

# DESENVOLVIMENTO DE BANCO DE DADOS DO SUBSOLO DA UNICAMP POR MEIO DO USO DO SOFTWARE SVSOIL

Palavras-Chave: Propriedades dos solos, banco de dados, infraestrutura

Autores:

JOÃO PEDRO GOBBY BANDINI - FECFAU

Prof. Dr. PAULO JOSÉ ROCHA DE ALBUQUERQUE (orientador) - FECFAU

## 1. INTRODUÇÃO

### a) Aplicações

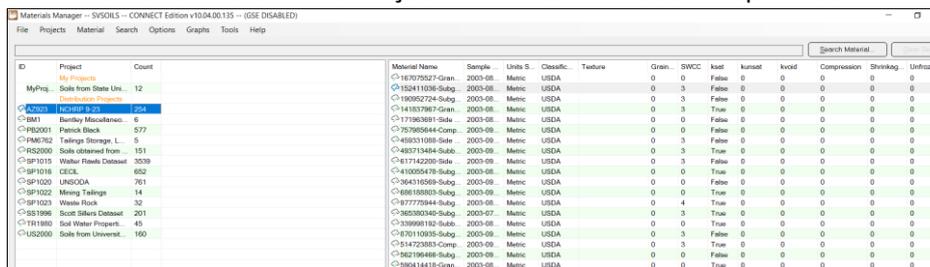
A engenharia geotécnica se traduz por estudos dos solos e das rochas. A mecânica dos solos se destaca por ser a responsável pelos estudos das propriedades físicas e mecânicas dos solos. A pesquisa na área da geotecnia pode ser aplicada em diversos campos, principalmente envolvendo infraestrutura.

Devido a grande quantidade de informações referentes ao solo, surge a necessidade de armazená-las e que exista um fácil acesso para consulta. Para isso pode-se empregar o *software* SVSOILS (SOILVISION®), um programa de desenvolvimento de banco de dados de solos e propostas de correlações. O programa utiliza representações matemáticas do comportamento do solo correspondentes a vários processos físicos, denominadas "relações constitutivas". O *software* SVSOILS, é usado para ilustrar a variedade de possíveis gráficos que podem ser calculados e usados para ilustrar a interpretação dos resultados do laboratório. Vale ressaltar que o programa SVSOILS possui interface com outros aplicativos da SOILVISION, e desta maneira, o banco de dados poderá ser utilizado em diversos projetos envolvendo *softwares* com diferentes propósitos.

Existem várias publicações que tem como objetivo a obtenção e análises das propriedades dos solos. Tais textos em geral são isolados e não estão vinculados a um banco de dados, como é o caso dos dados obtidos das pesquisas desenvolvidas nos Campos Experimentais de Mecânica dos Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) e Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) (ALBUQUERQUE, 1996; BENATTI, 2010; BONDER, 2008; GON, 2011). Para unificar os dados e obter as correlações com base nos dados das pesquisas realizadas nestes locais, idealizou-se esta pesquisa.

### b) O software

Assim como citado na supra, o programa SVSOILS tem como base teórica representações matemáticas para realizar os cálculos de diversos parâmetros físicos dos solos. A importância do emprego deste *software* se dá pela possibilidade de obter dados de solos de diferentes partes do mundo sem a necessidade de locomoção até o local, acarretando a praticidade de se adquirir informações de lugares remotos para a realização de estudos de diversas áreas que envolvem a geotecnia. A Figura 1 ilustra o *lobby* principal do banco de dados, onde o usuário possui acesso às diversas informações das amostras de solo disponíveis.



ID	Project	Count	Material Name	Sample	Units S	Classific.	Texture	Grain	SWCC	Moist	kunsat	kvoid	Compression	Shrinkag	Uniformity
167075527	Gran.	2003-08	Metric	USDA	0	0	False	0	0	0	0	0	0	0	0
152411026	Subg.	2003-08	Metric	USDA	0	3	False	0	0	0	0	0	0	0	0
169057274	Subg.	2003-08	Metric	USDA	0	3	False	0	0	0	0	0	0	0	0
141837967	Gran.	2003-08	Metric	USDA	0	3	True	0	0	0	0	0	0	0	0
171963691	Subg.	2003-08	Metric	USDA	0	0	False	0	0	0	0	0	0	0	0
357969444	Comp.	2003-08	Metric	USDA	0	0	False	0	0	0	0	0	0	0	0
468531108	Site	2003-09	Metric	USDA	0	3	False	0	0	0	0	0	0	0	0
463715484	Subg.	2003-09	Metric	USDA	0	3	True	0	0	0	0	0	0	0	0
617422205	Subg.	2003-09	Metric	USDA	0	3	False	0	0	0	0	0	0	0	0
410055478	Subg.	2003-08	Metric	USDA	0	0	True	0	0	0	0	0	0	0	0
464135569	Subg.	2003-08	Metric	USDA	0	0	False	0	0	0	0	0	0	0	0
486188903	Subg.	2003-09	Metric	USDA	0	0	True	0	0	0	0	0	0	0	0
477770944	Subg.	2003-08	Metric	USDA	0	4	True	0	0	0	0	0	0	0	0
462030340	Subg.	2003-07	Metric	USDA	0	3	True	0	0	0	0	0	0	0	0
339998182	Subg.	2003-08	Metric	USDA	0	0	True	0	0	0	0	0	0	0	0
470110035	Subg.	2003-09	Metric	USDA	0	3	False	0	0	0	0	0	0	0	0
614721833	Comp.	2003-09	Metric	USDA	0	3	True	0	0	0	0	0	0	0	0
582198466	Subg.	2003-09	Metric	USDA	0	0	False	0	0	0	0	0	0	0	0
580414418	Gran.	2003-08	Metric	USDA	0	0	True	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 1 – Lobby principal *Materials Manager* do programa SVSOILS. (Fonte: Software SVSOILS Connect - Edição v10.04.00.135).

### c) MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo, é necessário se obter dados a respeito das propriedades mecânicas e físicas dos solos da FEAGRI E FECFAU. Desta forma, utilizou-se três pesquisas desenvolvidas com o solo na Unicamp. As informações sobre as propriedades físicas e mecânicas estão ilustradas nas Tabelas 1 a 3.

Tabela 1 – Propriedades físicas do subsolo da FEAGRI (Albuquerque, 1996).

PROFUNDIDAD E (m)	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	W (%)	e	n (%)
1	13,4*	29,7*	10,7*	24,3*	1,77*	63,8*
2	13,0*	29,1*	10,6*	23,4*	1,76*	63,7*
3	13,0*	29,5*	10,6*	22,8*	1,79*	64,1*
4	13,0*	30,1*	10,5*	23,7*	1,86*	65,0*
6	15,4*	30,1*	12,4*	24,6*	1,44*	59,0*
7	15,4*	29,1*	12,2*	26,3*	1,40*	58,2*
8	14,8*	29,5*	11,5*	28,1*	1,56*	60,1*
9	15,0*	30,1*	11,6*	29,9*	1,60*	61,5*
10	15,1 <sup>†</sup>	30,1 <sup>†</sup>	11,6 <sup>†</sup>	30,5 <sup>†</sup>	1,60 <sup>†</sup>	61,6 <sup>†</sup>
12	16,1 <sup>†</sup>	29,6 <sup>†</sup>	12,0 <sup>†</sup>	33,8 <sup>†</sup>	1,46 <sup>†</sup>	59,4 <sup>†</sup>
14	16,4 <sup>†</sup>	30,6 <sup>†</sup>	12,3 <sup>†</sup>	32,8 <sup>†</sup>	1,48 <sup>†</sup>	59,7 <sup>†</sup>
16	16,7 <sup>†</sup>	30,1 <sup>†</sup>	12,0 <sup>†</sup>	39,2 <sup>†</sup>	1,51 <sup>†</sup>	60,1 <sup>†</sup>

\* Realizados neste trabalho      \* GIACHETTI, 1991      † MONACCI, 1995

Tabela 2 – Propriedades mecânicas do subsolo da FEAGRI (Albuquerque, 1996).

PROFUNDIDADE (m)	c (kPa)	$\phi$ (°)	Rc (kPa)
1	5*	31,5*	26,2*
2	11*	31,5*	48,0*
3	2*	30,5*	40,7*
4	0*	26,5*	11,2*
6	18*	18,5*	54,1*
7	31*	22,5*	76,1*
8	18*	25,5*	59,7*
9	64*	14,5*	50,6*
10	78 <sup>†</sup>	22,8 <sup>†</sup>	67,0 <sup>†</sup>
12	87 <sup>†</sup>	18,3 <sup>†</sup>	145,1 <sup>†</sup>
14	76 <sup>†</sup>	19,1 <sup>†</sup>	185,4 <sup>†</sup>

Tabela 3 – Propriedades físicas e mecânicas do subsolo da FEC (Neto, 2013).

Profundidade (m)	SUCS	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	w* (%)	Sucção (kPa)	c (kPa)	$\phi$ (°)	$E_s$ (MPa)
1,0	MH	14,1	28,3	43,0	7,40	22°	13,79
2,0	ML	14,2	27,9	55,0	7,85	21°	11,43
3,0	ML	14,0	28,0	39,0	11,60	22°	8,50
4,0	ML	14,4	25,5	85,0	5,75	23°	11,49
5,0	ML	15,5	26,2	-	24,00	21°	9,86
6,0	ML	15,3	26,1	110,0	42,40	22°	19,95
7,0	ML	15,4	28,3	20,0	41,93	22°	10,93
8,0	MH	15,2	32,3	-	26,40	22°	11,01
9,0	MH	15,2	40,6	-	-	-	-

$\gamma$  – Peso Específico do Solo (kN/m<sup>3</sup>); SUCS – Sistema Unificado de Classificação dos Solos; w – Teor de Umidade do Solo; Sucção – Obtida a partir da Curva de Retenção do Solo; e – Coesão do Solo;  $\phi$  – Ângulo de Atrito;  $E_s$  – Módulo de Rigidez do Solo.  
\* Os valores de teor de umidade foram obtidos entre 20 e 21/02/2010.

#### a. Inserção de dados no programa

A partir da coleta de dados, inicia-se a inserção destes no programa SVSOILS. Primeiramente, foi necessário criar um projeto para o estudo dentro do banco de dados que irá contemplar as informações dos solos. Os detalhes do projeto estão ilustrados na Figura 2.

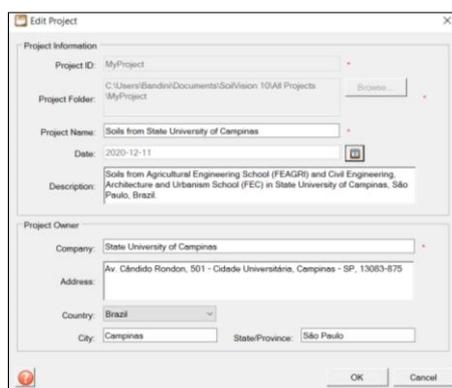


Figura 2 – Interface de projeto.

Para a inserção das propriedades físicas do solo, era necessária a anexação de apenas três parâmetros de cálculo, a umidade (w), a porosidade (n), dada em porcentagem e densidade relativa dos sólidos (Gs), que é a razão entre o peso específico dos sólidos ( $\gamma_s$ ), e o peso específico da água ( $\gamma_w$ ) à temperatura de 4°C. O próprio programa calcula os demais índices físicos, como índice de vazios (e) e o grau de saturação (Sr), além de outros. As Figuras 4a e 4b mostram, respectivamente, a interface do perfil do solo da FEAGRI na profundidade de 1 m, e a caixa de inserção dos parâmetros, após os cálculos do programa.

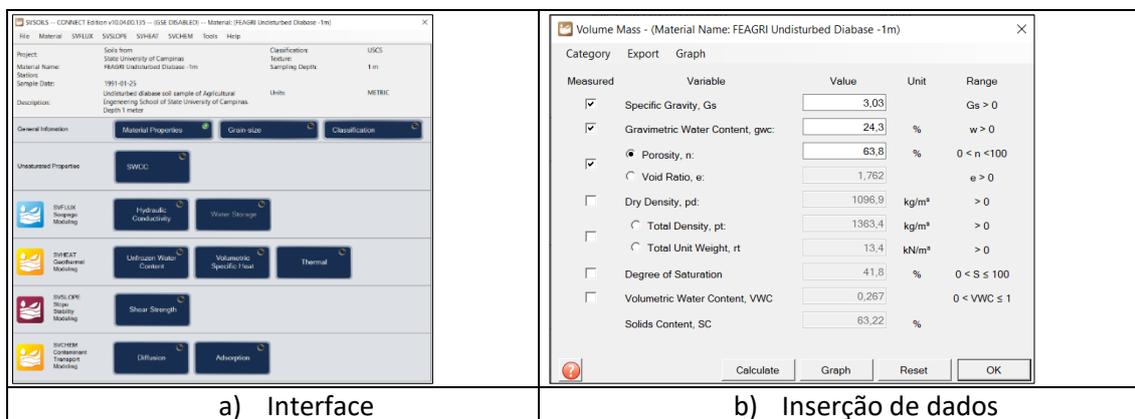


Figura 4 – Perfil do solo e parâmetros de cálculo da amostra da FEAGRI com profundidade de coleta 1 m.

De maneira análoga à forma que foram inseridos os dados da FEAGRI, as informações a respeito dos índices físicos do solo da FECFAU foram compiladas no programa, utilizando os mesmos parâmetros de inserção. Ao todo foram inseridos dados de amostras diferentes de solo com profundidades de 1 m a 9 m.

O próximo passo foi submeter os dados das propriedades mecânicas dos solos dos dois campos experimentais no programa. Os parâmetros inseridos se referem à equação de envoltória de resistência ao cisalhamento de um solo de acordo com o critério de Mohr-Coulomb que leva em consideração a tensão de cisalhamento ( $\tau$ ), a coesão do solo (c), a tensão normal ( $\sigma$ ) e a tangente do ângulo de atrito ( $\phi$ ) e segue a seguinte expressão numérica:

$$\tau = c + \sigma * \tan(\phi) \quad (\text{equação 1})$$

Para a inserção destas propriedades, foi necessário acessar a interface do programa com o outro software da SOILVISION, o SVSLOPE. Desta forma, os valores de coesão e ângulo de atrito dos solos da FEAGRI e da FECFAU foram compilados no programa. É importante frisar que para a profundidade de 9 ms do solo da FECFAU e 16 ms do solo da FEAGRI não existem dados a respeito da envoltória de resistência, logo há uma carência de informações nesses dois materiais. A interface de inserção das informações no programa está ilustrada a seguir.

Parameter	Value	Units
Name:	FEC Diabase -1m	
Method:	Mohr Coulomb	
Source:	User Input	
<b>Strength Parameters</b>		
Cohesion:	7,4000	kPa
Friction Angle, phi:	22,0000	deg

Figura 5 – Envoltória de resistência ao cisalhamento da amostra de solo da FEC a profundidade de 1 m.

#### d) RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como previsto no cronograma de projeto, primeiramente realizou-se a compilação dos dados referentes às propriedades físicas das amostras de solo da FEAGRI e da FECFAU. Além disso, como nas publicações base, foram realizados ensaios com amostras deformadas e indeformadas do solo, convencionou-se inserir os dados das amostragens da FEAGRI considerando todas elas indeformadas. A diferença nos métodos de inserção de dados das duas localizações distintas está relacionada ao tipo de

amostra, que no caso do solo da FECFAU não foi especificada, fazendo com que fosse selecionada a opção “unknow” para a deformidade do solo ensaiado.

As propriedades mecânicas do solo da FEAGRI e da FECFAU também foram inseridas no *software* neste período, e as informações já possuem interface direta com o programa SVSLOPE, também da SOILVISION, o que pode facilitar em análises em projetos posteriores que necessitem de informações a respeito das amostras de solo em questão.

O banco de informações de solos da Unicamp será disponibilizado para demais pesquisadores usuários do SVSOILS até o final da pesquisa por meio de ferramentas do próprio programa, para que estes dados possam ser usados em qualquer tipo de estudo futuro.

#### e) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALBUQUERQUE, P. J. R. Análise do comportamento de estaca pré-moldada de pequeno diâmetro, instrumentada, em solo residual de diabásio da região de Campinas. [s.l.: s.n.].
- [2] AZAM, S.; ITO, M.; KHAN, F. Influence of cracks on soil water characteristic curve. *Advances in Unsaturated Soils - Proceedings of the 1st Pan-American Conference on Unsaturated Soils, PanAmUNSAT 2013*, p. 217–220, 2013.
- [3] BENATTI, J. C. B. Colapsibilidade com sucção controlada de um solo coluvionar e laterítico de Campinas/SP. [s.l.: s.n.].
- [4] BENTLEY SYSTEMS INCORPORATED - THE BENTLEY SYSTEMS TEAM. SVSOILS: A knowledge-based database system for saturated/unsaturated soil properties - Theory Manual; [s.l.:] 2019.
- [5] BONDER, B. H. Curvas de Retenção de Água de um Solo Coluvionar de Campinas Obtidas Mediante Técnicas de Laboratório e de Campo. [s.l.: s.n.].
- [6] DE JONG, J. T.; RANDOLPH, M. Influence of Partial Consolidation during Cone Penetration on Estimated Soil Behavior Type and Pore Pressure Dissipation Measurements. *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 2012.
- [7] FREDLUND, M. E.; JIAN, S.; COURTIN, M. Estimation of unsaturated soil property functions for geotechnical engineering applications. *Geovancouver*, n. 1994, 2016.
- [8] GON, F. Caracterização geotécnica através de ensaios de laboratório de um solo de diabásio da região de Campinas/SP. [s.l.: s.n.].
- [9] ITO, M. Engineering properties of a vertisolic expansive soil deposit. *Engineering Geology*, v. 152, n. 1, p. 10–16, 2013.
- [10] MINGBIN, H. Estimation of SWCCs from Grain-Size Distribution Curves for Loess Soils in China. *Strategy*, p. 19–25, 2003.
- [11] MOURA, D.; SEVERO, R.; CARVALHO JR, H.; MACEDO NETO, O. Escoamento plástico e comportamento tensão-deformação de solos cimentados. [s.l.], 2007.
- [12] NETO, O.D.F.; Avaliação Experimental e Numérica de Radiers Estaqueados com Estacas Defeituosas em Solo Tropical do Brasil. Universidade de Brasília, Faculdade de tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Aviação. Brasília, 2013.
- [13] NOH, J.H.; LEE, S.R.; PARK, H. Prediction of Cryo-SWCC during Freezing Based on Pore-Size Distribution. [s.l.], 2012.
- [14] RAO, B.H.; SINGH, D.N. Establishing Soil-Water Characteristic Curve of a Fine-Grained Soil from Electrical Measurements. [s.l.], 2010.
- [15] TONNI, L.; GOTTARDI, G. Analysis and interpretation of piezocone data on the silty soils of the Venetian lagoon (Treporti test site). NRC Research Press, 2011.