



MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA-GERAL

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS EM
TRANSPORTES

Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lote A
Ed. Núcleo dos Transportes
Brasília – DF – CEP 70040-902
Tel./fax: (61) 3315-4831

DEZEMBRO 2021

NORMA DNIT 198/2021 – TER

Constituintes geológicos de agregados e solos – Terminologia

Autor: Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR

Processo: 50600.014006/2021-14

Origem: Revisão da norma DNER – TER 198/94

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 13/12/2021.

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Agregado, rocha, solo

Nº total de páginas

22

Resumo

Este documento estabelece a terminologia empregada para definir as características dos materiais geológicos constituintes dos solos, agregados naturais utilizados em concretos, em materiais rochosos usados em rodovias e em estudos geológicos e amostragem de ocorrências de materiais rochosos para fins rodoviários. Os termos apresentados são usualmente aplicados na apreciação e análise petrográfica de agregados, bem como na avaliação e estudos referentes aos solos.

Abstract

This document establishes the terminology to define the characteristics of geological materials that comprises soils, natural aggregates for concrete, rock materials used in highways and geological studies and sampling of rock material occurrences for road purposes. The terms presented are usually applied in the assessment and petrographic analysis of aggregates, as well as in the evaluation and studies related to soils.

Sumário

Prefácio	1
1 Objetivo	1
2 Definições	1
Anexo A (Informativo) – Convenções de legendas básicas	15
Anexo B (Informativo) – Síntese com os tipos de horizontes e seus principais atributos	16

Anexo C (Informativo) – Síntese com a classificação atual de solos	18
Anexo D (Informativo) – Simbologia básica	19
Anexo E (Informativo) – Bibliografia	20
Índice geral	22

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR/DPP, para servir como documento base, visando definir os termos empregados na descrição dos constituintes mineralógicos dos agregados naturais utilizados em concretos em materiais rochosos usados em rodovias e em estudos geológicos e amostragem de ocorrências de materiais rochosos e solos para fins rodoviários. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009 – PRO. Este documento cancela e substitui a norma DNER – TER 198/94.

1 Objetivo

Esta Norma define os termos empregados na descrição dos constituintes geológicos que fazem parte do vocabulário de normas associadas a agregados e materiais para rodovias e amostragens.

2 Definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições relativos a rochas, minerais e solos.

2.1 Mineral

Sólido natural homogêneo, cristalino e de composição química específica. Os cristais podem formar-se a partir de soluções, de líquidos de fusão ou de vapores.

2.2 Rocha

Qualquer agregado mineral de ocorrência natural, compreendendo parte apreciável e essencial da crosta terrestre. As rochas dividem-se em três grandes grupos, de acordo com critérios genéticos: ígneas ou magmáticas, metamórficas e sedimentares.

2.3 Textura

Termo utilizado em referência às seguintes características: tamanho, trama, forma, arranjo, cristalinidade, granulometria dos elementos constituintes das rochas. Termo aplicado a feições limitadas (macro e microscópicas), quando observada sobre uma superfície de uma rocha homogênea.

NOTA 1: O termo “estrutura” é geralmente usado para feições maiores de uma rocha, não sendo sinônimos, apesar de algumas feições texturais, como a foliação ou textura de fluxo, serem semelhantes às feições estruturais de uma rocha.

2.4 Petrografia

Estudo e de análise macro e microscópica das rochas habitualmente empregados pela petrologia para descrição detalhada e classificação sistemática das rochas com base nas observações de campo, por exame visual em amostras de mão e em lâminas e seções delgadas em microscópio. São observadas suas estruturas, texturas e componentes mineralógicos.

2.5 Petrologia

Ramo da geologia que estuda as rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas, com vistas a definir a sua caracterização, gênese e evolução.

2.6 Rochas ígneas

Rocha formada pela solidificação de massas fundidas denominadas magmas (rocha fundida ou material ígneo-fluido derivado do interior da crosta terrestre). Podem ser

divididas em plutônicas ou intrusivas e vulcânicas ou extrusivas.

2.6.1 Classificação quanto à origem

a) Plutônica

Rocha formada e consolidada, pelo lento resfriamento (intrusiva), em grandes profundidades no interior da crosta. Apresenta granulação média (1 mm – 5 mm) a muito grossa > 3 cm. Ex.: granito, diorito, gabro e sienito.

b) Vulcânica

Rocha formada pelo resfriamento extremamente rápido em superfície, pelo extravasamento de lava (extrusiva). Seus cristais tiveram pouco tempo para se formarem e, portanto, sua granulação é fina < 1 mm. Ex.: basalto e riolito.

c) Subvulcânica

Rocha consolidada em níveis mais rasos da crosta que, geralmente, apresentam-se em forma de corpos tabulares como diques e soleiras, comumente de diabásio, traquito e fonolito.

2.6.2 Classificação quanto ao índice de cor

Representa a relação de proporção, em termos quantitativos, entre os minerais félsicos (feldspatos + sílica) de cor clara e minerais máficos (ferro + magnésio) de cor escura, compõem a rocha ígnea.

a) Leucocrática

Quando possuem entre 0 % e 30 % de minerais máficos. Ex.: riolito e granito.

b) Mesocráticas

Quando possuem entre 30 % e 60 % de minerais máficos. Ex.: andesito e diorito.

c) Máficas ou Melanocráticas

Quando possuem entre 60 % e 90 % de minerais máficos. Ex.: basalto e gabro.

d) Ultramáficas ou Ultramelanocrática

Quando possuem mais de 90 % de minerais máficos. Ex.: komatiito e peridotito.

2.6.3 Classificação quanto ao grau de visibilidade

Indica a fração de tamanhos de cristais de uma rocha que pode ser visível com auxílio de lupa de 10x de aumento ou vista desarmada.

a) Afanítica

Não possui material cristalino identificável com lupa ou vista desarmada.

b) Fanerítica

Constituídas integralmente de material cristalino possível de identificar com lupa ou vista desarmada.

2.6.4 Classificação quanto ao conteúdo de sílica

Indica o grau de acidez pela porcentagem de sílica (SiO_2) presente. Classifica-se em:

a) Ácida ou Félsica

Contém mais de 66 % de sílica. Ex.: granitos.

b) Intermediária

Contém de 66 % a 52 % de sílica. Ex.: sienitos.

c) Básica ou Máfica

Contém de 52 % a 45 % de sílica. Ex.: basaltos.

d) Ultrabásica ou Ultramáfica

Contém menos que 45 % de sílica. Ex.: Peridotitos.

2.6.5 Classificação quanto ao tamanho relativo dos cristais**a) Equigranular**

Os cristais na rocha apresentam aproximadamente o mesmo tamanho.

b) Inequigranular

Os cristais na rocha apresentam dimensões variáveis.

c) Porfírica

Rocha que apresenta fenocristais (cristal de tamanho maior que a matriz) em uma matriz de granulação fina ou até mesmo vítrea.

d) Vitrofírica

Pequenos cristais coexistindo em uma matriz vítrea.

2.6.6 Classificação quanto a faces cristalinas**a) Idiomórficos (euédricos)**

Cristais formados por faces totalmente desenvolvidas e bem definidas.

b) Hipidiomórficos (subédricos)

Cristais com faces parcialmente desenvolvidas.

c) Xenomórfico (anédrico)

Cristais com ausência de faces.

2.6.7 Classificação quanto à granulação**a) Muito grossa**

Maioria dos minerais formadores tem diâmetro superior a 3,0 cm.

b) Grossa

Maioria dos minerais formadores tem diâmetro compreendido entre 0,5 cm e 3,0 cm.

c) Média

Maioria dos minerais formadores tem diâmetro compreendido entre 1 mm e 5 mm.

d) Fina

Maioria dos minerais formadores tem diâmetro inferior a 1 mm.

2.6.8 Principais texturas das rochas ígneas**a) Fluidal**

Caracterizada pela orientação de cristais, no caso de rochas porfíricas (granito), bem como de vesículas, no

caso de rochas vulcânicas. Representa o fluxo do magma na câmara magmática ou condutos vulcânicos, ou fluxo de lava, no caso de derrames vulcânicos.

b) Gráfica

Caracterizada principalmente por apresentar intercrescimento regular de quartzo e feldspato alcalino, com feições semelhantes à antiga escrita cuneiforme. Comum de observar em pegmatitos indicando processos de exsolução ou imiscibilidade de rochas.

c) Poiquilítica

Caracterizada pela inclusão de cristais menores (orientados ou não) em cristais significativamente maiores (fenocristais) idiomórficos ou xenomórficos.

d) Offítica

Caracterizada principalmente por apresentar piroxênios (geralmente augita) englobando ripas de feldspato do tipo plagioclásio.

e) Pilotaxítica ou Traquítica

Caracterizada pela presença de minerais primários nos micrólitos de feldspato geralmente orientados.

f) Vesicular

Textura que indica qual rocha possui vazios disseminados em sua matriz e são provenientes do escape de gases. Ex.: basalto vesicular.

g) Amigdalóide ou amigdaloidal

Textura indicativa de que a rocha possui vesículas preenchidas com materiais de composição diferente ao da matriz. Ex.: basalto amigdaloidal (druzas e geodos).

2.6.9 Rochas ígneas mais comuns

a) Granito

Rocha intrusiva, em geral, leucocrática constituída predominantemente por quartzo e feldspato potássico, contendo também plagioclásio, muscovita, biotita, hornblenda e, em menor volume, podem ocorrer magnetita e alanita. Sua densidade varia entre 2,60 g/cm³ a 2,75 g/cm³.

b) Sienito

Rocha intrusiva constituída predominantemente por feldspato alcalino, normalmente ortoclásio perítico, podendo ocorrer plagioclásio e nefelina, bem como ferromagnesianos (hornblenda, biotita ou piroxênios), biotita e algum quartzo. Sua densidade varia entre 2,60 g/cm³ a 2,80 g/cm³.

c) Diorito

Rocha intrusiva melanocrática constituída essencialmente por plagioclásio e minerais ferromagnesianos (augita, hornblenda e biotita), onde a proporção de plagioclásios é igual ou maior do que a dos ferromagnesianos. Sua densidade varia entre 2,80 g/cm³ a 3,10 g/cm³.

d) Gabro e Diabásio

Rocha intrusiva melanocrática constituída essencialmente por plagioclásio e minerais ferromagnesianos (augita, hornblenda e biotita), onde a proporção dos ferromagnesianos é maior do que a dos plagioclásios. Ocorrem também, óxidos de ferro e sulfetos (pirita). O diabásio é uma variedade fina que ocorre sob formas de diques. Sua densidade varia entre 3,00 g/cm³ a 3,30 g/cm³.

e) Peridotito

Rocha intrusiva melanocrática constituída essencialmente por olivina e piroxênio. Se for composta quase inteiramente por olivina (> 90 %), é denominada dunito, e no caso de ser extremamente rica em piroxênios, chama-se piroxenito.

f) Felsitos

Grupo das rochas ígneas afaníticas félsicas. São rochas ígneas extrusivas leocráticas, constituídas principalmente por quartzo e feldspato e incluem riolito, dacito, andesito e traquito.

g) Mafitos

Grupo das rochas ígneas afaníticas máficas. São rochas ígneas extrusivas, melanocráticas e equivalentes ao gabro e ao diabásio e incluindo o basalto, basanitos e tefritos.

2.7 Rochas metamórficas

Rochas formadas por transformações experimentadas por qualquer tipo de rocha preexistente (protólito) que foi submetida à ação individual ou conjunta de processos termodinâmicos (temperatura, pressão e fluidos) capazes de produzir novas texturas e novos minerais, podendo estar orientados, e que, por sua vez, originam novos tipos petrográficos. Ex.: ardósia, gnaiss e xisto.

2.7.1 Metamorfismo

Processo de transformação, no estado sólido, que ocorre quando uma rocha se converte em outra se submetida a um novo ambiente de elevada pressão e temperatura, onde sua associação mineral não é mais estável. Os fatores que provocam este processo são físicos e químicos. Os físicos podem ser variação na temperatura e/ou pressões variáveis que conduzam à deformação e recristalização da rocha, produzindo novas texturas. Os fatores químicos estão associados à infiltração de fluidos que reagem com a rocha.

2.7.1.1 Principais tipos de metamorfismo

a) Regional

Está associado a deformações e dobramentos oriundos de colisões continentais (orogêneses). Ocorrem em faixas entre 10 km e 500 km de largura e mais de 1000 km de comprimento, podendo o processo se estender por centenas de milhares até milhões de anos. A maior parte das rochas que sofrem esse tipo de metamorfismo possuem estruturas penetrativas (foliação) graças à pressão dirigida. Ex.: Faixa Ribeira e Faixa Brasília.

b) De contato

Ocorre devido ao aumento de temperatura nas rochas encaixantes próximas a intrusões ígneas que fornecem calor para provocar alterações minerais. Se dão na forma de auréolas com zoneamentos minerais. A extensão da auréola depende do volume e da natureza do magma invasor, do tipo de rocha encaixante e do gradiente geotérmico em torno da intrusão. Ex.: escarnitos, hornfels e granito com auréola de xisto.

c) Hidrotermal

Resulta da percolação de águas quentes ao longo de fraturas e espaços intergranulares das rochas. É um processo metassomático que se desenvolve através de trocas iônicas entre água quente circulante e a rocha através de fissuras e fraturas. Ocorre frequentemente associado à atividade ígnea, uma vez que elevadas temperaturas são necessárias para começar o processo de convecção dos fluidos.

d) De soterramento (ou de carga)

Pode ser considerado como incipiente e resulta do soterramento de espessas sequências de rochas sedimentares e vulcânicas a profundidades de até 12 km onde a T pode chegar a 300°C ou mais. Com, por exemplo, a subsidência de uma bacia, na base da sequência das rochas que a compõe são produzidas condições de T e pressão suficientes para a geração de metamorfismo de baixo grau, mesmo sem a deformação típica de um metamorfismo regional. As transformações metamórficas desenvolvem-se pela cristalização de novos minerais sob a influência de fluidos intergranulares entre os sedimentos. Há preservação de textura e estruturas originais. Ocorre na base de bacias sedimentares muito espessas.

2.7.2 Tipos de orientação mineral

As rochas metamórficas podem ser divididas em função da existência ou não de orientação mineral. Essa orientação se dá em função da reorientação na direção que oferecer menos resistência à força aplicada (pressão dirigida) em um eixo de tensões (σ_1 , σ_2 e σ_3).

a) Rochas não foliadas

A falta de orientação decorre de pouca ou nula pressão dirigida. Muitas vezes constituídas por rochas com apenas um mineral, em geral, esse mineral é o quartzo, calcita ou dolomita.

b) Lineação

Orientação preferencial em linhas que ocorre quando $\sigma_1 = \sigma_2 > \sigma_3$. Verifica-se alongamento de minerais e estruturas. Exemplos: lineações minerais, lineações de intersecção, lineações de crenulação e lineações de estiramento.

c) Foliação

Orientação preferencial em planos que ocorre quando $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$ e resulta da orientação de argilominerais e micas (filossilicatos) ou de bandamento composicional (minerais iguais se agrupam e alinham). Sequências de foliações em rochas deformadas podem ter seus planos designados em S_1 , S_2 , S_3 em diante e a numeração é dada pela ordem de formação da foliação.

2.7.3 Tipos de foliação

Dependem da rocha original e intensidade de metamorfismo. Pelo fato de, geralmente, ocorrer aumento do tamanho dos cristais com aumento de temperatura e pressão, o tipo de foliação indica a intensidade de metamorfismo. São exemplos de foliação: clivagem, xistosidade e bandamento gnáissico.

2.7.4 Tipos de texturas em rochas metamórficas

Existem dois processos responsáveis pela formação das texturas em rochas metamórficas que são: cataclase (deformação por cominuição e/ou rotação sem recristalização associada a baixas temperaturas e pressões) e blastese (deformação, cristalização ou recristalização do mineral em elevadas temperaturas e presença de fluidos).

a) Porfiroblástica

Textura formada por grandes cristais porfiroblastos gerados durante o metamorfismo dispersos entre cristais de granulação mais fina.

b) Granoblástica

Textura caracterizada pela presença de grãos de minerais recristalizados, equidimensionais que ocorrem geralmente em quartzitos, mármore e hornfels.

c) Lepidoblástica

Textura caracterizada pelo predomínio de minerais lamelares como micas e cloritas em rochas como filitos e micaxistos.

d) Nematoblástica

Textura caracterizada por cristais prismáticos e aciculares de anfibólios, cianita e silimanita orientados em rochas como anfibolitos, cianita xisto e silimanita gnaisses.

2.8 Rochas sedimentares

Formadas na superfície da crosta terrestre sob temperaturas e pressões relativamente baixas, pela decomposição e/ou desagregação de rochas pré-existentes (ígneas, metamórficas e sedimentares), seguido de transporte, deposição e diagênese (compactação e cimentação). As rochas sedimentares são classificadas como clásticas (ou detríticas); precipitados químicos; rochas biogênicas, bioquímicas e orgânicas, e vulcanoclásticas.

2.8.1 Tipos de Rochas Sedimentares**a) Clásticas ou Detríticas**

Formadas na superfície da crosta terrestre sob temperaturas e pressões relativamente baixas, pela decomposição e/ou desagregação de rochas pré-existentes (ígneas, metamórficas e sedimentares), seguido de transporte, deposição e diagênese (compactação e cimentação). As rochas sedimentares são classificadas como: clásticas (ou detríticas), precipitados químicos, rochas biogênicas, bioquímicas, orgânicas e vulcanoclásticas.

b) Precipitados Químicos

Formadas pela precipitação de compostos químicos. Ex.: calcários, *chert* e *ironstones*.

c) Rochas Biogênicas, Bioquímicas e Orgânicas

Rochas formadas pelo acúmulo e diagênese de matéria orgânica vegetal ou animal. Ex.: carvão, dolomitos, *chert* e coquinas.

d) Rochas vulcanoclásticas

Formadas pelo acúmulo de produtos de atividades vulcânicas eruptivas e pelo retrabalhamento e redeposição destes por água, vento e fluxos gravitacionais. Ex.: tufo, lapillito e brechas vulcânicas.

2.8.2 Termos relativos às rochas sedimentares

a) Granulometria

Classificação de tamanho dos componentes das rochas sedimentares baseada, usualmente, na escala logarítmica de Udden Wentworth que varia do tamanho argila ao matacão. Argila (< 0,002 mm), silte (0,002 mm a 0,062 mm), areia muito fina (0,062 mm a 0,125 mm), areia fina (0,125 mm a 0,250 mm), areia média (0,250 mm a 0,500 mm), areia grossa (0,50 mm a 1,00 mm), areia muito grossa (1,0 mm a 2,0 mm), grânulo (2,0 mm a 4,0 mm), seixo (4 mm a 64 mm), bloco/calhau (64 mm a 256 mm) e matacão (> 256 mm).

NOTA 2: Esta classificação granulométrica é extremamente comum e usada em descrições de amostras e não necessariamente corresponde à classificação usada em alguns ensaios, por essa razão, é necessário ter atenção e fazer a devida conversão.

b) Arcabouço

É a classe de tamanho dominante que permite designar o nome da rocha sedimentar.

c) Matriz

É classe de tamanho menor do que arcabouço. Não há intervalo de tamanho absoluto para a matriz.

d) Cimento

É o precipitado químico que preenche e cimenta os espaços entre os grãos de rochas sedimentares. Pode ser constituído por sílica, sulfato de cálcio, carbonato de cálcio e magnésio, óxidos e hidróxidos de ferro.

e) Poro

Espaço de vazios entre os grãos que não são preenchidos por grãos, matriz, ou cimento, mas que podem ser preenchidos por gases ou líquidos. Pode ser primário (intergranular ou interpartícula, intragranular ou intrapartícula) ou secundário, intercristalina, fratura, móldica, vulgular, entre outros.

f) Diagênese

Conjunto de processos geológicos (químicos, físicos e biológicos) que ocorrem sob baixas temperaturas e que sucedem à deposição dos sedimentos, levando à transformação destes em rochas sedimentares.

g) Seleção

Forma de avaliar a quantidade modal de classes diferentes de tamanhos de grãos, pela escala de Udden-Wentworth, presentes em amostras de arenitos em diferentes graus: de muito bem selecionado, bem selecionado, moderadamente selecionado, pobremente selecionado e muito pobremente selecionado. A seleção é influenciada pela distância da área fonte, natureza da rocha fonte e graus de turbulência do agente transportador.

2.8.3 Rochas sedimentares mais comuns

a) Conglomerado e Brecha

Rocha sedimentar formada essencialmente por fragmentos de tamanho cascalho (> 2,0 mm), quando o arcabouço é arredondado a rocha é denominada conglomerado, mas quando o arcabouço anguloso é chamada brecha. Os conglomerados geralmente têm uma matriz de granulometria areia.

b) Arenito

Rocha sedimentar formada essencialmente por fragmentos de tamanho areia (0,062 mm – 2,000 mm). São compostos por: quartzo, feldspatos, fragmentos de rochas, matriz (silte e argila) e cimento. É comum a ocorrência de diversas estruturas sedimentares.

c) Arcócio

Arenito constituído por elevada porcentagem de fragmentos de feldspatos.

d) Vaque (arenito lamoso)

Rocha sedimentar formada essencialmente por fragmentos tamanho areia, contendo entre 15 % e 50 % de matriz lamosa.

e) Siltito

Rocha sedimentar muito fina, formada essencialmente por partículas de tamanho silte (0,004 mm – 0,062 mm).

f) Argilito

Rocha sedimentar formada essencialmente por fragmentos de tamanho argila (< 0,004 mm), maciça, constituída essencialmente por argilominerais. Os minerais dessa rocha são tão diminutos que sua caracterização é feita por difração de raios-X.

g) Folhelho

Rocha sedimentar formada pela consolidação de camadas de argila e silte, contendo principalmente argilominerais, quartzo e mica. É caracterizada por sua fissilidade (característica de partir-se com relativa facilidade em delgadas lâminas, aproximadamente paralelas, que variam em espessura de cerca de 0,5 mm a 1,0 mm).

h) Calcário

Rocha sedimentar de origem química ou orgânica, formada essencialmente por carbonatos de cálcio, especialmente calcita.

i) Dolomita

Rocha sedimentar formada essencialmente por dolomita (carbonato de cálcio e magnésio).

2.9 Termos relativos aos solos**2.9.1 Solo**

Corpo natural composto por frações sólidas, líquidas e gasosas, normalmente apresentando horizontes de composição, textura e cor distintos. Formado tanto por elementos oriundos de materiais minerais quanto por materiais orgânicos que passaram por processo de pedogênese. Podem ser vegetados e sofrer ação antrópica. O solo é volumetricamente representado por um *pedon* e sua avaliação bidimensional é o perfil de solo que se estende desde a superfície até o material que o originou e inclui estudo das propriedades e dos atributos dos horizontes. O conjunto dessa avaliação caracteriza a unidade básica para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

2.9.2 Horizontes

Seções de solo aproximadamente paralelas ao plano horizontal que refletem seu processo de formação a partir do intemperismo de rochas e sedimentos face a diferentes condições climáticas e morfológicas.

a) Horizontes pedogenéticos

Seções do solo que sofreram processos pedogenéticos, guardam relação entre si e apresentam aspectos que as separam como cor e textura. Serve como classificação expedita em campo. Os horizontes pedogenéticos são: O, A, E, B, C e D (anexo B).

b) Horizontes diagnósticos

Apresentam vários atributos que permitem classificá-los a partir de um diagnóstico de suas principais características. Requerem maior detalhamento em avaliações de campo e podem ser subdivididos em superficiais e subsuperficiais (Anexo B).

2.9.3 Classificação dos solos quanto à origem

Podem ser residuais ou transportados.

2.9.3.1 Solos residuais

São resultantes da decomposição *in situ* das rochas quando a velocidade de decomposição é maior do que a velocidade de remoção ou transporte por agentes naturais.

a) Solo residual maduro

Solo relativamente homogêneo que perdeu sua estrutura original. É superficial ou está abaixo de um colúvio ou horizonte poroso.

b) Solo saprolítico (saprólito)

Material que mantém grande parte da estrutura original da rocha, tal como foliação, aspectos texturais, veios e fraturas, porém perdeu toda sua consistência como rocha. Também é chamado de solo jovem ou de alteração de rocha.

c) Rocha alterada

Blocos de rochas decompostas onde houve progresso de sua alteração por meio de zonas de menor resistência ou fraturas.

2.9.3.2 Solos transportados

São solos transportados por agentes como: gravidade, água, vento e gelo.

a) Solo coluvionar (colúvio)

Formado pela ação da gravidade, como por exemplo, escorregamentos e rastejos que formam depósitos de tálus em sopés de taludes. Também são considerados como colúvios os solos depositados sobre solos residuais.

b) Solo aluvionar (aluvião)

Solo formado pelo carregamento e deposição via transporte aquoso. São essencialmente arenosos e sua deposição depende do regime de fluxo das águas.

2.9.4 Classificação dos solos pelo Sistema Brasileiro de Solos (SiBCS)**a) Argissolo**

Solo com evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte *B* textural de argila de baixa atividade. Tem profundidade variável, podendo ser forte a mal drenado, apresenta cores avermelhadas ou amareladas e, de forma mais rara, brunadas ou acinzentadas. É clara a transição entre os horizontes *A* e *B* textural (*Bt*). São de forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa, predominantemente cauliniticos e sua textura varia de arenosa a argilosa.

b) Cambissolo

Solo formado por horizonte *A* ou hístico com espessura que não é suficiente para defini-lo como Organossolo. Apresenta pouca uniformidade quanto ao material de origem, formas de relevo e condições climáticas. As propriedades deste solo mudam de um local para outro e comportam solos de muito até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada

até vermelho-escura, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila.

c) Chernossolo

Solo formado a partir de diferentes materiais de origem e sob condições climáticas variáveis. Tem como distinção a alta saturação por bases e horizonte *A* chernozêmico sobrejacente a horizonte *B* textural ou *B* incipiente. Variam de bem a imperfeitamente drenados, moderadamente ácidos a altamente alcalinos, com argila de atividade alta. Seu desenvolvimento depende de condições que favoreçam a formação e persistência de um horizonte superficial rico em matéria orgânica, com alto conteúdo de cálcio e magnésio e com a presença de argilominerais 2:1 (grupo das esmectitas).

d) Espodossolo

Solo que apresenta nítida diferenciação de horizontes que aparecem na sequência de horizontes *A*, *E*, *B* espódico, *C*. Moderado a fortemente ácido, normalmente com saturação por bases baixa, podendo ocorrer altos teores de alumínio extraível. São solos pobres em fertilidade em função de sua baixa reserva de nutrientes e são desenvolvidos principalmente de materiais arenoquartzosos.

e) Gleissolo

Formado a partir de sedimentos recentes e submetido a constante ou periódico excesso d'água estando permanente ou periodicamente saturados por água, mal ou muito mal drenados e com forte gleização e formação de horizonte glei devido ao ambiente redutor livre de oxigênio dissolvido por longos períodos. Predominam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas devido à redução e solubilização do ferro. Ocorrem próximos a cursos d'água em materiais colúvio-aluviais, em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, em materiais residuais e depressões.

f) Latossolo

Solo muito intemperizado, evoluído e profundo. Apresenta-se fortemente a bem drenado e com horizonte *B* latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte *A*. É típico de regiões equatoriais e tropicais. Originado a partir de diversas rochas e sedimentos, é, em geral, fortemente ácido, com baixa saturação por bases,

distróficos ou alumínicos. O horizonte *A* apresenta cores mais escuras do que o horizonte *B* que tem cores mais vivas, variando desde amarelas ou mesmo bruno-acinzentadas até vermelho-escuro-acinzentadas.

g) Luvissolo

Solo que contém horizonte *B* textural com argila de atividade alta e saturação por bases alta, logo abaixo de horizonte *A* ou horizonte *E*. Moderadamente ácido a ligeiramente alcalinos, com teores de alumínio extraível baixos ou nulos e com valores elevados para a relação molecular *Ki* no horizonte *Bt*, denotando presença, em quantidade variável, mas expressiva, de argilominerais do tipo 2:1.

h) Neossolo

Formado por material mineral ou por material orgânico, pouco espessos, com menos de 20 cm de espessura e não apresentam nenhum tipo de horizonte *B* diagnóstico. Também, não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, o que limita sua evolução.

i) Nitossolo

Profundo, bem drenado, com cores variando de vermelha a brunada, formados por material mineral, com horizonte *B* nítico espesso com textura argilosa ou muito argilosa. São, em geral, de moderadamente ácidos a ácidos, com argila de atividade baixa ou com caráter alumínico conjugado com argila de atividade alta, com composição caulínítico-oxídica.

j) Organossolo

Solo constituídos de matéria orgânica, de cor preta ou cinzenta, decorrente da acumulação de vegetais em diferentes estados de decomposição, usualmente misturados com materiais minerais de granulometria variável, ocorrendo em ambientes onde a condição de drenagem seja restrita. Em geral, são solos ácidos, com alta capacidade de troca de cátions, sendo pouco evoluídos do ponto de vista pedogenético.

k) Planossolo

Solo mineral com textura mais leve e mal drenado, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial. Sua principal característica é a diferença bem marcada entre os horizontes *A* ou *E* e o *B*, devido à mudança textural abrupta. Em geral, possui elevada concentração de argila e permeabilidade lenta, constituindo, ocasionalmente, um horizonte *pã* (endurecido ou cimentado quando seco), que restringe a percolação de água podendo refletir em feições associadas a excesso de umidade.

l) Plintossolo

Solo que apresenta intensa plintização, gerado em condições de percolação restrita de água, porém com esporádica exposição à umidade. Típico de zonas quentes e úmidas, predominantemente ácido, com baixa saturação por bases e baixa atividade da fração argila. Apresenta geralmente horizonte *B* textural concidente ou sobre o horizonte plíntico ou com o horizonte concrecionário. Pode apresentar coloração pálida, mosqueada ou avermelhada.

m) Vertissolo

Solo de granulometria fina, a partir de sedimentos ricos em cálcio e magnésio ou derivados de rochas ricos nesses dois elementos. Distribuído em diversos tipos de climas, porém bastante expressivo no nordeste do Brasil. Constituído por material mineral com horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil. Apresentam significativas mudanças de volume com a variação de umidade que faz com que o solo expanda, contraia e fendilhe. Apresentam consistência plástica e pegajosa pela presença de argilas expansíveis ou de sua mistura com outros argilominerais. São solos de alta capacidade de troca de cátions e alta saturação por bases. Podem apresentar coloração cinza, amarelada ou avermelhada.

2.9.5 Classificação unificada dos solos

Utilizada principalmente em barragens, essa classificação é feita considerando-se a porcentagem de finos que passam na peneira de nº 200 (0,075 mm) e sua combinação com dados complementares (bem ou mal graduado, alta ou baixa compressibilidade). Se a porcentagem que passar for inferior a 50 % do total, o solo será classificado como um solo de granulação grossa (*G* ou *S*). Se a porcentagem que passar for

superior a 50 % do total, o solo será de granulação fina (M, C ou O).

2.9.6 Sistema rodoviário de classificação dos solos

Utilizado principalmente na área de engenharia rodoviária. Considera a constatação de material que passa na peneira de nº 200 (0,075 mm). Se a porcentagem que passar for inferior a 35 % do total, o solo será de granulação grossa e classificado em A-1, A-2 ou A-3. Se a porcentagem que passar for superior a 35 % do total, o solo será de granulação fina e classificado em A-4, A-5, A-6 e A-7.

2.10 Definições estruturais

a) Atitude (direção e mergulho)

Disposição de valores (direção e mergulho) que determinam a posição geométrica no espaço (referida a coordenadas geográficas) de uma camada, descontinuidade (junta ou falha) ou estruturas como foliação ou xistosidade.

b) Direção

Corresponde à orientação, com relação ao norte verdadeiro da linha de interseção de um plano geológico com um plano horizontal geográfico.

c) Mergulho

Valor do ângulo máximo formado entre o plano horizontal e um plano geológico (camada, por exemplo) ou entre o plano horizontal e uma linha geológica (lineação, por exemplo).

d) Dobra

Estrutura que ocorre em várias escalas pelo encurvamento ou flexão de camadas quando submetidas à deformação dúctil por esforços tectônicos. É caracterizada por eixo, plano axial e flanco. Recebe diferentes denominações conforme sua geometria: dobra aberta, assimétrica, isoclinal, de arrasto, etc. Sua classificação se dá pela forma (antiformal e sinformal) em relação a sua idade relativa (anticlinal e sinclinal).

e) Fratura

Descontinuidades formadas em resposta a esforços internos ou externos que atuam em um corpo rochoso indicando perda de coesão. São exemplos de fraturas as falhas, as juntas e as diáclases.

f) Falhas

São descontinuidades ao longo das quais é perceptível o movimento dos blocos (rejeito) paralelamente ao plano ou superfície de ruptura. São classificadas, de acordo com seu deslocamento relativo, em: normais, reversas ou inversas e transcorrentes.

g) Lineação

Feição linear penetrativa em rochas podendo ser subordinada à foliação, ou ser o elemento dominante na estruturação da rocha, onde é difícil reconhecer a foliação. Os principais tipos de lineação são os de interseção, de crenulação, de estiramento e a mineral.

2.11 Definições de propriedades

a) Alterabilidade

Capacidade da rocha em sofrer mudanças físico-químicas em função de fatores externos e internos ao longo do tempo.

b) Alteração

Transformação, não necessariamente deutéria (primária), da rocha. Decomposição que ocorre em função de agentes físicos e químicos naturais que transformam a rocha em outro produto natural em novo equilíbrio físico-químico com o ambiente. A alteração está ligada a fatores intrínsecos (tipo de rocha, composição mineralógica, grau de fraturas e volume de vazios) e extrínsecos (pH, eH, umidade, temperatura).

c) Intemperismo

É um dos fatores que levam à alteração. Representa o fator extrínseco e está associado aos processos físico (ruptura mecânica), e químicos (oxidação, redução, hidrólise e hidratação) e biológicos.

d) Ângulo de atrito interno

É o ângulo (φ) que é atingido apenas em resposta a uma tensão de cisalhamento e é medido entre a força normal (N) e a força resultante (R), cujo valor é determinado experimentalmente. Corresponde à resistência à fricção. E mede a capacidade da rocha ou do solo de resistir a uma tensão de cisalhamento. Sua tangente é o coeficiente de atrito de deslizamento curva envoltória de Mohr, é o coeficiente angular da reta que tangencia as curvas e intercepta o eixo das tensões.

e) Coesão

Parâmetro que representa a resistência aos esforços de cisalhamento e que não depende das tensões aplicadas, mas sim da natureza e composição da rocha.

f) Competência

Característica das rochas em ter elevadas resistência e coesão e comportamento elastofrágil onde é considerado apenas o comportamento da matriz, excluindo-se o papel das descontinuidades. Em escavações subterrâneas, indica a dispensa do uso de suportes.

g) Condutividade hidráulica

Capacidade das rochas e dos maciços rochosos em permitir o fluxo de um fluido em razão do tempo, indicando maior ou menor facilidade com que este fluido passa através de seus poros, interstícios, fraturas, etc.

h) Designação qualitativa de rocha (RQD)

Razão entre a soma dos comprimentos de testemunhos de sondagem com tamanho superior a 10 cm, pelo comprimento total perfurado da manobra.

i) Expansibilidade

Propriedades das rochas que pode provocar sua desagregação total ou parcial da rocha, devido à pressão de expansão de seus componentes argilosos na presença de água.

j) Grau de fraturamento

Índice que é determinado pela contagem de fraturas ao longo de uma direção e comumente aplicado na classificação de maciços rochosos. A contagem é feita

diretamente na superfície de afloramentos rochosos ou utilizando-se o número de fraturas por metro nos testemunhos de sondagem. Não são levadas em consideração as fraturas obtidas pelo processo de perfuração.

k) Perda de água específica

Corresponde à absorção de água pelo substrato rochoso, durante um determinado tempo, quando se ensaia um determinado trecho de rocha, sob uma determinada pressão.

l) Permeabilidade

É a propriedade de uma rocha, ou outro material, que permite a passagem de água ou outro fluido, como petróleo, em maior ou menor vazão por unidade de área. Usualmente seu cálculo está associado à lei de Darcy.

m) Porosidade

Índice físico que representa, em porcentagem, a relação entre o volume de vazios pelo volume total de uma amostra.

n) Solubilidade

Capacidade da rocha em sofrer dissolução total ou parcial, quando sob a ação da água e gás carbônico natural da atmosfera. Rochas que apresentam maiores graus de solubilidades são sais, calcários e dolomitos.

2.12 Termos relativos aos minerais**2.12.1 Minerais primários**

São minerais formadores de rochas que são classificados de acordo com a importância relativa em termos de composição e estrutura nas rochas. Podem ser divididos em essenciais e acessórios.

2.12.2 Minerais de alteração ou secundários

Minerais gerados a partir da transformação dos minerais primários, especialmente pela atuação de processos intempéricos físico-químicos.

2.12.3 Minerais essenciais

Minerais característicos e necessários para a classificação petrográfica da rocha que ocorrem em quantidades superiores a 10 % no volume da rocha.

2.12.4 Minerais acessórios

Minerais que ocorrem em quantidades menores, cuja presença não seja determinante para a classificação da rocha e ocorrem em quantidades inferiores a 10 % (ou 5 % para alguns autores).

2.12.5 Principais minerais formados de rochas

a) Quartzo

Mineral comum e abundante com cristais comumente prismáticos de sistema romboédrico. Formado essencialmente por sílica (SiO_2), possui brilho vítreo, fratura conchoidal, resiste ao intemperismo, sendo um constituinte essencial de muitas areias, cascalhos, arenitos e de rochas ígneas e metamórficas.

b) Feldspatos

São aluminossilicatos de K, Na e Ca constituindo um grupo de importantes minerais formadores de rochas. São divididos em dois subgrupos: o dos "feldspatos alcalinos ou potássicos" (ortoclásio, microclínio e sanidina) e o dos "plagioclásios ou álcali-cálcicos" (albita, oligoclásio, andesina, labradorita, bytonita e anortita).

c) Anfibólios

Grupo grande e complexo de silicatos ferromagnesianos que muitas vezes são diferenciados entre eles e entre os piroxênios apenas com auxílio de microscópio. Os mais comuns são: hornblenda, tremolita-actinolita e glaucofana. Podem estar presentes, comumente, em rochas ígneas e metamórficas.

d) Piroxênios

Grupo de silicatos ferromagnesianos comuns às rochas ígneas distinguíveis deles mesmos e dos anfibólios com auxílio de microscópio, uma vez que suas variedades se diferem por composição química e propriedades óticas. Podem ser subdivididos em clinopiroxênios (augita, diopsídio, epidoto, onfacita) e ortopiroxênios (enstatita, espinélio).

e) Olivinas

Grupo de silicatos ferromagnesianos representados pela forsterita (olivina rica em magnésio) e faialita (olivina rica em ferro). A coloração é tipicamente verde-garrafa e verde-oliva. Estão presentes em rochas ricas em minerais ferromagnesianos como gabros, peridotitos e meteoritos.

f) Minerais micáceos

São de ocorrência comum nas rochas em geral. Representam aluminossilicatos hidratados de Fe, Mg e K, que se caracterizam por hábito lamelar (em folhas) devido ao seu arranjo em folhas de tetraedros e octaedros de sílica unidos por ligações de Van der Waals (fracas). As micas podem ser incolores ou ligeiramente coloridas (moscovitas) ou escuras (biotitas).

g) Argilominerais

Grupo de minerais secundários gerados por intemperismo ou alteração hidrotermal, impossível distinguir macroscopicamente. São diferenciados e agrupados em famílias em função de suas composições químicas, suas propriedades físicas como capacidade de absorver líquidos. Quimicamente são silicatos de alumínio hidratados, contendo outros elementos como magnésio, ferro, cálcio, sódio, etc. Os mais comuns são: caulinita, esmectita, illita e vermiculita.

h) Minerais carbonáticos

São minerais comumente compostos por carbonatos de cálcio, de magnésio e de ferro. Os principais representantes são a calcita e a dolomita. Ambos são de baixa dureza e possuem clivagem em três direções. As calcitas podem ocorrer em rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. E as dolomitas em rochas sedimentares e metamórficas.

i) Sulfatos

Possuem como principais representantes a gipsita e a anidrita. Podem ocorrer por alterações químicas superficiais e distribuídos em rochas sedimentares.

j) Sulfetos

O representante mais comum dos sulfetos são a pirita, a calcopirita e a galena. A pirita é a principal, seus aspectos diagnósticos são seu formato cúbico e sua cor amarelo-latão. Ocorre na maioria das rochas como um componente espalhado em rochas ígneas e substituindo matéria orgânica em fósseis.

k) Óxidos de ferro

Grupo de minerais tão comuns quanto os silicatos. Os mais comuns de óxido de ferro são: hematita, goetita, ilimenita e magnesita.

l) Clorita

Grupo de minerais de cor verde e de origem secundária, formados pela alteração de minerais que contenham

ferro, magnésio e alumínio. Diferem-se das micas pois sua forma placoide aparece como folhas e escamas irregulares, em grãos maciços ou agrupadas. Encontrase principalmente associados a rochas com minerais ferromagnesianos primários em vias de alteração.

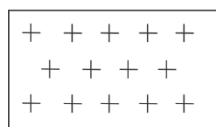
m) Zeólitas

Grupos de aluminossilicatos hidratados de cálcio, potássio e sódio que constituem minerais secundários formados a partir dos feldspatos ou feldspatoides, pela ação de vapores ou soluções quentes. Podem ocorrer em rochas metamórficas de baixo grau, lavas basálticas e material diagenético em rochas sedimentares.

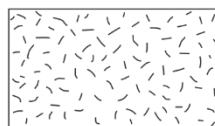
_____/Anexo A

Anexo A (Informativo) – Convenções de legendas básicas

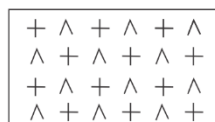
Rochas Ígneas



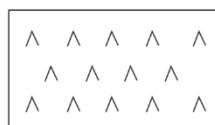
Ácidas Plutônicas (Ex: Granito)



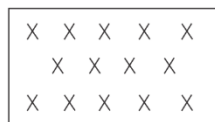
Básicas Plutônicas (Ex: Gabro e Pedidotito)



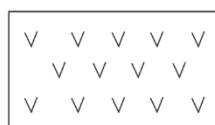
Intermediárias Plutônicas (Ex: Sienito)



Diabásio

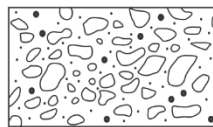


Extrusivas ácidas (Ex: Riolito e Dacito)

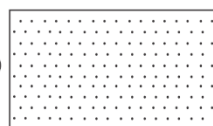


Extrusivas básicas (Ex: Basalto)

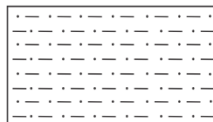
Rochas Sedimentares



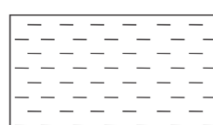
Conglomerado



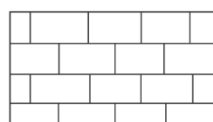
Arenito



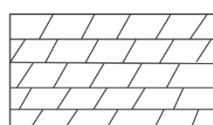
Siltito



Argilito/Lamito

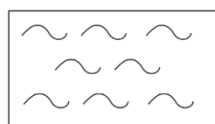


Calcário

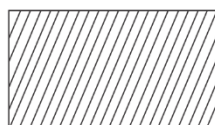


Dolomito

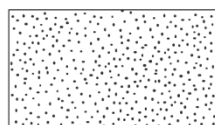
Rochas Metamórficas



Gnaisses, xistos

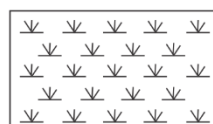


Ardósias, filitos



Quartzitos

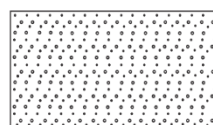
Solos



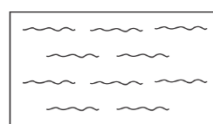
Solo orgânico, superfície



Solo saprolítico



Solo Aluvionar, Coluvionar



Capa de alteração (Solo ou Rocha)

Figura A1 – Convenções de legendas básicas para geologia

Anexo B (Informativo) – Síntese com os tipos de horizontes e seus principais atributos**Tabela B1 – Síntese com os tipos de horizontes e seus principais atributos**

Horizontes pedogenéticos	Características principais
O	Apresenta cor escura caracterizando o conteúdo de matéria orgânica em vias de decomposição.
A	Elevada atividade biológica. É uma zona com bastante influência do clima e apresenta mistura de matéria orgânica e frações minerais.
B	Em geral, apresenta cor forte avermelhada pela acumulação de argilas procedentes dos horizontes superiores (A e/ou E) e também de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.
E	Pode ocorrer entre os horizontes A e B. Apresenta pouca ou nenhuma matéria orgânica, argila, óxidos e hidróxidos eluviados.
C	Apresenta mistura de rocha alterada e fragmentada com argilas originadas pelo intemperismo químico. É pouco visível a transição de um horizonte para o outro.
D ou R	Rocha ou substrato rochoso sem alteração.
Horizontes diagnósticos superficiais	Características principais
Hístico	Essencialmente orgânico, apresenta coloração preta, cinzenta, muito escura. Formado pelo acúmulo de vegetais em diferentes estágios de decomposição. Identifica os organossolos.
A chernozêmico	Escuro, rico em húmus, cálcio e/ou magnésio com espessuras superiores a 25 cm, saturação por base é 65 % ou mais, carbono orgânico maior ou igual a 0,6 %.
A proeminente	Escuro, pobre em cálcio, com espessura variando entre 25 cm e 75 cm, saturação por base inferior a 65 %.
A húmico	Mais espesso do que o A proeminente, saturação por bases é inferior a 65 % e valores de carbono orgânico variam.
A antrópico	Apresenta cerca de 20 cm. Formado pela atividade humana com característica de seu antigo uso e ocupação por indícios como fragmentos de ossos, conchas, fogueiras, ferramentas, e outros artefatos. Apresenta elevados teores de pentóxido de fósforo.
A fraco	Pouco desenvolvido podendo ter espessura menor que 5 cm, cor varia de castanho a amarelo, reduzido teores orgânico e de colóides minerais, por fatores extrínsecos como vegetação e clima seco e semiárido.
A moderado	Quando é superficial e não apresenta nenhuma característica dos anteriores.
Horizontes diagnósticos subsuperficiais	Características principais
B textural	Acúmulo de argila iluviada do horizonte pedogenético A ou E. A cerosidade típica dos colóides transportados são seu aspecto lustroso e brilho graxo.
B plânico	Tipo de B textural. Apresenta elevado adensamento, baixa permeabilidade, cores cinza a cinza escura, transição abrupta, estrutura maciça, prismática, colunar ou em blocos angulares e subangulares grandes ou médios. Identifica os planossolos.

Horizontes diagnósticos subsuperficiais	Características principais
B latossólico	Apresenta quantidades variáveis de óxidos de ferro e de alumínio, argilominerais do tipo 1:1 (ex.: caulinita), quartzo e outros minerais mais resistentes ao intemperismo, espessura mínima de 50 cm, cerosidade fraca.
B nítico	Estrutura em blocos subangulares e/ou angulares ou prismática com grau de desenvolvimento moderado a forte associado à cerosidade. Argila de atividade baixa ou atividade alta conjugada com o caráter aluminico.
B incipiente	Possui no mínimo 10 cm de espessura, já passou por alteração física e química em estágios pouco avançados e suficiente para o desenvolvimento de cor ou de unidades estruturais que o diferem da rocha original. Apresenta cores marrons, amareladas e avermelhadas. Não apresenta endurecimento (duripã) ou consistência quebradiça fragipã, se umedecido.
Vértico	Contém elevadas quantidades de argilas. Possui elevada dureza quando seco e elevada plasticidade quando molhado. Essa capacidade de expansão e contração promove feições pedológicas como as superfícies de fricção (slickensides) e fendas.
Plíntico	Possui cerca de 15 cm e 15 % (por volume) de plintita (segregação de óxido de ferro a argilas e grãos de quartzo ou outros minerais e possui forma nódulo). Formado em regiões de clima quente e úmido, em terrenos com lençol freático elevado ou com restrição temporária à percolação da água. Apresenta argila de atividade baixa.
Concrecionário	Possui pelo menos 30 cm e 50 % de volume de material grosso de petroplintita em nódulos ou concreções de ferro ou de ferro e alumínio dentro de uma matriz terrosa ou de um material mais grosso.
Litoplíntico	Sua espessura é de 10 cm ou mais. É bastante consolidado e endurecido por ferro ou ferro e alumínio sem carbono orgânico. Predominam de blocos de petroplintita que podem se interpor ao fluxo das águas e à penetração de raízes.
Cálcico	Apresenta cerca de 15 cm ou mais, é enriquecido e formado com carbonato de cálcio no horizonte pedogenético C, mas pode ocorrer no A e no B.
Glei	A espessura pode ser de 15 cm ou mais. Possui cor acinzentada devido à influência do lençol freático e por regime de redutor, livre de oxigênio dissolvido em razão da saturação por água durante todo o ano.

Anexo C (Informativo) – Síntese com a classificação atual de solos

Tabela C1 – Síntese com a classificação atual de solos

Sistema Brasileiro de Classificação Solos (SiBCS)	Principais horizontes e características	Equivalência em sistemas antigos de classificação
Argissolo	Contém horizonte B Textural e argila de baixa atividade. É bem evoluído e argiloso.	Podzólico (vermelhos-amarelos e vermelhos-escuros)
Cambissolo	Há B incipiente sem A chernozêmico (apenas se houver argila de baixa atividade). É pouco desenvolvido.	Cambissolos
Chernossolo	A chernozêmico e B incipiente, textural ou nítico (contendo argilas de alta atividade e eutrófico). Desenvolvimento moderado.	Brunizems
Espodossolo	B espódico abaixo de horizontes A e E. Apresenta alta eluviação de compostos aluminosos.	Podzóis e Podzóis hidromórficos
Gleissolo	Apresenta horizonte glei nos 50cm da superfície. É altamente hidromórfico com intensa redução dos compostos de ferro.	Glei pouco húmicos e Húmicos, Hidromórficos Cinzentos
Latossolo	Tipicamente há B latossólico abaixo de horizonte A. Solo muito evoluído rico em argilominerais 1:1, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.	Latossolo
Luvissolo	B textural de acumulação, rico em cátions básicos trocáveis. É um horizonte formado por argila de alta atividade.	Brunos não cálcicos e podzólicos eutróficos e argila de alta atividade
Neossolo	Não apresenta horizonte B diagnóstico (solos jovens). Pouco evoluído e com características do material original.	Litossolo, Regossolo, Solos Aluviais
Nitossolo	Possui B nítico e baixa atividade de argilas. Solo evoluído com argilas caulíníficas, apresenta cerosidade e estruturas em blocos.	Terras Rochas e Terras Brunas Estruturadas
Organossolo	Apresenta horizonte hístico de até 40 cm. Material orgânico original constitui o próprio solo.	Solos orgânicos, Turfosos
Planossolo	B plânico abaixo de horizonte E A. Há forte perda de argila na parte superficial e alta concentração no horizonte subsuperficial.	Planossolos, Solonetz-Solodizados
Plintossolo	Horizonte plântico, petroplântico e/ou litoplântico. Solo com elevada concentração de plintita.	Laterítico, Lateritas hidromórficas, Solos concercionários.
Vertissolo	Típico horizonte vértico com fendas de expansão e mais de 30 % de argila no horizonte A. Apresenta desenvolvimento restrito pela presença de argilas expansivas 2:1.	Vertissolos, Grumossolos

Anexo D (Informativo) – Simbologia básica

Tabela D1 – Simbologia básica

Símbolos	Significado	Unidades
u	poro pressão, pressão neutra ou pressão intersticial	kPa
σ	tensão total normal	kPa
τ	tensão cisalhante	kPa
σ_1	tensão principal maior	kPa
σ_2	tensão principal intermediária	kPa
σ_3	tensão principal menor	kPa
ε	deformação específica linear	%
γ	deformação específica cisalhante	%
η	porosidade	%
e	índice de vazios	-
e_0	índice de vazios inicial	-
ω	teor de umidade	%
S_r	grau de saturação	%
G	densidade relativa	-
ρ_d	massa específica seca	kg/m ³
γ_d	peso específico seco	kN/m ³
ρ_s	massa específica das partículas	kg/m ³
γ_s	peso específico das partículas	kN/m ³
ρ_{Sat}	massa específica saturada	kg/m ³
γ_{Sat}	peso específico saturado	kN/m ³
ρ'	massa específica submersa	kg/m ³
γ'	peso específico submerso	kN/m ³
φ'	ângulo de atrito efetivo interno	o
c'	intercepto de coesão efetiva	kPa
τ_f	resistência ao cisalhamento	kPa
τ_R	resistência ao cisalhamento residual	kPa
C_u	intercepto de coesão aparente	kPa
φ_u	ângulo de atrito aparente interno	o
C_r	resistência não drenada remoldada	kPa
φ_R	ângulo de atrito interno residual	o
I_D	compacidade relativa	%
w_L	limite de liquidez	%
w_P	limite de plasticidade	%
w_S	limite de contração	%
I_P	índice de plasticidade	%
I_L	índice de liquidez	%
I_C	índice de consistência	%
$e_{máx.}$	índice de vazios máximo	-
$e_{mín.}$	índice de vazios mínimo	-
CG	grau de compactação	%

Anexo E (Informativo) – Bibliografia

- a) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT EB-4 NBR-7211: agregados para concreto. 1982.
- b) _____. ABNT NB-47 NBR-7389: Apreciação petrográfica de agregados. 1956.
- c) _____. ABNT NB-48 registrada no SINMETRO como NBR-7390, designada Análise petrográfica de rochas. 1956.
- d) _____. ABNT TB-310, de 1987, registrada no SINMETRO como NBR-9942, designada Constituintes mineralógicos dos agregados naturais.
- e) _____. ABNT NBR 6502: Rochas e solos, terminologia. Rio de Janeiro. 1995.
- f) _____. ABNT NBR 13441: Rochas e solos, simbologia. Rio de Janeiro. 1995.
- g) _____. ABNT NBR NM 66: Agregados – Constituintes mineralógicos dos agregados naturais – Terminologia. Rio de Janeiro. 1998.
- h) AIRES-BARROS, L. Alteração e alterabilidade de rochas. Instituto Nacional de Investigação Científica, Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. 1991.
- i) ALLABY, M. A Dictionary of Geology and Earth Sciences. Oxford University Press. 4th Edition. Oxford. 2013.
- j) AZEVEDO, I. C. D., MARQUES, E. A. G. Introdução à mecânica das rochas. Viçosa. 2002.
- k) BENNISON, G. M. An Introduction to Geological Structures and Maps. New York. 1990.
- l) BEST, M. G. Igneous and metamorphic petrology. 2nd ed. Malden. 2003.
- m) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER – TER 198/94: Constituintes mineralógicos dos agregados naturais.
- n) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 257 – PRO: Estudos e amostragens de rochas em pedreiras para fins rodoviários.
- o) FOSSEN, H. Geologia Estrutural. 2^a edição. Oficina de Textos. São Paulo, 2017.
- p) GROTZINGER, J; JORDAN, T. Para entender a Terra. Tradução: MENEGAT, R. (coord.). 6^a edição. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- q) LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. 2^a edição. Oficina de textos. São Paulo, 2010.
- r) LEPSCH, I. F. 19 lições de pedologia. Oficina de Textos. São Paulo. 2011.
- s) NEVES, B. B. de B. Glossário de Geotectônica. Oficina de Textos. São Paulo. 2011.
- t) PINTO, C. de S. Curso básico de mecânica dos solos. 3^a ed. São Paulo. 2006.
- u) SANTOS, H. G dos; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, L. H. C; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. de A.; OLIVEIRA, J.B de.; CUNHA, T. J. F.; Sistema Brasileiro de Classificação dos solos, EMBRAPA, 5^a. Ed revista e ampliada. Brasília, DF. 2018.
- v) SGARBI, G.N.C. Petrografia das rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. 2^a ed. Belo Horizonte. 2012
- w) SMITH, M.R; COLLINS, L. Aggregates: Sand, gravel and crushed rocks aggregates for construction purposes. Geological Society Engineering Geology Special Publication, n.9. The Geological Society, 2nd ed. 1993
- x) SUGUIO, K. Geologia Sedimentar. Blusher. São Paulo. 2003.

y) WERNICK, E. Rochas Magmáticas, conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica. Didático. UNESP. 2004.

z) Winge, M. et. al. Glossário Geológico Ilustrado. Disponível na Internet. <http://sigep.cprm.gov.br> 2001 – 2021.

_____/Índice Geral

Índice geral

Abstract.....	1	Minerais primários	2.12.1 ...12
Anexo A (Informativo) – Convenções de Legendas Básicas.....	15	Mineral.....	2.12
Anexo B (Informativo) – Síntese com os tipos de horizontes e seus principais atributos	16	Objetivo	11
Anexo C (Informativo) – Síntese com a classificação atual de solos.....	18	Petrografia.....	2.42
Anexo D (Informativo) – Simbologia básica	19	Petrologia	2.52
Anexo E (Informativo) – Bibliografia.....	20	Prefácio	11
Classificação dos solos quanto à origem	2.9.3 8	Principais minerais formados de rochas	2.12.5 ...13
Classificação dos solos pelo Sistema Brasileiro de Solos (SiBCS)	2.9.4 9	Principais texturas das rochas ígneas	2.6.83
Classificação quanto a faces cristalinas.....	2.6.6 3	Principais tipos de metamorfismo	2.7.1.15
Classificação quanto à granulação	2.6.7 3	Resumo	11
Classificação quanto à origem	2.6.1 2	Rocha	2.22
Classificação quanto ao conteúdo de sílica	2.6.4 3	Rochas ígneas.....	2.62
Classificação quanto ao grau de visibilidade... 2.6.3.....	3	Rochas ígneas mais comuns.....	2.6.94
Classificação quanto ao índice de cor.....	2.6.2 2	Rochas metamórficas	2.75
Classificação quanto ao tamanho relativo dos cristais	2.6.5 3	Rochas sedimentares	2.86
Classificação unificada dos solos.....	2.9.5 10	Rochas sedimentares mais comuns.....	2.8.37
Definições	2 1	Sistema rodoviário de classificação dos solos.2.9.6	11
Definições de propriedades.....	2.11 11	Solo	2.9.18
Definições estruturais.....	2.10 11	Solos transportados.....	2.9.3.29
Horizontes	2.9.2 8	Solos residuais	2.9.3.18
Índice geral.....	22	Sumário	11
Metamorfismo	2.7.1 5	Termos relativos aos minerais.....	2.1212
Minerais acessórios	2.12.4 ...13	Termos relativos aos solos.....	2.98
Minerais de alteração ou secundários.....	2.12.2 ...12	Termos relativos às rochas sedimentares	2.8.27
Minerais essenciais.....	2.12.3 ...13	Textura	2.32
		Tipos de foliação	2.7.36
		Tipos de orientação mineral	2.7.25
		Tipos de rochas sedimentares.....	2.8.16
		Tipos de texturas em rochas metamórficas	2.7.46