerência C4, (segundo ISRM - ABGE, 1983), pois ele é naturalmente friável.

Durante a aula, essas particularidades são mostradas aos alunos diretamente nos testemunhos das sondagens, de maneira que eles possam compreender e assimilar com mais propriedade. O objetivo é que o aluno

construa em sua interpretação as condições geológicas no campo, a partir da análise pontual da sondagem realizada em conjunto com as demais sondagens.

Todos os parâmetros e observações feitas durante a descrição da sondagem deverão estar anotados nas fichas de classificação (Anexo B), que, juntamente com os boletins de campo, compõem os elementos necessários para que o aluno possa elaborar o Perfil Individual de Sondagem.

As figuras 4.7 à 4.10 ilustram os materiais e procedimentos utilizados para a classificação dos testemunhos de rochas, na aula prática do curso.



Figura 4.7. Amostras de sondagens rotativas/mistas, curso realizado na Universidade Júlio de Mesquita Filho – UNESP – Rio Claro.

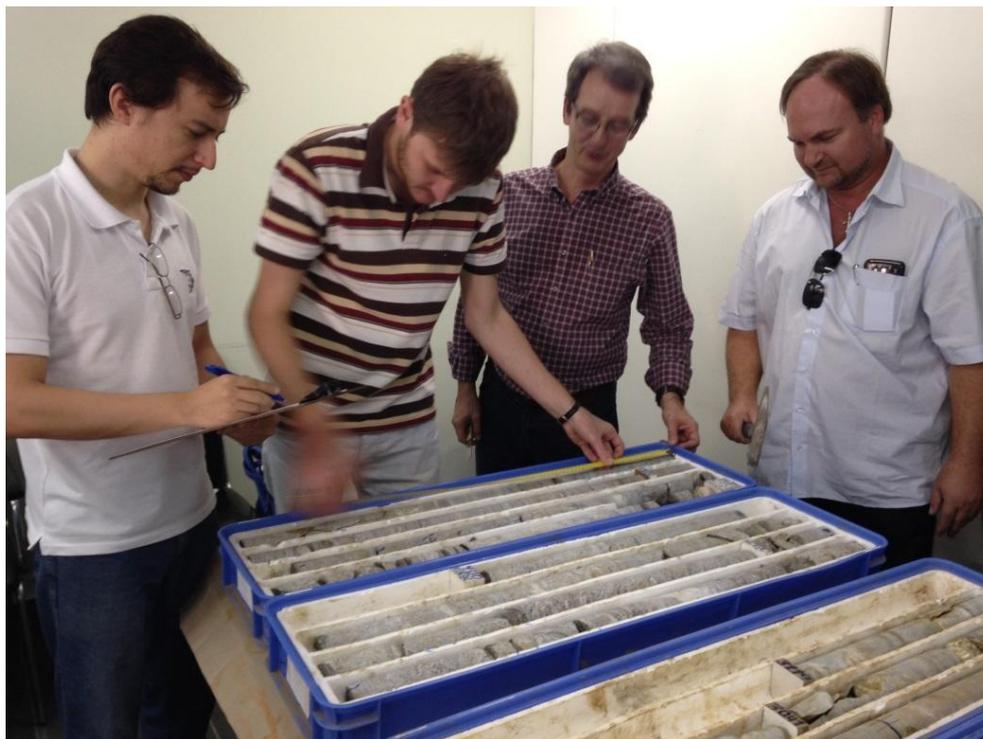


Figura 4.8. Equipe conferindo a recuperação das manobras. Curso realizado em São Paulo - CPRM, OUT/2014.



Figura 4.9. Realizando a descrição geológica dos testemunhos. Curso realizado em São Paulo - CPRM, OUT/2014.



Figura 4.10. Orientação do professor aos alunos. Suporte ao trabalho de classificação feito pelos alunos durante ao curso realizado em Belo Horizonte – CRPM, nos dias 17 e 18 de agosto de 2015.

Capítulo 5.

COMO O CURSO DE CLASSIFICAÇÃO DE SONDAGEM CONTRIBUI PARA A CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL VOLTADA À TAREFA DE DESCREVER E INTERPRETAR AMOSTRAS DE SONDAGENS?

Um questionário foi encaminhado aos participantes de todas as edições dos cursos (Apêndice C). Entretanto, a pesquisa foi direcionada àqueles profissionais cujas tarefas incluem Classificação de Sondagens. O participante deveria responder dezoito perguntas, com o objetivo de avaliar o curso e comparar seu desempenho “antes” e “depois” dele.

Dos vinte e dois alunos que aceitaram participar dessa pesquisa, apenas oito (36%) encaminharam suas respostas. Entre esses, a maioria (75%) é geólogo e os outros 25% são engenheiros civis, formados entre um a dez anos. Metade (50%) dos respondentes trabalha em empresas de projeto, e os outros 50%, em empresas executoras de serviços de investigação. Dos oito que responderam, seis (75%) têm em seu dia a dia a tarefa de classificar sondagem (solos e rochas).

Quando perguntados sobre o início de sua atividade profissional, quanto aos procedimentos e critérios para classificar e a forma de apresentar seus resultados, quatro (50%) disseram que as empresas em que trabalham já tinham uma especificação técnica que orientava e se sentiam razoavelmente confortáveis quanto aos resultados apresentados. Os demais tiveram que buscar ajuda na literatura ou com outros profissionais mais experientes fora da empresa e sentiam-se pouco confortáveis e se queixaram da ausência de um profissional mais experiente para esclarecer dúvidas. Seis (75%) responderam ter conhecimento “muito bom” das práticas para identificação das frações dos solos, e apenas dois (25%) tinha “bom” conhecimento.

Após o curso, seis (75%) responderam “serem capazes” de acompanhar os serviços de sondagens a percussão e cinco (63%) pelo método rotativo. Dos que melhoraram, mas ainda têm dúvidas em alguma etapa do processo, apenas dois (25%) quando se trata da sondagem a percussão e três (37%) quando a

sondagem é rotativa. Seis (75%) disseram utilizar os testes práticos para identificação dos solos, e apenas dois (25%), parcialmente. Quanto às sequências propostas para descrição dos materiais atravessados, 50% têm utilizado e os outros 50% utilizam parcialmente, tanto para os solos como para as rochas. Oito (88%) concluem que se sentem muito confortáveis quanto à qualidade dos resultados apresentados nos PIS após a participação do curso, e apenas um (12%) disse estar confortável.

Essa breve avaliação permite dizer que o curso atinge as expectativas de quem o procura para aprimorar as competências de classificar sondagem.

As situações de aprendizagens propostas, como são sugeridas por Perrenoud (2013), colocam os participantes em uma condição simulada ao problema profissional (prático), promovendo seu aprendizado a partir de recursos que os participantes precisam mobilizar. Os conceitos de Geologia, Pedologia, Mecânica de Solos e Rochas - prática interdisciplinar - são entrelaçados às tarefas de caracterizar o maciço de solo e rocha a partir da descrição e classificação das amostras.

A aula prática proposta no curso é a materialização, em sala de aula, do trabalho realizado pelo Geólogo, que o desempenhará no local e nas condições em que as amostras estiverem disponíveis. Essa consciência do ambiente físico para realização da tarefa de classificar é quase secundária, quando comparada aos recursos práticos e taxionômicos que o aluno deverá mobilizar, porém não menos importante, pois se torna, naquele momento, o local para desenvolver conhecimento.

O que se pretende com isso é chamar a atenção do aluno para seu desempenho e comprometimento nessa tarefa de construção do conhecimento geológico da área investigada, que deverão ser os mesmos em qualquer situação colocada. Esse exercício se assemelha ao papel do museu nos séculos XVIII e XIX.

O curso propõe uma sequência descritiva para os solos e rochas, para serem apresentados nos Perfis Individuais de Sondagens.

Para os solos:

Granulometria + Complementos + Compacidade ou Consistência + Cor + Gênese

Para as Rochas:

Nome da Rocha + Cor + Textura + Estrutura + GA - GC - GF + Condições das Descontinuidades.

Os conteúdos teóricos e as aulas práticas estão alinhados nessa busca pela linguagem mais adequada para ser compreendida entre geólogos e engenheiros civís.

Durante as aulas teóricas, o professor recorre a conhecimentos tácitos recolhidos de sua experiência tanto nas sondagens, na elaboração de projetos, bem como ao enfrentar os problemas da execução da obra. Esses exemplos aproximam a experiência prática do ensino técnico para construir situações de ensino. O professor está construindo uma mediação que valoriza a competência de elaborar o PIS. O domínio desses recursos pode ser mobilizado em outras situações da vida do participante, mas seu papel profissional mais proeminente é para classificar amostras de sondagens (e o que é esperado do perfil do geólogo).

As situações de aprendizagem acham-se concentradas na parte prática do curso. Em condições simuladas, diante de amostras de testemunho de sondagens de solos e rochas, os participantes são desafiados a descrever as amostras em termos dos tópicos explorados durante o curso.

Os alunos, debruçados sobre as amostras de uma sondagem, têm oportunidade de aplicar os conteúdos explorados durante o curso e, ao mesmo tempo, acionar recursos metodológicos e conceituais adquiridos durante o curso de Geologia, bem como de sua experiência profissional. É o momento mais decisivo da interação entre professor e participantes.

Há todo um conjunto de conceitos e explicações falsos que são mobilizados pelos participantes para descrever e interpretar as amostras e elaborar o PIS: Diante das amostras de sondagem, um participante afirma: “Quando há um nível de argila, é o perfil de um aluvião?”, “Sempre quando tenho um aterro, tenho aluvião em baixo?”, “Defini que essa camada é composta por uma argila arenosa, como saberei se pertence a um aluvião ou a um colúvio?”, ou: “Uma sondagem inclinada não pode ter mais de 30°?”, “A sondagem inclinada

é sempre perpendicular à foliação?”, “Até que profundidade devo executar uma sondagem?”.

O professor, a partir desses pré-conceitos expostos, argumenta com os participantes usando as amostras disponíveis e, mais do que isso, sua experiência profissional da qual recolhe e seleciona exemplos (apoiados em casos) que se contrapõem ao exposto pelo participante. Ou seja, a experiência do professor mobiliza os contraexemplos ajudando o participante a rever os recursos conceituais que mobilizou no esforço de interpretar as amostras da sondagem examinada.

Isso corresponde ao esforço de ampliar o raciocínio geológico dos participantes por meio do pensamento divergente. Trazer contraexemplos significa procurar conduzir os procedimentos do ciclo hermenêutico e as múltiplas hipóteses de trabalho para fornecer mais recursos que o participante vai precisar mobilizar quando estiver sozinho classificando uma sondagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando os profissionais que participam do curso e buscam por qualificação, entende-se que o Geólogo é o profissional mais qualificado para realizar a tarefa de descrever sondagem.

A reflexão feita sobre o Curso de Classificação de Sondagem revela que manipular amostras obtidas por sondagens é parte essencial da formação dos geólogos. Portanto, isso precisa ser introduzido nos cursos de graduação.

As etapas que envolvem manipular, descrever e classificar amostras de solos e rochas precisam ser incorporadas às metodologias de investigação da Geologia de Engenharia.

Apesar das dificuldades dos alunos de graduação em acompanhar sondagens, não se pode deixar de orientá-los sobre como interpretar e organizar os dados, apresentados na forma de PIS.

Além disso, é crucial a capacitação do professor para explorar as situações de aprendizagem. A experiência profissional o ajuda a mostrar exemplos e contraexemplos capazes de vincular as habilidades da classificação ao papel de construir um modelo geológico que suporte as necessidades da obra de engenharia. Nesse sentido, o curso de Classificação de Sondagem atende a essa deficiência curricular.

Acredita-se que o curso auxilia o participante a compreender a importância dos métodos de investigação para os projetos e seu papel como ator no processo, comprometido com a qualidade nos serviços executados, garantindo maior confiabilidade aos resultados de suas interpretações.

São muitos os problemas a enfrentar quando o assunto envolve investigação (sondagens) e apresentação de seus resultados, ao que propõe-se continuar avaliando e aperfeiçoando o curso, buscando atender às expectativas dos participantes.

A pesquisa realizada com os participantes revela uma pequena parcela dos profissionais, cujo foco foi o profissional de geologia, mas há outras necessidades que podem ser mais bem avaliadas e pretende-se seguir com os estudos. Queremos saber como o profissional absorve esse conhecimento e o coloca em prática? Qual o nível de aceitação da empresa quando esse “profissional

capacitado” sugere mudanças no comportamento e atitudes nos seus processos executivos? Que avaliação ele faz sobre o trabalho realizado por sua equipe de campo e seu trabalho de interpretação dos dados coletados? Que nível de conforto a empresa se encaixa quanto à qualidade de seu produto oferecido ao mercado? Quando atua como autônomo, como o profissional se coloca no mercado para realizar a tarefa de classificar sondagem?

A sequência para apresentação das descrições dos solos e rochas, proposta no curso, é na verdade uma provocação ao meio técnico, principalmente à Geologia, para que se busque, num futuro próximo, uma padronização mais assertiva e representativa dos horizontes geológicos, capaz de ser compreendida por toda a comunidade técnica de Geologia e Geotecnia.

REFERÊNCIAS

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Ensaio de perda d'água sob pressão. Boletim n.2. São Paulo, 1975.

ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Métodos para descrição quantitativa de descontinuidades em maciços rochosos, São Paulo, ISMR, (ABGE. Tradução, 12), 132p. 1983.

ABGE- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Geologia de Engenharia / Editores Antônio Manuel dos Santos Oliveira, Sérgio Nertan Alves de Brito. – São Paulo, 1998.

ABGE- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Edição Comemorativa dos 30 Anos da ABGE. São Paulo, 1998.

ABGE- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Mesa Redonda Sondagens – Método, Procedimento e Qualidade. A qualidade dos serviços de sondagens executados no Brasil, p. 17-25. São Paulo, Março de 2011.

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Ensaio de Permeabilidade em Solos – Orientações para sua execução no campo. 4ª Ed. São Paulo, 2013.

ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Manual de Sondagens / coordenador Ivan José Delatim; comissão coordenadora Elisângela Oliveira [et al.] -- 5. ed. – São Paulo, 2013.

ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Diretrizes para descrição de sondagens: 1ª tentativa / João Jerônimo Monticeli, Marilda Tressoldi (coordenação). -- São Paulo, 2013.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rochas e Solos - Simbologia. NBR-13441. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rochas e Solos – Terminologia. NBR-6502. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método e ensaio. NBR-6484. Rio de Janeiro, 2001.

ALMEIDA, I.M., Lopes, I., Marques, F., Almeida, G.,Pinto, C. Normalização da terminologia e simbologia na prospecção geotécnica. Lisboa, Abril de 2014.

BARTON, N; Lien, R.;Lundre, J. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mechanics Engineering. Nº4, v.6, 1974.

BARTON, N.; CHOUBEY, V. The shear strength of rock joints in theory and practice. Rock Mech. Rock Engng, v.1, nº 2, p. 1-54. 1977.

BRASIL. Resolução Nº1, de 06 de janeiro de 2015. Institui as diretrizes curriculares nacionais para os cursos de graduação na área de Geologia, abrangendo os cursos de bacharelado em Geologia e Engenharia Geológica e de outros profissionais. (DOU. Nº4, quarta-feira, 7 de janeiro de 2015, Seção 1, pg. 23 e 24). 2015.

BRASIL. Resolução Nº 1010 de 22 de agosto de 2005. Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CONFEA. Sistematização dos campos de atuação profissional. Sistema CONFEA/CREA. Anexos II e III. 2005.

BRASIL, Decreto Nº 5.154, de 23 de Julho de 2004. Regulamenta o § 2º do art. 36 e os arts. 39 a 41 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e dá outras providências. 2004.

BELICANTA, A.; Cintra, J.C.A. Fatores intervenientes em variantes do método ABNT para execução do SPT. Solos e Rochas, 21 (3). P. 119 – 133. 1998.

BIENIAWSKI, Z.T. Geotechnics classification of rock masses and its application in tunneling. In. International Congress on Rock Mechanics, n. 3, 1974

CAMARGO, E. P. et al. Características do maciço rochoso de fundação de estruturas de concreto da Barragem de Ilha Solteira. In: Anais do Seminário Nacional de Grandes Barragens. Rio de Janeiro: ISRM/ABMS, 1972.

CAMARGO, E. P. et al. Development of conceptual geomechanical models for foundations of concrete dam: approach applied to three projects. In: Symposium on Rock Mechanics Related to Dam Foundations. Rio de Janeiro: ISRM/ABMS, 1978.

CARNEIRO, C.D.R. Perspectivas do Profissional de Geociências em um Cenário de Retomada do Crescimento Econômico Brasileiro. Geonomos, 3(2): 23-33. 1995.

CAVALCANTE, F.H. et al. O SPT e alguns desvios da Norma praticados no Brasil. Cobramseg. Curitiba, PR. Brasil. Anis Eletrônicos, 2006.

DELATIM, I.J. A qualidade dos serviços de sondagens executados no Brasil. Mesa redonda: Sondagens – métodos, procedimentos e qualidade. ABGE. (http://itpack31.itarget.com.br/uploads/abe/arquivos/Caderno_MesaRedonda_Sondagens_final.pdf). Março de 2011.

DEERE, D.U.; Patton, F. D. Slope stability in residual soil. In: PANAMERICAM CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 4º, San Juan, Puerto Rico. V.1. p. 84-170. 1971.

DEERE, D.U. Technical description of rock cores for engineering purposes. Rock Mechanics. Rock Engng, v.1, nº.1, 1964.

FANTINEL, L.M. O ensino de mapeamento geológico no Centro de Geologia, Diamantina – MG: análise de três décadas de práticas de campo (1970-2000). Campinas, SP, 2005.

FRODEMAN, R. O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica. *Terræ Didactica*, 6(2):85-99, 2010.

FRODEMAN, R. Philosophy in the Field. *Natural and Natural Science*, 149-164, 2004.

GUIDICINI, G. et al. Um método de classificação geotécnica preliminar de meios rochosos. *Anais da 4ª Semana Paulista de Geologia Aplicada*. P.275 – 283. São Paulo, 1972.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Caracterização geomecânica do maciço rochoso do Trecho Faria Lima – Ferreira, Linha 4 – Amarela. 125p. Relatório nº 34902. 1997.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - 1977. Caracterização geomecânica do maciço rochoso do trecho Faria Lima – Vila Sônia, Linha 4 – Amarela do Metro de SP. Relatório nº 34902. In: Mattos, I.C.S. Sugestão de método para descrição geológico-geotécnica de testemunhos de sondagens rotativas. (Monografia) São Paulo, IG-USP, 1998.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de Pedologia, Nº 4., 2ª Edição, Rio de Janeiro, 2007.

MASSONI, F.; Silva, M.A.A.P.; Rocha, H.C. Proposta de um Sistema de avaliação da qualidade e de aceitação das sondagens de simples reconhecimento pra as obras do metrô de São Paulo. XII Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE. *Anais do Congresso*, 2008.

MATULA, M - 1981 - Rock and soil description and classification for engineering geological mapping, In: *Symposiums on Engineering Geological Problems of Construction on Soluble Rocks, Proceedings...* Istanbul; Turquie, International Association of engineering geology, p. 235 - 274. 1981.

MONTEIRO, M. et al. Avaliação da Qualidade das Sondagens Geotécnicas À percussão nos Projetos. *Revista Engenharia*, Nº 607, p.150-154, 2011.

MONTICELI, J.G. Influência da Compartimentação Geológico-geotécnica de Maciços Rochosos no Projeto de Fundações de Barragens – Fase de Viabilidade. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos – USP, para a obtenção do título de Mestre em Geotecnia. São Carlos, 1986.

NOGAMI, J.S. Classificação e Terminologia para Macroestruturas Naturais dos Solos. *Anais da 2ª Semana Paulista de Geologia Aplicada*, São Paulo, 1970.

NOGAMI, J.S. Necessidade de adequada caracterização genética dos solos para finalidades rodoviárias. *Anais do 1ª Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*, São Paulo, 1976.

NZGS. Field description of soil and rock. Guideline for the field classification and description of soil and rock for engineering purposes. New Zealand Geotechnical Society. 5. www.nzgeotechsoc.org.nz. December 2005.

- OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de (Ed.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Oficina de Textos, 1998. 587 p.
- PERRENOUD, F e Thurler, M.G. As competências para ensinar no século XXI: A formação dos professores e o desafio da avaliação. Artmed. CAP4: O desenvolvimento profissional dos professores: novos paradigmas, novas práticas – Thurler, Monica Gather, 2002.
- PERRENOUD, F. Desenvolver competências ou ensinar saberes? A escola que prepara para a vida / Philippe Perrenoud; Tradução: Laura Solange Pereira; revisão técnica: Maria da Graça Souza Horn, Heloisa Schaan Solassi – Porto Alegre: Penso, 2013.
- PERRENOUD, F. Dez novas competências para ensinar / Philippe Perrenoud; Tradução: Patrícia Chittoni Ramos - – Porto Alegre: Artmed, 2000.
- PINTO, C.S. Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas / 3ª Edição. São Paulo, Oficina de Texto, 2006.
- POTAPOVA, M.S. Geologia como uma ciência histórica da natureza. Terræ Didática, 3(1):86-90. 2001. <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>
- RUDWICK, Martin J.S. Bursting the limits of time: the reconstruction of Geohistory in the Age of Revolution. Chicago: The University of Chicago Press, 2005. 708p.
- SANTOS, A. R. Por menos ensaios e instrumentações e por uma maior observação da natureza. 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Rio de Janeiro, 1976.
- SCHANAID, F. Ensaio de campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações. Oficina de Texto. São Paulo, 2000.
- STANCATI, G, et al. Ensaio de Laboratório em Mecânica dos Solos. Publicação 050/88. Departamento de Geociência, USP – São Carlos, 1981.
- SILVA, R.F da; Andreotti, M.C. Manual de campo de geólogo de engenharia. São Paulo. IPT, 1997.
- SOUZA, Luiz Antonio Pereira de; SILVA, Ricardo Fernandes da; IYOMASA, Wilson Shoji. Métodos de Investigação. In: OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de (Ed.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Oficina de Textos, 1998. Cap. 11. p. 163-196.
- SUGUIO, K. Geologia Sedimentar. Editora Bluscher, São Paulo, 2003.
- TEIXEIRA, A. H. Sondagens: Metodologia, erros mais comuns, Normas de execução. I Simpósio de Prospecção do Subsolo, ABMS – Núcleo Nordeste. Recife, p.41-46, 1977.
- TEIXEIRA, A.H. A padronização de sondagens de simples reconhecimento. V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, São Paulo, Vol. 3, p.1-22, 1974.

TOGNON, A. A.; Cunha, M. A.; Monteceli, J. J.; Copedê Jr, A.; MAranesi, D. A. Estudos geológico-geotécnicos para definição da melhor alternativa do 2º conduto forçado da UH de Eloy Chaves, Rio Mogi-Guaçu, SP. Anais do 3º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Itapema (SC). São Paulo, 1981.

TUNING – América Latina: <http://tuning.unideusto.org/tunigal.www.rug.nl/let/tuningal>. Universidades de Deusto e Groningen. 2007.

VALLEJO, L.I.G, et al. Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid, 2002.

VARGAS, M. A história da matematização da natureza / Milton Vargas. 1ª ed, São Paulo, ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental; ABMS – Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2015.

IYOMASA, W.S.; MATSUDA, K.; E BRITO, F.A. Sistema de gerenciamento de dados: perfil automatizado de sondagens (1ª etapa) In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 8, 1996. Rio de Janeiro. Anais...São Paulo: ABGE. v. 2, p. 767-776. 1996.

VAZ, L.F. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. Revista Solos e Rochas, v.19, (2):117-136. São Paulo, Ago.1996.

APÊNDICES

A – APRESENTAÇÃO DO CURSO

1. Objetivo:

O Curso “Classificação de Sondagens” tem como finalidade capacitar profissionais das áreas de *Geologia de Engenharia* e *Geotecnia* para a tarefa de descrição de amostras de solos e rochas coletadas em sondagens diretas (trado, percussão e rotativa). Propõe apresentar de maneira expositiva e prática uma metodologia de trabalho numa sequência que vai desde o recebimento das amostras até a apresentação final dos resultados na forma de “*Perfil Individual de Sondagem*”.

Visa possibilitar ao profissional a compreensão dos processos que envolvem a classificação e responder as questões: Que tipo de classificação geológico-geotécnica deve ser dado aos testemunhos de sondagem a percussão, rotativa e mista? Quais são os critérios que garantem a confiabilidade da descrição de testemunhos de sondagem? O curso apoia-se na experiência pessoal e em justificativas e tomadas de decisões aceitas pelas normas técnicas vigentes.

2. Público Alvo:

O curso é recomendado para Geólogos, estudantes de Geologia (último semestre/ano), Engenheiros Geotécnicos, técnicos de Geologia e de Geotecnia.

3. Programa:

1. A *Classificação de Sondagem* e sua importância para o entendimento do arcabouço geológico em obras civis.

2. Bibliografia: Normas, Manuais e tabelas de parâmetros geotécnicos.

3. O *Perfil Individual de Sondagens*: Vícios e não conformidades na apresentação final dos resultados.

4. Os equipamentos/utensílios necessários para classificação de solos e rochas.

4. Os boletins de campo e fichas para classificação.

5. A importância e os cuidados com a amostragem (coleta, armazenamento e transporte).

6. Descrição/Classificação:

- Para as amostras de solo serão abordados: A classificação táctil-visual; a Identificação dos horizontes, estrutura, as frações do solo (granulométrica), resistência, cor e gênese, valendo-se de métodos práticos para identificação da fração do solo.

✓ Aula prática e apresentação dos resultados.

- Para os testemunhos de rocha serão abordados todos os parâmetros geotécnicos necessários a sua identificação, tais como: litologia, recuperação, alteração, coerência, fraturamento, IQR/RQD, características das discontinuidades e condutividade hidráulica, com enfoque para a classificação dos maciços rochosos.

✓ Aula prática e apresentação dos resultados.

7. O curso propõe também abordar as diferenças no enfoque da descrição/classificação de amostras, que existem entre as empresas executoras de sondagens e de projetos.

B - CONTEÚDO DO CURSO

1. CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

O solo do ponto de vista da Geologia de Engenharia é o produto do intemperismo físico e químico das rochas, escavável a pá e picareta e que perde sua resistência quando em contato com água (Geologia de Engenharia – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE São Paulo - 1998).

Conforme menciona Pastore et al., (Geologia de Engenharia - ABGE, 1998, pg. 197):

O objetivo de se caracterizar e classificar os solos em Geologia de Engenharia é o de poder prever os seus comportamentos mecânicos e hidráulicos, para obras de engenharia, mineração e meio ambiente, conhecendo-se ao mesmo tempo as suas formas de ocorrência e a geometria das camadas nos locais em estudo.

Conforme já foi mencionado neste trabalho, o termo “Classificação”, aqui utilizado, não possui relação com as Classificações Geotécnicas convencionais e não convencionais utilizadas pela Mecânica dos Solos, pois, de acordo com Pinto, (2006), esses sistemas se baseiam nas características dos grãos que constituem os solos, os quais são agrupados por apresentarem semelhança no comportamento de interesse da Engenharia Civil. Assim nesses sistemas os índices empregados são geralmente a composição granulométrica e os índices de Atterberg.

A “Classificação” (descrição dos solos) tratada no Curso usa o procedimento conhecido como “**análise tátil-visual**” (não usa ensaios laboratoriais). Essa classificação leva em conta os aspectos ou características de interesse à elucidação do caráter dos solos, como textura, estrutura, cor, etc., enriquecida com a classificação genética (representada pela classificação geológica).

As amostras que analisadas necessariamente são provenientes de campanhas de investigações, cujas sondagens foram executadas para o reconhecimento das condições geológicas locais, seja para a implantação de uma obra civil, um estudo ambiental ou de mineração. Dessa maneira traz um histórico

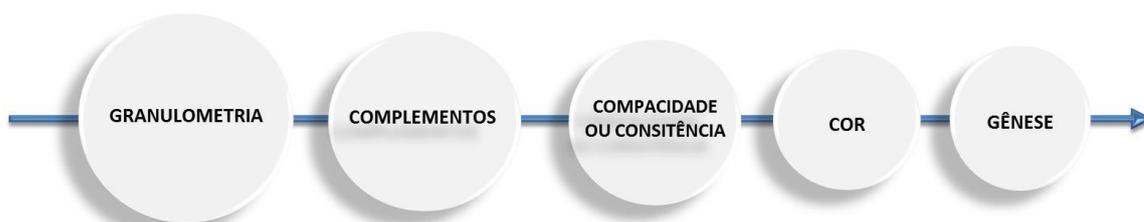
sobre o ambiente geológico em que iremos atuar e quão esse ambiente já foi afetado por processos geológicos naturais ou antrópicos.

O Curso reforça que é fundamental fazer um reconhecimento geológico da área investigada. Primeiramente com a ajuda dos mapas geológicos disponíveis e, depois, por meio de visita ao local onde a campanha será (ou tenha sido) realizada, de preferência no início dos trabalhos, pois isso permite entender as condições morfológicas do local.

A análise “tátil-visual” das amostras de solo passa por uma sequência de procedimentos para identificar os horizontes geológicos presentes, a saber:

- Reconhecimento visual da sequência das amostras.
- Reconhecimento tátil - Fração do solo
- Resistência dos Solos
- Cor
- Gênese

Esses procedimentos devem estar balizados em critérios normativos, que justificam e endossam a nomenclatura a ser utilizada e para isso são utilizadas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. O objetivo final dessa análise dos solos é apresentar a descrição das camadas de maneira objetiva seguindo os critérios estabelecidos pela NBR-6484, cuja sequência deve ser organizada conforme se segue.



A seguir é apresentada a sequência de tarefas que nos permitirá apresentar a classificação dos maciços terrosos.

1.1. Classificação Tátil-visual do Solo

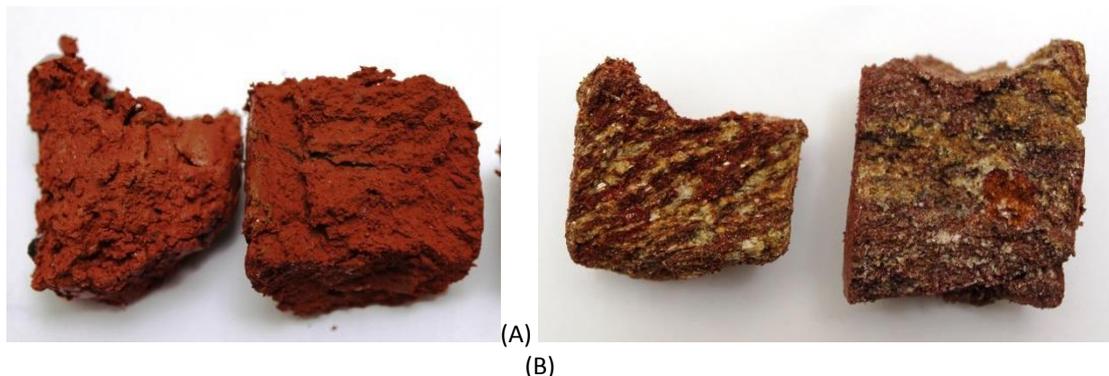
Na classificação tátil-visual a identificação dos materiais passa por critérios, procedimentos e manuseios que auxiliam na identificação das frações que compõe o solo. Isso ajudará a definir a nomenclatura mais adequada ao comportamento do material. Significa que nem sempre a classificação que vamos adotar tem relação direta com o percentual granulométrico (fração) que compõe determinado material.

Entende-se por Classificação Tátil o manuseio dos materiais. É a leitura pelo tato, por meio da qual é possível identificar a ocorrência ou não de matéria estranha ao solo (raiz, pequenas conchas, matéria orgânica, etc.); a cor natural da amostra; o teor de umidade; minerais reconhecíveis, no caso de solos granulares, odores estranhos e a granulometria.

A amostra deve ser manuseada com cuidado, para que possamos identificar primeiramente a presença de estrutura no solo. A estrutura nos indica a condição em que determinado solo foi gerado. Como exemplo há dois bastante conhecidos: a porosidade e a estrutura reliquiar, Figura 1.1.

A porosidade é característica de solos coluviais e eluviais, normalmente descritos nas classificações como “argila porosa” e a estrutura reliquiar é, muitas vezes, facilmente observada em solos de alteração de rocha, quando as características da rocha mãe estão preservadas. É certo que as amostras coletadas nas sondagens a trado e a percussão, por exemplo, deformam o material coletado, mas mesmo assim é possível observar tais estruturas.

Figura 1.1 - Exemplos de tipos de estruturas em amostras coletadas em sondagens a percussão. Argila porosa (A) e Solo residual (B).



Fonte: fotos do autor.

1.1.1. Análise Visual

A análise visual é exercida ao longo de todo o processo. A preparação e a organização sistemática das amostras por si só convoca o aluno a observar as diferenças entre os materiais amostrados e permite separá-los de acordo com suas semelhanças pela cor e pelos aspectos texturais.

A observação para identificar os horizontes geológicos tem como premissa o conhecimento geológico do local investigado. A Figura 1.1.1 ilustra como as amostras devem ser organizadas, de maneira a permitir uma “leitura contínua” dos horizontes presentes.

Figura 1.1.1 - Organização das amostras para Classificação.



Fonte: Fotos do autor.

1.1.2. Identificação das frações do solo – Granulometria

A primeira característica que diferencia os solos é o tamanho das partículas que o compõe, Pinto (2006). Todo solo é composto por uma mistura de argila, silte, areia, pedregulhos e seixos. A porcentagem de cada fração na mistura é que comanda as propriedades físicas que condicionarão o comportamento geomecânico do mesmo.

Para identificarmos as diversas frações dos solos devemos adotar uma escala granulométrica, com o objetivo de reconhecer o tamanho das partículas que compõe aquele solo e que seja compreendida por todos. Para o curso, adotaremos as frações granulométricas definidas pela ABNT, NBR-6502, que define as frações do solo conforme apresentado na Tabela 1.1.2.

Tabela 1.1.2 – Frações granulométricas dos solos.

FRAÇÃO	DIÂMETRO DAS PARTÍCULAS - ABNT
ARGILA	< 0,002 mm
SILTE	ϕ entre 0,002 a 0,06 mm
AREIA FINA	ϕ entre 0,06 a 0,20 mm
AREIA MÉDIA	ϕ entre 0,20 a 0,60 mm
AREIA GROSSA	ϕ entre 0,60 a 2,0 mm
PEDREGULHOS FINOS	ϕ entre 2,0 a 6,0 mm
PEDREGULHOS MÉDIOS	ϕ entre 6,0 a 20,0 mm
PEDREGULHOS GROSSOS	ϕ entre 20,0 a 60,0 mm
PEDRA	ϕ entre 60,0 mm a 200 mm
MATAÇÃO	ϕ entre 200 mm a 1 m

Fonte: ABNT, NBR-6502

Conforme nos argumenta Carlos de Souza Pinto (2005):

Não é fácil identificar o tamanho das partículas pelo simples manuseio do solo, porque grãos de areia, por exemplo, podem estar envoltos por uma grande quantidade de partículas argilosas, finíssimas, ficando com o mesmo aspecto de uma aglomeração formada exclusivamente por uma grande quantidade dessas partículas. Quando secas, as duas formações são muito semelhantes. Quando úmidas a aglomeração de partículas argilosas se transforma em uma pasta fina, enquanto a partícula arenosa revestida é facilmente reconhecida pelo tato.

Os solos são assim classificados em dois grupos, solos finos e solos grossos. No primeiro grupo encontra-se argila e silte e no segundo as areias e pedregulhos.

Os solos finos não são identificados a olho nu e dependem do ensaio de sedimentação para isso, já os solos grossos, visíveis a olho nu, são mais fáceis de serem identificados.

Quando classificamos não dispomos da análise granulométrica do solo. As frações serão identificadas de maneira visual e tátil, porém precisamos ter conhecimento da escala granulométrica. Para isso podemos valer de gabaritos que auxiliam na identificação do tamanho dos grãos, principalmente da fração grossa. A Figura 1.1.2 mostra um gabarito elaborado com amostras de areias coletadas em um ensaio de análise granulométrica realizada em um laboratório de solos.

Figura 1.1.2 – Gabarito para material granular, Areias e pedregulhos, de acordo com a ABNT-NBR-6502.



Na análise tátil-visual todas as observações são diretas, não exigindo equipamentos, mas sim, experiência no reconhecimento e trato com o solo. Já para a identificação granulométrica, valendo-se de equipamentos simples além do tato, visão e experiência, é a mais difícil, entretanto, há alguns testes básicos, que são usados como procedimentos de rotina no reconhecimento das amostras e que são descritos a seguir.

Para execução desses testes são necessários os seguintes instrumentos:

- água corrente
- bisnaga de plástico ou borracha para água.
- Proveta ou outro recipiente de vidro.
- Almofariz de porcelana e mão de borracha para desagregação do solo. (caso não dispõe desses equipamentos pode-se valer de outros equipamentos que permita a desagregação do material)
- canivete ou espátula
- Ficha para descrição
- prancheta, lápis, etiquetas adesivas.

São seis os testes que auxiliam na identificação das frações dos solos que apresentaremos a seguir, cujos procedimentos foram extraídos da publicação “Ensaio de Laboratório” editado pela USP de São Carlos (STANCATI, Get al.,

ENSAIOS DE LABORATÓRIO - Identificação Visual e Táctil do Solo. Publicação 050/88, p. 11-21, 1981).

a) Teste visual e táctil

Misturando uma pequena quantidade de solo com água, sabe-se que:

- *As areias são ásperas ao tato, apresentam partículas visíveis a olho nu e permitem muitas vezes o reconhecimento de minerais.*
- *O silte é menos áspero que a areia, mas perceptível ao tato. Entre os siltes grossos e areia fina a distinção é praticamente impossível, a não ser com o auxílio de outros testes.*

b) Teste de sujar as mãos.

Faz-se uma pasta de solo + água e esfrega-se na palma das mãos, colocando-se em seguida sob água corrente:

- *O solo mais arenoso lava-se facilmente, isto é, os grãos de areia limpam-se rapidamente das mãos.*
- *O solo mais siltoso só se limpa depois que bastante água correu sobre as mãos, sendo necessária sempre alguma fricção para a limpeza total.*
- *O solo mais argiloso distingue-se pela dificuldade de se desprender da palma das mãos, porque os grãos muito finos impregnam-se na pele, sendo necessário friccionar vigorosamente a palma da mão para se livrar da pasta.*

c) Teste de Desagregação do solo submerso.

Coloca-se um torrão de solo, em um recipiente contendo água, sem deixar o torrão imerso por completo.

- *A desagregação da amostra é rápida quando os solos são siltosos e lenta quando são argilosos.*

d) Teste da resistência do Solo Seco.

Uma amostra de solo seco agregado pode apresentar grande, média ou nenhuma resistência, quando se tenta desfazê-la entre os dedos. Isso indica respectivamente uma grande coesão, dos solos argilosos, pouca coesão para os solos siltosos e nenhuma coesão para os solos arenosos.

e) Teste de Dispersão em Água.

Para esse teste, o solo deve estar completamente desagregado, por isso, devem-se desfazer os torrões com o auxílio de almofariz e mão de borracha.

Deve-se tomar especial cuidado com os agregados de solos finos, porque estes são muitas vezes resistentes à desagregação mecânica feita pelo almofariz e mão de borracha, sendo necessária, para uma separação perfeita dos grãos, a adição de defloculantes.

Coloca-se uma pequena quantidade de amostra de solo destorroado, numa proveta com água; agita-se o conjunto, provocando assim uma dispersão homogênea do solo na água. Deixa-se em repouso e observa-se o tempo de deposição da maior parte de partículas constituintes da amostra;

- *Os solos mais arenosos assentam suas partículas em 30 a 60 segundos.*
- *Os solos siltosos em 15 e 60 segundos.*
- *Os solos argilosos podem levar horas em suspensão.*

f) Teste da Mobilidade da Água Intersticial.

Faz-se uma mistura homogênea de solo e água até a consistência de pasta, sem chegar ao estado de lama. Coloca-se essa pasta na palma de uma das mãos em concha e com o auxílio da outra mão, provocam-se vibrações na pasta de solo. A reação a esse movimento é o aparecimento de uma superfície úmida e brilhante, na pasta de solo com a mão em concha; a seguir abre-se a mão, o que provocará o aparecimento de fissuras e o ressecamento aparente da superfície da pasta.

- *O tempo de reação da massa de solo, isto é, sob a vibração, rapidamente assumi o aspecto liso e brilhante, indica a presença de maior porcentagem de partículas grossas. Também ao se abrir a mão, o solo rapidamente se fissa e torna a absorver a água superficial, indica a facilidade de movimento de água através das partículas ou presença de solos grossos.*
- *A reação lenta, tanto no aparecimento da superfície brilhante, como na fissuração reduzida, indica a presença de solos finos, ou seja, indica a dificuldade de movimentação das partículas de água aderente ou coesa às partículas de solo.*

Importante ressaltar que:

- *Esses testes descritos são simples e um tanto rudimentar, entretanto são de valor inestimável e devem ser feitos com critérios.*
- *Como o solo é uma mistura heterogênea de areia, silte e argila, com presença ou não de pedregulho, esses teste servem para classificar a granulometria predominante na amostra.*
- *A dificuldade da classificação tátil-visual está em conseguir com poucos recursos, identificar de maneira mais correta possível a granulometria porcentual da amostra. A experiência e o constante manuseio são fundamentais para tal fim.*

Após a realização dos testes necessários e a definição da fração predominante da amostra analisada a descrição deve ser feita levando em conta a granulometria predominante seguida de uma segunda fração, se necessário. Durante a identificação algumas outras características serão identificadas, as quais denominamos de complementos e deverão ser incorporadas à descrição da camada, como a presença de raízes, matéria orgânica, pedregulhos, fragmentos de conchas, etc. Esses materiais muitas vezes são elementos “guias” e sevem para identificar a gênese dos solos. O fluxograma apresentado na Figura 1.1.3, propõe um roteiro sequencial e descritivo para as frações predominantes do solo, determinadas durante a identificação das amostras, que representarão a camada ou horizonte identificado.

Figura 1.1.3. Fluxograma para descrição da camada identificada a partir das frações predominantes e seus complementos.

GRANULOMETRIA				RESISTÊNCIA	COR	GENESE
1ª FRAÇÃO	2ª FRAÇÃO	1º COMPLEMENTO	2º COMPLEMENTO			
ARGILA	SILTOSA	POUCO ARENOSA	<ul style="list-style-type: none"> - COM ENTULHO, - COM DRTRITOS VGETAIS, - ORGÂNICA - COM MATÉRIA ORGÂNICA, - COM FRAGMENTOS DE CONCHAS, - COM LENTES MILIMÉTRICAS DE ARGILA, - COM LENTES MILIMÉTRICAS DE AREIA, - COM PEDREGULHOS FINOS, - COM PEDREGULHOS FINOS E MÉDIOS. - COM PEDREGULHOS DE GRANULAÇÃO VARIADA, - COM SEIXOS ROLADOS (ϕ CM). - COM LENTES MILIMÉTRICAS DE AREIA, - MICÁCEO(A). - POUCO MICÁCEO(A) - CAULÍNICO, - POUCO CAULÍNICO - COM CONCREÇÕES LIMONÍTICOS. - COM FRAGMENTOS DE ROCHA 	CONSISTÊNCIA	BRANCO CINZA CINZA CLARO CINZA ESCURO	ATERRO ELÚVIO
	ARENOSA	POUCO ARGILOSO				
SILTE	ARGILOSO	POUCO ARENOSO		(PARA AS ARGILAS E SILTES ARGILOSOS)	PRETA MARROM MARROM CLARO MARROM ESCURO	COLÚVIO ALUVIÃO
	ARENOSO	POUCO ARGILOSO				
AREIA	FINA	SILTOSA → POUCO ARGILOSA OU ARGILOSA	(PARA AS AREIAS E SILTES ARENOSOS)	VERMELHO AMARELO VERDE AZUL ROXO	TALUS S.T.B.S.P. SOLO DE ALTERAÇÃO	
	MÉDIA					
	GROSSA DE GRANULAÇÃO VARIADA					

Geól. Ivan José Delatim

1.1.3. Resistência dos solos - Consistência e Compacidade

Durante a execução da sondagem a percussão é realizado, a cada metro, o ensaio penetrométrico, também conhecido como ensaio de SPT. Este ensaio consiste na cravação de 45 cm de um amostrador padrão, em três estágios de 15 cm. Para cada estágio é anotado o número de golpes necessários à sua cravação. O SPT (Standard Penetration Test) corresponde a somatória dos números de golpes, necessários a penetração dos 30 finais cm dos amostrador. De posse do boletim de campo da sondagem deve-se calcular o valor de SPT para cada ensaio realizado. Recomenda-se o cálculo do SPT seja feito antes mesmo de iniciar a classificação, pois estes valores já indicam a qualidade do solo quanto a sua resistência, indicando quais horizontes podemos encontrar. Uma vez identificadas as camadas que compõe o perfil geológico do terreno, verificam-se os valores de SPT correspondentes a cada uma delas e definem-se as compacidades (para areias e siltes arenosos) ou as consistências (para Argilas e siltes argilosos) conforme apresentado na tabela seguinte.

Tabela 1.1.3 – Estados de Compacidade e de Consistência

Solo	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (Nº de Golpes para os 30 cm finais)	DESIGNAÇÃO(*)
Areias e siltes arenosos	≤ 4	FOFA
	5 a 8	POUCO COMPACTA
	9 a 18	MEDIANAMENTE COMPACTA
	19 a 39	COMPACTA
	≥ 40	MUITO COMPACTA
Argilas e Siltes argilosos	≤ 2	MUITO MOLE
	3 a 5	MOLE
	6 a 10	MÉDIA
	11 a 18	RIJA
	≥ 19	DURA

(*) As expressões empregadas para a classificação da compacidade das areias (fofa, compacta, etc), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compacidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos.

Fonte: NBR-6484/2001 – Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT – Método de ensaio.

1.1.4. Cor dos Solos

A cor de um solo é o resultado das cores dos minerais que o compõe, é uma das primeiras características dos solos a ser identificada, Nogueira (1988):

Pode ser derivada da rocha de origem ou produto do intemperismo químico ou ainda determinada pela presença de matéria orgânica. Por isso poderá haver significativas diferenças de cor, não só diferentes solos, como também entre diversos horizontes de um mesmo solo.

Ao que acrescenta:

A cor varia quanto à intensidade, com o teor de umidade do solo e sempre que possível esta deve ser referida à condição de solo seco. Pode ser uma pista indicativa da presença de seus componentes. Assim cores mais escuras como, marrom, cinza escuro e preto, geralmente, são indicativas de solos de origem orgânica. As cores vermelha, amarela e alguns tons de marrom são, geralmente, resultado do intemperismo químico, onde o vermelho escuro indica a presença de óxido de ferro não hidratado (hematita), enquanto tonalidades mais claras do amarelo e marrom indicam óxido de ferro hidratado. Cores mais claras são indicativas de solos de origem inorgânica, com

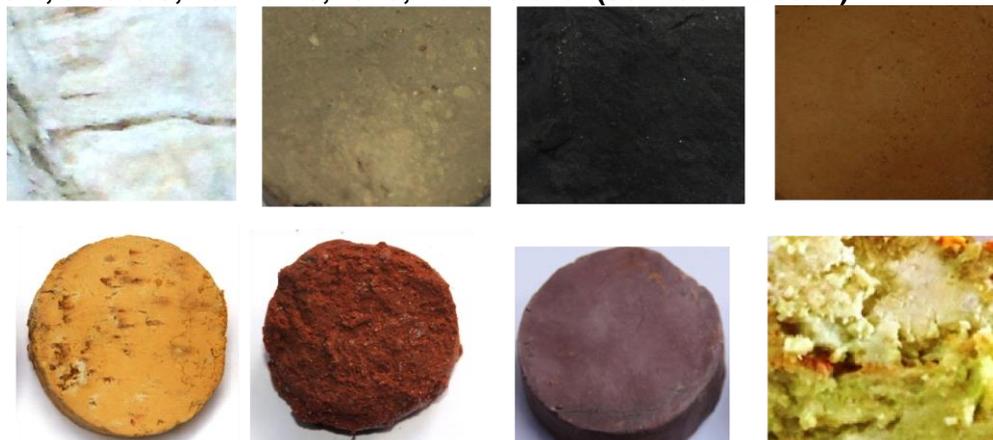
predominância de sílica, gipsita ou de depósitos, relativamente, puros de uma argila (caulinita).

Em concordância com a abordagem de Nogueira (1988), há determinados horizontes bastante conhecidos pelo meio técnico, cuja cor já indica o tipo de solo a que se referem como a “terra roxa” no sul e sudeste do País, as argilas “variegadas” da Bacia de São Paulo e as areias coloridas dos sedimentos encontrados no nordeste brasileiro. O termo variegado sugerido pela norma, que significa “de cores várias, matizado”, é largamente utilizado sem nenhum critério e que nada acrescenta à descrição apresentada. Propomos que, se utilizada, deve-se indicar a cor predominante do referido horizonte ou camada, acrescida da palavra variegada, por exemplo: “marrom variegado”.

Para determinação das cores dos solos, o ideal seria a utilização de cartas de cores convencionais, como a carta de Munsell (Munsell book of color), largamente utilizada em Pedologia. Entretanto, no Brasil, não se tem o hábito de utilizar essa ferramenta para identificação das cores dos solos. Desta maneira a característica “cor” apresentada nos perfis individuais de sondagem é de responsabilidade direta de quem a identifica, valendo-se da subjetividade e experiência de cada profissional, ficando tal interpretação muito pessoal e particular.

A NBR-6484/2001 sugere a utilização de nove cores para os solos tropicais brasileiros, que são: Branco, cinza, preto, marrom, amarelo, vermelho, roxo, azul e verde (Figura 1.1.4), admitindo as designações complementar claro e escuro. Mas vivemos em um país tropical, cujo manto de intemperismo é bastante espesso que, associado a todo processo de lixiviação erosivo, cria uma palheta de cores bastante variada.

Figura 1.1.4 - Padrão de cores sugerido pela NBR-6484: Branco, cinza, preto, marrom, amarelo, vermelho, roxo, verde e azul (cor não indicada).



Fonte: ABNT – NBR-6484/2001.

1.2. Classificação Genética dos Solos

Todo material coletado durante a execução de uma sondagem deve ser identificado quanto a sua gênese. Isso auxilia na interpretação do seu comportamento geotécnico, uma vez que a partir de sua constituição genética espera-se um determinado comportamento frente às solicitações a que será submetido.

Tomamos como exemplo uma camada composta por uma “Argila arenosa”, esta por sua vez, pode pertencer a um aluvião, um colúvio e até mesmo a um solo de alteração, desta maneira, essa camada, apresentará comportamentos geotécnicos distintos a depender da sua origem.

A classificação genética mais utilizada em Geologia de Engenharia é a classificação Geológica [...] A classificação Geológica corresponde a interpretação da gênese do solo, com base na análise tátil-visual e em observações de campo acerca da forma de ocorrência (morfologia) e das relações estratigráficas com outras ocorrências (outros solos e rochas), interpretando-se os processos responsáveis pela gênese e, eventualmente, a rocha de origem (Geologia de Engenharia - ABGE, 1998).

A identificação da origem dos horizontes do solo é de fundamental importância para que se construa a história geológica da área estudada. Discorreremos a seguir os horizontes geológico-geotécnicos mais frequentes em furos de sondagens.

1.2.1. Aterro

O aterro é uma unidade geotécnica presente em praticamente todas as sondagens executadas nos grandes centros urbanos, ao longo de estradas (rodoviárias e ferroviárias), unidades industriais e em toda área que tenha sofrido alguma intervenção humana para implantação de obras civis.

Definidos como depósitos tecnogênicos, pelo fato de terem sido formados em decorrência da atividade humana (CLEMEKOV, 1983) os aterros podem ser executados com diversos tipos de materiais, muitas vezes com os materiais da própria área ou mesmo provenientes de diversas fontes. Desta forma a heterogeneidade da composição é uma característica que identifica essa unidade:

As características de um aterro dependem do tipo de material utilizado e de sua finalidade. Solos argilosos compactados são pouco permeáveis e solos granulares tem alta permeabilidade, prestando-se à construção de filtros e camadas drenantes (Soluções de Engenharia, pag. 482 - Geologia de Engenharia – ABGE, 1998).

Em algumas sondagens há certa dificuldade em identificar o limite da camada de aterro (contato) com o pacote subjacente, principalmente quando esses aterros são construídos com os mesmos materiais das escavações, muito comum em construções de estradas com corte/aterro, onde o material depositado possui a mesma composição granulométrica do material “in situ”.

Nos centros urbanos os aterros estão normalmente presentes ao longo das vias, sejam pavimentadas ou não, nesse caso, muitas vezes, de fácil identificação, pois normalmente utiliza-se de material que confere maior suporte ao futuro pavimento e sua composição é bastante variada.

1.2.2. Colúvio e Elúvio

Os colúvios são característicos por se posicionarem a meia encosta, de composição homogênea, porém com a presença de linhas de seixos na base (conceito clássico para identificação) ou muitas vezes com blocos de rocha de tamanhos centimétricos a decimétricos. Muitas vezes são confundidos com os solos maduros “in situ”, também chamados de eluviais.

Localizam-se sempre em encostas íngremes. São formados pela ação da água e principalmente pela gravidade, recobrando encostas de serras. Geralmente são poucos espessos (0,5 a 1 m) e com compostos pela mistura de solo e blocos de rocha pequenos (15 a 20 cm).

Características importantes: baixa resistência ao cisalhamento; podem apresentar movimentos lentos “rastejo” (“creep”); sempre envolvidos na maioria dos escorregamentos das encostas.

Entretanto, tem sido considerados solos coluvionares os solos que recobrem divisores de água em regiões planas e solos de composição homogênea, com granulometria mais fina (areias argilosas e argilas arenosas), em geral em regiões de rochas planas recobrando espigões, com espessura variável (0,5 m até 15 – 20 m).

Características importantes: porosidade; valor de SPT baixos (1 a 6 golpes); colapsáveis quando saturados e submetidos a escorregamentos.

Avaliar se este solo foi transportado ou se trata de solo residual maduro precisa ser verificado em cada local, evitando-se generalizações e também o uso sistemático da interpretação da ocorrência de linhas de seixos, ou linhas de pedras, como indício inquestionável de transporte, já que outros mecanismos, como os pedogenéticos, especialmente a ação biológica, podem explicar a gênese residual.

1.2.3. Tálus

Tem sua origem ligada aos desmoronamentos do regolito de vertentes muito íngremes e à queda de lajes de esfoliação mais ou menos espessas produzidas pelos grandes paredões nus. Os fragmentos do tálus tendem a ser decompostos e colonizados pela vegetação, Mousinho e Bigarella (1965). Em síntese, acumulações de detritos de antigos escorregamentos.

Depósitos inconsolidados geralmente em forma de leques na superfície do terreno e em sopés de encostas e escarpas, constituídos por fragmentos grosseiros de rocha, mal selecionados, geralmente de granulação grossa e forma angulosa, Caracteriza-se por ser área instável. (Glossário de termos

Técnicos de Geologia de Engenharia e Ambiental – 2012 – ABGE).

Essa unidade não é de fácil identificação a partir das sondagens rotativas e mistas, pois pode ser confundido com o horizonte de rocha muito a extremamente alterada com intercalação de blocos. Em sondagens o que caracteriza e auxilia a sua identificação é a heterogeneidade da composição e dos tamanhos dos matacões, feições como a foliação, por exemplo, podem apresenta-se com orientação diferente em cada “bloco” de rocha recuperado. Normalmente não se recupera o trecho de solo que preenche os vazios entre blocos, mas o fechamento da interpretação deve ser feito com visitas ao campo.

1.2.4. Aluviões

Sempre associados a ambiente fluvial, os sedimentos aluvionares são constituídos por materiais erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d’água e depositados nos seus leitos e margens, bem como no fundo e margens de lagos e lagoas. Apresentam-se com características bastante distintas, dependendo da bacia em que se está trabalhando, pois a variação da natureza dos materiais e a capacidade de transporte refletem na formação das camadas. Cada camada possui uma identidade própria e representa uma fase de deposição, com espessura, continuidade lateral, mineralogia e granulometria. O pacote aluvionar é heterogêneo, entretanto uma camada isolada pode apresentar-se muito homogênea.

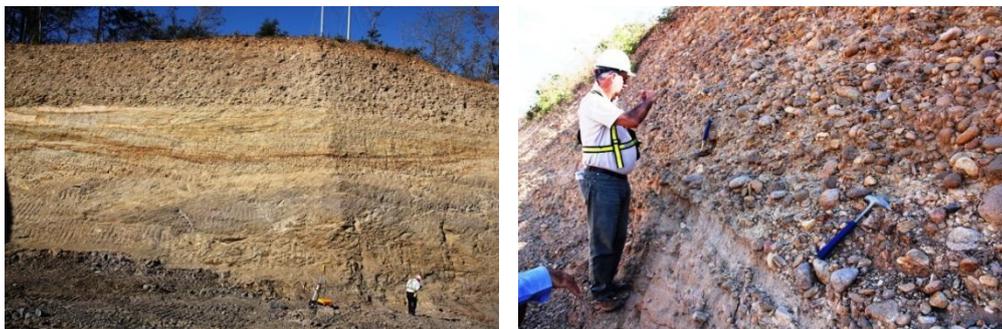
Normalmente os aluviões são compostos por areias que variam de fina a grossa, com intercalação de bancos argilosos ricos em matéria orgânica, de coloração cinza escura a preta característica com presença de cascalho na base.

O termo “aluvião” não se aplica a depósitos no fundo do mar ou em praias e mangues, os quais são chamados de sedimentos marinhos.

1.2.5. Terraços aluvionares

Os terraços aluvionares, também denominados de aluviões antigos, são encontrados normalmente em cotas mais altas que os aluviões, pois foram depositados quando os cursos d'água encontravam-se mais elevados. Diferem dos aluviões por não serem saturados, se localizarem em cotas mais elevadas e serem constituídos, quase sempre, por areia grossa e cascalhos, Figura 1.2.1.

Figura 1.2.1 - Exemplos de terraços aluvionares presentes em cortes para implantação de um canal de adução e em taludes de estradas – El Salvador.



Fonte: Fotos do autor.

1.2.6. Sedimentos Terciários

Os sedimentos terciários estão relacionados há um período de sedimentação que ocorreu ao longo de todo escudo brasileiro, mais concentrados nas porções leste do Brasil, cuja característica difere uma das outras em função das condições morfológicas e das áreas fontes que geraram os materiais para sedimentação. Na cidade de São Paulo os Sedimentos Terciários são largamente conhecidos e estudados. Apresentam coloração e faixas granulométricas já bastante estudadas e de fácil identificação na classificação táctil visual.

1.2.7. Solos “In Situ” ou Residuais

São os solos originados a partir da decomposição de rocha pelo intemperismo (físico, químico, ou ambos) e que permanecem no local sem sofrer qualquer tipo de transporte. São também conhecidos como solo de alteração.

As características como a composição granulométrica, granulometria, estrutura e espessura dependem do clima, do revelo, do tempo e do tipo de rocha mãe.

Os solos de alteração, como o próprio nome já diz, preservam as características da rocha mãe e normalmente são de fácil identificação na classificação táctil-visual. Inclusive é bastante comum entre os sondadores, chamá-los de “Silte arenoso micáceo”, quando vão descrevê-los nos boletins de campo da sondagem, principalmente se as sondagens foram executadas na Região Metropolitana de São Paulo.

Outro termo muito utilizado para identificar solo de alteração de rocha é o “Saprolito”, “Saprólito” ou “Solo Saprolítico”. Os solos saprolíticos (sapro, do grego: podre) mantêm a estrutura da rocha que lhe deu origem.

Estes solos são mais heterogêneos e constituídos por uma mineralogia complexa contendo minerais ainda em fase de decomposição. São designados também de solos residuais jovens, em contraste com os solos superficiais lateríticos, maduros. Uma feição muito comum no horizonte superficial, ou no seu limite, é a presença de uma linha de seixos de espessuras variáveis (desde alguns centímetros até 1,5 m), delimitando o horizonte laterítico do saprolítico.

Vale ressaltar que há uma boa parcela de consultores que não gosta de utilizar essa denominação, preferindo o termo “Solo de Alteração ou Solo Residual” com a subdivisão em “Solo Residual Jovem” – (SRJ) e “Solo Residual Maduro” – (SRM).

Mantos de solos residuais muito espessos pode impossibilitar a fundação de obras hidráulicas de concreto sobre o maciço de rocha sã, que se encontra a grandes profundidades, obrigando mudanças conceituais de projetos para que essas fiquem apoiadas em solos residuais.

Esses solos são de difícil amostragem quando atravessados pela sondagem a percussão, por apresentarem alta resistência e pouca penetrabilidade do amostrador padrão, resultando amostras demasiadamente

pequenas, que acaba sendo “quebrada” quando retirada do bico ou mesmo do corpo do amostrador.

Igualmente são de difícil recuperação pelo processo rotativo por causa da utilização de água para refrigeração da coroa. Pela técnica de “embuchamento”, utilizada no processo rotativo, é possível recuperar parte do solo no trecho da manobra. Isso já é suficiente para descrevê-lo e caracterizá-lo.

1.3. Apresentação da classificação de solos

As tarefas descritas nos itens anteriores auxiliam na construção de uma linguagem simples, clara, objetiva e representativa para cada camada que compõe o subsolo investigado e tais descrições estarão materializadas no Perfil Individual de Sondagem, que é o diagnóstico final do trecho investigado.

A sequência completa pautada pela NBR-6484/2001 está apresentada na Figura. 5.2.8. Abaixo, alguns exemplos de descrições de camadas de solo.

1.3.1. Sequência completa para a apresentação das descrições das camadas do Solo.

GRANULOMETRIA				RESISTÊNCIA	COR	GENESE
1ª FRAÇÃO	2ª FRAÇÃO	1º COMPLEMENTO	2º COMPLEMENTO			
ARGILA	SILTOSA ARENOSA	POUCO ARENOSA	<ul style="list-style-type: none"> - COM ENTULHO, - COM DRTRITOS VGETAIS, - ORGÂNICA - COM MATÉRIA ORGÂNICA, - COM FRAGMENTOS DE CONCHAS, - COM LENTES MILIMÉTRICAS DE ARGILA, - COM LENTES MILIMÉTRICAS DE AREIA, - COM PEDREGULHOS FINOS, - COM PEDREGULHOS FINOS E MÉDIOS. - COM PEDREGULHOS DE GRANULAÇÃO VARIADA, - COM SEIXOS ROLADOS (φ CM). - COM LENTES MILIMÉTRICAS DE AREIA, - MICÁCEO(A), - POUCO MICÁCEO(A) - CAULÍNICO, - POUCO CAULÍNICO - COM CONCREÇÕES LIMONÍTICOS. - COM FRAGMENTOS DE ROCHA 	CONSISTÊNCIA (PARA AS ARGILAS E SILTES ARGILOSOS)	BRANCO CINZA CINZA CLARO CINZA ESCURO PRETA MARROM MARROM CLARO MARROM ESCURO	ATERRO ELÚVIO COLÚVIO ALUVIÃO
SILTE	ARGILOSO ARENOSO	POUCO ARENOSO POUCO ARGILOSO				
AREIA	FINA MÉDIA GROSSA DE GRANULAÇÃO VARIADA	SILTOSA → POUCA ARGILOSA OU ARGILOSA		COMPACIDADE (PARA AS AREIAS E SILTES ARENOSOS)	VERMELHO AMARELO VERDE AZUL ROXO	TALUS S.T.B.S.P. SOLO DE ALTERAÇÃO

Geól. Ivan José Delatim

Exemplos:

- Argila Siltosa, pouco arenosa, com pedregulhos de quartzo, média, vermelha. – COLÚVIO.
- Argila arenosa, com matéria orgânica, muito mole, cinza escura – ALUVIÃO.
- Silte arenoso, micáceo, com estrutura reliquiar preservada, compacto, cinza – SRJ ou (Solo de Alteração de Gnaisse).

2 – Classificação de Rocha

Os testemunhos de rocha são oriundos de sondagens executadas pelo processo rotativo, cujo avanço por “manobras” coleta amostras contínuas, representativas do maciço rochoso, ao longo de um percurso retilíneo (vertical ou inclinado), possibilitando a construção de uma leitura em profundidade da área que se pretende implantar uma obra civil.

Assim, a recuperação do material pétreo deve ser garantida para próximo dos 100% para obtermos uma sequência contínua do trecho investigado. Sabe-se, entretanto, que recuperações dessa ordem de grandeza só são atingidas em trechos de rocha efetivamente sã, coerentes e pouco fraturadas.

Como não é possível garantir a qualidade do maciço a partir da superfície, cabe à sondagem buscar recuperar esse material e ao profissional, que realizará a tarefa de Classificar, avaliar, classificar e interpretar o litotipo, quanto as suas características geomecânicas, às condições das discontinuidades presentes e a condutividade hidráulica, para assim construir um diagnóstico que o melhor caracterize os aspectos geológicos e geotécnicos frente às solicitações a que será submetido.

A Figura 2.1 ilustra uma sondagem mista pronta para ser classificada indicando como devem ser acondicionadas as amostras do trecho em solo, os testemunhos de rocha e a identificação das manobras.

Figura 2.1– Sondagem mista, com os testemunhos acondicionados em caixas plásticas de diâmetro “N”. Obra: PCH de Santa Luzia, São Domingos – SC.



Fonte: Foto do autor.

Para a classificação dos testemunhos de sondagens são identificados, tátil e visualmente, oito parâmetros, entre geológicos e geotécnicos:

- Recuperação (por manobra)
- Classificação geológica da rocha,
- Grau de alteração,
- Grau de coerência,
- Grau de fraturamento,
- Índice de Qualidade da Rocha (IQR/RQD)
- Condição das descontinuidades
- Condutividade hidráulica.

2.1. Recuperação

A recuperação é a relação entre a somatória dos comprimentos dos testemunhos (peças recuperadas) e o comprimento da manobra – expressa em porcentagem. A manobra é o nome que se dá ao avanço da sondagem. É o comprimento perfurado pela composição de perfuração (haste + barrilete + coroa) e tem relação direta com o tamanho do barrilete (amostrador) utilizado. A maioria das empresas executoras trabalham com dois comprimentos de barriletes, o de 5 pés (1,50 m) e do de 10 pés (3,00 m). Assim o amostrador (barrilete) acaba por

condicionar o tamanho da manobra, que é feita em ciclos não superior a 0,60 m, controlado pelo hidráulico da sonda. Na caixa de testemunho a manobra está sempre indicada por uma profundidade inicial e final.

A recuperação é a primeira tarefa a ser executada na Classificação da Sondagem, pois corresponde a um parâmetro que caracteriza as condições geomecânicas do maciço. Baixa recuperação indica tratar-se de maciço mais alterado de baixa qualidade geomecânica. Recuperação alta, acima de 85%, já indica tratar-se de maciço de melhor qualidade geomecânica, rocha sã ou pouco alterada.

Durante o Curso é assinalado que nem sempre baixa recuperação é indicativa de maciço ruim. É preciso verificar se a recuperação foi prejudicada pelo equipamento utilizado. As caixas de mola que seguram os testemunhos dentro do barrilete, as vezes estão gastas. Ou, o maciço é composto por rocha branda, cujos cuidados na recuperação devem ser redobrados e o barrilete deve ser adequado a esse tipo de rocha.

Para o cálculo da recuperação utiliza-se a fórmula abaixo:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} i}{L} \times 100\%$$

ONDE:

R = Recuperação

i = comprimento de cada peça

L = comprimento da manobra

n = número de peças

2.2. Classificação Geológica (identificação genética ou litológica)

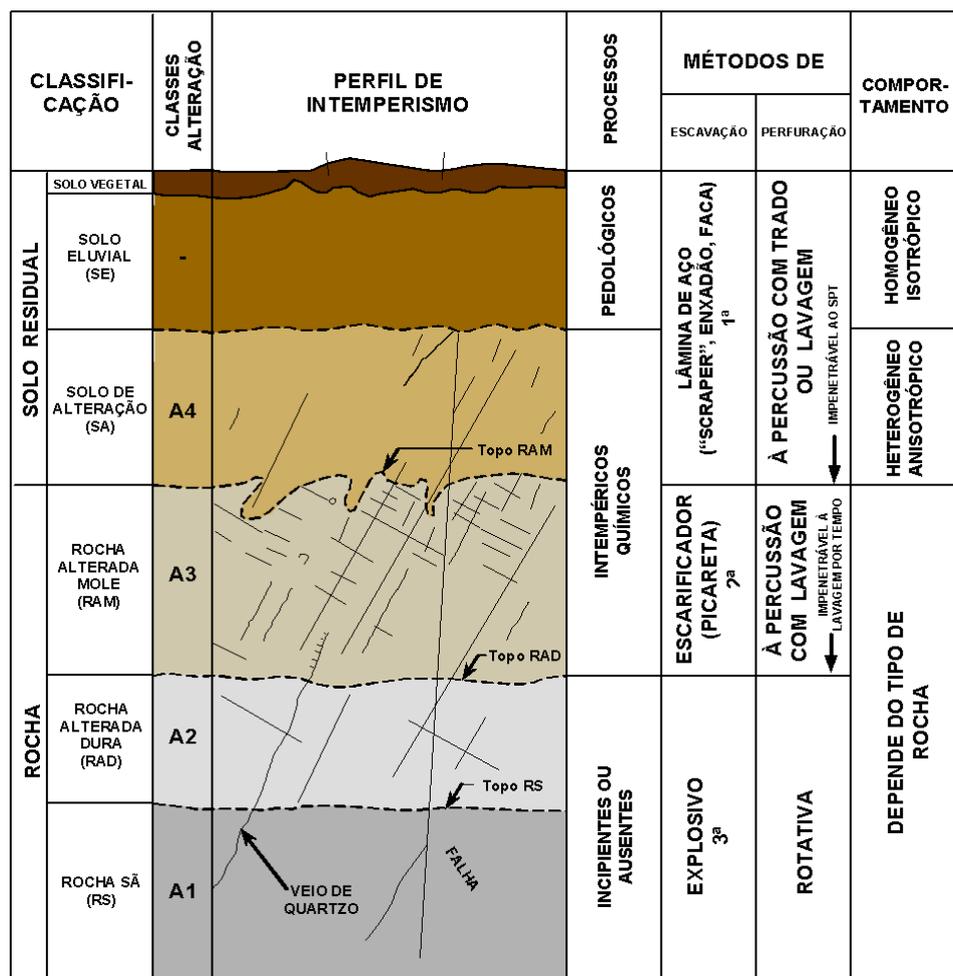
A identificação do tipo litológico é fundamental para o desenvolvimento de um projeto de engenharia, pois fornece o contexto textural e deformacional do maciço (Hoek e Bray, 1981).

A Classificação geológica deve ser breve, clara e relevante para que seja entendida por geólogos, engenheiros e demais profissionais envolvidos no trabalho, Monticeli, J J & Tressoldi, M, (2013).

De acordo com as Diretrizes para Classificação de Sondagem (ABGE, 2013), alguns aspectos precisam ser considerados quando da definição do tipo litológico:

- Que a classificação genética deve ser padronizada para cada local, ou mesmo para cada etapa da obra.
- A terminologia pode ser mantida ou revista.
- A classificação pode necessitar de análise petrográfica.
- Devem-se utilizar denominações litológicas simplificadas.
- A classificação geológica das amostras de sondagens precisa ser estabelecida com base em um modelo de perfil de alteração ou de intemperismo, (Figura 2.2.1).

Figura 2.2.1 – Perfil de intemperismo para regiões tropicais (adaptado de VAZ, 1996).

CLASSIFICAÇÃO	CLASSES ALTERAÇÃO	PERFIL DE INTEMPERISMO	PROCESSOS	MÉTODOS DE		COMPOR-TAMENTO
				ESCAVAÇÃO	PERFURAÇÃO	
SOLO RESIDUAL	SOLO VEGETAL		PEDOLÓGICOS	LÂMINA DE AÇO ("SCRAPER", ENXADÃO, FACA) 1ª	À PERCUSSÃO COM TRADO OU LAVAGEM IMPENETRÁVEL AO SPT	HOMOGÊNIO ISOTRÓPICO
	SOLO DE ALTERAÇÃO (SA)		INTEMPÉRICOS QUÍMICOS	ESCARIFICADOR (PICARETA) 2ª		HETEROGÊNIO ANISOTRÓPICO
ROCHA	ROCHA ALTERADA MOLE (RAM)		INTEMPÉRICOS QUÍMICOS	ESCARIFICADOR (PICARETA) 2ª	À PERCUSSÃO COM LAVAGEM IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO	DEPENDE DO TIPO DE ROCHA
	ROCHA ALTERADA DURA (RAD)		INTEMPÉRICOS QUÍMICOS	EXPLOSIVO 3ª		
	ROCHA SÃ (RS)		INCIPIENTES OU AUSENTES	EXPLOSIVO 3ª	ROTATIVA	

Fonte: Vaz (1996)

Para o curso, será utilizada a Classificação dos tipos litológicos, adaptado de Matula, 1981 e apresentado no *Symposium on Engineering Geological Problems of Contruction on Soluble Rocks, Istanbul; Turquie. IAEG, 1981, p. 235-274.* Figuras 2.2.2 à 2.2.4.

Figura 2.2.2 – Classificação para Rochas Ígneas.

GRUPO GENÉTICO		PIROCLÁSTICA	ÍGNEA			
ESTRUTURA		MACIÇA				
COMPOSIÇÃO		Pelo menos 50% dos grãos são de rochas ígneas	Quartzo, feldspato, micas e minerais máficos		Feldspato e minerais máficos	Minerais máficos
			Ácida	Intermediária	Básicas	Ultrabásica
Tamanho dos Grãos (mm)	60	Grãos arredondados AGLOMERADO Grãos angulares BRECHA VULCÂNICA	PEGMATÍTO			PIROXENITO PERIDOTITO
	2		GRANITO	DIORITO	GABRO DIABÁSIO	
	0,06	TUFO				
	0,002	Grãos finos TUFO	RIOLITO	ANDESITO	BASALTO	
		Grãos muito finos TUFO				
	Vidro Amorfo		VIDRO VULCÂNICO			

Figura 2.2.3 – Classificação para Rochas Metamórficas.

GRUPO GENÉTICO		METAMÓRFICA	
ESTRUTURA		FOLIADA	MACIÇA
COMPOSIÇÃO		Quartzo, feldspato, micas e minerais máficos	Quartzo, feldspato, micas, minerais máficos e carbonatos
Tamanho dos Grãos (mm)		BRECHA TECTÔNICA	
	60	MIGMATITO GNAISSE	HORNEFELS MÁRMORE GRANULITO QUARTIZITO
	2		
	0,06	XISTO FILITO	ANFIBOLITO
	0,002	ARDÓSIA	MILONITO

Figura 2.2.4 – Classificação para Rochas Sedimentares.

GRUPO GENÉTICO		SEDIMENTOS DETRÍTICOS				QUÍMICA/ ORGÂNICA	
ESTRUTURA		ESTRATIFICADA					
COMPOSIÇÃO		Grãos de rocha, quartzo, feldspato e minerais argilosos		Pelo menos 50% dos grãos são de carbonato			
Tamanho dos Grãos (mm)	60	RUDÁCEAS	Grãos de fragmentos de rocha		ROCHAS CALCÁRIAS	CALCI-RUDITO	Rochas salinas HALITA ANIDRITA GIPSO
			Grãos arredondados CONGLOMERADO				
			Grãos angulosos BRECHA				
	2	ARENOSAS	Grãos são principalmente fragmentos de minerais		CALCI-ARENITO		
			ARENITO: Grãos são principalmente fragmentos de minerais				
	0.06	ARGILOSAS OU LUTÁCEAS	FOLHELHO	SILTITO: 50% de grãos finos		CALCI-SILTITO	
0,002	ARGILITO: 50% de grãos muito finos						
			MARGA		CALCI-LUTITO		
						Rochas silicáticas CHERT SILEXITO	
						Rochas carbonáticas LINHITO CARVÃO	

2.3. Grau de alteração (GA)

O grau de alteração tem relação direta com a resistência mecânica da rocha, pois está associada à alteração mineralógica, resultante do intemperismo físico e químico ou outros processos de intemperismo. A alteração deve ser utilizada como um parâmetro de caracterização, sempre que os processos de alteração que atuam no maciço conduzirem a uma diminuição de sua resistência mecânica, Monteceli (1986). Assim, quanto maior a alteração mineralógica, maior a redução da resistência mecânica da rocha. A exceção são as rochas sedimentares:

Em certas rochas sedimentares sujeitas à oxidação é comum ocorrer aumento da resistência mecânica, devido a soldagem dos grãos por óxido de ferro. Este é um dos motivos que recomendam não utilizar este parâmetro para tais rochas, Monteceli (1986).

Para o Grau de Alteração há várias versões desenvolvidas, nas quais são apresentados os critérios para sua determinação. Para o meio técnico, usualmente, são considerados de quatro a cinco graus de alteração, sendo o grau 1 rocha sã e ou grau 5 (ou 4) solo de alteração (maduro ou jovem). Esses graus foram padronizados para cada local e para cada tipo ou conjunto litológico, geneticamente e mineralogicamente semelhante. As Tabelas 2.3.1 e 2.3.2 exemplificam dois sistemas de classificações para o parâmetro alteração.

Qual a tabela a ser utilizada fica a critério da empresa (executora ou projetista). Importante é que o profissional responsável pela classificação escolha àquela que melhor se ajuste ao litotipo a ser analisado e deve sempre ser indicada a fonte (autor) utilizada. A Figura 2.3.1 apresenta um granito em cinco estágios de alteração, conforme definido por TOGNON et al. (1981).

Monticeli (1986) chama nossa atenção para o seguinte:

O grau de alteração deve ser estabelecido após ter sido feita a recuperação e concomitantemente com a descrição geológica, precedendo-se o ajustamento e correlação entre estes parâmetros. Isso evita erros grosseiros, como o de anotar rocha sã para trechos com baixa recuperação, onde o maciço está alterado e apenas amostras recuperadas é que estão sãs.

Tabela 2.3.1 – Grau de alteração para gnaisses, migmatitos, granitos e granitoides (TOGNON et al. 1981).

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
A1	Praticamente sã	Macroscopicamente, existem poucos indícios de alteração física ou química dos minerais. Minerais apresentam brilho ou descoloração incipiente. A rocha quebra-se com dificuldade ao golpe do martelo. O fragmento possui bordas cortantes que resistem ao corte por lâmina de aço.
A2	Medianamente alterada	Minerais medianamente alterados, geralmente sem apresentar brilho. Cor da rocha original bastante mascarada pela alteração. A rocha quebra-se com relativa dificuldade ao golpe do martelo. O fragmento possui bordas cortantes que podem ser abatidas por lâmina de aço.
A3	Alterada	Minerais alterados. A rocha quebra-se com relativa facilidade ao golpe de martelo. O fragmento não possui bordas cortantes as quais podem ser abatidas facilmente por lâmina de aço.
A4	Muito ou extremamente alterada	Minerais apresentam pulverulentos. O fragmento esmaga-se facilmente ao golpe do martelo. As bordas dos fragmentos podem ser quebradas pela pressão dos dedos. A lâmina de aço provoca sulco acentuado na superfície do fragmento. Pode incluir solo de alteração.

Tabela 2.3.2 – Grau de alteração (adaptado de CAMARGO, et al. 1972).

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
A1	Sã (S)	Não apresenta vestígios de ter sofrido alterações físicas e químicas dos minerais principais.
A2	Pouco alterada (PC)	Apresenta sinais de alteração incipientes dos minerais primários; em geral é ligeiramente descolorida. Apresenta praticamente as mesmas propriedades físicas e mecânicas da rocha sã.
A3	Medianamente alterada (MD)	Apresenta-se com os minerais medianamente alterados; é bastante descolorida e suas propriedades físicas e mecânicas são inferiores às da rocha pouco alterada, sendo, entretanto, uma rocha bastante resistente, quebrando-se com relativa dificuldade sob a ação do martelo. Quando pouco fraturada só pode ser escavada a fogo. É uma rocha adequada como fundação de obras de concreto.
A4	Muito alterada (MT)	Apresenta-se com os minerais muito alterados, às vezes, pulverulentos e friáveis. Suas propriedades físicas e mecânicas são conceituadamente inferiores às da rocha medianamente alterada. Quebra-se facilmente com as mãos e é escavada a picareta.
A5	Extremamente alterada (EXT) ou solo de alteração.	Rocha decomposta ou solo em que se mantém ainda as estruturas da rocha original. Escavável a enxadão.

Figura 2.3.1 - Aspectos mineralógicos em granito, considerando cinco graus de alteração.

A1 – Sã

A2 – Pouco Alterada

A3 – Medianamente Alterada



A4 – Muito Alterada

A5 – Extremamente Alterada ou Solo de Alteração

2.4. Grau de Coerência

A coerência é definida com base na tenacidade (impacto do martelo do geólogo), dureza (resistência ao risco) e friabilidade (esforços provocados por pressão dos dedos) das rochas, é caracterizada tátil-visualmente por meio da apreciação da resistência que a rocha oferece ao impacto do martelo e ao risco com lâmina de aço do canivete, Guidicini et al. (1972).

Os critérios para determinação da coerência é relativo, assim como o grau de alteração e é válido para todos os tipos de litologia. Ele atua como um complemento ao grau de alteração, porém é mais importante para rochas sedimentares. Assim como o grau de alteração, apresenta-se com intervalos entre um e cinco (ou um à quatro), sendo um, muito coerente e cinco (muito a extremamente branda), ou quarto, incoerente, Tabelas 2.4.1 e 2.4.2.

Ao classificar rochas ígneas e metamórficas, devem-se utilizar tabelas que possuem os mesmos intervalos para os graus de alteração e coerência. Para rochas sedimentares utilizar somente o parâmetro coerência, em detrimento do grau de alteração.

Tabela 2.4.1 – Grau de Coerência, GUIDICINI et al. (1972).

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
C1	Muito coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo. O fragmento possui bordas cortantes que resistem ao corte por lâminas de aço. Superfície dificilmente riscada por lâmina de aço.
C2	Coerente	Quebra com relativa facilidade ao golpe do martelo. O fragmento possui bordas cortantes que podem ser abatidas pelo corte com lâmina de aço. Superfície riscável por lâmina de aço.
C3	Pouco coerente	Quebra facilmente ao golpe do martelo. As bordas do fragmento podem ser quebradas pela pressão dos dedos. A lâmina de aço provoca um sulco acentuado na superfície do fragmento.
C4	Friável	Esfarela ao golpe do martelo. Desagrega sob pressão dos dedos.

Tabela 2.4.2. – Grau de Coerência, segundo ISRM (ABGE,1983)

Sigla	Rocha	Característica	Resistência à compressão uniaxial (MPa)	
			R ₀	R ₁
C5	Extremamente Branda	Marcada pela unha	R ₀	0,25-1,0
	Muito Branda	Esmigalha-se sob impacto da ponta do martelo de geólogo; pode ser raspada por canivete	R ₁	1,0-5,0
C4	Rocha Branda	Pode ser raspada por canivete com dificuldade; marcada por firme pancada com ponta do martelo de geólogo	R ₂	5-25
C3	Medianamente Resistente	Não pode ser raspada por canivete Amostras podem ser fraturadas com um único golpe do martelo de geólogo	R ₃	25-50
C2	Resistente	Amostras requerem mais de um golpe de martelo para fraturarem-se	R ₄	50-100
C1	Muito Resistente	Amostras requerem muitos golpes de martelo para fraturarem-se	R ₅	100-250
	Extremamente Resistente	Amostras podem ser apenas lascadas com o martelo de geólogo	R ₆	>250

2.5. Grau de fraturamento

O fraturamento é expresso pela quantidade de fraturas que intercepta o testemunho, definido com trechos com espaçamento homogêneo, expresso em número de fraturas por metros. Os intervalos variam de um a cinco, conforme indicado na Tabela 2.4.3. Para sua definição devem-se desconsiderar quebras mecânicas, provocadas pelo manuseio e execução da sondagem. Assim, o Grau de fraturamento deve ser determinado pela expressão abaixo:

$$F = \frac{n}{N}$$

F = Número de Fraturas por metro.

n = Número de Fraturas

N = Comprimento do trecho (m)

(deve ser identificado na caixa independente do trecho)

Tabela 2.4.3. – Grau de Fraturamento (BIENIAWSKI, modificado por IPT, 1997).

GRAU DE FRATURAMENTO	SÍMBOLO	Nº DE FRATURAS POR METRO
Ocasionalmente fraturado	F1	≤ 1
Pouco fraturado	F2	2-5
Medianamente fraturado	F3	6-10
Muito fraturado	F4	11-19
Extremamente fraturado	F5	≥ 20

Deve ser feita uma verificação detalhada em todo testemunho, verificando cada fratura existente e assim diferenciar aquelas que são naturais das quebras mecânicas. Importante ressaltar que o termo fratura aqui empregado é coletivo, podendo representar diaclases, juntas e falhas. Atualmente emprega-se o termo

“descontinuidades”, que possui um sentido mais amplo e engloba contato litológico, contato entre camadas, fraturas, plano de fraqueza, acamamento, xistosidade, horizonte de rocha alterada, fissuras, etc.

Importante:

1. Não calcular o grau de fraturamento para rochas ígneas e metamórficas **com elevado grau de alteração e nem rochas sedimentares em geral**, diante da dificuldade na separação entre as fraturas naturais e as provocadas durante a execução das sondagens ou pela retirada da amostra do barrilete.
2. Para trechos do maciço com recuperação inferior a 75%, o grau de fraturamento é determinado apenas em situações especiais e devidamente justificado.
3. Para o caso de litologias cuja identificação de fraturas naturais e mecânicas seja difícil, a opção é considerar todas as fraturas presentes. Entretanto esse procedimento deve estar indicado no Perfil Individual da Sondagem.

2.5.1. Como reconhecer uma fratura natural?

Durante a identificação das descontinuidades presentes nos testemunhos, há alguns procedimentos que auxiliam no reconhecimento da fratura natural.

- i) Os Ensaios de Perda D'água (EPA), caso tenham sido realizados, indicam os trechos permeáveis do maciço. Isso significando que, para trechos impermeáveis as fraturas podem apresentar-se de duas maneiras: estão preenchidas por materiais impermeáveis, ou as fraturas existentes foram provocadas pelo equipamento durante a perfuração.
- ii) Na ausência do EPA há outros critérios que auxiliam na identificação, como: presença de oxidação e/ou alteração das paredes das fraturas; falta de encaixe na junção entre os contatos das paredes; e indícios de material de preenchimento.
- iii) Importante ressaltar que as quebras mecânicas devem estar indicadas nos testemunhos por meio de uma marca feita pelo sondador (três riscos transversais), cujas partes se encaixam perfeitamente. É muito comum notar

que este procedimento é “esquecido” pelos sondadores, então, é necessário estar atento para que essas observações sejam verificadas antes de iniciar a contagem das fraturas, evitando assim determinações equivocadas, podendo correr o risco de penalizar o maciço.

- iv) O caráter unidirecional da sondagem pode não representar todos os sistemas (famílias) de fraturas presentes num maciço.

2.6. Índice de Qualidade da Rocha – IQR / RQD

Primeiramente é importante ressaltar que aqui trataremos de duas maneiras para determinação do índice de qualidade da rocha. Isto porque há dois seguimentos no meio técnico brasileiro que os utilizam de maneiras distintas, as empresas executoras e as empresas projetistas.

O RQD (Rock Quality Designation) foi desenvolvido por Deere (1964). De outro lado, o IQR – Índice de Qualidade da Rocha é uma adaptação brasileira ao método de Deere.

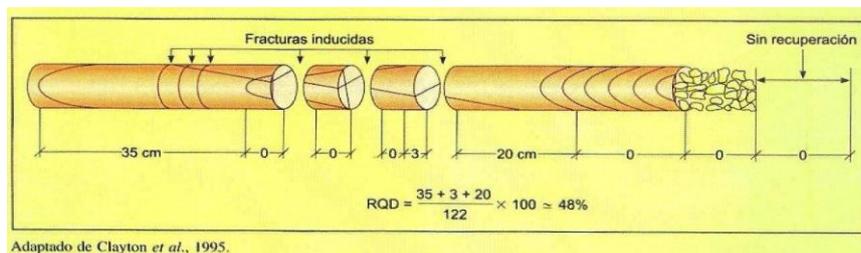
O RQD considera a somatória dos comprimentos dos tarugos de testemunhos maiores que 10 cm na *manobra* e é largamente utilizado pelas empresas executoras. O IQR também considera os tarugos maiores que 10 cm, só que por trechos homogêneos, o mesmo utilizado para o grau de fraturamento e é largamente utilizado pelas empresas projetistas, pois auxilia para classificações geomecânicas definidas por Bieniawisk e Barton.

2.6.1. RQD (Rock Quality Designation)

O índice RQD corresponde à relação (em porcentagem) entre a soma dos “tarugos” > 10 cm e o comprimento da manobra, Figura 2.6.1.

$$RQD = \frac{\Sigma > 10 \text{ cm}}{\text{Comp. Manobra}}$$

Figura 2.6.1 - Ilustra o método de cálculo para o RQD, desenvolvido por Deere, 1964.



Fonte: Vallejo, LIG et Al, 2002.

Para determinação do RQD, a Sociedade Internacional de Mecânica de Rochas – ISRM, recomenda a utilização de testemunhos com diâmetro N (54,7 mm) e sondagens realizadas com barrilete duplo – livre (ISRM, 1977).

É importante também, nos cálculos do RQD, distinguir as fraturas naturais do maciço rochoso, das provocadas pela operação da sonda e manuseio dos testemunhos. Caso um tarugo esteja seccionado por uma quebra decorrente do processo de perfuração (quebra mecânica) não associada a uma fraqueza da rocha, este deverá ser considerado uma peça contínua. Deverá ser realizado em manobras que apresente recuperação mínima de 75%.

Caso um tarugo com comprimento superior a 10 cm apresente uma fratura longitudinal, deverá ser descontado 10 cm do comprimento total do trecho.

2.6.2. IQR (Índice de Qualidade da Rocha)

É a relação (em porcentagem) entre a somatória dos “tarugos” ≥ 10 cm e o comprimento do **trecho de fraturamento homogêneo** considerado.

$$IQR = \frac{\sum Pi}{N} \cdot 100\%$$

Pi Comprimento das peças ≥ 10 cm

n = Comprimento do trecho de fraturamento homogêneo

A Tabela 2.6.1, apresenta a qualidade do maciço rochoso com base nos valores de IQR encontrados.

Tabela 2.6.1 – Qualidade do maciço baseado nos valores de I.Q.R. de (Barton, et al. 1974).

QUALIDADE DO MACIÇO	I.Q.R. %	GRAU
Excelente	90 a 100	Q1
Boa	75 a 89	Q2
Regular	50 a 74	Q3
Pobre	25 a 49	Q4
Muito pobre	0 a 24	Q5

Importante:

- O IQR é muito utilizado para caracterização do maciço.
- Agrega os parâmetros: Grau de Fraturamento e Recuperação
- Possibilita correlacionar os índices de resistência mecânica e o módulo de deformabilidade.
- Deve ser aplicado com restrição a rochas friáveis.
- Não aplicável a maciços com elevado grau de alteração. Somente para rochas sãs e alterada dura.
- O diâmetro mínimo a ser considerado é de 76 mm (NW).
- Evitar trechos inferiores a 0,50 cm.
- A contagem das peças ≥ 10 cm obriga a adoção de dois critérios, também usado para o Grau de Fraturamento: ***computar todas as fraturas, ou apenas as fraturas naturais do maciço.***
- Para sondagens verticais, quando ocorrer **fraturas subverticais**, tem sido recomendado penalizar o trecho, descontando-se **10 cm** da peça cortada pela fratura subvertical.

2.7. Condição das Descontinuidades

As descontinuidades comandarão as características de deformabilidade do maciço e a resistência ao cisalhamento

A classificação das descontinuidades, sempre que possível, deve ser feita tendo como objetivo a futura classificação geológico-geotécnica ou geomecânica do maciço rochoso (OJIMA e SERRA, 1998; DOBEREINER, CAARGO e JÁCOMO, 1987).

Para a classificação das descontinuidades é necessário adotar uma padronização. Muitas empresas de projetos têm a especificação técnica com todos os parâmetros geotécnicos que deverão ser considerados.

Adotamos para ao Curso, os parâmetros mais práticos e amparados nas normas técnicas, a saber:

- Orientação (Atitude) – Inclinação (mergulho) e Direção
- Superfície da Descontinuidade
- Abertura
- Preenchimento
- Espaçamento

As descontinuidades podem apresentar-se em duas situações:

- Com contato rocha-rocha;
- Sem contato rocha-rocha.

2.7.1 - Orientação – Inclinação (mergulho)

A orientação das descontinuidades é de fundamental importância no estudo de estabilidade dos maciços rochosos e corresponde ao mergulho e direção das descontinuidades. P.ex., se tomarmos uma escavação de superfície do maciço rochoso a estabilidade do talude depende muito da orientação das descontinuidades. Entretanto, em testemunhos de sondagens, para obter a orientação das descontinuidades é necessário que a sondagem tenha sido orientada. Então o que normalmente se observa é a inclinação (mergulho) das

descontinuidades. No curso serão considerados os graus de inclinações (mergulhos) apresentadas na Tabela 2.7.1.

Tabela 2.7.1 – Padrão de Inclinação para Classificação das Descontinuidades.

GRAU	DENOMINAÇÃO	ÂNGULO ENTRE A DESCONTINUIDADE E O PLANO NORMAL AO TESTEMUNHO
H	Horizontal	0 – 5°
SH	Subhorizontal	5° – 20°
I	Inclinada	20° – 70°
SV	Subvertical	71° – 90°

Importante:

- Em sondagens orientadas é possível indicar a direção e o mergulho da descontinuidade.
- Com a perfilagem óptica é possível o levantamento da atitude das descontinuidades de forma completa.

2.2.7 – Superfície das Descontinuidades

Considerando duas possibilidades de descontinuidades, com e sem contato rocha-rocha, deve ser devidamente descrita sob aspectos que melhor se encaixa na interpretação das mesmas.

- i) Para o **contato Rocha-Rocha** serão verificadas a regularidade e a aspereza das paredes da descontinuidade.

Regularidade	$\left\{ \begin{array}{l} P = \text{Planares} \\ I = \text{Irregulares} \\ On = \text{Onduladas} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} R = \text{Rugosa} \\ L = \text{Lisa} \\ E = \text{Espelhada} \\ S = \text{Sedosa} \end{array} \right\}$

Determinar a regularidade de uma descontinuidade num testemunho de sondagem nem sempre é tarefa fácil, pois estamos trabalhando com uma faixa de extensão da ordem de 10 cm, fica muito mais fácil de ser identificado em afloramento, onde se pode verificar a persistência da mesma e identificá-la em qual critério se enquadram: **P** – Plana, **I** - Irregular, ou **On** – Ondulada.

A aspereza é um parâmetro mais facilmente percebido, pois é fácil de ser verificada pelo tato, junto à superfície das paredes das descontinuidades.

A **rugosidade** das fraturas pode ser definida como as ondulações que ocorrem nas superfícies das descontinuidades e é um parâmetro fundamental durante a caracterização da resistência ao cisalhamento do maciço rochoso. As ondulações observadas nos testemunhos, ou seja, em escala milimétrica a centimétricas, são denominadas de fraturas **ásperas, lisas ou polidas (ou estriadas)**.

A rugosidade é um parâmetro muito empregado durante as descrições de sondagens e o procedimento para sua caracterização consiste na análise tátil-visual do perfil das descontinuidades nos testemunhos e comparação aos perfis definidos por Barton e Choubey (1977).

Quando a superfície da fratura é rugosa há um “travamento” entre os dois testemunhos da rocha, diferentemente das fraturas planas e polidas, cujas superfícies se deslocam facilmente uma em relação à outra.

Para identificar o tipo de superfície da descontinuidade podem ser utilizados os critérios da Tabela 5.3.8, acompanhadas dos tipos de materiais que revestem a superfície das fraturas, indicados na Tabela 2.7.1.

Tabela 2.7.1 – Parâmetros para identificação das condições das descontinuidades.

Com contato rocha / rocha		
R1	RUGOSA	Superfícies irregulares, os testemunhos se encaixam naturalmente (fratura travada)
R2	ESTRIADA	Superfície com estrias, o deslizamento é mais fácil em uma direção
R3	PLANA	Superfícies planas, o deslizamento é fácil em qualquer direção
R4	SEDOSAS	Superfícies sedosas ou "talcosas" ao tato.

Tabela 2.7.2 – Exemplos de materiais que revestem as superfícies (paredes) das fraturas.

- Fe - Película de argilo-mineral escuro (filme escuro).
- Fv - Película de argilo-mineral esverdeado (filme esv.)
- Ox - Película oxidada.
- Pc - Película carbonática
- Su - Película sulfetada, descontínua
- Es - Estrias de fricção em película de revestimento
- Pb - Película de material branco (sílica amorfa ?)

- i) Sem **contato rocha-rocha**, serão verificados os parâmetros **abertura e preenchimento** das discontinuidades.

A **Abertura** é a distância perpendicular que separa as paredes das discontinuidades, quando não existe preenchimento e, portanto:

PELA FRATURA ABERTA PASSA AR E ÁGUA.

A abertura é desta maneira, diferente da largura de uma discontinuidade preenchida. Descontinuidades que foram preenchidas, mas que tiveram seu preenchimento lavado localmente, também está incluído nesta categoria. É o que normalmente observamos nos testemunhos das sondagens, pois o processo rotativo lava o material de preenchimento.

A Tabela 2.7.3 apresenta as características das feições com relação à condição de abertura das discontinuidades.

Tabela 2.7.3 – Abertura de discontinuidades (modificado - ABGE/CBMR, 1983).

ABERTURA	DESCRIÇÃO	FEIÇÕES
< 0,1 mm	Bem fechada	Feições fechadas
0,1 - 0,25 mm	Fechada	
0,25 - 0,5 mm	Parcialmente Aberta	
0,5 - 2,5 mm	Aberta	Feições fálhadas
2,5 - 10 mm	Moderadamente larga	
10 mm	Larga	
1 - 10 cm	Muito larga	Feições abertas
10 - 100 cm	Extremamente larga	
> 1 m	Cavernosa	

O termo **Preenchimento** é empregado para descrever os materiais que separam as paredes da descontinuidade (fraturas). O tipo de material avaliado conjuntamente com a espessura pode fornecer dados importantes referentes à resistência ao cisalhamento do maciço rochoso.

Nas falhas, o material de preenchimento (Tabela 2.7.4) corresponde, em geral, ao material rochoso esmagado pelo processo tectônico que as originaram, podendo se encontrar em fase mais ou menos avançada de cominuição e alteração. Sua caracterização é realizada a partir da análise tátil-visual, observando-se aspectos referentes à constituição (mineralogia, cor, granulação) e espessura do material (SERRA e OJIMA, 1998).

Tabela 2.7.4 – Tipos de Preenchimentos das descontinuidades.

Sem com contato rocha / rocha		
PO		Descontinuidade com suspeita de preenchimento
P1 (5)	Granular	Descontinuidade preenchida por material granular incoerente (indicada a espessura em mm)
P2 (5)	Misto	Descontinuidade preenchida por material granular e argiloso (indicada a espessura em mm)
P3 (5)	Argiloso	Descontinuidade preenchida por material argiloso (indicada a espessura em mm)

2.2.8 - Espaçamento

O espaçamento não é um parâmetro a ser observado durante a classificação da sondagem e tão pouco é apresentado nos Perfis Individuais de Sondagens. Mas é empregado para a classificação dos maciços rochosos, como na classificação RMR de Bieniawski.

O espaçamento é a distância perpendicular entre descontinuidades adjacentes. Refere-se normalmente ao espaçamento médio ou modal de uma família de descontinuidades.

O espaçamento das descontinuidades condiciona o tamanho dos blocos individuais de rocha intacta. Um pequeno espaçamento, fraturamento intenso, confere ao maciço um comportamento mais próximo do comportamento dos materiais granulares, modificando o modo de ruptura de translacional para circular, enquanto que para grandes

espaçamentos tem-se fundamentalmente o efeito condicionante do tamanho dos blocos. Estes efeitos estão relacionados à persistência das descontinuidades” (Mecânica das Rochas – Apostila G.AP-AA001/03 – André Assis).

O cálculo do espaçamento é o inverso do grau de fraturamento, a saber:

$$Espaceamento = \frac{trecho (m)}{n^{\circ} de Fraturas}$$

A Tabela 2.7.5 indica os intervalos a serem considerados para determinar o espaçamento das descontinuidades.

Tabela 2.7.5 – Espaçamento das descontinuidades.

Espaçamento das descontinuidades (modificado - ABGE/CBMR, 1983)	
DESCRIÇÃO	ESPAÇAMENTO (mm)
Extremamente pequeno	menor que 20
Muito pequeno	20 - 60
Pequeno	60 - 200
Moderado	200 - 600
Grande	600 - 2000
Muito grande	2000 - 6000
Extremamente Grande	maior que 6000

2.3 – Condutividade Hidráulica

Durante a realização de sondagens rotativas e mistas, quando solicitado, são realizados Ensaio de Perda De água Sob Pressão – EPA. O objetivo desses ensaios é determinar a condutividade hidráulica do maciço, denominação que tem sido utilizada para indicar a permeabilidade no meio rochoso. São realizados, efetivamente, no maciço rochoso à medida que a sondagem avança e normalmente em trechos de 3 m de comprimento. Para o trecho de solo e trecho de transição solo-rocha, é utilizado o Ensaio de Infiltração. (ver Boletim N° 4 – Ensaio de Permeabilidade – ABGE, 1996).

O Ensaio de Perda D’água – EPA, é executado em 5 estágios de pressão (Tabela 2.8.1) e consiste na injeção de água sob pressão num certo trecho do

furo de sondagem e na medida da quantidade de água que se infiltra no maciço durante certo intervalo de tempo sob uma dada pressão de injeção.

Tabela 2.8.1 – Pressões utilizadas nos E.P.A.

ESTÁGIOS	PRESSÃO
1º	$P_{min} = 0,1 \text{ kgf/cm}^2$
2º	$P_{inter} = 1/2 P_{máx} . \text{kgf/cm}^2$
3º	$P_{máx} = \text{kgf/cm}^2$
4º	$P_{inter} = 1/2 P_{máx} . \text{kgf/cm}^2$
5º	$P_{min} = 0,1 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$P_{máx}$ = $0,25 \times h$ - para rochas ígneas e metamórficas

$P_{máx}$ = $0,15 \times h$ - para rochas sedimentares (e rochas alteradas)

$P_{máx}$ = pressão máxima em kgf/cm²

h = profundidade do obturador em metros (m)

A condutividade Hidráulica pode ser expressa de duas maneiras:

- *Coefficiente de Permeabilidade – K em cm/s.*
- *Perda D'água Específica – PE, em L/min/m/kgf/cm².*

Os Perfis Individuais mais antigos apresentavam o valor de “K” para a pressão máxima do ensaio – atualmente há algumas empresas que ainda apresentam dessa maneira.

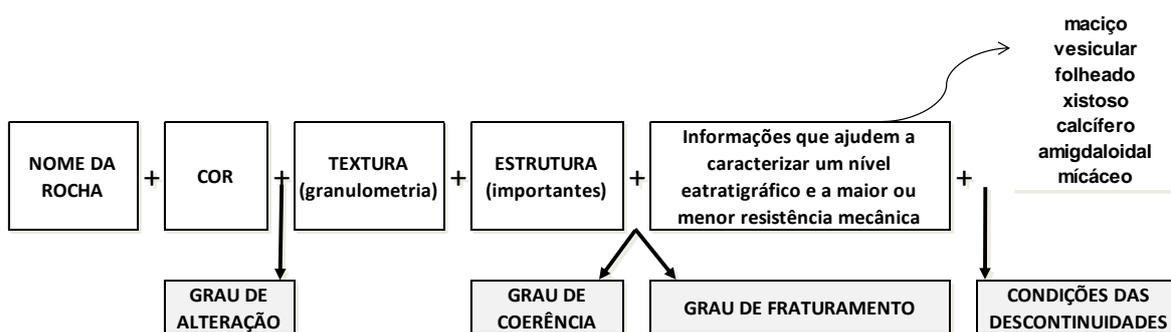
As versões mais atuais dos Perfis Individuais de Sondagens têm apresentado os valores em “PE” para os cinco estágios de pressão, com a indicação da condutividade hidráulica (H) conforme indicada na Tabela 2.8.2.

Tabela 2.8.2 – Condutividade hidráulica (H) x Permeabilidade (k cm/s).

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (H) (l / min / m / kg / cm ²)		PERMEABILIDADE (k cm/s)
H1	CONDUTIVIDADE MUITO BAIXA (< 0,10)	$k < 10^{-5}$
H2	CONDUTIVIDADE BAIXA (0,10 A 1,00)	$10^{-5} < k < 10^{-4}$
H3	CONDUTIVIDADE MÉDIA (1,00 A 5,00)	$10^{-4} < k < 5 \times 10^{-4}$
H4	CONDUTIVIDADE ALTA (5,00 A 10,00)	$5 \times 10^{-4} < k < 10^{-3}$
H5	CONDUTIVIDADE MUITO ALTA (> 10,00)	$k > 10^{-3}$

2.9 – Sequência proposta para Descrição de Rocha em Perfis Individuais de Sondagem

Uma vez definido todos os parâmetros descritos anteriormente a descrição da rocha, no Perfil Individual de Sondagem, deve seguir a sequência sugerida abaixo, levando em conta o padrão utilizado pela empresa executora.



Exemplos:

- Granito cinza, são, granulação fina a média, maciço, coerente e pouco fraturado. Presença de fraturas inclinadas (30° a 55°) e sub-horizontais (10° a 20°).
- Arenito marrom, coerente, granulação fina, estratificação plano paralela.

C – QUESTIONÁRIO ENCAMINHADO AOS PARTICIPANTES DOS CURSOS.

O objetivo dessa pesquisa é verificar a proposta de aprendizagem sugerida pelo curso com o objetivo de aperfeiçoá-lo. Assim, todas as respostas e comentários aqui manifestados ficarão em sigilo e o participante em total anonimato.

Assim pedimos que tenham liberdade para responder com franqueza e no final há o espaço para críticas e sugestões, sempre muito bem vindas.

1. Qual a sua Formação?

- Geólogo
- Engenheiro Geológico
- Engenheiro de Minas
- Engenheiro Civil
- Engenheiro Geotécnico
- Técnico em Mineração
- Técnico de laboratório de solos
- Outros _____

2. Qual seu tempo de formado?

- Recém-formado
- de 1 a 3 anos.
- de 3 a 5 anos
- de 5 a 10 anos
- acima de 10 anos

3. Qual a atuação da Empresa em que trabalha?

- Empresa de Geotecnia, cuja atividade principal é a Investigação Geotécnica (Sondagens).
- Empresa de Geotecnia que executada Investigação Geotécnica (sondagem), porém não é a atividade principal.
- Empresa de Projeto, cuja investigação (sondagens) tem papel importante para o desenvolvimento de projetos, com interface no processo executivo da investigação (elaboração de programas de investigação, acompanhamento e fiscalização de campo).
- Empresa de Projeto, cuja investigação tem papel importante, porém os dados são diretamente trabalhados, sem interferência no processo de investigação (acompanhamento de campo e classificação).
- Outras _____

4. Acompanha serviços de investigações – Sondagens – no campo?

- Não.
- Às vezes
- Sim

5. Com que frequência executa a tarefa de “*Classificar de Sondagem*”, em seu dia-a-dia de trabalho?

- Nenhuma: Trabalho com os resultados prontos, sem interferência no processo.
- Faço esporadicamente: A tarefa de classificar não é a atividade principal que executo.
- Com frequência: Trabalho regularmente com “Classificação de Sondagens”.

6. Qual tipo de amostra, proveniente de sondagem, você classifica no seu dia-a-dia?

- Somente Solo.
- Somente rocha.
- Solo e rocha.

7. Quando iniciou suas atividades na Empresa, ela já tinha definido os procedimentos e critérios para classificar e apresentar os resultados de sondagens?

- Sim. Já tinha uma especificação técnica com todos os parâmetros a serem utilizados na classificação e como apresentá-los nos Perfis Individuais de Sondagens.
- Não. Tive que buscar na literatura e/ou ajuda de outros profissionais com mais experiência no assunto.

8. Como você avalia seu conhecimento sobre os métodos de investigação abordados durante o curso (trado, Percussão, Rotativa e Mista)?

- Insuficiente: Ainda tenho muitas dúvidas sobre os métodos apresentados.
- Bom: Melhorou meu conhecimento sobre os métodos apresentados.
- Muito Bom: Já conhecia os métodos de investigação apresentados, mas foi possível esclarecer dúvidas que ainda tinha sobre alguns procedimentos.

9. Dentre as atividades desenvolvidas em seu trabalho, permite que você tenha acesso a esses métodos de investigação?

- Não, meu trabalho restringe-se a aguardar o produto final.
- Sim, minha atividade permite acompanhar os trabalhos de campo e toda interface entre os processos.

10. Da maneira como você iniciou seus trabalhos, antes de participar do Curso, mais especificamente na tarefa de Classificar Sondagem, qual era seu nível de conforto quanto à qualidade dos resultados apresentados.

pouco confortável, pois não tive orientação necessária para realizar com total segurança.

razoavelmente confortável, pois apresentava os resultados segundo critérios definidos pela empresa, era só seguir a especificação, porém sem suporte de um profissional experiente no assunto.

Confortável, seguia a especificação definida pela empresa e tinha suporte de um profissional com maior experiência no assunto.

muito confortável, Conhecia todos os métodos de investigação realizados pela empresa e os métodos de descrição dos solos e rochas.

11. Quanto ao método da Sondagem a Percussão apresentado, que contribuição prática o Curso trouxe para o seu dia-a-dia de trabalho?

Ainda tenho dúvidas sobre algumas etapas executivas.

Melhorou meu conhecimento, mas ainda tenho dúvidas em algumas etapas do processo executivo, porém sou capaz de entender o boletim de campo elaborado pelo sondador, calcular o SPT dos ensaios e elaborar o perfil Individual de Sondagem.

Sou capaz de acompanhar uma sondagem no campo, conheço todos os processos, compreendo o boletim de campo, calculo o SPT dos ensaios e elaboro o perfil Individual de Sondagem.

12. Quanto aos métodos das Sondagens Rotativas e Mistas apresentados, que contribuição prática o Curso trouxe para o seu dia-a-dia de trabalho?

Ainda tenho dúvidas sobre algumas etapas executivas.

Melhorou meu conhecimento, mas ainda tenho dúvidas sobre algumas etapas do processo, porém sou capaz de entender o boletim de campo elaborado pelo sondador e utilizá-lo durante a tarefa de classificação dos testemunhos.

Sou capaz de acompanhar uma sondagem no campo, conheço todo o processo, leio e entendo o boletim de campo e utilizo todos os dados contidos para classificação dos testemunhos.

13. Os seis critérios para identificação das frações dos solos apresentados no Curso já eram de seu conhecimento?

Não. Nunca me havia sido apresentadas.

Sim, já tinha conhecimento dessas práticas.

14. Ao descrever os solos, você tem utilizado algumas dessas práticas para identificar frações de solos?

- Não. São práticas pouco eficazes para determinação da fração dos solos. Utilizo outros métodos para isso.
- Pouca utilidade. Servem para alguns tipos de solos e de difícil aplicação em outros.
- Sim, tenho utilizado com frequência. Facilitam a identificação das frações dos solos o que tem contribuído para diminuir a subjetividade.

15. Quanto à sequência proposta para descrição do solo - Granulometria + resistência do solo + cor + origem - como tem sido seu procedimento?

- Não utilizo a sequência proposta. Continuo seguindo a mesma sequência que utilizava antes ou a utilizada pela empresa.
- Utilizo parcialmente. Fiz apenas algumas modificações.
- Tenho utilizado a sequencia proposta.

16. Quanto à sequência para descrições dos testemunhos de rocha proposta no curso (Recuperação – classificação geológica – parâmetros geotécnicos – grau de fraturamento – RQD – Condição das descontinuidades), que influencia ela teve na maneira como tem atuado na tarefa de Classificar?

- Não utilizo a sequência proposta. Continuo fazendo da mesma maneira que vinha sendo feito.
- Utilizo parcialmente. Acrescentei apenas algumas modificações.
- Tenho utilizado a sequencia proposta.

17. Que contribuição prática as sequências propostas para classificação dos solos e rochas influenciaram na maneira como você tem apresentado os resultados das sondagens, na forma de Perfil Individual de Sondagem?

- Nenhuma. Não utilizo a sequência proposta. Continuo fazendo da mesma maneira que vinha sendo feito e seguido pelos demais colaboradores da empresa.
- Utilizo parcialmente. Acrescentei apenas algumas modificações que achei pertinentes.
- Tenho utilizado as sequências propostas.

18. Qual seu nível de conforto quanto à qualidade dos resultados apresentados na forma de Perfis Individuais de Sondagem, por você elaborados, após o curso?

- Pouco confortável. Ainda tenho muitas dúvidas que precisam ser esclarecidas.
- Confortável. Sinto-me seguro na maneira como descrevo as amostras e apresento os resultados, porém não tenho acesso aos trabalhos de campo.

Muito Confortável. Desempenho a tarefa de classificar com segurança, posso acompanhar, sempre que possível, os trabalhos de campo e tenho contato com a área onde são realizadas as sondagens.

ANEXO A

Modelo de boletim de campo de sondagem a percussão utilizado na aula prática para classificação de sondagem.

NOME DA EMPRESA		BOLETIM DE SONDAÇÃO A PERCUSSÃO								
OBRA:			DATAS			INÍCIO: <u>06/10/97</u>				
LOCAL:			OPERADOR: <u>JOSÉ DA SILVA</u>			TÉRMINO: <u>07/10/97</u>				
SONDAÇÃO Nº <u>SP-04</u>		COTA (m):		VISTO DO ENGº E/OU						
DIÂMETRO DA SONDAÇÃO: <u>2 1/2</u>										
revest. (m)	AVANÇO DO FURO (m)	prof. (m)	CLASSIFICAÇÃO TÁCTIL - VISUAL DO SOLO	A M O S T R A						
				prof. (m)	nº	PENETRAÇÃO				
2,00	TC 4,00 LAVAGEM 12,00	0,60	ATERRO DE ARGILA ARENOSA AMARELA	0,00		P				
2,00				1,00		P	1	1	2	
4,00				1,45	1		15	15	15	
			2,70	ATERRO DE ARGILA ARENOSA COR ESCURAS	2,00		P	1	2	2
					2,45	2		15	15	15
			3,55	ATERRO DE ARGILA SILTOSA COR VARIADA	3,00		P	1	1	1
					3,45	3		15	16	14
			4,50	AREIA POUCA ARGILOSA COR ESCURAS	4,00		P	1	2	3
					4,45	4		15	15	15
			5,90	ARGILA MÉDIA POUCA SILTOSA VARIADA	5,00		P	4	6	8
					5,45	5		15	15	15
			7,65	ARGILA PLÁSTICA POUCA ARENOSA, CINZA.	6,00		P	8	10	12
				6,45	6		15	15	15	
				7,00		P	10	12	14	
				7,45	7		15	15	15	
				8,00		P	8	13	16	
				8,45	8		15	15	15	
				9,00		P	10	16	19	
				9,45	9		15	15	15	
				10,00		P	12	18	20	
				10,45	10		15	15	15	
				11,00		P	14	20	23	
				11,45	11		15	15	15	
				12,00		P	13	19	26	
				12,45	12		15	15	15	
				FIM		P				
						P				
						P				
						P				
						P				
						P				
						P				
N. A.			AVANÇO DO FURO		SHELBY					
DATA	HORA	PROF. (m)	É IMPORTANTE INDICAR		T = TAMANHO DO TUBO (cm)					
6/10/97	15:35	3,90	1) SE O FURO É SECO <input type="checkbox"/>		P = PENETRAÇÃO (cm)					
"	15:40	3,85	2) QUANDO FOI ENCONTRADO:		S = SAIU AMOSTRA N = NÃO SAIU					
"	15:45	3,80	PROF. { NA BOCA <input type="checkbox"/>		TERMINADA A PROFUNDIDADE:					
"	15:55	3,80	A _____ m		12,45 metros					
"	16:05	3,80	NA DATA ____/____/____		POR ORDEM DE					
7/10/97	7:00	2,95	às _____ HORAS							
			To = TRADO							
			TE = TRADO ESPIRAL							
			Lv = LAVAGEM							
			B = BALDINHO							
			LT = LAVAGEM POR TEMPO							
			IMPORTANTE: INDICAR NA LT O AVANÇO OBTIDO A CADA 10 minutos							

ANEXO B

Modelo de Boletim de Sondagem Mista, utilizado na aula prática para classificação da sondagem.

NOME DA EMPRESA

BOLETIM DE SONDAEM ROTATIVA

TRABALHO N.º: ALUSA OBRA: PCH LAURINHAS LOCAL: LAURINHAS SP MAT. N.º, SR. _____
 SONDAEM N.º: SM 09 INCLINAÇÃO: V COTA: _____ COORDENADAS: _____ NÍCIO: 9/01/08 TÉRMINO: _____

DATA	PERFURAÇÃO						HORAS		TESTEMUNHOS			DESCRIÇÃO DA AMOSTRA Classificação, Cor, Grau de alteração Fendas, Perda D'Água e observações	
	P=PERC. R=ROT	REVEST.	DIAMETRO D=DIAMANTE	MANOBRA (m)		PERFURAÇÃO (m)	DE	A	N.º DE		% DE RECUP.		
				TD=TRADO TP=TRÉPANO VV=VIDA	DE				A	PECAS			FRAT.
9/01/08			V	000	100								000 A TERRA
			Pe	100	145	2/15	3/15	5/15	8				140 ARGILA POUCO
			V	145	200								SILTOSA
			Pe	200	245	2/15	4/15	6/15	10				
			V	245	300								
			Pe	300	345	2/15	3/15	4/15	7				
			V	345	400								
			Pe	400	445	2/15	4/15	7/15	11				
			V	445	500								
			Pe	500	545	3/15	5/15	8/15	13				
			V	545	600								
			Pe	600	645	2/15	3/15	3/15	6				
			V	645	700								
			Pe	700	745	3/15	4/15	5/15	9				
			V	745	800								
			Pe	800	845	3/15	5/15	8/15	13				
			V	845	900								
			D	900	1020	130				V	0,76	69%	900 ROCHA
			D	1020	1150	140				V	1,40	100%	
			D	1150	1300	150				V	1,50	100%	

DATA	HORA	N.A.	DATA	HORA	N.A.
10/01/08	7:12	SBS			

SONDADOR: <u>CLODORALDO</u>	PROF. A ATINGIR: _____ m
FISCAL: _____	PROF. ATINGIDA: _____ m
GEOLOGO RESPONSÁVEL: _____	S.R. _____