

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E MECÂNICA DO MACIÇO ROCHOSO GRANITO IMARUÍ-CAPIVARÍ – ESTUDO DE CASO

Hudson Teixeira de Oliveira (1), Pedro Arns (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)hudson@unescc.net, (2)p.arns@terra.com.br.

RESUMO

O granito (do latim *granum*) é um tipo comum de rocha ígnea de grão fino, médio ou grosseiro, composta essencialmente por quartzo, mica e feldspato, tendo como minerais acessórios, mica, hornblenda, zircão e outros minerais. É normalmente encontrado nas placas continentais da crosta terrestre. O granito é quase sempre sólido (sem estrutura internas), duro e resistente, sendo por essas qualidades utilizado como pedra para a construção civil. O objetivo principal deste estudo foi à caracterização mineralógica e mecânica do Granito Imaruí-Capivari presente no Município de Tubarão – SC, em duas regiões distintas. Foram analisados sessenta testemunhos rochosos, extraídos em três furos de sondagem mista, de cada região, que servirão como base de dados para dimensionamento de fundações a serem realizadas. Para caracterização mineralógica, foram realizados ensaios de Difração de Raios-X (DRX) e para caracterização mecânica realizou-se o ensaio de Resistência à Compressão Simples (RCS). Os resultados destes ensaios mostraram que o maciço rochoso Imaruí-Capivari apresenta-se muito heterogêneo independente da profundidade sondada. Foram detectadas falhas, alteração e fraturas nas rochas ao longo do perfil.

Palavras-Chave: Maciço Rochoso; Granito Imaruí-Capivari; Caracterização Mineralógica; Resistência à Compressão Simples.

1. INTRODUÇÃO

Granitos são rochas ígneas ácidas, constituídas por cristais de feldspatos potássicos (ortoclásio ou microclínio), plagioclásio, quartzo e mica (biotita e muscovita) como minerais essenciais; anfibólio pode ocorrer como acessório. São muitas as variedades dos granitos, diferenciadas na textura (grossa, média ou fina) e na coloração (avermelhada, rosada, amarela e cinza). “Em geral, apresentam estrutura compacta”. Normalmente encontrado nas placas continentais da crosta terrestre. O granito é quase sempre sólido (sem estrutura internas), duro e resistente, sendo por essas qualidades usado como pedra para a construção civil. A densidade média do granito situa-se entre 2,65 e 2,75 g/cm³ A sua temperatura de fusão é de 1215 - 1260 °C.

“[...] O Granito Imaruí-Capivari tem como característica sieno e monzogranito, cor cinza a rosa, frequentemente leucocráticos com biotita (desde < 5% até 10%). Porfiríticos, grossos a médios, às vezes pegmatóides, com abundantes fenocristais de feldspato alcalino (1 cm a 5 cm e com teor em volume de 30% a 80%) predominantes, quase sempre, sobre uma matriz quartzo-feldspática médio a grossa. Mineralogia indicativa da rocha metaluminosa com biotita (rara hornblenda) e os acessórios alanita e titanita, além de apatita, zircão, fluorita e minerais opacos. Textura rapakavi muito rara. Deformação protoclastica e fluxo ígneo pouco marcante ocorrem de modo localizado. Enclaves máficos pouco frequentes. Contatos transicionais, localmente bruscos. CPRM (2000).”

De acordo com FRAZÃO (2012), a caracterização de uma análise petrográfica, pode ser executada por via direta, por observações macroscópicas a olho nu ou por microscopia óptica em seções delgadas da rocha, também, chamadas de lâminas petrográficas. Esta análise pode ser completada por via indireta, pela análise difratométrica por Raios-X e por análise térmica diferencial e química, para aqueles minerais cujas características não permitem que sejam identificados opticamente.

Análises que visam conhecer as características petrográficas e mineralógicas de rochas, areias e pedregulhos, por meio de técnicas que permitam identificar a composição mineralógica (minerais essenciais, acessórios e secundários e suas quantidades), na sua textura (forma e arranjo de minerais), estado de alteração dos minerais (sãos ou alterados e, se alterados, tipo de alteração), estrutura (arranjo macroscópico) bem como o grau e tipo de microfissuração intercrystalina ou intracrystalina, fissuras abertas ou preenchidas). (FRAZÃO, 2002 - p.33).

De acordo com Frazão (2012), “mesmo que as rochas apresentem características de alta resistência e durabilidade na época de sua utilização, muitas modificações nas suas características iniciais podem surgir no decorrer do tempo, levando-as à sua degradação. Para evitar que as rochas se degradem no futuro, faz-se necessário um estudo detalhado no perfil geológico do maciço do Granito Imaruí-Capivari”.

O objetivo principal deste estudo foi à caracterização mineralógica e mecânica do Granito Imaruí-Capivari presente no Município de Tubarão – SC, em duas regiões distintas, que servirão como base de dados para dimensionamento futuro de fundações a serem realizadas nestes locais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

2.1.1 Equipamentos de sondagem

A Figura 1 mostra os equipamentos utilizados para a realização das sondagens nas áreas 01 e 02.

Figura 2 - Equipamentos: a) SPT e b) Sondagem Rotativa.



Fonte: Autor (2015).

2.1.2 Testemunhos

A Figura 2 mostra os testemunhos do Granito Imaruí-Capivari extraídos e condicionados em caixas de madeira com as respectivas identificações.

Figura 2 – Testemunhos do Granito Imaruí-Capivari



Fonte: Autor (2015).

2.2 MÉTODOS

Para a elaboração do presente trabalho, revisaram-se conhecimentos teóricos em várias literaturas técnicas, principalmente, para a determinação da Resistência à Compressão Simples de projeto (RCSp) a partir de testemunhos rochosos saturados e a caracterização mineralógica.

Analisou-se ainda, mapas geológicos da região de estudo, para a indicação dos maciços rochosos das áreas onde foram retirados os testemunhos.

Foram realizadas Sondagens Mistas (SM). Que é a utilização da Sondagem de Simples Reconhecimento à Percussão (ou Standart Penetration Test - SPT) e Sondagem Rotativa (SR), nas áreas de estudo, cujos testemunhos foram disponibilizados para a realização dos ensaios necessários e a respectiva caracterização, para atender as solicitações e indicações das normas vigentes.

Foram objetos de estudo duas áreas distintas no município de Tubarão – SC. Para a caracterização mineralógica e geológica foram realizadas sondagens mistas nos dois locais, para a extração de testemunhos. De posse dos testemunhos, realizaram-se estudos para determinar: Grau de Alteração, Resistência à Compressão Simples (RCS), Grau de Fraturamento, Recuperação de testemunhos, Classificação da Resistência para Rochas além de Análises de Difração por Raios-X.

De posse destes dados foi determinada a Resistência à Compressão Simples de Projeto (RDSp) utilizando métodos estatísticos.

2.2.1 Localização das áreas de investigações geotécnicas

As áreas de estudo estão localizadas na zona rural da cidade de Tubarão – SC. A área 01 é identificada pelas coordenadas UTM 695.284 E e 6.840.831 N (Datum SAD 69). E a área 02 é identificada pelas coordenadas UTM 697.677 E e 6.844.862 N (SAD 69).

2.2.2 Geologia

Frequentemente, estes maciços estão recortados por veios de quartzo. Como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Afloramento de Granito com veios de quartzo leitoso.



Fonte: Autor (2015).

2.2.3 Caracterização mineralógica

Para caracterização mineralógica, foram realizados ensaios de Difração de Raios-X (DRX) no Laboratório de Caracterização de Materiais (CECAM) do Instituto de Engenharia e Tecnologia da Universidade do Extremo Sul Catarinense (IDT/UNESC). Contendo um total de oito análises nos testemunhos. Sendo que cinco na área 01 e três na área 02.

2.2.4 Investigações geotécnicas

Foram realizados três furos de sondagem em cada área, utilizando barrilete simples de três metros.

A Sondagem de Simples Reconhecimento (SPT) não foi considerada, pois não faz parte deste estudo.

Na Área 01, o maciço rochoso encontrava-se praticamente exposto. Contudo, na Área 02 foi encontrada uma camada espessa de solo antes de atingir o maciço rochoso. Este sistema de solo engloba os depósitos de sedimentos formados próximos às encostas a partir de processos gravitacionais e aluviais de transporte de material. As litologias resultantes são cascalhos, areias e lamas. Na parte superficial deste sistema predominam depósitos fluviais.

2.2.5 Sondagem Rotativa (SR)

Este é um método direto de investigação, utilizado para a perfuração de rochas através de sondas rotativas, que permitem a retirada de testemunhos recuperados por um barrilete.

Segundo VELLOSO (2004), a sondagem rotativa é executada em cinco diâmetros básicos (EX, AX, BX, NX e HX). Tais diâmetros foram concebidos de tal forma que se um determinado diâmetro não possa avançar, este será substituído por um diâmetro imediatamente inferior.

Os diâmetros utilizados na perfuração em rocha constam na Tabela 1, com as respectivas dimensões das coroas e espessura dos respectivos testemunhos obtidos.

Tabela 1 – Diâmetro de perfuração em rocha.

	Diâmetro da Coroa (mm)	Diâmetro do Testemunho (mm)
EX	37,3	21
AX	47,6	30
BX	59,5	41
NX	75,3	54
HX	98,8	76

Fonte: VELLOSO (2004).

Os testemunhos rochosos extraídos foram condicionados em caixas de madeira, contendo a identificação de cada furo de sondagem e a profundidade. Após este processo os mesmos foram levados ao escritório para serem armazenados até a realização das análises.

2.2.5 Parâmetros Geomecânicos

De posse dos testemunhos, a fase seguinte do presente estudo, foi à caracterização dos mesmos quanto à classificação geológica. As caracterizações foram realizadas em conjunto com o Geólogo Clóvis Norberto Savi, de acordo com:

2.2.5.1 O Grau de Alteração

A Tabela 2 apresenta, de forma compreensível e didática, um roteiro para uma avaliação quanto ao estado da sanidade da rocha.

Tabela 2 – Roteiro para avaliação preliminar do estado de alteração.

Parâmetros	Rocha	Sigla	Características
Estado de Alteração	Sã	A1	Macroscopicamente, não há indícios de alterações físicas ou químicas; minerais apresentam brilho.
	Pouco Alterada	A2	Alteração incipiente dos minerais; em geral, a rocha exibe pouca descoloração.
	Medianamente Alterada	A3	Minerais medianamente alterados; geralmente não apresentam brilho.
	Muito Alterada	A4	Minerais muito alterados, por vezes pulverulentos e friáveis; totalmente sem brilho.

Fonte: FRAZÃO (2012).

2.2.5.2 Grau de Fraturamento

É determinado pela quantidade de fraturas apresentadas nos testemunhos em cada metro de furo de sondagem, e correlacionada com a Tabela 3. Não devem ser consideradas as fraturas provocadas pelo processo de perfuração.

A Tabela 3 mostra o estado da rocha quanto ao seu grau de Fraturamento e respectiva classificação de acordo com o número de fraturas.

Tabela 3 – Grau de Fraturamento.

Sigla	Grau de Fraturamento	Nº de Fraturas por metro
F1	Ocasionalmente Fraturada (maciça)	<1
F2	Pouco Fraturada	1 a 5
F3	Medianamente Fraturada	6 a 10
F4	Muito Fraturada	11 a 20
F5	Totalmente Fraturada	> 20

Fonte: ABGE (1998).

2.2.5.3 Recuperação dos Testemunhos

Para realizar o cálculo da recuperação dos testemunhos é necessário ter os dados da soma dos comprimentos dos testemunhos recuperados e do comprimento total da manobra. Sendo que a soma dos comprimentos dos testemunhos não pode ser inferior a 10 centímetros. Calculado através da equação abaixo (Equação 1).

$$\text{Recuperação (\%)} = \frac{\text{soma dos comprimentos dos testemunhos recuperados (> 10cm)}}{\text{Comprimento total da manobra}} \times 100$$

2.2.5.4 Classificação da Resistência

Na Tabela 4, a resistência à compressão uniaxial é bem expressa por uma indicação da resistência dos materiais rochosos. No qual pode se utilizar a classificação da Resistência para Rochas proposta pela International Association of Engineering Geology (IAEG).

Tabela 4 – Classificação da Resistência para Rochas.

Classe	Resistência (Mpa)	Termo
1	1,5 - 5,0	Fraca
2	15 - 50	Moderadamente Forte
3	50 - 120	Forte
4	120 - 230	Muito Forte
5	> 230	Extremamente Forte

Fonte: IAEG (1979).

2.2.6 Ensaio de Resistência à Compressão Simples (RCS)

A Resistência a Compressão Simples de uma rocha deve ser considerada pela média aritmética das resistências verificadas nos ensaios em laboratório, obtida nas condições de umidade saturada e natural. No caso deste estudo, foi realizado o ensaio apenas na umidade saturada, pois se trata da pior condição para a mesma. Os testemunhos foram cortados na relação 2:1 (altura x comprimento), capeados e deixados submersos por 12 horas antes dos ensaios em laboratório, como mostra a (Figura 4). Após esta condição os testemunhos foram submetidos ao ensaio de Resistência à Compressão Simples Figura 5 e Figura 6.

Com os dados da Resistência à Compressão Simples (RCS) dos testemunhos ensaiados, no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) do IDT/UNESC, foi determinada a Resistência à Compressão Simples de Projeto (RCSp).

Figura 4 - Preparação dos testemunhos antes dos ensaios: a) Capeamento e b) testemunho submerso.



Fonte: Autor (2015).

Figura 5 - Ensaio de rompimento dos corpos de prova: a) antes do rompimento e b) pós-rompimento



Fonte: Autor (2015).

Figura 6 - Ensaio de rompimento dos corpos de prova: a) antes do rompimento e b) pós-rompimento



Fonte: Autor (2015).

2.2.7 Determinação da RCS de projeto (RCSp)

Foi estabelecido, por tratamento estatístico, o intervalo de confiança de 95% para este estudo. O RCSp foi calculado pela Equação 2.

$$RCSp = RCS, \text{médio} - \left[\frac{S \times t \times 0,95}{\sqrt{n-1}} \right] \quad \text{Equação 2.}$$

Onde:

RCS,médio = média dos RCS dos corpos de provas ensaiados

S = desvio padrão

t = Número de Student para confiança de 95%

n = Número de amostras

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 5 mostra a caracterização do material do furo SM-01 da Área 01 quanto à Cor, Granulação, Alteração, Fratura e demais particularidades.

Tabela 5 - Área 01 – SM 01.

Cota (m)		Descrição
15,34	16,34	Silte arenoso, cinza amarelado com pedregulhos.
16,34	23,04	Silte arenoso, cinza amarelado com pedregulhos, muito compacto.
23,04	24,84	Granito de granulometria médio, rosa acinzentado, muito alterado (A4), recuperação 64%, muito fraturado (F4).
24,84	27,44	Granito de granulometria médio, cinza róseo, medianamente alterado (A3), recuperação 70%, pouco fraturado (F2).
27,44	30,44	Granito de granulometria médio, cinza róseo, medianamente alterado (A3), recuperação 94%, muito fraturado (F4).
30,44	32,94	Granito de granulometria médio, cinza róseo, medianamente alterado (A3), recuperação 72%, muito fraturado (F4).

Fonte: Autor (2015).

Da mesma forma o furo SM-02 reproduz as caracterizações do material retirado do mesmo. Conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Área 01 – SM 02.

Cota (m)		Descrição
12,47	13,62	Silte arenoso, cinza amarelado, com pedregulhos.
13,62	13,97	Pedregulhos de quartzo, cinza claro.
13,97	19,82	Silte arenoso, cinza amarelado, com pedregulhos, muito compacto.
19,82	22,27	Granito de granulometria médio, rosa acinzentado, pouco alterado (A2), recuperação 54%, pouco fraturado (F2).
22,27	24,97	Granito de granulometria médio, cinza róseo, pouco alterado (A2), recuperação 98%, pouco fraturado (F2).
24,97	28,17	Granito de granulometria médio, cinza róseo, pouco alterado (A2), recuperação 94%, pouco fraturado (F2).
28,17	31,07	Granito de granulometria médio, cinza róseo, pouco alterado (A2), recuperação 95%, pouco fraturado (F2).
31,07	34,52	Granito de granulometria médio, cinza róseo, pouco alterado (A2), recuperação 94%, pouco fraturado (F2).
34,72	35,82	Granito de granulometria médio, cinza róseo, pouco alterado (A2), recuperação 85%, pouco fraturado (F2).

Fonte: Autor (2015).

Igualmente a Tabela 7 do SM-03, também relaciona as características.

Tabela 7 - Área 01 – SM 03.

Cota (m)		Descrição
9,49	10,49	Silte arenoso, cinza amarelado, com pedregulhos.
10,49	16,26	Silte arenoso, cinza amarelado, com pedregulhos, muito compacto a compacto.
16,26	22,07	Pedregulhos de quartzo, cinza claro.
22,07	24,96	Granito de granulometria médio, róseo acinzentado, muito alterado (A4), recuperação 65%, muito fraturado (F4).
24,96	28,29	Granito de granulometria médio, róseo acinzentado, pouco alterado (A2), recuperação 34%, pouco fraturado (F2).
28,29	30,29	Granito de granulometria médio, róseo acinzentado, muito alterado (A4), recuperação 77%, muito fraturado (F4).
30,29	31,29	Granito de granulometria médio, róseo acinzentado, muito alterado (A4), recuperação 39%, muito fraturado (F4).

Fonte: Autor (2015).

A Tabela 8 representa a variação dos materiais na sondagem mista do furo 01 da Área 02 quanto à Granulometria, Cor, Alteração e Fraturamento.

Tabela 8 - Área 02 – SM 01.

Cota (m)		Descrição
2,40	3,91	Areia argilosa cinza.
3,91	4,50	Areia siltosa amarela.
4,50	5,40	Granito de granulometria grossa, cinza claro, medianamente alterado (A3), recuperação 50%, pouco fraturado (F2).
5,40	6,23	Granito de granulometria grossa, cinza claro, pouco alterado (A2), recuperação 93%, pouco fraturado (F2).
6,23	8,55	Granito de granulometria grossa, cinza róseo, pouco alterado (A2), recuperação 84%, muito fraturado (F4).
8,55	12,10	Granito de granulometria grossa, cinza róseo, pouco alterado (A2), recuperação 99%, pouco fraturado (F2).
12,10	15,10	Granito de granulometria grossa, cinza róseo, pouco alterado (A2), recuperação 100%, pouco fraturado (F2).

Fonte: Autor (2015).

Igualmente a Tabela 9 com relação ao SM-05 da mesma Área.

Tabela 9 - Área 02 – SM 05.

Cota (m)		Descrição
2,29	4,29	Argila com concha calcária, cor cinza amarelada, consistência muito mole.
4,29	6,29	Areia de granulometria média, argilosa, cor cinza escura, fofa.
6,29	8,29	Argila com matéria orgânica e fragmentos de conchas calcárias, cor preta, consistência muito mole passando a mole.
8,29	9,49	Areia de granulometria média a grossa, argilosa, cor cinza escura, pouco compacta.
9,49	10,39	Granito de granulometria grossa, cinza róseo acinzentado, pouco alterado (A2), recuperação 81%, pouco fraturado (F2).
10,39	13,14	Granito de granulometria grossa, cinza róseo acinzentado, pouco alterado (A2), recuperação 76%, pouco fraturado (F2).
13,14	13,94	Granito de granulometria grossa, cinza róseo acinzentado, pouco alterado (A2), recuperação 82%, pouco fraturado (F2).
13,94	15,59	Granito de granulometria grossa, cinza róseo acinzentado, pouco alterado (A2), recuperação 98%, pouco fraturado (F2).
15,59	16,69	Granito de granulometria grossa, cinza róseo acinzentado, pouco alterado (A2), recuperação 100%, medianamente fraturado (F3).
16,69	18,49	Granito de granulometria grossa, cinza róseo acinzentado, pouco alterado (A2), recuperação 81%, muito fraturado (F4).
18,49	19,79	Granito de granulometria grossa, cinza róseo acinzentado, pouco alterado (A2), recuperação 96%, muito fraturado (F4).

Fonte: Autor (2015).

Também a Tabela 10, da mesma Área, o SM-07 nos fornece as características do material obtido.

Tabela 10 - Área 02 – SM 07.

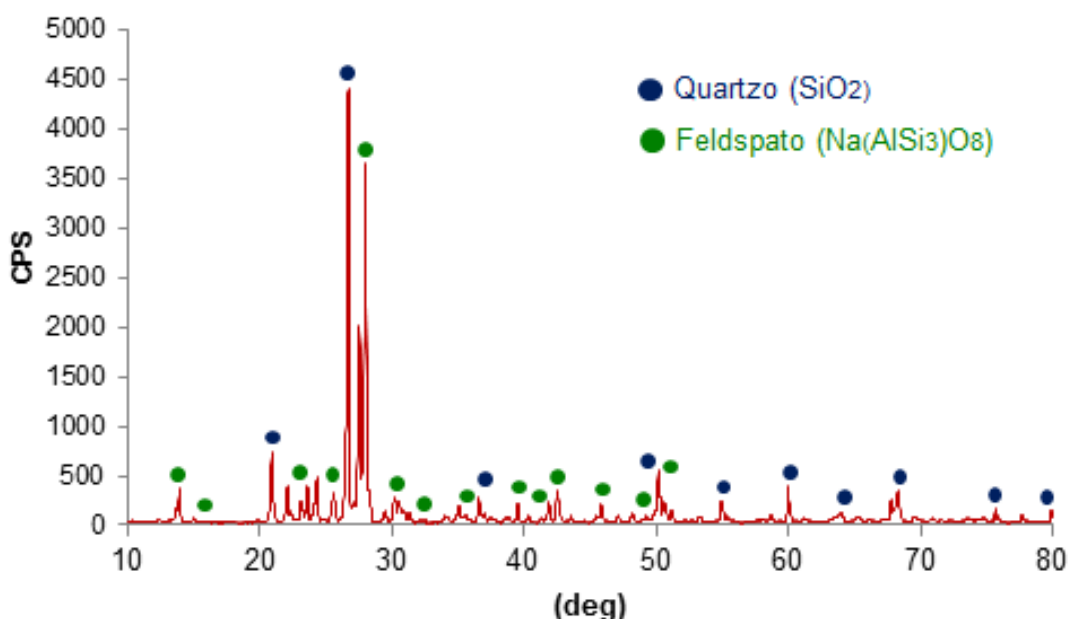
Cota (m)		Descrição
2,12	4,12	Areia arenosa, cor cinza, consistência muito mole.
4,12	5,12	Areia de granulometria média, argilosa, cor cinza escura, fofa.
5,12	8,12	Areia de granulometria média, argilosa com fragmentos de conchas calcária, cor cinza, fofa.
8,12	15,12	Argila, cor cinza, consistência muito mole.
15,12	18,12	Argila com conchas calcária, cor cinza, consistência mole.
18,12	21,12	Argila, cor cinza, consistência mole.
21,12	22,52	Areia de granulometria média, argilosa com fragmentos de conchas calcária, cor cinza, compacta.
22,52	24,32	Granito, cor róseo acinzentado, muito alterado (A4), recuperação 74%, medianamente fraturado (F3).
24,32	27,32	Granito, cor róseo acinzentado, medianamente alterado (A3), recuperação 74%, muito fraturado (F4).
27,32	29,17	Granito, cor róseo acinzentado, medianamente alterado (A3), recuperação 81%, muito fraturado (F4).
29,17	31,32	Granito, cor cinza róseo, é (A1), recuperação 100%, pouco fraturado (F2).

Fonte: Autor (2015).

3.1 CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

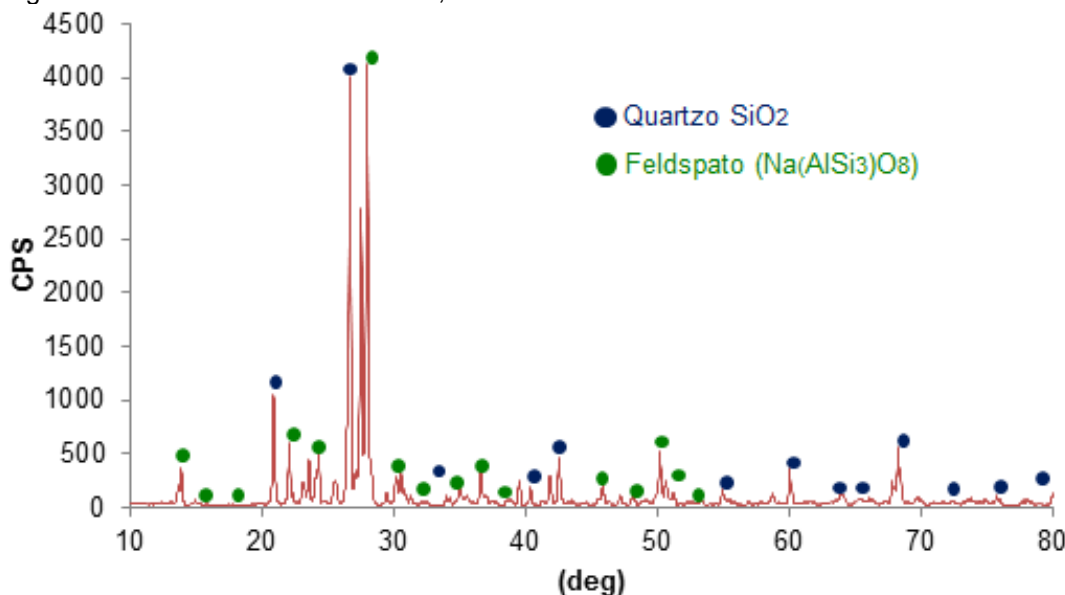
A Figura 7 e Figura 8 apresentam os resultados obtidos nos ensaios de Difração de Raios-X, em duas diferentes amostras, que possibilitou a identificação da presença dos mesmos minerais predominantes nos furos de sondagens das duas áreas.

Figura 7 – Resultados do ensaio DRX amostra 01.



Fonte: Autor (2015).

Figura 8 – Resultado do ensaio DRX, amostra 07.



Fonte: Autor (2015).

3.2 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

No presente estudo, foram utilizados métodos de tratamento estatísticos dos dados encontrados, nas análises de resistência dos testemunhos rochosos, tanto para o RCS médio, como para o RCSp.

3.2.1 Determinação da RCS de projeto (RCSp) da Área 01

A Tabela 11 contém os dados que foram utilizados para a determinação do RCSp, através das equação 02 e seus respectivos resultados, dos furos SM-01, SM-02 e SM-03, da Área 01.

3.2.2 Determinação da RCS de projeto (RCSp) da Área 02

A Tabela 12, contém os dados que foram utilizados para a determinação do RCSp, da Área 02, bem como os respectivos resultados, dos furos SM-05, SM-07 e SM-01, da Área 02.

Tabela 11 – Cálculos para a determinação do RCSp da Área 01.

		Diâmetro (mm)	Altura (mm)	RC (MPa)	RCS (MPa)	RCS,med - manobra	RCS, med (MPa)	Desvio Padrão (S)	RCSp (MPa)
Área 01 SM01 (A1-01)	CP 1	36,11	75,90	75,29	76,04	62,52	63,22	3,29	58,97
	CP 2	35,82	77,59	48,51	49,00				
	CP 3	36,32	77,31	56,78	57,35				
	CP 4	36,01	75,24	38,37	38,75	58,15			
	CP 5	36,51	75,93	92,05	92,97				
	CP 6	36,60	75,28	43,53	43,53	66,58			
	CP 7	36,49	75,35	82,37	82,37				
	CP 8	36,37	75,53	50,29	50,79				
	CP 9	36,47	75,21	56,31	56,31	65,62			
	CP 10	36,43	76,53	74,18	74,92				
Área 01 SM02 (A1-02)	CP 11	36,28	75,69	28,93	29,22	105,50	125,88	31,50	98,91
	CP 12	36,51	76,45	131,25	132,56				
	CP 13	36,42	75,27	153,20	154,73				
	CP 14	36,38	75,70	133,60	134,94	151,40			
	CP 15	36,60	75,82	166,21	167,87				
	CP 16	36,44	74,89	192,39	192,39	175,33			
	CP 17	36,24	76,94	156,70	158,27				
	CP 18	36,28	76,11	146,73	148,20	125,23			
	CP 19	36,35	75,72	93,20	94,13				
	CP 20	36,11	75,09	132,05	133,37				
	CP 21	36,35	74,63	128,62	128,62	121,08			
	CP 22	36,09	76,30	112,41	113,53				
	CP 23	36,34	76,03	114,58	115,73	76,71			
	CP 24	36,30	76,22	37,69	37,69				
Área 01 SM03 (A1-03)	CP 25	36,24	76,37	46,17	46,63	78,41	65,41	9,36	47,05
	CP 26	36,32	74,96	110,32	110,32				
	CP 27	36,33	75,56	77,49	78,26				
	CP 28	36,30	74,67	45,41	45,41	56,72			
	CP 29	36,04	76,56	64,81	65,46				
	CP 30	36,44	75,40	58,69	59,28	61,11			
	CP 31	36,35	77,45	51,49	52,00				
	CP 32	36,28	75,75	69,51	70,21				

Fonte: Autor (2015).

Tabela 12 – Cálculos para a determinação do RCSp da Área 02.

		Diâmetro (mm)	Altura (mm)	RC (MPa)	RCS (MPa)	RCS,med - manobra	RCS, med. (MPa)	Desvio Padrão (S)	RCSp (MPa)
Área 02 SM05 (A2-05)	CP 33	41,31	86,29	78,22	79,00				
	CP 34	41,41	88,35	75,55	76,31	77,65			
	CP 35	41,50	86,73	112,04	113,16	112,43			
	CP 36	41,45	86,97	110,60	111,71				
	CP 37	41,74	87,06	69,45	70,14	78,50			
	CP 38	41,55	87,73	86,00	86,86				
	CP 39	41,66	87,12	88,57	89,46	96,32	87,93	20,92	72,16
	CP 40	41,66	88,08	102,17	103,19				
	CP 41	41,90	87,08	65,42	66,07	46,86			
	CP 42	41,66	86,43	27,38	27,65				
	CP 43	41,72	87,54	124,85	126,10	94,01			
	CP 44	41,91	85,96	61,93	61,93				
	CP 45	41,82	85,88	148,62	148,62	109,71			
	CP 46	41,81	86,64	70,09	70,79				
Área 02 SM07 (A2-07)	CP 47	41,78	87,95	27,99	28,27	27,26			
	CP 48	41,98	86,06	26,26	26,26				
	CP 49	41,88	89,39	64,26	64,90	64,49			
	CP 50	42,03	87,92	63,45	64,08		71,57	28,86	34,31
	CP 51	41,85	87,51	94,24	95,18	97,46			
	CP 52	41,83	85,96	99,73	99,73				
	CP 53	41,97	87,23	93,29	94,22	97,05			
	CP 54	41,91	87,26	98,89	99,88				
Área 02 SM01 (A2-01)	CP 55	36,36	75,13	98,07	99,05	95,84			
	CP 56	36,20	76,92	91,72	92,64				
	CP 57	36,35	75,73	93,20	94,13	95,15	90,89	6,52	78,10
	CP 58	36,30	75,85	95,21	96,16				
	CP 59	36,45	77,05	78,79	79,58	81,68			
	CP 60	36,33	75,81	82,96	83,79				

Fonte: Autor (2015).

3.2.3 Classificação da resistência para rochas

A Tabela 13 mostra os valores da classificação da resistência para rochas, das duas áreas estudadas e respectivos furos de sondagem.

Tabela 13 – Classificação da Resistência para Rochas, segundo IAEG (1979).

Área	SM	Classe	RCSp (MPa)	Termo
1	1	3	58,97	Forte
1	2	3	98,91	Forte
1	3	2	47,05	Moderadamente forte
2	1	3	78,10	Forte
2	5	3	72,16	Forte
2	7	2	34,31	Moderadamente forte

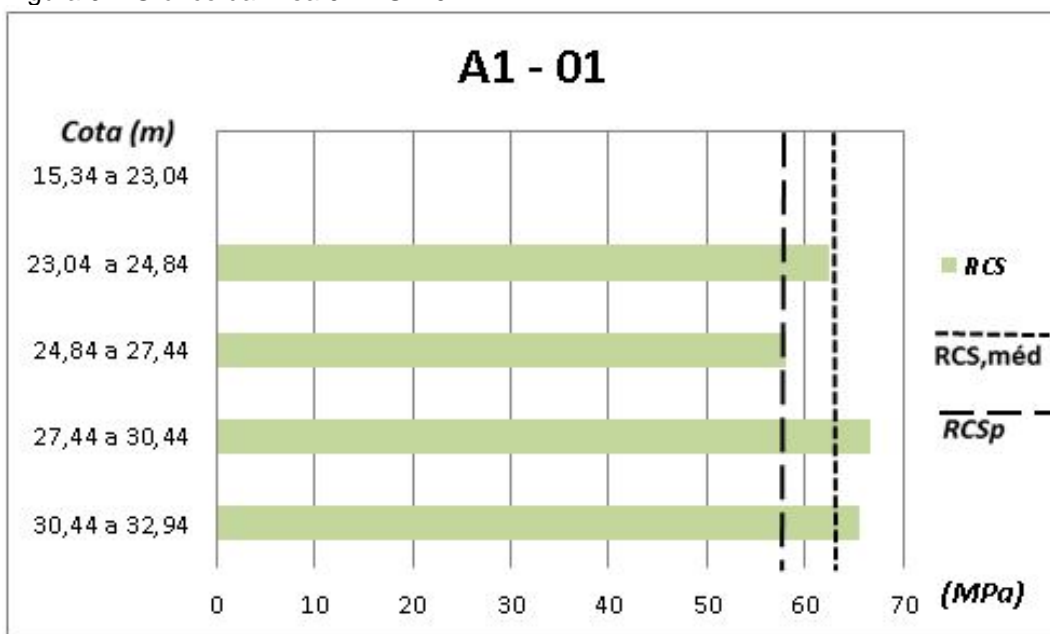
Fonte: Autor (2015).

3.3 GRÁFICOS: RCS x RCS,médio x RCSp

As Figuras 9, 10, 11, 12, 13, e Figura 14 representam, graficamente, o comportamento de cada furo de sondagem.

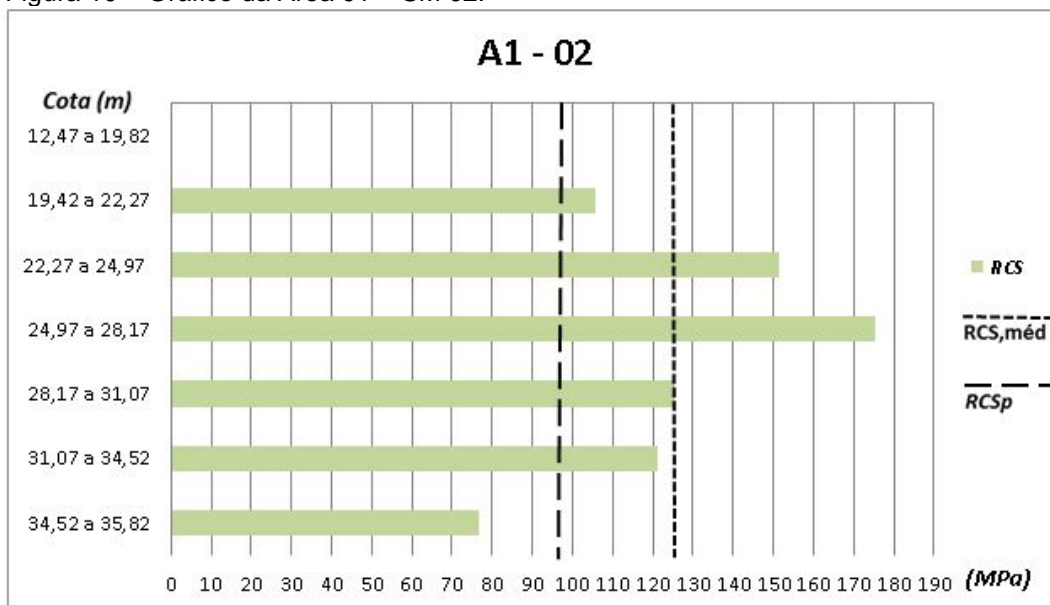
3.3.1 Dados da Área 01

Figura 9 – Gráfico da Área 01 – SM 01.



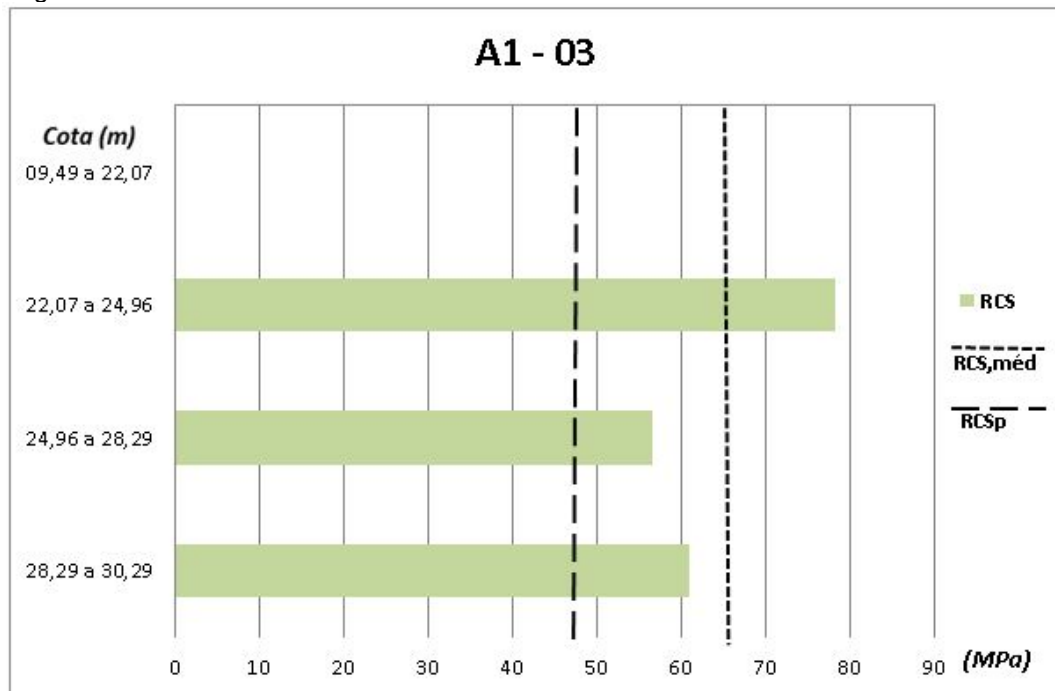
Fonte: Autor (2015).

Figura 10 – Gráfico da Área 01 – SM 02.



Fonte: Autor (2015).

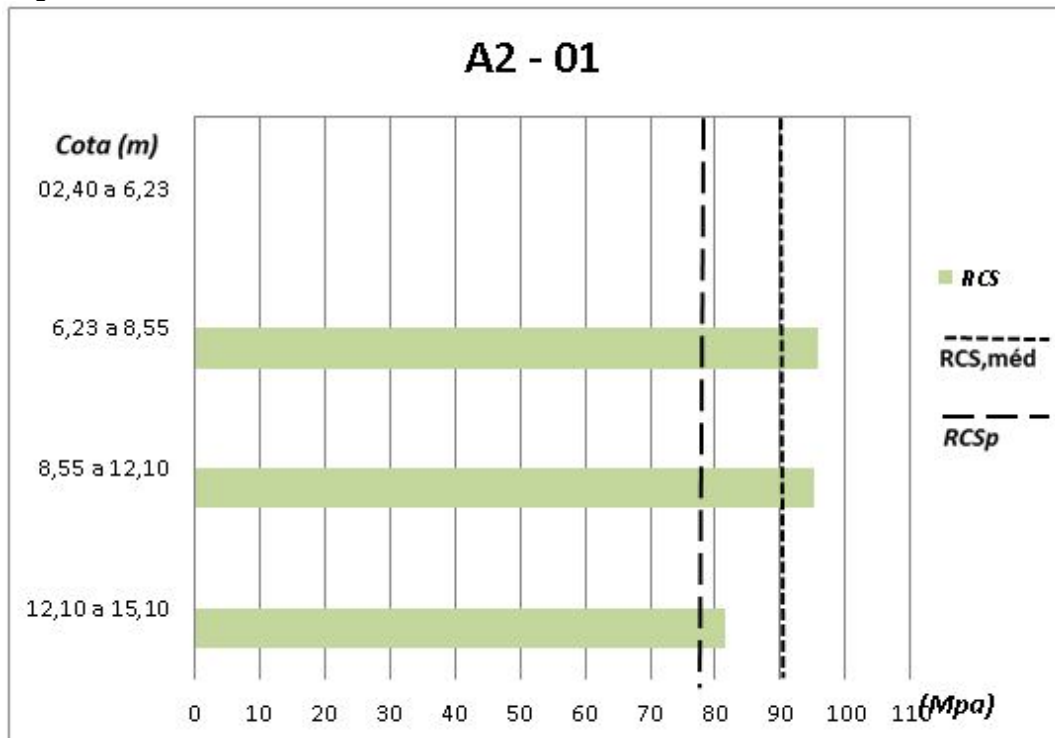
Figura 11 – Gráfico da Área 01 – SM 03.



Fonte: Autor (2015).

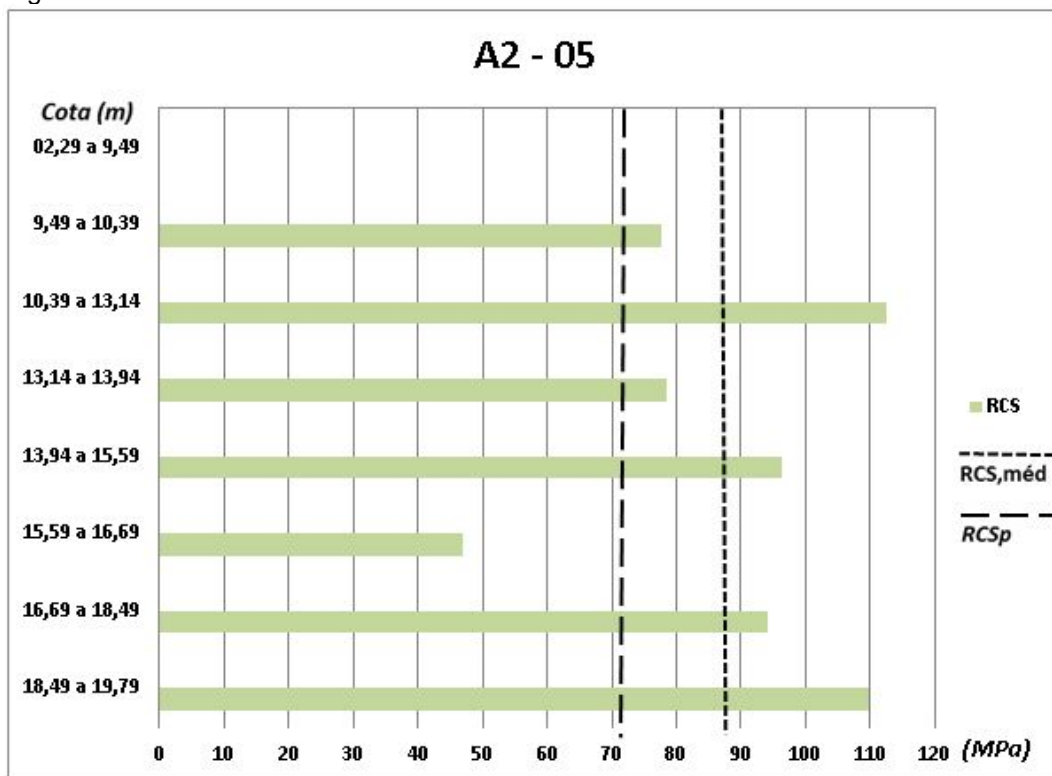
3.3.2 Dados da Área 02

Figura 12 – Gráfico da Área 02 – SM 01.



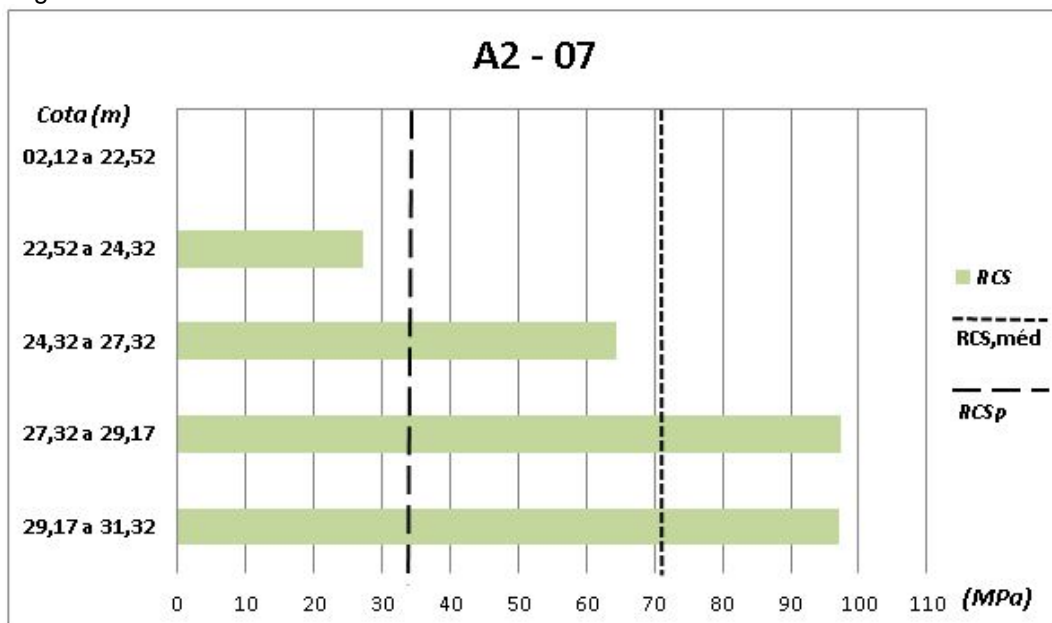
Fonte: Autor (2015).

Figura 13 – Gráfico da Área 02 – SM 05.



Fonte: Autor (2015).

Figura 14 – Gráfico da Área 02 – SM 07.



Fonte: Autor (2015).

4. CONCLUSÕES

Analisando os valores da RCSp obtidos pelos cálculos, pode-se afirmar que o maciço rochoso Imaruí-Capivari mostrou-se muito heterogêneo independente da profundidade sondada. Foram detectadas falhas, alteração e fraturas nas rochas ao longo do seu perfil geológico. Isto ficou evidente no SM-07 da Área 02; apesar de sua RCS média elevada, porém sua RCSp resultou baixa. A provável causa disto deduz-se ser a alteração da rocha na primeira camada da sondagem.

Assim, apesar da heterogeneidade do maciço rochoso estudado, tanto na Área 01 quanto na Área 02, pode-se realizar um projeto de fundação no Granito Imaruí-Capivari, utilizando-se dados mais conservadores ou mais arrojados. O mais indicado, pelo estudo, é a utilização do menor valor encontrado.

Desta forma, para a Área 01 o valor da RCSp adotar-se-ia 47,05 MPa; e para a Área 02 o valor adotar-se-ia de 34,31 MPa.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15845**: Rochas para revestimento – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

ABGE. **Geologia de engenharia**. São Paulo. ABGE, 586p.

BARBETTA, Pedro A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Florianópolis: Editora da UFSC, v.3, 2003. P 211-241.

COSTA, Joaquim Botelho da. **Estudo e Classificação das Rochas por Exames Macroscópicos**. Portugal - Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 184p.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina – Base planimétrica e tema digitalizados pela Divisão de Cartografia / DICART a partir da folha SH.22-X-B Criciúma**. Ministério de Minas e Energia – Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Brasília, 2000. Escala 1:250.000.

FRAZÃO, Ely Borges. **Alteração de Rochas: Como critério na seleção de agregados**. São Paulo: ABGE, 2012. 123p.

FRAZÃO, Ely Borges. **Tecnologia de rochas na construção civil**. São Paulo: ABGE, 2002. 132p.

GUIDICINI, Guido; NIEBLE, Carlos M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: BLUCHER, 2011. 194p.

IAEG Commision "Engineering Geolical Mapping". **Classification of rocks and soil for engineering geology mapping. Part 1: rock and soil materials, bulletin of the International Association of Engineering Geology**. Krefeld, V.19: 364-371, 1979.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações: critério de projeto, investigação de subsolo, fundações superficiais**. São Paulo: Oficina De Textos, 2004. v.1.