

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES DO MACIÇO ROCHOSO GRANITO IMARUI - ESTUDO DE CASO

Orientando (Giovan Caciatori Jacinto), Orientador (Adailton Antonio dos Santos)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
giovan_254@hotmail.com, adailton@unescc.net

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo determinar resistência a compressão simples do maciço rochoso granito imarui, onde será executado um edifício residencial e comercial, com dezesseis pavimentos, localizado na cidade de Cocal do Sul Santa Catarina, nas coordenadas de latitude $28^{\circ}36'00,94''$ e longitude de $49^{\circ}19'34,71''$. O estudo utiliza-se de 38 amostras cilíndricas do maciço rochoso, extraídas de três furos de sondagens rotativas, para realização dos ensaios de resistência a compressão simples conforme NBR 12767/1992, classificação em relação ao grau de alteração, fraturamento e índice de recuperação, segundo classificação ABGE (1998). De posse dos dados de Resistência a Compressão Simples (RCS), das amostras ensaiadas, foi determinada a Resistência a Compressão Simples de Projeto (RCSp). Os experimentos foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC), do IDT/UNESC.

Palavras-Chave: resistência a compressão simples; maciço rochoso, granito imarui.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Frazão (2002), as rochas utilizadas como fundação na construção civil são frequentemente submetidas à compressão, com diferentes graus de intensidade. Este fato ocorre no maciço de granito imaruí objeto de estudo, ou seja, sobre o mesmo serão distribuídas as cargas provenientes dos pilares do Residencial Piazza Mirabella. Logo, se faz necessário caracterizar geologicamente o maciço, quanto ao grau de alteração, fraturamento e de resistência à compressão simples, o que foi feito no presente trabalho. Esta caracterização tem como intuito avaliar as potencialidades do maciço frente às solicitações de carga a que estará sendo submetido.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo proposto, fez-se uma revisão bibliográfica sobre sondagem rotativa e determinação da resistência a compressão simples (RCS) de testemunhos. Num segundo momento realizou-se uma pesquisa, com o intuito de levantar dados existentes sobre o local, onde encontra-se o maciço objeto de estudo, tais como: levantamento planialtimétrico cadastral, e investigações geotécnicas, em especial sondagem rotativa, existentes. Num terceiro momento, para realização dos ensaios de RCS, procedeu-se a coleta de testemunhos representativos do referido maciço rochoso, através da execução de novos furos de sondagem rotativa. De posse dos testemunhos de rocha e dos mapas geológicos da região, caracterizou-se geologicamente a área e determinou-se a RCS dos mesmos, traçando-se o perfil estratigráfico do terreno.

Finalmente, realizou-se o tratamento estatístico dos dados de resistência dos referidos testemunhos, de forma a se obter a resistência a compressão simples com 95% de confiança.

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA OBJETO DE ESTUDO

A área onde encontra-se situado o maciço rochoso, objeto de estudo (Figura 1), está localizada no Centro da cidade de Cocal do Sul – SC, nas coordenadas geográficas de latitude 28°36'00,94" e longitude de 49°19'34,71"

Figura 1 - Localização da Obra



Fonte: Google Earth. Disponível em: <www.google.com.br>, 2011.

2.2 GEOLOGIA

A Geologia da região apresenta, em sua porção oeste, uma faixa de rocha microclínio granitóide, calcoalcalina, com textura granular porfiróide, com desenvolvimento de megacristais de feldspato potássico róseo e/ou cinza, distribuídos em matriz grosseira de composição granítica a granodiorítica, Quartzo Monzonito Morro da Fumaça, pertencente a Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

No restante da área, setor leste, ocorrem rochas sedimentares gonduânicas, representadas por arenitos, siltitos, argilitos e ritmitos, pertencentes a Formação Rio do Sul, Grupo Itararé.

2.3 INVESTIGAÇÕES GEOTECNICAS

As investigações geotécnicas foram realizadas em três etapas. Na primeira etapa (outubro de 2009) foram executados 7 furos de sondagem a percussão, nos quais se identificou uma camada impenetrável a percussão, numa profundidade média de 6,16m. Este fato obrigou a necessidade da realização de uma segunda etapa de investigação (abril de 2010), constituída por 6 furos de sondagem rotativa, com intuito de investigar o impenetrável a percussão. Porém como é de praxe na região, os testemunhos de rocha foram descartados. Isso porque as construtoras não possuem consultores geotécnicos em seu quadro técnico, os quais orientariam para que fossem feitas as coletas de testemunhos, com o intuito de determinar a resistência à compressão simples dos mesmos. Logo, para realização do presente trabalho, se fez necessário, uma terceira etapa de investigação (outubro de 2011), onde foram realizados 3 furos de sondagem rotativa (Figura 2), com intuito de coletar testemunhos representativos do maciço. A tabela 2 apresenta a estratigrafia dos furos realizados.

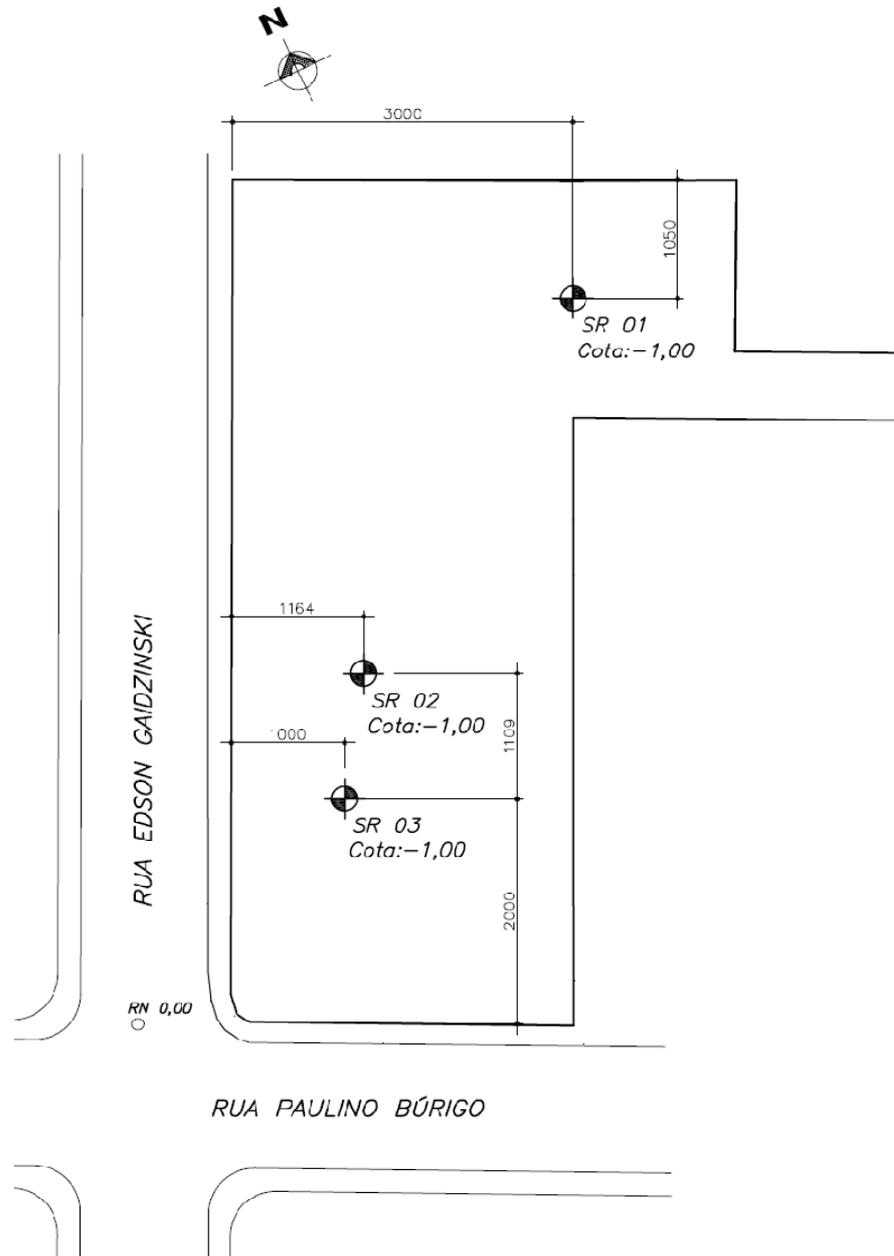
Tabela 2 - Etapa 03 – Sondagem Rotativa com coleta de testemunhos

SONDAGEM Cota	SR-01	SR-02	SR-03
1,00 (m)	Solo	Solo	Solo
2,00 (m)	Solo	Solo	Solo
3,00 (m)	Solo	Solo	Solo
4,00 (m)	Granito	Solo	Granito
4,50 (m)	Granito	Granito	Granito
5,00 (m)	Granito	Granito	Granito
5,50 (m)	Granito	Granito	Granito
6,00 (m)	Granito	Granito	Granito
6,50 (m)	Granito	Granito	Granito
7,00 (m)	Granito	Granito	Granito
7,50 (m)	Granito	Granito	Granito
8,00 (m)	Granito	Granito	Granito
8,50 (m)	Granito	Granito	Granito
8,61 (m)	Granito	Granito	Granito

Fonte: Autor (2011)

Cabe ressaltar, que estes furos (SR-01, SR-02 e SR-03), foram executados para coletar testemunhos, bem como, para classificar o maciço quanto à sanidade, fraturamento, recuperação e continuidade do mesmo.

Figura 2 – Localização dos furos de sondagem rotativa



Fonte: Autor (2011)

As investigações citadas e adotadas no presente trabalho, foram executadas pela empresa SAVI Fundações e Sondagens Ltda.

A descrição quanto à sanidade, fraturamento e recuperação dos testemunhos da rocha dos furos SR-01 a SR-03, apresentada a seguir, foi feita com o auxílio do geólogo Clóvis Norberto Savi.

No furo SR-01 (Figura 3) foram executadas 3 manobras com barrilete de 1,50m onde foram coletadas 2,25m de granito pouco alterado (A2), resultando em um

índice de recuperação de 66,66% a 83,33%, com grau de fraturamento de 4,44, ou seja, uma rocha pouco fraturada (F2), segundo classificação ABGE (1998).

No furo SR 02 (Figura 4) foram executadas 4 manobras com barrilete de 1,50m onde foram coletadas 3,31m de granito pouco alterado (A2), resultando em um índice de recuperação de 30,66% a 77,33%, com grau de fraturamento de 7,25, ou seja, uma rocha medianamente fraturada (F3), segundo classificação ABGE (1998).

No furo SR-03 (Figura 5) foram executadas 3 manobras com barrilete de 1,50m onde foram coletadas 2,57m de granito pouco alterado (A2), resultando em um índice de recuperação de 30,66% a 87,33%, com grau de fraturamento de 9,33, ou seja, uma rocha medianamente fraturada (F3), segundo classificação ABGE (1998).

Figura 3



Figura 4



Figura 5



Fonte: Autor (2011)

2.4 ENSAIOS DE RESISTENCIA A COMPRESSÃO SIMPLES

Todos os ensaios foram realizados de acordo com os procedimentos descritos na norma NBR 12767/92.

Para determinação da resistência à compressão simples do maciço de rocha foram selecionados nos furos SR-01, SR-02 e SR-03, 38 testemunhos distribuídos da seguinte forma:

- ✓ 13 testemunhos no furo SR-01, no intervalo compreendido entre as cotas - 5,57m e - 8,61m;
- ✓ 15 testemunhos no furo SR-02, no intervalo compreendido entre as cotas - 5,65m e - 8,08m;
- ✓ 10 testemunhos no furo SR-03, no intervalo compreendido entre as cotas - 5,23m e - 7,43m.

Como não ocorreu nenhum tipo de desgaste ou dano das amostras, durante o processo de corte dos testemunhos de rocha, não se fez o capeamento dos mesmos, como recomenda a NBR 12767/92.

Para todas as amostras foram determinados os diâmetros médios, obtidos através de três medidas (topo, meio e base) conforme ilustrado na figura 6, e alturas médias, determinadas através de duas medidas de altura diametralmente opostas. Dados estes, determinados para o cálculo e correção da RCS dos referidos testemunhos.

A resistência à compressão simples de uma rocha deve ser dada pela média das resistências obtidas na condição de umidade natural e na condição inundada (testemunhos imersos por no mínimo 4hs), conforme figura 7.

Os ensaios de RCS foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC), do I-dt/UNESC em uma prensa para ensaios mecânicos modelo PC 2001 com capacidade de 200 Ton, conforme figura 8.

Figura 6 - Medida do diâmetro do testemunho



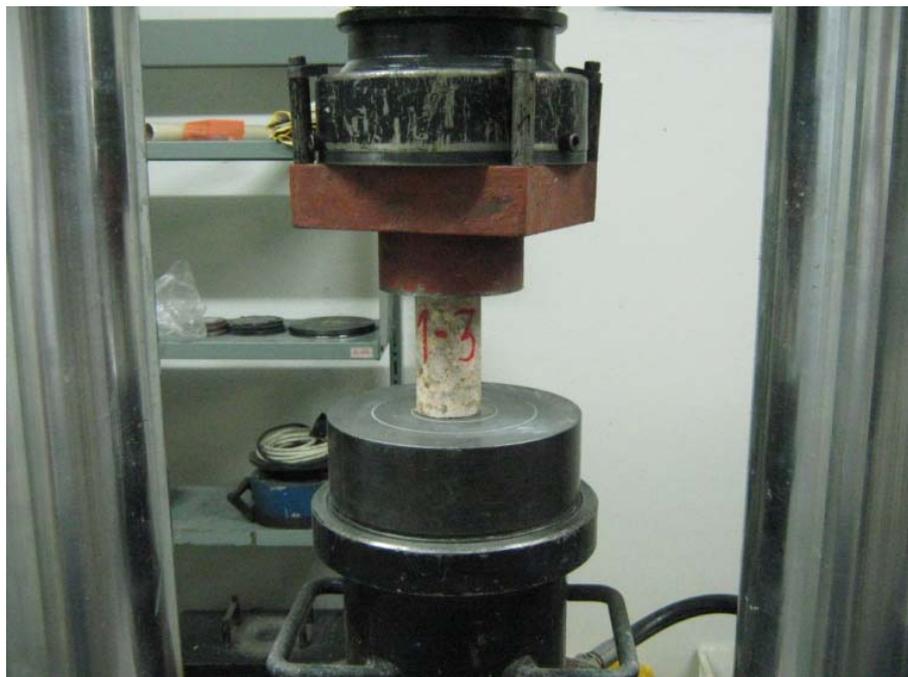
Fonte: Autor (2011)

Figura 7 - Testemunho imerso em água



Fonte: Autor (2011)

Figura 8 - Testemunho colocado na prensa, para medir sua RCS.



Fonte: Autor (2011)

A ruptura dos testemunhos como ilustrado na figura 9, ocorreu em sua maioria num plano de 45°.

Figura 9 - Aplicação da força, e rompimento dos testemunhos



Fonte: Autor (2011)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tabelas 3, 4 e 5 apresentam os resultados dos ensaios de RCS realizados nos testemunhos dos furos SR-01, SR-02 e SR-03.

Tabela 3 - Ensaio de RCS dos testemunhos SR-01

Amostra n°	Profundidade de amostragem (m) - SR01	Altura média (m)	Diâmetro médio (m)	Área (m ²)	Carga (KN)	Resistência à compressão (Mpa)
2	-5,57	0,083	0,041	0,0013	53,70	40,51
3	-6,73	0,083	0,041	0,0013	61,10	45,44
4	-6,91	0,083	0,041	0,0014	121,50	89,51
8	-7,29	0,082	0,041	0,0013	101,10	75,19
5	-7,39	0,083	0,041	0,0013	76,20	56,96
9	-7,49	0,081	0,041	0,0013	174,80	130,88
6	-7,59	0,083	0,041	0,0013	110,60	82,65
10	-7,69	0,082	0,041	0,0013	190,70	142,49
7	-7,79	0,083	0,041	0,0014	128,70	94,57
11	-7,89	0,082	0,041	0,0014	123,60	91,39
14	-8,21	0,082	0,041	0,0013	139,10	103,78
13	-8,31	0,074	0,041	0,0014	163,70	120,38
12	-8,61	0,075	0,041	0,0013	97,30	72,88

Fonte: Autor (2011)

Tabela 4 - Ensaio de RCS dos testemunhos SR-02

Amostra n°	Profundidade de amostragem (m) - SR02	Altura média (m)	Diâmetro médio (m)	Área (m ²)	Carga (KN)	Resistência à compressão (Mpa)
1	-5.65	0.081	0.041	0.0013	32.10	24.22
2	-5.90	0.081	0.040	0.0013	32.60	25.05
3	-6.13	0.081	0.041	0.0013	93.20	69.71
9	-6.30	0.081	0.041	0.0013	131.60	97.65
10	-6.42	0.081	0.041	0.0013	123.10	91.52
4	-6.86	0.081	0.041	0.0013	100.20	74.38
11	-7.06	0.081	0.041	0.0013	129.80	98.14
12	-7.19	0.081	0.041	0.0014	134.10	99.12
13	-7.33	0.081	0.041	0.0013	109.98	81.66
8	-7.48	0.081	0.041	0.0014	110.20	81.07
7	-7.58	0.082	0.041	0.0014	97.50	71.65
5	-7.70	0.081	0.041	0.0014	55.30	40.8
14	-7.80	0.080	0.041	0.0014	122.40	90.08
15	-7.91	0.080	0.041	0.0014	125.00	91.97
16	-8.08	0.080	0.041	0.0014	89.40	65.87

Fonte: Autor (2011)

Tabela 5 - Ensaio de RCS dos testemunhos SR-03

Amostra n°	Profundidade de amostragem (m) - SR03	Altura média (m)	Diâmetro médio (m)	Área (m²)	Carga (KN)	Resistência à compressão (Mpa)
1	-5,23	0,081	0,041	0,0014	63,80	41,17
8	-5,33	0,083	0,041	0,0014	57,00	42,06
2	-5,42	0,081	0,041	0,0014	45,70	33,77
9	-5,85	0,082	0,041	0,0014	44,10	32,45
10	-5,95	0,082	0,041	0,0014	131,10	102,51
6	-6,36	0,083	0,041	0,0014	133,50	98,44
4	-6,57	0,081	0,041	0,0014	66,60	49,12
11	-6,93	0,082	0,041	0,0014	111,50	82,05
12	-7,22	0,082	0,041	0,0014	109,10	80,33
5	-7,43	0,081	0,041	0,0014	89,90	66,36

Fonte: Autor (2011)

3.1 DETERMINAÇÃO DA RCS DE PROJETO (RCS_p)

Para estar 95% confiante de que não ocorrerão valores de RCS menores que a RCS de projeto (RCS_p), o mesmo será calculado pela equação 01:

$$RCS_p = RCS_m - \left[\frac{s \times t_{0,95}}{\sqrt{(n-1)}} \right] \quad (1)$$

O desvio padrão será calculado através da equação 02:

$$S = \sqrt{\frac{\sum f \times (RCS - RCS_m)^2}{\sum f}} \quad (2)$$

Em que:

- RCS_m: média aritmética dos RCS_p das "n" amostras ensaiadas;
- RCS: Resistência a compressão simples das "n" amostras ensaiadas;
- S: Desvio padrão;
- f: Frequência;
- t_{0,95}: coeficiente relativo ao intervalo de confiança de 95%;
- n: número de amostras ensaiadas;

Com base nos dados das tabelas 4, 5 e 6, determinou-se a resistência a compressão simples de projeto (RCS_p) dos furos SR-01, SR-02 e SR 03, com 95% de confiança através da equação 01, cujos resultados se encontram na tabela 7.

Tabela 7 – Resistência a Compressão Simples de Projeto

Sondagem	n-1	t "student"	RCSm (Mpa)	S	RCSp (Mpa)
1	12	1.78	88,20	29,89	73,61
2	14	1.76	74,69	25,04	63,50
3	9	1.83	62,83	25,27	48,18

Fonte: Autor (2011)

A análise dos dados da tabela 7, permite classificar o maciço de rocha, objeto de estudo, segundo os critérios da IAEG (1979), como variando de moderadamente forte a forte. A tabela 8 apresenta o resultado dessa classificação.

Tabela 8 – Classificação da resistência para rochas, segundo a IAEG (1979)

Sondagem	Classe	Resistência (Mpa)	RCSp (Mpa)	Classificação
1	3	50 - 120	73,61	Forte
2	3	50 - 120	63,50	Forte
3	2	15 - 50	48,18	Moderadamente Forte

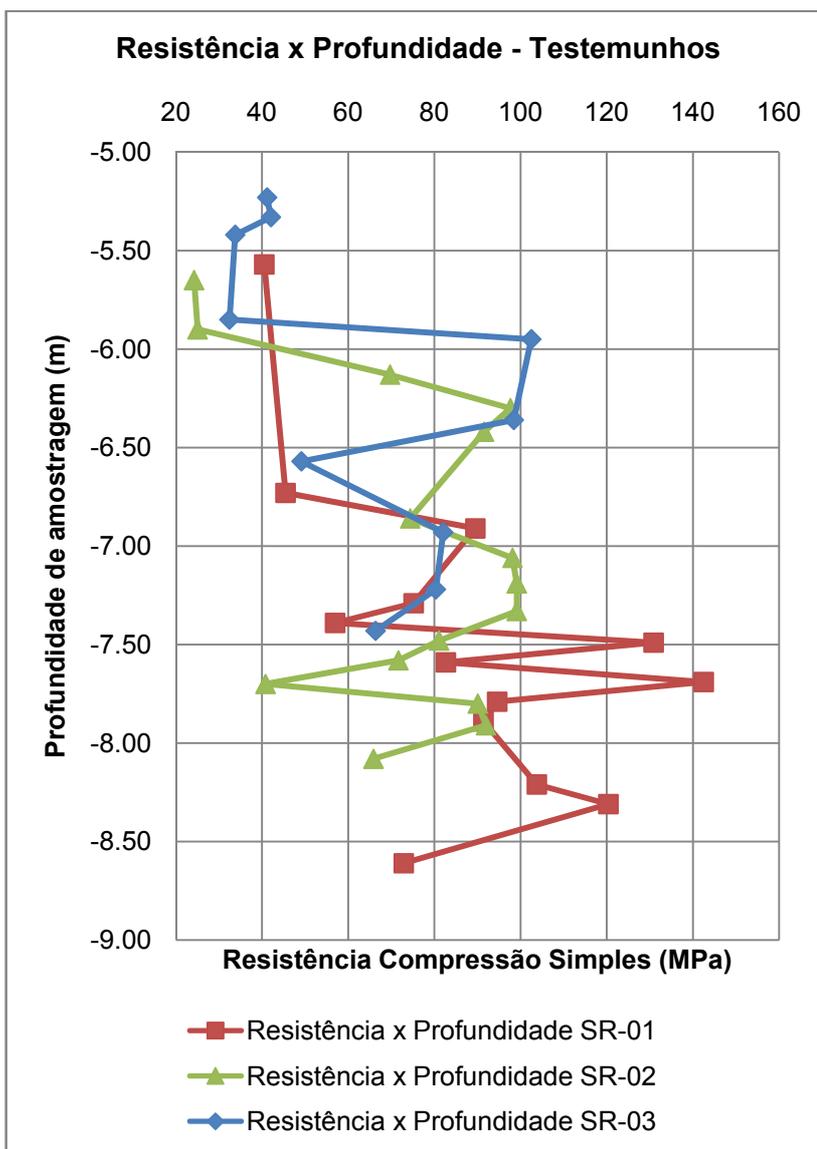
Fonte: Autor (2011)

4 CONCLUSÕES

O maciço de rocha objeto de estudo, trata-se do Granito limaruí, cinza róseo, classificado segundo os critérios da ABGE (1998), como pouco alterado (A2) e com grau de fraturamento variando entre pouco fraturado (F2) a medianamente fraturado (F3).

De acordo com os resultados obtidos observou-se que o maciço possui um comportamento errático, em relação a sua resistência a compressão simples, ou seja, sua resistência oscila em profundidade, ao invés de aumentar gradativamente com a mesma, como é normalmente esperado. Este tipo de comportamento mecânico do maciço, provavelmente, está relacionado com a heterogeneidade mineralógica, textura e a presença fraturas em profundidade como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Gráfico dos ensaios de RCS dos testemunhos SR-01, SR-02 e SR-03



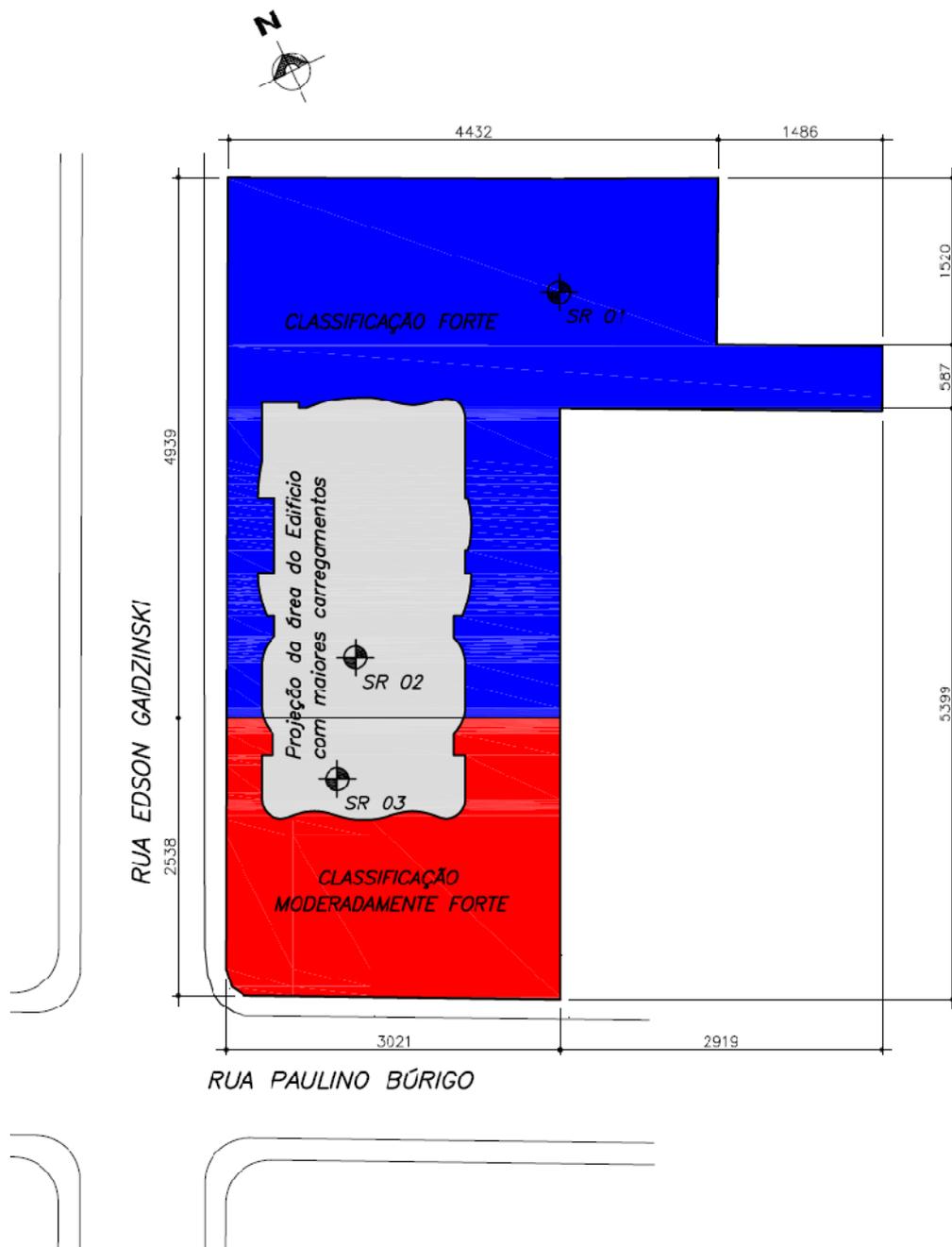
Fonte: Autor (2011)

Das amostras do furo SR-01 e SR-02, obteve-se a RCSp com 95% de confiança, 73,61 e 63,5 MPa, respectivamente, enquadrando-se na classe 3, classificação forte, segundo os critérios da IAEG (1979). Utilizando-se dos mesmos critérios para as amostras do furo SR-03, obteve-se uma RCSp de 48,18 MPa, a qual se enquadra na classe 2, classificação moderadamente forte. Logo, adotou-se no presente trabalho o valor de 48,18 MPa, como a resistência a compressão simples do maciço (RCSp), por se tratar do menor valor encontrado no presente estudo.

Em uma área total de 2646,06m², 71,07 % da área do maciço rochoso, representada pela cor azul, possui classificação forte, e 28,93 %, representada na cor vermelha com classificação Moderadamente Forte, segundo figura 11. Por fim em uma última

análise observa-se que uma parte da área expressa na cor cinza, ou seja, onde estão localizados os maiores carregamentos do Edifício, se encontra na classificação moderadamente forte. Caso este estudo, fosse executado anteriormente a elaboração do projeto arquitetônico, se implantaria a edificação integralmente na região em que o maciço apresenta-se classificado como forte, aproveitando ao máximo a capacidade de suporte do mesmo.

Figura 11 – Área de classificação segundo IAEG, (1979)



Fonte: Autor (2011)

5 REFERÊNCIAS

ABGE. GEOLOGIA de engenharia. São Paulo:, ABGE, 1998. 586 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12767: Rochas para revestimento - determinação da resistência à compressão uniaxial: método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ELIAN, Silvia N.; VAIANO, Cecília A. Estatística Básica, Editora Farhat, São Paulo, v.1, 2006.

FRAZÃO, Ely Borges. Tecnologia de Rochas na Construção Civil. São Paulo: ABGE, 2002. 132p.

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