

# SIMBOLOGIA DE MECÂNICA DOS SOLOS

## 1. INTRODUÇÃO

Este texto apresenta uma listagem das grandezas definidas no quadro geral de unidades de medida aprovadas pelo Decreto nº 81.621 de 03 / 05 / 78 e que são de interesse a geotecnia. Consta também de uma listagem mostrando a simbologia utilizada em geotecnia, e que tem por base a proposta apresentada no V Congresso Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações realizado em Paris em 1961, acrescida de outros símbolos freqüentemente utilizados no Brasil. Caso haja conflito com a de uso internacional, preferiu-se optar por esta última, como uma tentativa de normalização.

O interesse principal desta apresentação foi listar os símbolos mais usados em geotecnia no Brasil, com tendência à internacionalização, para um melhor aproveitamento e facilidade na leitura de trabalhos, e servir de orientação aos interessados quanto da utilização das unidades em trabalhos científicos e didáticos.

## 2. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

O Sistema Internacional (SI) de unidades atualizadas até a XV Conferência Geral de Pesos e Medidas, em 1975, compreende:

### 2.1 – Unidades de base

UNIDADE	SÍMBOLO	GRANDEZA
Metro	m	comprimento
Quilograma	kg	massa
Segundo	s	tempo
Ampère	a	corrente elétrica
Kelvin	k	temperatura dinâmica
Mol	ml	quantidade de matéria
Candela	cd	intensidade luminosa

### 2.2 - Unidades complementares

radiano	rd	ângulo plano
esterradiano		ângulo sólido

2.3 – Unidades derivadas, deduzidas direta ou indiretamente das unidades de base e suplementares.

2.4 – Os múltiplos e submúltiplos decimais das unidades de base, cujos nomes são formados pelo emprego dos prefixos da tabela.

PREFIXO	SÍMBOLO	FATOR MULTIPLICADOR
exa	E	$10^{18}$
peta	P	$10^{15}$
tera	T	$10^{12}$
giga	G	$10^9$
mega	M	$10^6$
quilo	k	$10^3$
hecto	h	$10^2$
deca	da	10

deci	d	$10^{-1}$
centi	c	$10^{-2}$
mili	m	$10^{-3}$
micro	$\mu$	$10^{-6}$
nano	n	$10^{-9}$
pico	p	$10^{-12}$
femto	f	$10^{-15}$
atto	a	$10^{-18}$

2.5 – A seguir serão listados as principais grandezas utilizadas na geotecnia, suas unidades e os símbolos utilizados.

GRANDEZA	UNIDADE	SÍMBOLO
Comprimento	metro	m
Área	metro quadrado	$m^2$
Volume	metro cúbico	$m^3$
Ângulo plano	radiano	rad
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Velocidade	metro / segundo	m/s
Velocidade angular	radiano / segundo	rad/s
Aceleração	metro / segundo / segundo	$m/s^2$
Aceleração angular	metro / segundo / segundo	$m/s^2$
Momento de inércia	quilograma-metro quadrado	$kg.m^2$
Massa específica	quilograma / metro cúbico	$kg/m^3$
Força	Newton	N
Peso específico	Newton / metro cúbico	$N/m^3$
Pressão (Tensão)	Pascal	Pa
Viscosidade dinâmica	Pascal-segundo	Pa.s
Vazão	metro cúbico / segundo	$m^3/s$
Momento de força	Newton-metro	N.m
Frequência	Hertz	Hz
Temperatura	grau Celcius	$^{\circ}C$
Trabalho (Energia)	Joule	J
Resistividade	ohm-metro	$\Omega.m$

2.6 – Unidades usadas sem restrição com as do SI.

Volume	litro	<i>L</i>
Ângulo Plano	grau	$^{\circ}$
	minuto	'
	segundo	''
Massa	tonelada	t
Tempo	minuto	min
	hora	h
	dia	d
Velocidade Angular	rotação / minuto	rpm

### 3. SIMBOLOGIA E UNIDADES UTILIZADAS

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
3.1 – Geral		
- Coordenadas de um ponto		
. retangulares	x, y, z	
. polares	r, $\theta$ , z	
- Aceleração		m/s <sup>2</sup>
. genérica	a	m/s <sup>2</sup>
. gravidade	g	m/s <sup>2</sup>
- Componentes de Deslocamento	u, v, w	
- Ângulo Plano		rad, grau
- Velocidade Angular	$\omega$	rad / s
- Aceleração Angular	$\alpha$	rad/s <sup>2</sup>
- Medida Linear		m, cm, mm
. largura	B, b	m, cm, mm
. comprimento	L, $\ell$	m, cm, mm
. altura	H, h	m, cm, mm
. diâmetro	D, d	m, cm, mm
. espessura de camada	Z	m, cm, mm
- Área		m <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup>
. genérica	A	
. inicial	A <sub>o</sub>	
- Volume		m <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup> , $\ell$
. genérico	V	m <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup> , $\ell$
. inicial	V <sub>o</sub>	m <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup> , $\ell$
. sólidos	V <sub>s</sub>	m <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup> , $\ell$
. vazios	V <sub>v</sub>	m <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup> , $\ell$
. água	V <sub>w</sub>	m <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup> , $\ell$
. ar	V <sub>ar</sub>	m <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup> , $\ell$
- Tempo	t	s, h
- Massa		kg, g, t
. genérica	M	kg, g, t
. sólidos	M <sub>s</sub>	kg, g, t
. água	M <sub>w</sub>	kg, g, t
- Força		N, kN, MN
. genérica	F	N, kN, MN
. peso	W	N, kN, MN
- Momento	M	N.m
- Viscosidade Dinâmica	$\eta$	Pa.s
- Fator de Segurança	FS	
3.2 – Pressão (Tensão)		Pa, kPa, Mpa
- Pressão Neutra	U	
- Tensão Normal Total	$\sigma$	
- Tensão Normal Efetiva	$\sigma'$	
- Tensão Cisalhante	$\tau$	
- Tensões Principais	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	

- Componentes de Tensões Normais		
. coordenadas retangulares	$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	
. coordenadas polares	$\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$	
- Tensão Superficial	$\sigma_s$	N/m
3.3 – Deformação		
- Linear Específica	$\varepsilon$	%
- Componentes de Coordenadas Retangulares	$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$	
- Volumétrica Específica	$\theta$	
- Cisalhante	$\gamma$	
- Componentes em Coord. Retang.	$\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$	
- Coeficiente de Poisson	$\nu$	
- Módulo de Elasticidade do Solo	E	Pa, kPa, MPa
- Módulo de Elasticidade Transversal	G	Pa, kPa, MPa
3.4 – Índices Físicos		
- Massa Específica		kg/m <sup>3</sup> , g/cm <sup>3</sup> , t/m <sup>3</sup>
. do solo	$\rho$	kg/m <sup>3</sup> , g/cm <sup>3</sup> , t/m <sup>3</sup>
. do solo seco	$\rho_d$	kg/m <sup>3</sup> , g/cm <sup>3</sup> , t/m <sup>3</sup>
. do solo saturado	$\rho_{sat}$	kg/m <sup>3</sup> , g/cm <sup>3</sup> , t/m <sup>3</sup>
. do solo submerso	$\rho'$	kg/m <sup>3</sup> , g/cm <sup>3</sup> , t/m <sup>3</sup>
. dos sólidos	$\rho_s$	kg/m <sup>3</sup> , g/cm <sup>3</sup> , t/m <sup>3</sup>
. da água	$\rho_w$	kg/m <sup>3</sup> , g/cm <sup>3</sup> , t/m <sup>3</sup>
. do ar	$\rho_{ar}$	kg/m <sup>3</sup> , g/cm <sup>3</sup> , t/m <sup>3</sup>
- Peso Específico		N/m <sup>3</sup> , kN/m <sup>3</sup>
. do solo	$\gamma$	N/m <sup>3</sup> , kN/m <sup>3</sup>
. do solo seco	$\gamma_d$	N/m <sup>3</sup> , kN/m <sup>3</sup>
. do solo saturado	$\gamma_{sat}$	N/m <sup>3</sup> , kN/m <sup>3</sup>
. do solo submerso	$\gamma'$	N/m <sup>3</sup> , kN/m <sup>3</sup>
. dos sólidos	$\gamma_s$	N/m <sup>3</sup> , kN/m <sup>3</sup>
. da água	$\gamma_w$	N/m <sup>3</sup> , kN/m <sup>3</sup>
. do ar	$\gamma_{ar}$	N/m <sup>3</sup> , kN/m <sup>3</sup>
- Densidade		
. do solo	$\delta$	
. dos sólidos	$\delta_s$	
. da água	$\delta_w$	
- Índice de Vazios		
. genérico	e	
. inicial	$e_o$	
. crítico	$e_c$	
- Porosidade	n	%
- Teor de Umidade	w	%
- Grau de Saturação	$S_r$	%
- Limite de Liquidez	$w_L, LL$	%
- Limite de Plasticidade	$w_P, LP$	%
- Limite de Contração	$w_c, LC$	%
- Índice de Plasticidade	$I_p, IP$	
- Índice de Consistência	IC	
- Índice de Vazios Máximo (estado fofo)	$e_{max}$	

- Índice d Vazios Mínimo (estado compacto)	$e_{\min}$	
- Compacidade Relativa	$D_r$	
3.6 – Granulometria		
- Diâmetro		mm, cm
. dos grãos	$D$	
. efetivo	$D_e, D_{10}$	
. vazio tangente	$D_{vt}$	
. vazio equivalente	$D_{ve}$	
- Coeficiente		
. de não uniformidade	$C_u$	
. de curvatura	$C_c$	
3.7 – Movimento d'água no Solo		
- Vazão		$m^3/s, \ell/s$
. total	$Q$	
. unitária	$Q$	
- Velocidade		m/s, cm/s
. de descarga	$V$	
. de percolação	$v_p$	
- Gradiente Hidráulico		
. médio	$i$	
. crítico	$i_{crit}$	
- Coeficiente de Permeabilidade		cm/s
. genérico	$k$	
. a 20°C	$k_{20}$	
. horizontal	$kk_h$	
. vertical	$k_v$	
- Relação de Permeabilidade	$X_{15}$	$X_{15} = D_{15f}/D_{15b}$
- Relação de Estabilidade	$X_{85}$	$X_{85} = D_{15f}/D_{85b}$
- Carga		m
. total	$h$	
. piezométrica	$h_p$	
. altimétrica	$h_e$	
- Força de Percolação	$J$	N, kN
- Força de Percolação / Unidade de Volume do Solo	$J$	$N/m^3, kN/m^3$
- Número de Canais de Fluxo	$n_f$	
- Número de Equipotenciais	$n_{eq}$	
3.8 – Adensamento		
- Coeficiente de Variação Volumétrica Unidirecional	$m_v$	$m^2/N, m^2/kN$
- Coeficiente de Compressibilidade Vertical	$a_v$	$m^2/N.m^2/kN$
- Índice de Compressão	$C_c$	
- Coeficiente de Adensamento	$c_v$	$m^2/s$
- Fator Tempo	$T_v$	
- Percentagem de Adensamento	$U_z$	%
- Percentagem Média de Adensamento	$U$	%
- Distância de Drenagem	$H_d$	M
- Tensão de Pré-Adensamento	$\sigma'_{ad}$	Pa, kPa

– Recalque de Adensamento		m, cm, mm
. total	$\rho_c$	
. parcial	$\rho_t$	
. diferencial	$\delta$	
3.9 – Reconhecimento do Sub-Solo		
– Índice de Resistência a Penetração	$\underline{N}$	
– Relação de Áreas	$\underline{R_a}$	$\frac{\%}{\%}$
– Folga Interna	$\underline{F_i}$	$\frac{\%}{\%}$
– % de Recuperação	$\underline{R_r}$	$\frac{\%}{\%}$
– Nível d'água	$\underline{NA}$	
3.10 – Resistência ao Cisalhamento		
- Resistência ao Cisalhamento		Pa, kPa
. pico	$\tau_t$	
. residual	$\tau_r$	
- Coesão		Pa, kPa
. não drenada	$c_u$	
. em termos de tensão total	$c$	
. em termos de tensão efetiva	$c'$	
- Ângulo de Atrito		Grau
. em termos de tensão total	$\phi$	
. em termos de tensão efetiva	$\phi'$	
- Resistência a Compressão Simples	$\sigma_c$	Pa, kPa
- Resistência a Tração	$\sigma_t$	Pa, kPa
. para ensaio de viga	$\sigma_{tv}$	
. para ensaio triaxial	$\sigma_{tt}$	
. para ensaio brasileiro	$\sigma_{tb}$	
- Sensibilidade	$S_e$	$S_e$
3.11 – Empuxo de Terra		
– Empuxo de Terra Unitário		N/m, kN/m
. genérico	$E$	
. empuxo ativo	$E_A$	
. empuxo passivo	$E_P$	
. empuxo em repouso	$E_0$	
– Coeficiente de Empuxo		
. ativo	$K_A$	
. passivo	$K_P$	
. em repouso	$K_0$	
– Ângulo de Atrito Solo-Muro	$\delta$	grau
– Relação entre Tensão Horizontal e Vertical	$K$	
– Inclinação da Superfície do Terrapleno	$i$	grau
– Inclinação da Cunha com a Horizontal	$\alpha$	
– Altura Crítica de Talude Vertical	$H_c$	m
3.12 – Taludes		
– Altura	$H$	m
– Profundidade da Camada Resistente Abaixo	$D$	m

do Pé do Talude		
– Ângulo de Inclinação	$\alpha$	grau

### 3.13 – Compactação

– Teor de Umidade Ótima	$w_{ot}$	%
– Massa Específica Seca Máxima	$\rho_{dmax}$	$kg/m^3, g/cm^3, t/m^3$
– Massa Específica do Aterro	$\rho_f$	
– Peso Específico Seco Máximo	$\gamma_{dmax}$	$N/m^3, kN/m^3$
– Grau de Compactação	GC	%
– Energia de Compactação	EC	J, kJ

### 3.14 – Fundações

– Largura da Fundação	B	m
– Comprimento da Fundação	L	m
– Profundidade da Fundação Abaixo da Superfície do Terreno	D	m
– Fatores de Capacidade de Carga	$N_c, N_q, N_\gamma$	
– Fatores de Forma	$s_c, s_q, s_\gamma$	
– Nega	S	
– Capacidade de Carga do Solo	$\sigma_r$	Pa, kPa
– Recalque	$\rho$	m, cm, mm
– Recalque Imediato	$\rho_i$	m, cm, mm
– Taxa de Trabalho do Solo	$\bar{\sigma}$	Pa, kPa
– Carga de Trabalho de Estaca	$\bar{P}_e$	N, kN