

DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS E MÊCANICOS DOS SOLOS DA REGIÃO DE CRICIÚMA-SC.

João Ricardo da Luz Búrigo (1), Adailton Antônio dos Santos (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)joaoricardoburigo@gmail.com, (2)adailton@unesc.net

RESUMO

O presente trabalho, tem por objetivo a determinação dos parâmetros físicos e mecânicos dos solos do município de Criciúma-SC e arredores, a fim de avaliar a aplicabilidade dos mesmos como camada de subleito, além de realizar comparativos entre o Índice de Suporte Califórnia (ISC) determinado estatisticamente, com um grau de confiança de 90% ($GC_{t0,90}$) e o ISC_{DNIT} (ISC esperado de acordo com a classificação Transportation Research Board e Índice de Grupo). Para isto, foram coletadas amostras de solo no município de Criciúma-SC e municípios vizinhos, as quais foram submetidas a ensaios de caracterização física (granulometria por peneiramento, Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade) e mecânica (compactação, Índice de Suporte Califórnia - ISC e expansão), no Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS), do Instituto de Engenharia e Tecnologia (IDT), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). O estudo demonstrou que 86,8 % dos solos caracterizados, atendem a especificação do DNIT, para camada subleito (DNIT 299/97, p.03) e que de acordo com a classificação TRB 14,58% dos mesmos, são considerados “solos grossos” e 85,42% “solos finos”. A análise comparativa entre o ISC determinado estatisticamente, com um grau de confiança de 90% ($GC_{t0,90}$) e o ISC_{DNIT} , permite afirmar com 90% de confiança, que os solos dos grupos A4, A6 e A7 (A7-5 e A7-6), apresentam o comportamento esperado, no que se refere ao ISC segundo DNIT e a análise comparativa entre o ISC determinado estatisticamente com um grau de confiança de 90% ($GC_{t0,90}$), e que o ISC_{IG} somente apresentou valores equivalentes, para os IG entre 9 e 14.

Palavras-Chave: Solo. ISC. Expansão. TRB. IG.

1. INTRODUÇÃO

Solos são materiais resultantes da decomposição de rochas, gerados pela ação de agentes de intemperismo. Para fins de pavimentação, considera-se solo todo material parcialmente consolidado ou inconsolidado que pode ser escavado sem o emprego de técnicas especiais, como a utilização de explosivos. O objetivo do

estudo dos solos, para a construção de rodovias, visa à determinação dos seus parâmetros físicos e mecânicos.

Segundo Rostirolla (2012), no Brasil, os métodos utilizados para o dimensionamento de pavimentos, estão associados à capacidade de suporte do subleito, em função do número equivalente de operações de um eixo simples de roda dupla (N) e do Índice de Suporte Califórnia (ISC). O ISC, segundo De Senço (1997, p.219), “é, sem dúvida, umas das características mais aceitas para avaliar o comportamento de um solo, quer como fundação de pavimento, quer como componente das camadas desse pavimento.” O que justifica a importância do estudo do solo da camada de subleito, para determinação de seus parâmetros geotécnicos, os quais são utilizados no dimensionamento do pavimento.

Como a determinação do ISC é um processo demorado, procura-se inferir o valor aproximado do mesmo, através de correlações com outros parâmetros geotécnicos. Porém, os resultados obtidos não devem ser adotados a nível de projeto executivo e sim, a nível de anteprojeto.

Logo, o presente trabalho, tem como objetivo determinar parâmetros físicos e mecânicos, das amostras de solo coletadas no município de Criciúma-SC e arredores, e avaliar o seu uso como camada de subleito. E realizar, ainda comparativos entre o ISC determinado estatisticamente com um grau de confiança de 90% ($GC_{10,90}$) e o ISC_{DNIT} (ISC esperado de acordo com a classificação Transportation Research Board e Índice de Grupo).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do presente trabalho, buscou-se na literatura técnica, informações sobre os parâmetros físicos e mecânicos dos solos da região de Criciúma-SC e arredores, bem como ensaios de caracterização física e mecânica, classificação do solo e tratamento estatístico. De posse dos dados geotécnicos existentes, coletou-se amostras de solo nos municípios de Criciúma-SC, Forquilha-SC e Morro da Fumaça-SC. Estas foram georeferenciadas com auxílio de GPS, e encaminhadas ao Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS), do Instituto de Engenharia e Tecnologia (IDT), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), para realização de ensaios de caracterização. Os resultados obtidos foram adicionados aos de

ROSTIROLLA (2012), o qual determinou, através de estudo, uma série de parâmetros geotécnicos, para os solos do município de Criciúma. Com base nestas informações determinou-se estatisticamente valores médios (\bar{X}), máximos ($\bar{X}_{máx}$) e mínimos ($\bar{X}_{mín}$) de acordo com as especificações do DNIT (DNER-PRO 277/97, P.06), e com grau de confiança de 90% $GC_{t_{0,90}}$, para os parâmetros físicos e mecânicos determinados. Por fim realizou-se uma análise comparativa entre o ISC determinado através de ensaio e o ISC_{DNIT} .

2.1. LOCAIS DE COLETA E AMOSTRAS

A tabela 1 apresenta um resumo dos locais de coleta das amostras, bem com o N^o de cada uma.

Tabela 1 – Numeração e Local de coleta das amostras

N ^o	MUNICÍPIO	LOCAL	AMOSTRA
001	CRICIÚMA-SC	RUA ANGELA UBIALI	PV 01 - AM 01
002	CRICIÚMA-SC	RUA ANGELA UBIALI	PV 02 - AM 02
003	CRICIÚMA-SC	RUA ANGELA UBIALI	PV 03 - AM 01
004	CRICIÚMA-SC	RUA ANGELA UBIALI	PV 03 - AM 02
005	CRICIÚMA-SC	RUA ANGELA UBIALI	PV 04 - AM 01
006	CRICIÚMA-SC	RUA ANGELA UBIALI	PV 05 - AM 01
007	CRICIÚMA-SC	RUA ANGELA UBIALI	PV 05 - AM 02
008	CRICIÚMA-SC	RUA ANTONIO PAULO DE SOUZA	PV 01 - AM 01
009	CRICIÚMA-SC	RUA ANTONIO PAULO DE SOUZA	PV 01 - AM 02
010	CRICIÚMA-SC	RUA ANTONIO PAULO DE SOUZA	PV 02 - AM 01
011	CRICIÚMA-SC	RUA ANTONIO PAULO DE SOUZA	PV 02 - AM 02
012	CRICIÚMA-SC	RUA BERNARDINO NUNES BENTO	PV 01 - AM 01
013	CRICIÚMA-SC	RUA BERNARDINO NUNES BENTO	PV 02 - AM 01
014	CRICIÚMA-SC	RUA ESTANISLAU MACHINSKI	PV 02 - AM 01
015	CRICIÚMA-SC	RUA ESTANISLAU MACHINSKI	PV 02 - AM 02
016	CRICIÚMA-SC	RUA ESTANISLAU MACHINSKI	PV 03 - AM 01
017	CRICIÚMA-SC	RUA ESTANISLAU MACHINSKI	PV 03 - AM 02
018	CRICIÚMA-SC	RUA ESTANISLAU MACHINSKI	PV 04 - AM 01
019	CRICIÚMA-SC	RUA ESTANISLAU MACHINSKI	PV 04 - AM 02
020	CRICIÚMA-SC	RUA ESTANISLAU MACHINSKI	PV 05 - AM 01

Fonte: O autor.

Tabela 1 – Continuação

Nº	MUNICIPIO	LOCAL	AMOSTRA
021	CRICIÚMA-SC	RUA CAIAPÓ	PV 05 - AM 05
022	CRICIÚMA-SC	RUA EPITÁCIO PESSOA	PV 01 - AM 01
023	CRICIÚMA-SC	RUA EPITÁCIO PESSOA	PV 02 - AM 01
024	CRICIÚMA-SC	RUA EPITÁCIO PESSOA	PV 03 - AM 01
025	CRICIÚMA-SC	RUA ZÉLIO PAULO GAILLI	PV 01 - AM 01
026	CRICIÚMA-SC	RUA ZÉLIO PAULO GAILLI	PV 01 - AM 02
027	CRICIÚMA-SC	RUA ZÉLIO PAULO GAILLI	PV 02 - AM 01
028	CRICIÚMA-SC	RUA ZÉLIO PAULO GAILLI	PV 02 - AM 02
029	CRICIÚMA-SC	RUA VEREADOR CYRO BACHA	PV 02 - AM 01
030	CRICIÚMA-SC	RUA ADELINA DAGOSTIN GIASSI	PV 01 - AM 01
031	CRICIÚMA-SC	RUA ADELINA DAGOSTIN GIASSI	PV 02 - AM 01
032	CRICIÚMA-SC	RUA ADELINA DAGOSTIN GIASSI	PV 03 - AM 01
033	CRICIÚMA-SC	RUA ADELINA DAGOSTIN GIASSI	PV 04 - AM 01
034	CRICIÚMA-SC	RUA ADELINA DAGOSTIN GIASSI	PV 04 - AM 02
035	CRICIÚMA-SC	RUA ADELINA DAGOSTIN GIASSI	PV 05 - AM 01
036	CRICIÚMA-SC	RUA ADELINA DAGOSTIN GIASSI	PV 05- AM 02
037	CRICIÚMA-SC	RUA BRUNO NICROSINI	PV 01 - AM 01
038	CRICIÚMA-SC	RUA BRUNO NICROSINI	PV 02 - AM 01
039	CRICIÚMA-SC	RUA BRUNO NICROSINI	PV 02 - AM 02
040	CRICIÚMA-SC	RUA BRUNO NICROSINI	PV 03 - AM 01
041	CRICIÚMA-SC	RUA BRUNO NICROSINI	PV 03 - AM 01
042	CRICIÚMA-SC	RUA BRUNO NICROSINI	PV 04 - AM 01
043	CRICIÚMA-SC	RUA BRUNO NICROSINI	PV 05 - AM 01
044	CRICIÚMA-SC	RUA LUIZ ZANIVAN	PV 01 - AM 01
045	CRICIÚMA-SC	RUA LUIZ ZANIVAN	PV 03 - AM 01
046	CRICIÚMA-SC	RUA LUIZ ZANIVAN	PV 03 - AM 02
047	CRICIÚMA-SC	RUA LUIZ ZANIVAN	PV 04 - AM 01
048	CRICIÚMA-SC	RUA HENRIQUE RONZONI	PV 01 - AM 01
049	CRICIÚMA-SC	RUA HENRIQUE RONZONI	PV 02 - AM 01
050	CRICIÚMA-SC	RUA PEDRO MARGOTTI	PV 01 - AM 01
051	CRICIÚMA-SC	RUA PEDRO MARGOTTI	PV 02 - AM 01
052	CRICIÚMA-SC	RUA PEDRO MARGOTTI	PV 02 - AM 02
053	CRICIÚMA-SC	RUA FIORAVANT BENEDET	PV 02 - AM 01
054	CRICIÚMA-SC	RUA FIORAVANT BENEDET	PV 03 - AM 01
055	CRICIÚMA-SC	RUA FREI DAMIÃO	PV 01 - AM 01
056	CRICIÚMA-SC	RUA FREI DAMIÃO	PV 02 - AM 01

Fonte: O autor.

Tabela 1 – Continuação

Nº	MUNICIPIO	LOCAL	AMOSTRA
057	CRICIÚMA-SC	RUA FREI DAMIÃO	PV 03 - AM 01
058	CRICIÚMA-SC	RUA FREI DAMIÃO	PV 03 - AM 02
059	CRICIÚMA-SC	RUA FREI DAMIÃO	PV 05 - AM 01
060	CRICIÚMA-SC	RUA RAINHA DA PAZ	PV 01 - AM 01
061	CRICIÚMA-SC	RUA RAINHA DA PAZ	PV 02 - AM 01
062	CRICIÚMA-SC	RUA RAINHA DA PAZ	PV 05 - AM 01
063	CRICIÚMA-SC	RUA RAINHA DA PAZ	PV 04 - AM 01
064	CRICIÚMA-SC	RUA RAINHA DA PAZ	PV 04 - AM 02
065	CRICIÚMA-SC	RUA RAINHA DA PAZ	PV 03 - AM 01
066	CRICIÚMA-SC	RUA SANTA HORTOLAN MILIOLI	PV 01 - AM 01
067	CRICIÚMA-SC	RUA SANTA HORTOLAN MILIOLI	PV 02 - AM 01
068	CRICIÚMA-SC	RUA SANTA HORTOLAN MILIOLI	PV 02 - AM 02
069	CRICIÚMA-SC	RUA SANTA HORTOLAN MILIOLI	PV 03 - AM 01
070	CRICIÚMA-SC	RUA SANTA HORTOLAN MILIOLI	PV 04 - AM 01
071	CRICIÚMA-SC	RUA SANTA HORTOLAN MILIOLI	PV 04 - AM 02
072	CRICIÚMA-SC	RUA SANTA HORTOLAN MILIOLI	PV 05 - AM 01
073	CRICIÚMA-SC	RUA SÃO JUDAS TADEU	PV 01 - AM 01
074	CRICIÚMA-SC	RUA SÃO JUDAS TADEU	PV 01 - AM 02
075	CRICIÚMA-SC	RUA GUIDO COLOMBO	PV 01 - AM 01
076	CRICIÚMA-SC	RUA GUIDO COLOMBO	PV 02 - AM 01
077	CRICIÚMA-SC	RUA JAIRO FRANK	PV 04 - AM 04
078	CRICIÚMA-SC	RUA JAIRO FRANK	PV 02 - AM 02
079	CRICIÚMA-SC	RUA JAIRO FRANK	PV 03 - AM 03
080	CRICIÚMA-SC	RUA FLORIANÓPOLIS	PV 08 - AM 08
081	CRICIÚMA-SC	RUA ROSA BONFANTE UGIONE	PV 02 - AM 01
082	CRICIÚMA-SC	RUA ROSA BONFANTE UGIONE	PV 01 - AM 01
083	CRICIÚMA-SC	RUA TRANQUILO PELLEGRIN	PV 01 - AM 01
084	CRICIÚMA-SC	RUA TRANQUILO PELLEGRIN	PV 02 - AM 01
085	CRICIÚMA-SC	RUA TAMOIO	PV 01 - AM 01
086	CRICIÚMA-SC	RUA LOURENÇO ZANETTE	PV 01 - AM 01
087	CRICIÚMA-SC	RUA LOURENÇO ZANETTE	PV 02 - AM 01
088	CRICIÚMA-SC	RUA LOURENÇO ZANETTE	PV 02 - AM 02
089	CRICIÚMA-SC	RUA LOURENÇO ZANETTE	PV 03 - AM 01
090	CRICIÚMA-SC	RUA PROJETADA 01	PV 01 - AM 01
091	CRICIÚMA-SC	RUA PROJETADA 01	PV 01 - AM 02
092	CRICIÚMA-SC	RUA PROJETADA 01	PV 02 - AM 01

Fonte: O autor.

Tabela 1 – Continuação

Nº	MUNICIPIO	LOCAL	AMOSTRA
093	CRICIÚMA-SC	RUA PROJETADA 02	PV 01 - AM 01
094	CRICIÚMA-SC	RUA PROJETADA 02	PV 01 - AM 02
095	CRICIÚMA-SC	RUA PROJETADA 03	PV 01 - AM 01
096	CRICIÚMA-SC	RUA PROJETADA 04	PV 01 - AM 01
097	CRICIÚMA-SC	RUA PROJETADA 04	PV 02 - AM 02
098	CRICIÚMA-SC	RUA PROJETADA 05	PV 01 - AM 01
099	CRICIÚMA-SC	RUA TUPINAMBÁ	PV 07 - AM 07
100	CRICIÚMA-SC	RUA DIVO FERNANDES	PV 01 - AM 01
101	CRICIÚMA-SC	RUA DIVO FERNANDES	PV 02 - AM 01
102	CRICIÚMA-SC	RUA IVO FELTRIN	PV 01 - AM 01
103	CRICIÚMA-SC	RUA IVO FELTRIN	PV 02 - AM 01
104	CRICIÚMA-SC	RUA PORTO VELHO	PV 09 - AM 09
105	CRICIÚMA-SC	RUA JOSÉ ERACIDES DO AMARAL	PV 02 - AM 01
106	CRICIÚMA-SC	RUA JOSÉ ERACIDES DO AMARAL	PV 01 - AM 01
107	FORQUILHINHA-SC	RUA EUCLIDES BORTOLOTTO	PV 01 - AM 01
108	FORQUILHINHA-SC	RUA EUCLIDES BORTOLOTTO	PV 01 - AM 02
109	FORQUILHINHA-SC	RUA EUCLIDES BORTOLOTTO	PV 04 - AM 01
110	FORQUILHINHA-SC	RUA EUCLIDES BORTOLOTTO	PV 04- AM 02
111	FORQUILHINHA-SC	RUA EUCLIDES BORTOLOTTO	PV 05 - AM 01
112	FORQUILHINHA-SC	RUA EUCLIDES BORTOLOTTO	PV 05 - AM 02
113	FORQUILHINHA-SC	RUA EUCLIDES BORTOLOTTO	PV 08 - AM 01
114	FORQUILHINHA-SC	RUA EUCLIDES BORTOLOTTO	PV 08 - AM 02
115	FORQUILHINHA-SC	RUA EUCLIDES BORTOLOTTO	PV 10 - AM 01
116	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 01	PV 06 - AM 01
117	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 01	PV 06 - AM 02
118	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 01	PV 07 - AM 01
119	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 01	PV 07 - AM 02
120	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 02	PV 09 - AM 01
121	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 04	PV 02 - AM 01
122	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 04	PV 02 - AM 02
123	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 05	PV 02 - AM 01
124	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 05	PV 02 - AM 02
125	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 11	PV 01 - AM 01
126	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 12	PV 01 - AM 02
127	FORQUILHINHA-SC	RUA PROJETADA 13	PV 03 - AM 01
128	CRICIÚMA-SC	JAZIDA 01	PV 01 - AM 01

Fonte: O autor.

Tabela 1 – Continuação

Nº	MUNICIPIO	LOCAL	AMOSTRA
129	CRICIÚMA-SC	JAZIDA 01	PV 02 - AM 02
130	CRICIÚMA-SC	JAZIDA 01	PV 03 - AM 01
131	CRICIÚMA-SC	JAZIDA 01	PV 04 - AM 02
132	CRICIÚMA-SC	JAZIDA 01	PV 05 - AM 01
133	CRICIÚMA-SC	JAZIDA 02	PV 01 - AM 01
134	CRICIÚMA-SC	JAZIDA 02	PV 01 - AM 02
135	CRICIÚMA-SC	JAZIDA 02	PV 01 - AM 03
136	CRICIÚMA-SC	JAZIDA 02	PV 02 - AM 01
137	MORRO DA FUMAÇA-SC	JAZIDA 03	PV 01 - AM 01
138	MORRO DA FUMAÇA-SC	JAZIDA 03	PV 02 - AM 01
139	MORRO DA FUMAÇA-SC	JAZIDA 03	PV 02 - AM 02
140	MORRO DA FUMAÇA-SC	JAZIDA 03	PV 03 - AM 01
141	MORRO DA FUMAÇA-SC	JAZIDA 03	PV 04 - AM 01
142	MORRO DA FUMAÇA-SC	JAZIDA 03	PV 05 - AM 01
143	FORQUILHINHA-SC	JAZIDA 04	PV 01 - AM 01
144	FORQUILHINHA-SC	JAZIDA 05	PV 02 - AM 02

Fonte: O autor.

2.2. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

As amostras, após serem coletadas e encaminhadas ao laboratório, foram preparadas de acordo com a norma NBR 6457/86, e realizados os ensaios de caracterização física e mecânica, de acordo com as normas especificadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Normas referentes aos ensaios

Ensaio	Normas	
Caracterização Física	Preparação de amostra	NBR 6457/86
	Granulometria por peneiramento simples	NBR 7181/84
	Limite de liquidez (LL)	NBR 6459/84
	Limite de plasticidade (LP)	NBR 7180/84
Caracterização Mecânica	Compactação	NBR 7182/86
	ISC e Expansão	NBR 9895/87

Fonte: O autor.

Os ensaios de caracterização física (granulometria, LL e LP) visaram classificar as amostras de solo segundo a classificação TRB (Transportation Research Board). Enquanto que, os ensaios de caracterização mecânica (ISC e expansão), tinham como objetivo de verificar a aplicabilidade do solo, como camada de fundação do pavimento.

2.3. TRANSPORTATION REARCH BOARD (TRB)

A classificação Transportation Research Board (TRB) é um sistema de classificação dos solos, muito empregada no âmbito da engenharia rodoviária. Fundamenta-se na granulometria, isto é, no percentual passante na peneira de Nº 200 ($P_p\#200$), LL, LP e índice de plasticidade (IP). Nesta classificação, os solos são enquadrados em grupos e subgrupos. Os “solos granulares” ($P_p\#200 \leq 35\%$) compreendem os grupos A1, A2 e A3, sendo os solos do tipo A1, dividido nos subgrupos A1-b e A1-a, e os solos do tipo A2, divididos nos subgrupos A2-4, A2-5, A2-6 E A2-7. Os “solos finos” ($P_p\#200 > 35\%$) são divididos nos grupos A4, A5, A6 e A7, sendo o grupo A7 dividido nos subgrupos A7-5 e A7-6.

O manual de pavimentação do DNIT (2006) traz uma correlação provável entre classificação TRB e o ISC_{DNIT} , como indicado na Tabela 3.

Tabela 3 – Correlação provável entre ISC e classificação TRB

Solos	ISC_{DNIT} (%)
A1-a	40 a mais de 80
A1-b	20 a mais de 80
A2-4 e A2-5	25 a mais de 80
A2-6 e A2-7	12 a 30
A3	15 a 40
A4	4 a 25
A5	Menos de 2 a 10
A6 e A7	Menos de 2 a 15

Fonte: DNIT (2006).

2.4. ÍNDICE DE GRUPO (IG)

O IG é um parâmetro da classificação TRB, que consiste em um número inteiro que varia de 0 a 20. O princípio do índice de grupo é definir a capacidade de suporte do solo como camada de pavimento, sendo que a mesma tende a piorar, quanto maior for o valor do IG. O método de projeto de pavimentos flexíveis do DNER (1981), traz uma correlação entre IG e ISC_{IG} (ISC determinado em função do IG), como consta na tabela 4.

Tabela 4 – Correlação entre IG e ISC_{IG}

IG	ISC_{IG} (%)	IG	ISC_{IG} (%)
0	20	7	8
1	18	8	7
2	15	9 a 10	6
3	13	11 a 12	5
4	12	13 a 14	4
5	10	15 a 17	3
6	9	18 a 20	2

Fonte: DNIT (1981).

2.5. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Por meio de tratamento estático buscou-se atribuir valores médios (\bar{X}), máximos ($\bar{X}_{máx}$) e mínimos ($\bar{X}_{mín}$), de acordo com as especificações do DNIT (DNER-PRO 277/97, P.06) e com um grau de confiança de 90% $GC_{t0,90}$, para os parâmetros físicos e mecânicos determinados. Através das equações 1, 2, 3, 4 e 5.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

$$\bar{X}_{máx} = \bar{X} + ks \quad (3)$$

$$\bar{X}_{min} = \bar{X} - ks \quad (4)$$

$$GC(t_{0,90}) = \bar{X} \pm t_{0,90} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Para o tratamento estatístico foram considerados o número mínimo de 3 amostras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DAS AMOSTRAS DE SOLO

Foram caracterizadas 38 amostras de solo e analisadas conjuntamente com outras 106, caracterizadas anteriormente por ROSTIROLLA (2012), resultando em uma amostragem de 144 amostras. Destas 115 foram coletadas no município Criciúma-SC, 23 no município de Forquilha-SC e 6 no município de Morro da Fumaça-SC, sendo que 127 amostras são oriundas do subleito de ruas dos municípios e 27 oriundas de jazidas. É importante observar que os ensaios de ISC e expansão foram realizados com o solo compactado na energia Proctor Normal. A tabela 5 mostra o resumo dos parâmetros obtidos, bem como os devidos ajustes de classificação TRB e IG, em 24 amostras, publicadas por ROSTIROLLA (2012).

Tabela 5 – Características físicas e mecânicas dos solos da região de Criciúma-SC.

Nº	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)	$P_p\#200$	LL	LP	IP	IG	TRB
001	1,443	26,4	6,9	1,23	91,9	49	33	16	13	A7-5
002	1,480	28,4	6,2	0,24	95,9	60	41	19	16	A7-5
003	1,263	38,3	5,3	0,47	92,1	43	28	15	11	A7-6
004	1,393	29,7	3,5	2,70	90,0	73	38	35	20	A7-5
005	1,426	26,9	4,2	3,49	87,2	64	40	24	18	A7-5
006	1,505	25,4	9,3	0,37	70,5	37	28	9	8	A4
007	1,583	21,5	8,1	0,95	82,4	31	27	4	8	A4
008	1,597	22,3	3,4	1,35	63,6	35	22	13	7	A6
009	1,723	16,9	7,5	0,40	47,3	30	11	19	6	A6
010	1,568	22,5	3,6	1,35	95,9	40	27	13	10	A6

Fonte: O autor.

Tabela 5 – Continuação

Nº	$\gamma S_{\text{máx}}$ (g/cm ³)	$h_{\text{ótima}}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)	$P_p\#200$	LL	LP	IP	IG	TRB
011	1,789	15,9	17,6	0,00	32,0	NL	NP	-	0	A2-4
012	1,785	16,3	10,5	0,30	32,4	34	25	9	0	A2-4
013	1,485	25,1	4,0	2,86	53,7	54	31	23	11	A7-5
014	1,790	13,7	7,5	0,61	34,0	NL	NP	-	0	A2-4
015	1,732	17,2	6,1	0,37	13,8	24	20	4	0	A2-4
016	1,914	12,6	2,6	0,00	17,5	22	18	4	0	A2-4
017	1,901	12,6	5,2	1,00	20,1	NL	NP	-	0	A2-4
018	1,671	19,1	3,8	0,36	39,6	29	20	9	1	A4
019	1,702	19,0	5,3	0,78	35,5	27	21	6	1	A4
020	1,353	33,3	4,9	1,01	91,3	66	41	25	18	A7-5
021	1,624	21,2	8,6	0,47	80,8	35	23	12	9	A6
022	1,353	34,6	3,1	1,77	98,6	56	35	21	16	A7-5
023	1,227	40,8	2,7	0,60	82,4	61	34	27	19	A7-5
024	1,440	28,7	2,1	1,53	86,3	63	35	28	20	A7-5
025	1,304	34,6	5,0	1,41	94,7	65	37	28	20	A7-5
026	1,359	33,3	4,5	0,63	95,9	51	25	26	17	A7-6
027	1,581	19,5	4,5	1,11	90,7	52	34	18	12	A7-5
028	1,699	16,9	6,2	1,05	92,7	24	12	12	9	A6
029	1,584	23,2	3,1	0,84	87,9	42	28	14	10	A7-6
030	1,656	19,0	6,9	0,00	71,7	29	17	12	9	A6
031	1,618	21,5	6,5	0,88	73,4	39	24	15	10	A6
032	1,412	31,8	3,4	2,23	81,2	64	35	29	20	A7-5
033	1,838	13,1	9,3	0,17	78,4	NL	NP	-	8	A4
034	1,520	24,7	5,1	1,43	90,8	42	28	14	10	A7-6
035	1,413	31,7	4,7	1,67	83,7	48	33	15	12	A7-5
036	1,415	28,6	4,6	2,61	85,2	60	36	24	18	A7-5
037	1,400	28,8	3,4	2,19	94,2	60	40	20	16	A7-5
038	1,998	10,8	7,3	0,59	27,1	28	18	10	0	A2-4
039	1,662	17,9	5,6	1,34	95,0	29	21	8	8	A4
040	1,502	26,3	15,0	0,52	73,3	40	28	12	9	A6
041	1,640	20,5	7,3	0,59	93,5	35	28	7	8	A4
042	1,447	26,6	4,1	2,45	93,6	55	33	22	15	A7-5
043	1,549	20,2	4,9	1,81	98,3	50	32	18	14	A7-5
044	1,636	20,2	5,3	0,65	84,2	44	31	13	10	A7-5
045	1,983	12,1	25,4	0,02	24,4	NL	NP	-	0	A1

Fonte: O autor.

Tabela 5 – Continuação

Nº	$\gamma S_{\text{máx}}$ (g/cm ³)	$h_{\text{ótima}}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)	P _p #200	LL	LP	IP	IG	TRB
046	1,454	28,9	8,6	0,03	27,7	NL	NP	-	0	A2-4
047	1,507	24,6	3,8	2,10	87,4	40	28	12	9	A6
048	1,415	30,7	8,4	1,28	89,7	61	43	18	16	A7-5
049	1,435	29,0	4,0	2,10	97,5	61	39	22	17	A7-5
050	1,269	39,9	2,0	2,54	96,8	89	55	34	20	A7-5
051	1,970	12,1	7,4	0,69	12,6	NL	NP	-	0	A1
052	1,392	29,0	3,9	2,10	89,2	48	29	19	14	A7-6
053	1,575	23,2	3,5	1,98	89,9	47	30	17	13	A7-5
054	1,629	21,4	3,9	0,45	82,3	40	22	18	12	A6
055	1,854	13,3	14,2	0,61	39,9	NL	NP	-	1	A4
056	1,686	17,8	7,8	0,97	90,0	29	18	11	8	A6
057	1,726	15,4	11,5	0,81	61,3	NL	NP	-	6	A4
058	1,567	14,3	11,3	0,78	76,3	30	23	7	8	A4
059	1,685	16,1	7,4	0,77	65,7	NL	NP	-	7	A4
060	1,475	27,4	3,8	0,75	85,1	61	37	24	18	A7-5
061	1,421	27,0	8,5	1,48	86,3	48	32	16	12	A7-5
062	1,476	27,2	10,8	0,90	82,6	45	31	14	11	A7-5
063	1,310	34,8	5,0	0,91	89,9	72	50	22	17	A7-5
064	1,365	32,4	4,3	1,22	90,3	63	38	25	18	A7-5
065	1,958	10,8	13,7	0,04	33,3	NL	NP	-	0	A2-4
066	1,448	27,7	5,6	0,50	83,3	58	36	22	17	A7-5
067	1,607	20,2	4,3	1,60	61,8	36	25	11	6	A6
068	1,783	11,9	8,3	0,34	59,8	28	19	9	5	A4
069	1,767	12,5	8,6	0,40	88,4	33	21	12	9	A6
070	1,691	18,5	5,0	0,43	51,8	30	19	11	4	A6
071	1,779	13,7	3,7	0,25	57,7	34	24	10	5	A4
072	1,511	25,0	8,2	0,57	77,5	39	27	12	9	A6
073	1,432	27,8	4,4	0,66	85,8	46	31	15	12	A7-5
074	1,608	21,4	7,2	0,40	81,2	34	25	9	6	A4
075	1,777	13,5	13,6	0,64	10,8	NL	NP	-	0	A1
076	1,812	13,7	17,2	0,29	11,6	NL	NP	-	0	A1
077	1,720	18,7	7,2	0,26	58,1	22	14	8	5	A4
078	1,616	22,1	9,2	0,83	71,9	42	24	18	11	A7-6
079	1,445	28,7	3,4	1,33	98,0	60	30	30	20	A7-6
080	1,670	17,2	4,9	0,20	35,2	NL	NP	-	1	A4

Fonte: O autor.

Tabela 5 – Continuação

Nº	$\gamma S_{\text{máx}}$ (g/cm ³)	$h_{\text{ótima}}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)	P _p #200	LL	LP	IP	IG	TRB
081	1,855	14,4	6,9	0,55	81,8	26	18	8	8	A4
082	1,685	19,4	5,6	0,78	35,1	NL	NP	-	1	A4
083	1,735	16,7	3,7	0,36	72,6	27	19	8	8	A4
084	1,827	14,2	7,3	0,00	35,2	NL	NP	-	1	A4
085	1,445	30,0	3,8	1,74	92,5	52	31	21	15	A7-5
086	1,777	14,8	13,4	0,17	35,2	NL	NP	-	1	A4
087	1,542	23,0	7,3	1,36	76,7	38	23	15	10	A6
088	1,559	20,7	4,8	1,53	75,9	35	26	9	8	A4
089	1,669	17,7	10,4	0,98	35,2	NL	NP	-	1	A4
090	1,533	23,1	6,8	0,62	74,2	40	25	15	10	A6
091	1,568	20,3	10,6	0,47	72,2	39	23	16	10	A6
092	1,549	22,8	5,7	0,43	76,4	44	24	20	13	A7-6
093	1,585	22,4	6,5	0,27	74,3	38	25	13	10	A6
094	1,597	22,0	5,5	0,31	63,8	41	25	16	9	A6
095	1,642	19,5	5,9	1,00	35,2	NL	NP	-	1	A4
096	1,733	16,2	14,0	0,22	35,2	NL	NP	-	1	A4
097	1,583	20,6	7,7	0,72	35,2	NL	NP	-	1	A4
098	1,653	14,2	6,8	0,02	35,2	NL	NP	-	1	A4
099	1,554	23,2	3,6	1,64	93,1	52	24	28	18	A7-6
100	1,455	27,4	5,4	0,34	74,1	52	27	25	17	A7-6
101	1,456	26,4	10,7	0,84	71,6	52	28	24	16	A7-6
102	1,327	31,2	6,9	0,76	70,8	42	27	15	10	A7-6
103	1,474	26,8	9,7	0,35	71,0	45	29	16	11	A7-6
104	1,873	12,1	10,6	0,12	35,1	NL	NP	-	1	A4
105	1,624	20,1	6,8	0,60	35,2	NL	NP	-	1	A4
106	1,774	17,0	5,5	0,28	91,9	36	21	15	10	A6
107	1,616	20,3	5,1	3,04	77,8	26	22	4	8	A4
108	1,282	33,4	5,5	1,77	82,2	26	19	7	8	A4
109	1,577	23,4	6,7	0,55	76,7	36	25	11	9	A6
110	1,482	27,3	4,5	1,21	82,2	46	26	20	14	A7-6
111	1,840	13,6	13,7	0,89	68,1	22	17	5	7	A4
112	1,343	34,3	6,3	0,77	61,4	51	38	13	8	A7-5
113	1,690	18,4	9,8	0,40	69,2	28	22	6	7	A4
114	1,326	37,6	7,4	0,76	81,4	58	37	21	16	A7-5
115	1,341	34,8	6,0	0,76	75,8	52	41	11	12	A7-5

Fonte: O autor.

Tabela 5 – Continuação

Nº	$\gamma S_{\text{máx}}$ (g/cm ³)	$h_{\text{ótima}}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)	P _p #200	LL	LP	IP	IG	TRB
116	1,515	25,3	4,7	0,87	71,9	38	26	12	9	A6
117	1,269	35,5	7,1	1,50	59,3	57	39	18	11	A7-5
118	1,370	32,6	2,9	0,32	61,4	23	15	8	6	A4
119	1,808	15,2	14,0	1,20	16,9	NL	NP	-	0	A1
120	1,760	16,2	4,3	1,21	58,5	24	18	6	5	A4
121	1,452	28,4	5,7	1,12	85,8	46	31	15	12	A7-5
122	1,202	37,3	4,4	1,46	73,6	60	38	22	17	A7-5
123	1,653	18,7	8,1	0,69	89,0	29	24	5	8	A4
124	1,114	39,4	2,9	4,77	88,3	67	52	14	14	A7-5
125	1,862	13,0	14,6	0,82	61,1	NL	NP	-	6	A4
126	1,223	37,2	3,3	2,91	68,5	70	51	19	11	A7-6
127	1,256	37,8	6,5	0,96	72,2	62	42	20	16	A7-5
128	1,823	15,0	9,2	0,27	28,4	NL	NP	-	0	A2 -4
129	1,533	24,1	2,6	2,05	78,5	33	20	13	10	A6
130	1,480	25,0	2,0	3,60	93,3	55	31	24	17	A7-5
131	1,515	25,3	2,1	2,40	95,4	56	32	24	17	A7-5
132	1,785	16,0	18,3	0,52	30,4	NL	NP	-	0	A2-4
133	1,462	28,5	4,6	0,30	63,2	48	30	18	10	A7-5
134	1,537	23,5	4,6	1,67	67,1	38	23	15	9	A6
135	1,554	23,3	2,6	3,83	92,2	42	24	18	12	A7-6
136	1,782	15,7	3,8	0,00	17,6	NL	NP	-	0	A2-4
137	1,847	14,0	4,8	0,69	36,1	27	24	3	1	A4
138	1,827	14,3	7,0	0,46	12,7	NL	NP	-	0	A1
139	1,755	16,3	6,0	0,72	43,3	26	20	6	2	A4
140	1,793	15,3	6,4	0,00	34,8	NL	NP	-	0	A2-4
141	1,833	13,3	19,2	0,04	34,4	NL	NP	-	0	A2-4
142	1,910	12,5	29,1	0,04	10,3	NL	NP	-	0	A1
143	1,442	26,3	4,0	3,12	98,5	44	33	11	10	A7-5
144	1,359	31,9	5,0	1,52	99,8	54	41	13	12	A7-5

Fonte: O autor.

Analisando a tabela 5 pode-se observar que 100% das amostras possuem ISC $\geq 2,0$ % e que 86,8% das amostras apresentam expansão $< 2,0$ %. Logo 86,8 % dos solos caracterizados atendem a especificação do DNIT, para camada subleito (DNIT 299/97, p.03). A qual especifica que o subleito deve ter necessariamente ISC $\geq 2,0$

% e expansão $\leq 2,0\%$. Duas das 144 amostras (Nº 142 e Nº 45) chegaram a se enquadrar nas especificações do DNIT para sub-base, atingiram um ISC $\geq 20,0\%$ e uma expansão $\leq 1,0\%$.

3.1.1. Tratamento estático dos parâmetros físicos e mecânicos do solo classificação por classificação TRB

A tabela 6 mostra as classificações TRB encontradas para as amostras analisadas, bem como, o percentual de ocorrência de classificação.

Tabela 6 – Classificação TRB

TRB	n	%
A1-b	7	4,86
A2-4	14	9,72
A4	39	27,09
A6	25	17,36
A7-5	43	29,86
A7-6	16	11,11
Σ	144	100

Fonte: O autor.

Como pode ser observado na tabela 6, o grupo A7 teve a maior ocorrência, ou seja, 40,97 % (A7-5: 29,86% e A7-6: 11,11%). Este grupo é composto por argilas-siltosas e argilas plásticas, sujeitas a grandes variações de volume. A classificação A1 foi a que apresentou menor ocorrência (A1-b: 4,89%). As tabelas 7 a 12 apresentam valores médios (\bar{X}), máximos ($\bar{X}_{máx}$) e mínimos ($\bar{X}_{mín}$), de acordo com as especificações do DNIT (DNER-PRO 277/97, P.06) e com grau de confiança de 90% ($GC_{t_{0,90}}$), para os parâmetros físicos e mecânicos dos solos da classificação TRB.

Tabela 7 – Tratamento estatístico dos solos tipo A1-b

A1-b								
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)	$P_p\#200$	LL	LP	IP
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,975	14,8	26,8	1,00	20,47	0	0	0
Média (\bar{X}):	1,870	13,3	16,2	0,48	14,19	0	0	0
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,764	11,9	5,6	0	7,90	0	0	0
GC $t_{0,90}$:	1,824	12,7	11,7	0,25	11,47	0	0	0

Fonte: O autor.

Tabela 8 – Tratamento estatístico dos solos tipo A2-4

A2-4								
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)	$P_p\#200$	LL	LP	IP
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,947	20,0	15,5	0,60	35,07	22	16	6
Média (\bar{X}):	1,810	15,3	9,7	0,27	27,39	8	6	2
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,673	10,6	3,9	0,00	19,71	0	0	0
GC $t_{0,90}$:	1,764	13,7	7,8	0,16	24,80	3	2	1

Fonte: O autor.

Tabela 9 – tratamento estatístico dos solos tipo A4

A4								
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)	$P_p\#200$	LL	LP	IP
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,818	22,6	11,0	1,24	78,1	31	24	8
Média (\bar{X}):	1,689	17,8	7,8	0,68	57,92	17	13	4
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,561	13,1	4,6	0,12	37,7	2	2	0
GC $t_{0,90}$:	1,668	17,0	7,2	0,59	54,51	14	11	3

Fonte: O autor.

As tabelas 7, 8 e 9 mostram que os solos dos grupos A1 (A1-b), A2 (A2-4) e A4 têm seus valores mínimo, máximo e GC $t_{0,90}$ de ISC e expansão enquadrados dentro da especificao do DNIT para camada de subleito.

Tabela 10 – tratamento estatístico dos solos tipo A6

A6								
	$\gamma_{S\text{máx}}$ (g/cm ³)	$h_{\text{ótima}}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)	$P_p\#200$	LL	LP	IP
Valor máximo ($\bar{X}_{\text{máx}}$):	2,640	22,9	10,2	2,37	79,25	34	24	13
Média (\bar{X}):	2,560	19,7	7,6	1,80	67,24	29	19	11
Valor mínimo ($\bar{X}_{\text{mín}}$):	2,481	16,5	5,0	1,23	55,24	25	15	9
GC $t_{0,90}$:	2,539	18,9	6,9	1,65	64,05	28	18	10

Fonte: O autor.

Tabela 11 – tratamento estatístico dos solos tipo A7-5

A7-5								
	$\gamma_{S\text{máx}}$ (g/cm ³)	$h_{\text{ótima}}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)	$P_p\#200$	LL	LP	IP
Valor máximo ($\bar{X}_{\text{máx}}$):	1,508	35,3	6,6	2,62	96,93	66	42	26
Média (\bar{X}):	1,404	30,1	4,8	1,64	86,07	57	37	20
Valor mínimo ($\bar{X}_{\text{mín}}$):	1,301	24,9	2,9	0,67	75,20	48	31	15
GC $t_{0,90}$:	1,384	29,1	4,4	1,45	83,90	55	36	19

Fonte: O autor.

Tabela 12 – tratamento estatístico dos solos tipo A7-6

A7-6								
	$\gamma_{S\text{máx}}$ (g/cm ³)	$h_{\text{ótima}}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)	$P_p\#200$	LL	LP	IP
Valor máximo ($\bar{X}_{\text{máx}}$):	1,573	33,0	8,0	2,27	93,16	56	35	25
Média (\bar{X}):	1,453	27,8	5,4	1,25	82,17	48	28	20
Valor mínimo ($\bar{X}_{\text{mín}}$):	1,334	22,6	2,8	0,22	71,19	40	22	15
GC $t_{0,90}$:	1,415	26,1	4,6	0,92	78,7	46	26	18

Fonte: O autor.

As tabelas 10 a 12 demonstram que os solos dos grupos A6, A7-5 e A7-6 apresentam valores mínimo, máximo e GC $t_{0,90}$ de ISC que atendem a especificação do DNIT para camada de subleito. Já em relação à expansão, estes solos apresentam valores máximos superiores ao especificado pelo DNIT. Porém, pode-se afirmar com

90% de confiança, que estes solos atendem a especificação do DNIT para camada de subleito.

A tabela 13 apresenta a análise comparativa entre o ISC determinado estatisticamente com um grau de confiança de 90% ($GC_{t_{0,90}}$) e o ISC_{DNIT} .

Tabela 13 – Resumo da análise comparativa entre ISC com $GC_{t_{0,90}}$ e ISC_{DNIT}

	TRB	ISC com $GC_{t_{0,90}}$	ISC_{DNIT}
$GC_{t_{0,90}}$	A1-b	11,7	20 a mais de 80
	A2-4	7,8	25 a mais de 80
	A4	7,2	4 a 25
	A6	6,9	
	A7-5	4,4	Menos de 2 a 15
	A7-6	4,6	

Fonte: O autor.

A análise dos valores da tabela 13 permite afirmar com 90% de confiança, que os solos dos grupos A4, A6 e A7 (A7-5 e A7-6), no que se refere ao ISC estão de acordo com o comportamento esperado pelo DNIT. No entanto, os solos dos grupos A1 (A1-b) e A2 (A2-4) não apresentam o comportamento esperado segundo DNIT.

3.1.2. Tratamento estático dos parâmetros físicos e mecânicos por índice de grupo (IG)

A tabela 14 traz o número de amostras e índices de grupo encontrados no estudo.

Tabela 14 – Índice de Grupo

IG	n	%
0	21	14,6
1	15	10,42
2	1	0,69
3	-	-
4	1	0,69
5	4	2,78
6	6	4,17
7	4	2,78
8	14	9,72
9 a 10	25	17,36
11 a 12	16	11,11

Fonte: O autor.

Tabela 14 – Continuação

IG	n	%
13 a 14	7	4,86
15 a 17	17	11,80
18 a 20	13	9,02
Σ	144	100

Fonte: O autor.

As tabelas 15 a 25 apresentam valores médios (\bar{X}), máximos ($\bar{X}_{máx}$) e mínimos ($\bar{X}_{mín}$) de acordo com as especificações do DNIT (DNER-PRO 277/97, P.06) e com grau de confiança de 90% $GC (t_{0,90})$, de acordo com o índice de grupo, para os parâmetros mecânicos do solo com amostras maiores do que 3.

Tabela 15 – tratamento estatístico dos solos com IG=0

IG 0				
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,945	18,3	18,9	0,69
Média (\bar{X}):	1,830	14,6	11,9	0,34
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,715	11,0	4,9	0,00
GC $t_{0,90}$:	1,796	13,6	9,8	0,24

Fonte: O autor.

Tabela 16 – tratamento estatístico dos solos com IG=1

IG 1				
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,819	19,7	11,9	0,85
Média (\bar{X}):	1,721	16,8	8,1	0,48
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,622	13,8	4,3	0,12
GC $t_{0,90}$:	1,689	15,8	6,9	0,36

Fonte: O autor.

Tabela 17 – tratamento estatístico dos solos com IG=5

IG 5				
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,799	19,1	8,9	1,14
Média (\bar{X}):	1,761	15,1	5,9	0,52
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,722	11,1	2,9	0,00
GC $t_{0,90}$:	1,737	12,7	4,1	0,13

Fonte: O autor.

Tabela 18 – tratamento estatístico dos solos com IG=6

IG 6				
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,863	28,8	13,7	1,34
Média (\bar{X}):	1,649	19,9	8,0	0,73
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,435	11,0	2,3	0,11
GC $t_{0,90}$:	1,549	15,7	5,4	0,44

Fonte: O autor.

Tabela 19 – tratamento estatístico dos solos com IG=7

IG 7				
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,838	22,6	14,4	1,38
Média (\bar{X}):	1,703	17,6	8,6	0,85
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,568	12,6	2,8	0,33
GC t_{0,90}:	1,620	14,6	5,0	0,53

Fonte: O autor.

Tabela 20 – tratamento estatístico dos solos com IG=8

IG 8				
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,780	27,6	9,3	1,79
Média (\bar{X}):	1,609	20,6	7,1	0,99
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,437	13,7	4,9	0,19
GC t_{0,90}:	1,551	18,3	6,3	0,72

Fonte: O autor.

Tabela 21 – tratamento estatístico dos solos com IG de 9 a 10

IG 9 a 10				
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,673	26,9	9,1	1,70
Média (\bar{X}):	1,567	22,7	6,3	0,92
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,462	18,5	3,4	0,13
GC t_{0,90}:	1,542	21,7	5,6	0,73

Fonte: O autor.

As tabelas 15 a 20 mostram que os solos, com os índices de grupo dos grupo 0, 1, 5 e de 6 a 10, têm seus valores mínimo, máximo e GC t_{0,90} de ISC e expansão enquadrados dentro da especificao do DNIT para camada de subleito.

Tabela 22 – tratamento estatístico dos solos com IG de 11 a 12

IG 11 a 12				
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	35,6	8,9	8,9	2,61
Média (\bar{X}):	1,437	28,6	5,9	1,40
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,287	21,6	3,0	0,19
GC $t_{0,90}$:	1,395	26,7	5,1	1,07

Fonte: O autor.

Tabela 23 – tratamento estatístico dos solos com IG de 13 a 14

IG 13 a 14				
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,672	35,9	6,6	3,91
Média (\bar{X}):	1,443	26,9	4,6	1,93
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,215	17,9	2,7	0,00
GC $t_{0,90}$:	1,357	23,5	3,9	1,18

Fonte: O autor.

Tabela 24 – tratamento estatístico dos solos com IG de 15 a 17

IG 15 a 17				
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,508	36,2	8,0	2,58
Média (\bar{X}):	1,399	30,6	5,1	1,42
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,290	25,0	2,2	0,26
GC $t_{0,90}$:	1,427	32,1	5,8	1,72

Fonte: O autor.

Tabela 25 – tratamento estatístico dos solos com IG de 15 a 17

IG 18 a 20				
	$\gamma S_{m\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}tima}$ (%)	ISC (%)	EXP (%)
Valor máximo ($\bar{X}_{m\acute{a}x}$):	1,510	38,0	5,0	2,95
Média (\bar{X}):	1,391	31,2	3,7	1,77
Valor mínimo ($\bar{X}_{mín}$):	1,272	24,4	2,3	0,60
GC $t_{0,90}$:	1,358	29,3	3,3	1,45

Fonte: O autor.

As tabelas 22 a 25 demonstram que os solos com IG, entre 11 e 20, apresentam valores mínimo, máximo e $GC t_{0,90}$ de ISC, que atendem a especificação do DNIT, para camada de subleito. Já em relação à expansão estes solos apresentam valores máximos superiores ao especificado pelo DNIT. Porém, pode-se afirmar com 90% de confiança que estes solos atendem a especificação do DNIT, para camada de subleito.

A tabela 26 traz um resumo do ISC, na energia de compactação proctor normal com 90% de confiança $GC (t_{0,90})$, de acordo com os índices de grupo. Cabe ressaltar que os valores de ISC com 90% de confiança ($GC t_{0,90}$), constantes na tabela 24, encontram-se arredondados.

Tabela 26 – Resumo da análise comparativa entre ISC com $GC t_{0,90}$ e ISC_{IG}

IG	ISC_{IG} (%)	ISC com $GC t_{0,90}$ (%)	IG	ISC_{IG} (%)	ISC com $GC t_{0,90}$ (%)
0	20	10	7	8	5
1	18	7	8	7	6
2	15	-	9 a 10	6	6
3	13	-	11 a 12	5	5
4	12	-	13 a 14	4	4
5	10	4	15 a 17	3	6
6	9	5	18 a 20	2	3

Fonte: O autor.

A análise da tabela 26 permite tirar as seguintes conclusões:

- os solos com IG entre 0 e 8 apresentam valores inferiores ao ISC_{IG} do DNIT;
- os solos com IG entre 9 e 14 possuem o valores de ISC idênticos ao ISC_{IG} do DNIT;
- os solos com IG entre 15 e 20 apresentam valores acima do ISC_{IG} do DNIT;

4. CONCLUSÕES

O presente estudo realizado com os solos do município de Criciúma-SC e arredores possibilitaram as seguintes conclusões:

- 86,8 % dos solos caracterizados atendem a especificação do DNIT para camada subleito (DNIT 299/97, p.03);

- b) de acordo com a classificação TRB, 14,58% dos solos estudados são considerados “solos grossos” e 85,42% “solos finos”;
- c) pode-se afirmar com 90% de confiança, que os solos estudados apresentam os parâmetros de ISC e expansão de acordo com o especificado para camada de subleito, quando analisados com base na classificação TRB;
- d) a análise comparativa entre o ISC determinado estatisticamente com um grau de confiança de 90% ($GC_{t_{0,90}}$) e o ISC_{DNIT} , permite afirmar com 90% de confiança que os solos dos grupos A1 (A1-b) e A2 (A2-4), não apresentam o comportamento esperado, no que se refere ao ISC segundo DNIT.
- e) a análise comparativa entre o ISC determinado estatisticamente com um grau de confiança de 90% ($GC_{t_{0,90}}$) e o ISC_{DNIT} , permite afirmar com 90% de confiança que os solos dos grupos A4, A6 e A7 (A7-5 e A7-6), apresentam o comportamento esperado, no que se refere ao ISC segundo DNIT;
- f) os solos com IG 0, 1, 5 e de 6 a 10 apresentam valores mínimo, máximo e com $GC_{t_{0,90}}$ de ISC e expansão enquadrados dentro da especificação do DNIT para camada de subleito;
- g) os solos com IG entre 11 e 20 apresentam valores mínimo, máximo e com $GC_{t_{0,90}}$ de ISC, que atendem a especificação do DNIT para camada de subleito. Já em relação à expansão os mesmos apresentam valores máximos superiores ao especificado pelo DNIT. Porém, pode-se afirmar com 90% de confiança, que estes solos atendem a especificação do DNIT, para camada de subleito.
- h) a análise comparativa entre o ISC determinado estatisticamente com um grau de confiança de 90% ($GC_{t_{0,90}}$) e o ISC_{IG} , somente apresentaram valores equivalentes para os IG entre 9 e 14.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS (ABNT): NBR 6457: Amostras de solos - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 6459**: Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR-7180**: Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR-7181**: Analise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

____. **NBR-7182**: Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1986.

____. **NBR-9895**: Índice de Suporte Califórnia – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

BRASIL, Departamento Nacional de infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Pavimentação. 3. ed. – Rio de Janeiro, 2006. 274p. (IPR. Publ., 719).

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 1988. 6. ed. 234 p. il.

DE SENÇO, Wlastermiler. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. São Paulo: PINI, 1997. 1. ed. 746 p. il.

PINTO, S.; PREUSSLER, E.S. Pavimentação Rodoviária. Conceitos Fundamentais sobre pavimentos Flexíveis. Rio de Janeiro: Copiadora e Artes Gráficas Ltda, 2002, 2ªed., 259p.

ROSTIROLLA, Rafael Casagrande. **Determinação dos parâmetros físicos e mecânicos dos solos da Formação Palermo e Rio Bonito do município de Criciúma-SC**. 2012. Monografia (Curso de Engenharia Civil) Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma.

SOUZA, Murillo Lopes de. Método de projeto de pavimentos flexíveis. 3ed. Ver. E atual. Rio de Janeiro, IPR. 1981 (IPR. Publ. 667).