

**CURSO
PRÁTICO
DE
GEOLOGIA
GERAL**

*Biblioteca
Depto. de Geotecnias
EESC-USP*

3.^a Edição

*ANTENOR B. PARAGUASSU
NILSON GANDOLFI*

*Professores Adjuntos do Departamento de
Geologia e Mecânica dos Solos da EESC-USP*

PAULO M. B. LANDIM

*Professor Adjunto do Departamento de Geologia da
FFCL de Rio Claro*

1 9 7 5

Introdução

Apresentamos neste trabalho uma sequência de itens que deverão servir para que o aluno entenda o significado de um mapa geológico, que é afinal a base para qualquer trabalho de Geologia. Para tanto inicialmente é dada atenção ao reconhecimento dos tipos mais comuns de minerais e de rochas; em seguida são apresentados os aparelhos comumente utilizados pelo geólogo em seu trabalho de campo, mapas e perfis topográficos, mapas e perfis geológicos em que as camadas de rochas se apresentam sub-horizontais e inclinadas. Além disso é mostrado a utilização da Projeção Estereográfica em Geologia e como se procede a elaboração de caderneta de campo.

Acreditamos que esses conhecimentos possam ser úteis para alunos de cursos básicos de Geologia, tanto em Escolas de Engenharia, de Agronomia ou de Geologia como em Cursos de Biologia e Geografia. No início de todos os capítulos são fornecidos, a título de introdução, alguns conceitos concernentes ao assunto, porém a base teórica deve ser complementada por um curso de Geologia Física ministrado conjuntamente.

Pela própria natureza deste trabalho, apreciariamos toda e qualquer sugestão útil que possa ser apresentada.

INDICE

DETERMINAÇÃO DE MINERAIS	1
PROPRIEDADES DOS MINERAIS	2
Físicas	2
Químicas	5
CARACTERÍSTICA A SER OBSERVADA NA AMOSTRA	6
TABELA PARA DETERMINAÇÃO	7
ROCHAS	10
CLASSIFICAÇÃO	11
CARACTERÍSTICAS A SEREM OBSERVADAS NAS AMOSTRAS	12
ROCHAS IGNEAS	20
CARACTERÍSTICAS A SEREM OBSERVADAS NAS AMOSTRAS	22
CLASSIFICAÇÃO	25
ROCHAS IGNEAS MAIS COMUMENTE EMPREGADAS NA ENGENHARIA CIVIL	27
ROCHAS SEDIMENTARES	30
CARACTERÍSTICAS A SEREM OBSERVADAS NAS AMOSTRAS	31
CLASSIFICAÇÃO	36
ROCHAS SEDIMENTARES MAIS COMUMENTE EMPREGADAS NA ENGENHARIA CIVIL	37

ROCHAS METAMÓRFICAS	43
CARACTERÍSTICAS A SEREM OBSERVADAS NAS AMOSTRAS	45
CLASSIFICAÇÃO	48
ROCHAS METAMÓRFICAS MAIS COMUMENTE EMPREGADAS NA ENGENHARIA CIVIL	49
INSTRUMENTOS DE MEDIDA UTILIZADOS EM GEOLOGIA DE CAMPO	53
BÚSSOLA	53
Bússola Brunton	57
Declinação Magnética	59
Conversão de Azimutes em Ângulos na Escala de Quadrantes	61
Clinômetro de bússola	63
Direção e Mergulho de um Plano	65
CLINÔMETRO DE ABNEY	68
ALTIMETROS	69
MAPAS E PERFS TOPOGRÁFICOS	73
MAPAS E PERFS GEOLÓGICOS	76
DETERMINAÇÃO DA DIREÇÃO E MERGULHO DE CAMADAS	78
PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA APLICADA À GEOLOGIA	93
LOCAÇÃO DE PLANOS E RETAS	95
ANOTAÇÕES EM CADERNETA DE CAMPO	100
RELAÇÕES TRIGONOMÉTRICAS	104
TABELA DAS FUNÇÕES TRIGONOMÉTRICAS	106

DETERMINAÇÃO DE MINERAIS

1. INTRODUÇÃO

Mineral é um elemento químico ou uma combinação química, formado mediante um processo inorgânico natural. É um corpo homogêneo em virtude de ser constituído internamente por uma estrutura tridimensional ordenada, característica do estado sólido, ou seja, estrutura cristalina. Um mineral somente adquire a forma geométrica regular de um cristal quando as condições em que é formado permitem o desenvolvimento de faces planas e polidas.

De uma maneira geral, os minerais podem se formar por: resfriamento do magma (material em estado de fusão encontrado no interior da crosta), resfriamento de soluções ou gases magmáticos, evaporação de soluções salinas, reações entre substâncias e intemperismo (ataque do ar e da água sobre minerais expostos na superfície, podendo resultar na formação de novos minerais).

Para o reconhecimento exato de um mineral, dispomos de inúmeros processos, por meio dos quais podemos determinar tanto sua estrutura cristalina quanto sua composição química. Entre eles, citamos: Cristalografia por Difração de Raios X e Microscopia Cristalográfica, con-

jugados com análise química. Todavia são processos requintados, demorados e dispendiosos.

Para o reconhecimento dos minerais mais comuns que entram na composição das rochas, dispomos de métodos razoavelmente satisfatórios, que utilizam algumas propriedades físicas e químicas mais características.

Os minerais já estudados cristalográficamente têm suas propriedades catalogadas em tabelas facilmente manuseáveis. Assim, observando um conjunto de propriedades de um mineral, podemos localizá-lo com relativa segurança em tais tabelas. Em casos de necessitarmos de precisão no reconhecimento ou quando há dúvidas, deve-se recorrer aos métodos mais precisos de análise.

2. PROPRIEDADES DOS MINERAIS

A. Físicas

1. Clivagem

Um mineral apresenta clivagem quando, ao romper-se sob a ação de uma força, apresenta duas ou mais superfícies, sempre planas e paralelas.

Tais superfícies sempre são paralelas a faces reais ou possíveis do mineral e perfeitamente características para cada espécie mineral.

É uma propriedade condicionada pela estrutura interna, resultando do fato das ligações serem mais fracas em certas direções que em outras.

Nem todas as espécies minerais apresentam clivagem, o que constitui um valioso critério de reconhecimento.

2. Fratura

É a superfície irregular que alguma mineral apresenta quando quebrada sob a ação de uma força, diferente de plano de clivagem.

3. Dureza

É a resistência oferecida por uma superfície lisa do mineral ao ser riscado. Por razões práticas, os minerais são classificados segundo de uma escala relativa de dureza (escala de Mohs), conforme a facilidade ou não de serem riscados por outros minerais. Desminerais, do menos resistente ao mais resistente, são usados para compor tal escala.

Escala de Mohs

- | | |
|-------------|---------------|
| 1. Talco | 6. Ortoclásio |
| 2. Gipsó | 7. Quartzo |
| 3. Calcita | 8. Topázio |
| 4. Fluorita | 9. Coríndon |
| 5. Apatita | 10. Diamante |

4. Tenacidade
É a resistência oferecida pelo mineral

ao ser rasgado, moído, dobrado ou triturado; é pois, uma propriedade relacionada com a coesão. Segundo tal propriedade, o mineral pode ser:

- a. *Fractável* - facilmente rompido ou reduzido a pó;
- b. *maleável* - passível de ser transformado em folha por percussão;
- c. *dúctil* - passível de ser cortado por uma lâmina de aço;
- d. *dúctil* - ao qual é possível dar a forma de fio;
- e. *plástico* - passível de ser dobrado, mas não recupera a forma original, terminada a pressão que o deforma;
- f. *elástico* - recupera a forma primitiva, ao cessar a força que o deforma, desde que não tenha atingido o limite de ruptura.

5. *Propriedades que dependem da luz*

a. *Brilho* - é o aspecto da superfície do mineral quando reflete a luz; segundo essa propriedade o mineral pode ter brilho metálico ou não metálico; não há, todavia, uma separação absoluta entre os dois tipos de brilho.

b. *Côr* - é uma propriedade importante para identificação dos minerais. Os que tem brilho metálico, geralmente apresentam côr constante e definida. Todavia, os minerais se apresentam frequentemente coloridos devido a impu-

reza na constituição.

c. *Traco* - constitui a cor do pó fino do mineral, e que é constante para cada espécie mineral, nele não influinto impurezas; pode ser observado riscando-se uma porcelana (que tem dureza ao redor de 7), com o mineral.

d. *Refracção* - quando a luz atravessa um mineral, passando de um meio menos denso para outro mais denso, diminui de velocidade e muda de direção; dessa forma pode-se calcular seu índice de refração. Cada espécie mineral apresenta um índice de refração definido; é uma propriedade utilizada somente na determinação de minerais transparentes.

e. *Magnetismo* - há minerais que naturalmente apresentam magnetismo, como magnetita e pirrotita; ambos contêm alto teor em Fe na sua composição e podem ser atraídos por um ímã.

B. *Químicas*

Com relação às propriedades químicas, faremos apenas um teste com ácido clorídrico diluído. Deve-se pingar uma gota de ácido sobre o mineral e, caso seja observada efervescência, pode-se concluir como sendo um carbonato; as propriedades físicas observadas poderão indicar que espécie mineral é o carbonato.

3. CARACTERÍSTICAS A SEREM OBSERVADAS NA ANÁLISE TRF

Damos a seguir uma seqüência de observações a serem feitas em uma amostra, para que seja identificada macroscopicamente.

- A. Reconhecer o tipo de brilho do mineral: se é metálico ou não metálico;
- B. Reconhecer a cor do mineral;
- C. Determinar a dureza - é uma propriedade relativa, devendo o mineral ser enquadrado entre certos valores na escala de Mohs.

Como escala prática podemos usar:

unha = 2,5; canivete = 5,0; vidro = 5,5 e quartzo = 7,0.

A dureza do mineral será baixa quando estiver entre 1-2; média, entre 3-5 e, alta, acima de 5.

D. Reconhecer a cor do traço observado numa placa de porcelana opaca.

E. Identificar o hábito do mineral, isto é, a forma como ele normalmente se apresenta, como por exemplo: lamelar, prismática, globular, granular, etc.

F. Observar outras propriedades como: magnetismo, plasticidade, maleabilidade, clivagem, fratura, reação com ácido clorídrico diluído, etc.

4. TABELA PARA DETERMINAÇÃO

Com os elementos acima obtidos, recorreremos à tabela de determinação de minerais anexa a fim de selecionar um ou mais minerais que possuam propriedades semelhantes. A presente tabela foi extraída e modificada da Tabela de Determinação de Minerais (Leinz e Campos, 1971).*

Devemos ter em mente que este é um processo de determinação simplificado, que utiliza apenas propriedades macroscópicas e fáceis de serem observadas, não requerendo praticamente equipamento algum. Para um trabalho mais rigoroso, faz-se necessária a utilização de outras propriedades, como: ópticas, de difração de Raios-X, peso específico, composição química, etc., obtentíveis somente com o uso de equipamentos de análise bastante sofisticados.

* Leinz, V., e Campos, J.E.S., 1971, Guia para determinação de minerais: Editora Nacional e Editora da USP, 5ª ed.

TABELA SIMPLIFICADA DE PROPRIEDADES FÍSICAS PARA DETERMINAÇÃO DE MINERAIS

NOME E FÓRMULA	TRAÇO	COR	BRIHO	DUREZA	CLIVAGEM E FRAZURA	HÁBITOS	UTILIZAÇÃO MAIS COMUM
Talco $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$	branco	verde a branca	não metálico (perláceo)	1-1,5	Cl. perfeita	Sétil, placas flexíveis, plásticas, untuosas ao tato.	Cosméticos, tintas, suporte de injeção, velas de motores.
Gipsos $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	-	incolor, branca, cinza, rosa, amarela	não metálico (perláceo)	1,5-2	Cl. perfeita	Prismático, granular, fibroso.	Construção
Muscovita $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$	branco	incolor	não metálico	2-2,5	Cl. perfeita	Placas elásticas.	Isolante térmico e elétrico.
Clorita (silicato de Fe e Mg)	incolor	verde	vitréo	2-2,5	Cl. perfeita	Tabular, placas elásticas.	
Caulim $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	incolor	branca, cinza, rosa	terroso	2-2,5	Cl. perfeita	Compacto, friável.	Cerâmica-cimento.
Calcita $CaCO_3$	-	branca, incolor, cinza, amarela	não metálico (vitréo)	3	Cl. em três direções	Romboédrico, prismático.	Fabricação de cimento.
Fluorita CaF_2	-	incolor, esverdeada, violada, azul, rosa	não metálico (vitréo)	4	Cl. perfeita		Fundente, cerâmica, fluor.
Nefelina $3Na_2O \cdot K_2O \cdot 4Al_2O_3 \cdot 9SiO_2$	incolor	incolor, branca	vitréo gouduroso	5-6		Granular prismático.	
Ortoclásio $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	branca	vermelha	não metálico	6	Cl. em duas direções que se perpendiculam		Porcelana, vidro, cristal.
Anfíbios	incolor	verde escura a preta	vitréo a metálico	6-6,5	Cl. perfeita em ângulo 124°	Prismáticos	

Piroxênios	incolor	verde escura a preta	vitréo a metálico	6-6,5	Cl. boa (87°)	Prismáticos	
Olivina $2MgO \cdot 2FeO \cdot SiO_2$	incolor	verde avermelhada	vitréo	6-7	Cl. perfeita	Tabular, prismática, granular.	
Sillimanita $Al_2O_3 \cdot SiO_2$	incolor	castanha	vitréo	6-7	Cl. perfeita	Fibrosos	
Granada $3RO \cdot R_2O_3 \cdot 3SiO_2$	incolor	vermelha, amarela, preta	vitréo ruginoso	6,5-7,5		Cristais bem formados com muitas faces.	
Quartzo SiO_2	-	branca a translúcido	não metálico (vitréo)	7	Fr. conchoidal	Cristais prismáticos.	Cerâmica, abrasivo, vidro, eletrônica.
Formalina (silicato complexo de Boro e alumínio)	incolor	preta, azul, verde, vermelha	vitréo	7-7,5		Prismáticos e triados.	Gemas
Zircão $ZrO_2 \cdot SiO_2$	incolor	castanha	vitréo	7,5	Fr. conchoidal	Prismáticos, granulares.	Minério de zircônio
Galena PbS	cinza escuro	cinza chumbo	metálico	2,5-3	Cl. perfeita	Cristais cúbicos octaédricos muito pesados.	Minério de chumbo.
Ilmenita $FeO \cdot Cr_2O_3$	preto	preta	metálico	5-6	Fr. conchoidal	Tabular	Minério de titânio-pigmento.
Hematita Fe_2O_3	vermelho a marrom	preta a cinza preta	metálico	5,5-6,5		Tabular, granular	Minério de ferro.
Magnetita Fe_3O_4	preto	preta	metálico	5,5-6,5		Cristais octaédricos, magnéticos.	Minério de ferro, usado para confecção de canelão
Pirita FeS_2	preto	amarela	metálico	6-6,5		Cúbico	Fabricação de H_2SO_4

ROCHAS

1. INTRODUÇÃO

Rocha é qualquer massa que constitui parte essencial da crosta terrestre. De acordo com o número de espécies de minerais que entram em sua composição, as rochas podem ser:

Unimineralicas - formadas somente por uma espécie mineral, como por exemplo: mármore, anfibólito, etc.;

Plurimineralicas - que são as mais comuns, contém duas ou mais espécies minerais, como acontece com o granito, o basalto, etc.

Muito embora, o número de minerais existentes seja consideravelmente grande, os que comumente ocorrem como formadores de rochas são relativamente poucos. Assim, podemos citar como mais comuns: quartzo, feldspatos, mica, anfibólito, piroxênios, clinopiróxeno, calcita, dolômita, magnetita, limonita, pirita, hematita e os de argila.

Devemos levar em consideração que certos fenômenos geológicos influem nas propriedades principais das rochas. Dessa forma, dobramentos, escorregamentos, fraturas, diaclases, foliações, etc., modificam uma rocha influenciando por exemplo no seu uso, como acontece quando empregada como material de construção.

Em alguns casos, é quase impossível de limitarmos distintamente certos tipos de rochas que sofreram diversas transformações, as quais permitem o surgimento de novos componentes, pela da dos essenciais, mudanças de estruturas, etc. É em vista desses problemas que se torna necessário o estudo detalhado de um maciço rochoso que queiramos explorar.

Na prática a ser realizada, lembramos que serão verificados apenas caracteres macroscópicos observáveis em amostras de laboratório, tais como: espécies minerais, textura, cimentação, etc.

A título de esclarecimento, informamos que em trabalhos rotineiros de determinação petrográfica, as rochas são examinadas ao microscópio polarizador em seções delgadas de aproximadamente 0,03mm de espessura, montadas com Balsamo do Canadá, em lâminas de vidro (lâminas petrográficas).

2. CLASSIFICAÇÃO

De acordo com sua origem, as rochas podem ser classificadas em tres grandes grupos: Ígneas, sedimentares e metamórficas.

A. Rochas Ígneas - são aquelas formadas por material em estado de fusão (magma), que se consolidou por resfriamento. Ex: - granitos, diabásios, sienitos, etc.

B. Rochas sedimentares - são as resultantes da acumulação de materiais derivados de outras rochas pré-existentes. Ex: arenitos.

C. Rochas metamórficas - são rochas que primariamente se originaram das magmáticas ou sedimentares, que tenham sido submetidas a pressões e/ou temperaturas elevadas. Ex: - gnaiesses, mármore e quartzitos.

3. CARACTERÍSTICAS A SEREM OBSERVADAS NAS AMOSTRAS

A fim de poder classificar uma rocha num dos grupos anteriormente referidos, com recursos apenas macroscópicos, é necessário observar uma série de características na amostra. Antes de considerar tais características, devemos lembrar que:

- as observações em relação à cor se aplicam mais adequadamente às rochas ígneas;
- quando os grãos (que são as partes componentes da rocha) forem finos, numa observação macroscópica, torna-se difícil a distinção entre espécies minerais;
- quando os grãos forem visíveis macroscopicamente, devemos procurar identificá-los dentro das limitações existentes.

A. Rochas Ígneas

De acordo com a velocidade de resfriamento do magma, podemos considerar o seguinte: quando o resfriamento é lento, os íons se combinam formando minerais grandes que se destacam na massa rochosa; quando é rápido, não se formam minerais grandes, havendo até casos extremos em que o magma se consolida no estado vítreo (amorfo).

Dependendo da profundidade de consolidação do magma, na crosta terrestre, as rochas ígneas resultantes podem ser:

1. Intusivas ou plutônicas - formadas a grandes profundidades. Geralmente apresentam uma granulação grossa e só aparecem à superfície por erosão das partes sobrejacentes. Um exemplo é o granito, em cuja constituição mineralógica entram quartzo, feldspato e mica ou hornblenda. O aspecto geral apresentado por esses minerais, nesta rocha, é o seguinte: o quartzo aparece como vidro moído, de cor acinzentada; o feldspato é de cor cinza, creme ou avermelhada e a biotita ou a hornblenda tem coloração escura.

2. Extrusivas ou vulcânicas - formadas pela consolidação do magma que atinge a superfície; apresentam granulação muito fina ou são vítreas. Basalto é o exemplo mais co-

num, sendo vulgarmente denominado de "pedra ferro". Devido a consolidação se dar na superfície, seus minerais são pequenos e comumente não podem ser vistos a olho nu. O basalto é composto normalmente por feldspato, piroxênio e magnetita. Algumas vezes pode apresentar um grande número de vazios (vesículas), geralmente de formas arredondadas.

B. Rochas Sedimentares

Por serem rochas formadas pela acumulação de materiais resultantes da desagregação de outras pré-existentes, geralmente revelam as seguintes características:

- a. apresentam-se formadas por fragmentos de tamanhos variáveis, dependendo do transporte do material ter sido feito por água, gelo ou vento;
- b. exibem ou não estratificação (planos com coloração e/ou granulação diferentes);
- c. mostram-se formadas por partículas arredondadas ou angulares, unidas ou não por cimento. Tal cimento pode ser constituído comumente por argila, sílica, carbonato ou óxidos de ferro.
- d. as rochas sedimentares podem conter restos de plantas ou animais (rochas de origem orgânica), podendo ser algu-

mas vezes observados em exame macroscópico;

- e. certas rochas formam-se por precipitação química em ambiente aquoso (rochas sedimentares de origem química), como a gipsita, o calcário estalactítico, etc.

C. Rochas Metamórficas

Como são rochas formadas a partir de outras que foram submetidas a pressões e/ou a temperaturas elevadas, podem apresentar algumas das seguintes feições características:

- a. *foliação* resultante do desenvolvimento mais ou menos paralelo de minerais plácóides, prismáticos e alongados, podendo ser contínua (como nos xistos) ou descontínua (como nos gnaisse e em alguns quartzitos);
- b. fragmentos maiores soldados por partículas finas do mesmo material, como nas "brechas metamórficas", que são rochas formadas durante os falhamentos da crosta; não confundir com as "brechas" sedimentares, pois estas apresentam partículas maiores soldadas por um cimento qualquer, desenvolvido num processo sedimentar;

c. maior porcentagem de minerais granulares em relação aos lamelares, como por exemplo, nos mármoreis.

D. Sequência Esquemática das Observações

1. Partículas

A. visíveis: a) tamanho uniforme
b) tamanho variável

B. não visíveis

2. Cavidades: (em rochas ígneas)

a) preenchidas
b) não preenchidas

3. Restos orgânicos (em rochas sedimentares)

4. Estratificação (em rochas sedimentares)

a) camadas de diferentes granulações
b) camadas de diferentes colorações

5. Foliação (em rochas metamórficas)

6. Partículas cimentadas (em rochas sedimentares)

7. Tipo mais provável de rocha:

a) ígnea
b) sedimentar
c) metamórfica

8. Deverão ser feitos esquemas ilustrativos

vos das amostras analisadas, onde serão ressaltados os aspectos mais característicos utilizados na classificação.

Aluno: _____ nº: _____ data: / / caixa nº: _____

A - Observações a serem feitas nas amostras de rochas:

OBSERVAÇÕES			AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº
Partículas ou Minerais	Visíveis	Tamanho uniforme				
		Tamanho variável				
	Não visíveis					
Presença de cavidades	Preenchidas					
	Não preenchidas					
Restos orgânicos						
Estratificação	Camadas de diferentes granulações					
	Camadas de diferentes colorações					
Foliação						
Cimento	Como por exemplo: silicoso, argiloso, carbonático, etc.					
Tipo mais provável de rocha	Ígnea					
	Sedimentar					
	Metamórfica					
Obs.: Os esquemas ilustrativos deverão ser feitas no verso						

ANEXO 1.8

ANEXO 1.8

B - Esquema das feições características apresentadas pelas amostras:

AMOSTRA Nº:	AMOSTRA Nº:
AMOSTRA Nº:	AMOSTRA Nº:

ROCHAS IGNEAS

1. INTRODUÇÃO

Rocha ígnea ou magmática é aquela formada por solidificação de material em estado de fusão (magma), proveniente de zonas profundas e superaquecidas da crosta terrestre.

O magma que atinge a superfície da Terra, nas erupções vulcânicas, é chamado lava; nesse caso, devido as condições de pressão e temperatura serem baixas, o espaço de tempo necessário para a solidificação é curto, formam-se rochas com minerais pouco desenvolvidos (rochas vulcânicas ou extrusivas). Caso inverso ocorre com o magma que se consolida em profundidade (rochas plutônicas ou intrusivas). Há também o caso de magmas que se solidificam próximo à superfície, dando formação a rochas com minerais de dimensões intermediárias entre os dois tipos citados.

Os minerais que primeiro se formam durante a cristalização magmática são os silicatos ferromagnesianos e cálcicos; em seguida, formam-se os alcalinos e, finalmente, o quartzo.

Os minerais que caracterizam a natureza de uma rocha são chamados essenciais; minerais acessórios são aqueles que entram aciden-

talmente na composição mineralógica. Em geral, é raro que as rochas pluriminerálicas contenham mais de tres ou quatro espécies de minerais essenciais.

Como há divergência quanto aos termos basalto e diabásio damos, a seguir, uma breve explicação sobre seus significados.

Basalto - rocha extrusiva (vulcânica) de granulação fina, constituída predominantemente de feldspato (do tipo plagioclásio) e piroxênio, tendo óxidos (magnetita, ilmenita, etc.) como acessórios mais comuns. É frequente a presença de vesículas, que são cavidades deixadas pelo escape de gases durante o resfriamento, as quais podem ser preenchidas posteriormente por minerais secundários (quartzo, zeólitas, calcita, etc.). A granulação dos basaltos é frequentemente tão fina que não pode ser observada com lupa, requerendo o emprego de microscópio para o estudo de sua composição mineralógica.

Diabásio - rocha intrusiva, formada próxima à superfície, de composição mineralógica semelhante aos basaltos tendo, porém, granulação mais grossa; normalmente formam corpos magmáticos dos tipos "gill" e dique.

A diferenciação entre basalto e diabásio é difícil por simples observação macroscó-

pica, devendo ser feita com auxílio não apenas do microscópio petrográfico como também das relações de campo. Quando há dúvida se uma rocha é basalto ou diabásio o termo genérico usado para designá-la é magmatito básico, que engloba os dois tipos. Por alteração, ambas as rochas dão origem a solos com coloração avermelhada, muito comuns em grandes áreas do Estado de São Paulo.

2. CARACTERÍSTICAS A SEREM OBSERVADAS NAS AMOSTRAS

A. *Cor* - a cor da rocha depende das cores dos minerais que a compõem; segundo esse critério, a rocha pode ser:

1. *melanocrática ou escura* - quando contém mais de 60% de minerais escuros;
2. *mesocrática ou intermediana* - quando contém entre 30% a 60% de minerais escuros;
3. *leucocrática ou clara* - menos de 30% de minerais escuros.

B. *Estrutura*

É o aspecto macroscópico apresentado pela rocha, relacionado com sua gênese e com fenômenos dinâmicos internos e externos da crosta terrestre.

1. *vesículas* - cavidades formadas duran-

te a solidificação;

2. *amalgamas* - cavidades que foram preenchidas posteriormente à solidificação das rochas.

3. *diaclases ou juntas* - fraturas geralmente decorrentes da contração por resfriamento durante a solidificação ou por esforços que atuam na crosta terrestre; a sua observação geralmente é possível de se fazer apenas no campo.

C. *Textura*

É a organização interna da rocha, referente ao arranjo, tamanho e forma das partículas que a constituem.

Nas amostras a serem analisadas nessa prática, algumas das seguintes texturas poderão ser observadas:

1. *quanto à cristalinidade*
 - a. *vítrea* - quando a rocha não apresenta minerais, mas apenas material amorfo (vítreo);
 - b. *cristalina* - quando a rocha é completamente formada por minerais;
 - c. *vítrea-cristalina* - quando apresenta minerais e material vítreo.
2. *quanto ao tamanho dos minerais*
 - a. *afanítica* - quando a rocha é forma

da por minerais não visíveis (mesmo com auxílio de lupa).

b. *fanerítica* - quando a rocha é formada por minerais visíveis. Existem os seguintes tipos de rochas faneríticas:

fanerítica equigranular - quando todos os minerais são de tamanhos mais ou menos iguais;

fanerítica inequigranular - quando os minerais são de tamanhos variados. O termo fanerítica-porfírica é empregado apenas quando alguns minerais tem tamanho maior que os outros componentes da rocha.

D. *Densidade* - de uma maneira geral, as rochas melanocráticas apresentam densidade maior do que as leucocráticas; quanto à textura as rochas afaníticas apresentam densidade maior do que as faneríticas correspondentes.

E. *Composição mineralógica*

a. deverá ser indicado o número de espécies minerais aparentes nas amostras, utilizando lupa, se necessário;

b. verificar a possibilidade de reconhecimento de algumas espécies minerais,

tais como: mica, feldspato e quartzo;

c. dos minerais visíveis, citar: cor, brilho, clivagem e possível fratura, segundo o que foi visto na prática de minerais, quando tais observações forem possíveis.

3. CLASSIFICAÇÃO

A. *Quanto à gênese*

1. *Intrusiva ou plutônica* - rocha formada em profundidade, portanto com possibilidade de apresentar minerais bem desenvolvidos, como acontece com os granitos. Existe o caso particular de rochas intrusivas que se formaram próximas à superfície, onde o resfriamento é rápido, gerando minerais de dimensões menores, como é o caso dos diábasios.

2. *Extusiva ou vulcânica* - rocha que se formou por resfriamento rápido na superfície da Terra, não apresentando possibilidade de formação de minerais bem desenvolvidos, como exemplo, entre os basaltos. Nesse tipo de rocha, podem ocorrer vesículas.

B. *Quanto à presença de quartzo na composição*

1. *Super-saturada* - quando a rocha apre-

sentu quartzo na composição.

2. *rocha inaturada* - quando não apresen-
ta quartzo na composição.

C. Quanto ao tipo de feldspato

A determinação do tipo e das propor-
ções dos feldspatos que ocorrem em uma rocha é
de grande importância para a sua classificação.
Deste modo, as rochas ígneas podem ser dividi-
das em:

1. *alcalinas* - quando os feldspatos po-
tássicos (ortoclásio $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)
e sódicos (albita $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) e
também os intercrescimentos entre e-
les, ocorrem em maior proporção que os
alcali-cálcicos (misturas de albita
 $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ e anortita $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot$
 $2SiO_2$). Os feldspatos alcali-cálcicos
são chamados de plagioclásios.

2. *monzoníticas* - quando a quantidade de
feldspato alcalino é aproximadamente
igual a de plagioclásio.

3. *alcali-cálcicas* - quando a proporção
de plagioclásio é maior que a do fel-
dspatos alcalinos.

A determinação do tipo de feldspato
normalmente é feita com o auxílio de lâminas
petrográficas.

4. ROCHAS IGNEAS MAIS COMUMENTE EMPREGADAS NA ENGENHARIA CIVIL

Granitos - utilizados geralmente como
brita, lajes polidas, blocos, etc. Possuem gran-
de resistência a esforços compressivos, chegan-
do a suportar 2.700 kg/cm². Em granitos de uma
mesma espécie, a resistência aumenta com a di-
minuição do tamanho dos minerais.

Basaltos e diabásios - utilizados prin-
cipalmente como brita; são empregados, secundá-
riamente, em ornamentação. Os diabásios de tex-
tura grossa, quando polidos, apresentam um as-
pecto original devido à disposição dos cristais
de feldspato. Sua resistência à compressão é
da ordem de 1.900 kg/cm².

As rochas em geral, quando utilizadas
como material de construção, necessitam de um
exame prévio detalhado, principalmente no que
diz respeito a fenômenos de alteração, que mu-
tas vezes são perceptíveis somente ao microscó-
pio. Um determinado mineral, mesmo fracamente
alterado, pode mudar completamente os valores
de resistência de uma rocha.

Aluno: _____ nº: _____ data: / / _____ caixa nº: _____

A - Observações a serem feitas nas amostras de rochas ígneas:

OBSERVAÇÕES		AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº
Cor					
Estruturas					
TEXTURA	Quanto à cristalinidade				
	Quanto ao tamanho das grãos				
MINERAIS	Cor				
	Brilho				
	Clivagem				
	Possíveis de identificação				
CLASSIFICAÇÃO	Quanto à gênese				
	Quanto à presença de Quartzo				
	Quanto ao Feldspato				
Rocha mais provável					

Obs: Os esquemas ilustrativos deverão ser feitos no verso.

ANEXO 2.a

ANEXO 2.b

B - Esquema das feições características apresentadas pelas amostras:

AMOSTRA Nº:	AMOSTRA Nº:
AMOSTRA Nº:	AMOSTRA Nº:

ROCHAS SEDIMENTARES

1. INTRODUÇÃO

São denominados sedimentos as deposições de materiais resultantes da decomposição, desagregação e retrabalhamentos de quaisquer rochas pré-existentes. Tais sedimentos podem ser de dois tipos: clásticos, quando resultantes de uma deposição mecânica, e químicos ou bioquímicos quando provenientes de precipitação de soluções. Todavia, quase todos os sedimentos apresentam esses dois tipos misturados em diferentes proporções.

A rocha sedimentar é o estágio final de um conjunto de processos, a saber: (1) Intemperismo da (s) rocha (s) geradora (s); (2) Transporte do material intemperizado, que na maioria das vezes ocorre em ambientes aquosos, mas que pode ser também por vento ou gelo; (3) Deposição, que é a acumulação do material intemperizado em locais favoráveis e (4) Litificação, que corresponde a uma série de processos de compactação e cimentação, através dos quais o sedimento original inconsolidado se transforma num agregado mais coerente.

Há, todavia, rochas sedimentares formadas por precipitação de material em solução, por atividade de organismos e mesmo algumas sem que ocorra transporte e deposição (geradas no

próprio local de intemperização).

2. CARACTERÍSTICAS A SEREM OBSERVADAS NAS AMOSTRAS

A. Cor

A cor de uma rocha sedimentar depende não somente do tamanho das partículas que a compõem como também da pigmentação dessas partículas.

Em rochas de mesma composição mineralógica e de maneira geral, quanto maiores as partículas componentes, mais clara é a rocha e vice-versa.

Em rochas sedimentares clásticas, a cor se relaciona à oxidação de íons de ferro (caso existam) e a presença ou não de carbono ou resíduos carbonosos. Assim, quando há baixa oxidação dos íons de Fe, a cor varia do azul ao verde; quando é alta a oxidação, ela pode ser amarela, laranja, castanha ou vermelha.

B. Estrutura

1. *Primitiva* - quando originada concomitantemente à formação da rocha.

a. *Estrutura maciça* - caracteriza-se pela homogeneidade aparente apresentada por certas rochas.

b. *Estratificação plano-paralela* - as

rochas sedimentares, em geral, se apresentam em camadas ou estratos superpostos, horizontais; cada estrato representa condições de deposição mais ou menos constantes. (Fig. 1).



Fig. 1

c. Estratificação cruzada - podem apresentar estratos cruzados, devido à deposição dos sedimentos em ambiente de água corrente (deltas ou borda de bacias de sedimentação), ou pelo vento, como no caso das dunas. (Fig. 2).

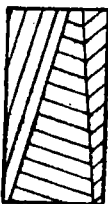


Fig. 2

d. Marcas de ondas - num ambiente de sedimentação, as oscilações na massa de água provocam tipos especiais de estruturas nas rochas resultantes, como mostra a Fig. 3.



Fig. 3

2. Secundária - é aquela que se origina após a formação da rocha; citamos, como mais importantes: falhas, diaclases, dobras e concreções, todas elas raramente possíveis de serem observadas em amostras pequenas.

C. Textura

No caso das rochas sedimentares, está intimamente ligada à natureza do sedimento, podendo ser:

1. Clássica ou fragmentária - é a textura apresentada pelas rochas sedimentares de origem mecânica, formadas por acumulação de fragmentos de rochas ou minerais. Essa textura é bem visível, portanto facilmente identificável em brechas sedimentares, conglomerados e em tillitos. É também identificável em arenitos e siltitos, ainda com relativa facilidade. Nos argilitos, que também têm origem mecânica e portanto são clásticos, essa textura é dificilmente identificável, mesmo ao microscópio, devido ao pequeníssimo tamanho das partículas (menores que 0,004mm).
2. Não clássica - são os aspectos apresentados pelas rochas sedimentares de origens química e orgânica. Assim, as

organógenas apresentam, frequentemente, fragmentos de organismos, macro ou microscópicos. Todavia, as de origem química mostram grãos minerais justapostos ou imbricados, formados por precipitação de soluções.

D. Densidade

Em sedimentos inconsolidados, a densidade varia de 1,8 a 2,3. Nos arenitos, de 2,0 a 2,5; nos baís, em torno de 2,2 e nos calcários de 2,5 a 2,7.

E. Composição

1. Deverá ser indicado o número de minerais aparentes nas amostras, caso exista e com a utilização de lupa, se necessário. Verificar a possibilidade de reconhecimento de algumas espécies minerais.

2. Indicar as formas dos grãos observados, como por exemplo: grãos arredondados, angulosos, quebrados, alongados, achatados.

Observar a granulometria de maneira preliminar para poder distinguir: comglomerados, brecha sedimentar, arenito, siltito e argilito.

3. Caso seja possível, identificar as par-

tículas de minerais ou de rochas que entram na composição da rocha sedimentar analisada.

4. Observar se aparece matéria orgânica como: fragmentos de conchas, restos de plantas, etc.

F. Cimento

O material que une as partículas sedimentares, dando coesão à rocha, constitui o seu cimento. As substâncias mais frequentemente encontradas como cimento, são:

argilas - alúmino-silicatos hidratados
calcário - carbonatos - calcita (CaCO_3);

dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

hidróxidos $\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; óxidos de ferro

$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

silica - (SiO_2)

anidrita - (CaSO_4)

Para verificar se o cimento é calcário, basta pingar algumas gotas de ácido sobre a rocha, e notar se há desprendimento de CO_2 .

Para reconhecer a presença de argila (ou mesmo verificar se a rocha é um argilito), basta umidecer a amostra com um pouco de água e notar se exala cheiro típico de "pote molhado". Tal teste, somente aplicaremos às rochas

sedimentares por ser bastante grosseiro e fornecer resultados positivos para qualquer outro tipo de rocha quando alterada.

3. CLASSIFICAÇÃO

Quanto à origem as rochas sedimentares podem ser classificadas em: mecânicas, orgânicas e químicas.

A. Mecânicas

1. *Rudáceas* - como exemplo citamos os conglomerados, nos quais predominam partículas maiores que 2mm (Fig. 4).

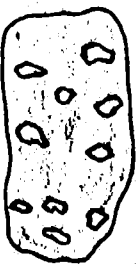


Fig. 4

2. *Arenosas* - como os arenitos, onde predominam partículas entre 2mm e 0,062mm (Fig. 5).

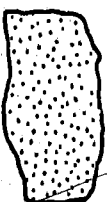


Fig. 5

3. *Siltosas* - como os siltitos, onde predominam partículas entre 0,062 - 0,004mm.

moléculas

4. *Argilosas* - como os argilitos e os folhelhos, formados por partículas menores que 0,004 mm.

B. Orgânicas

1. *Calcárias* - coquinas, corais e travertinos.
2. *Silicosas* - diatomitas e alguns sílex.
3. *Carbonosas* - turfas, carvões e folheiros oleosos.
4. *Fosfatadas* - fosforita e guano.

C. Químicas

1. *Calcárias* - calcita, dolomita e estalactites.
2. *Ferruginosas* - alguns minérios de ferro em camadas.
3. *Silicosas* - alguns sílex e geiserita.
4. *Salinas* - nas formas de cloretos (halita e silvita); de sulfatos (gipso, barita e anidrita); de nitratos ("caliche" NaNO_3) e boratos (bórax).

4. ROCHAS SEDIMENTARES MAIS COMUMENTE EMPREGADAS NA ENGENHARIA CIVIL

As rochas sedimentares têm importância econômica insofismável, pois nelas é encontrada parcela considerável da riqueza mineral existente, a saber: carvão, petróleo, gás

natural, combustíveis nucleares, muitos minérios metálicos e, mais particularmente, matérias primas essenciais à indústria de construção, como pedras de revestimento, areia, cascalho, argila, etc. Devemos ressaltar também que as maiores reservas de água subterrânea, possíveis de serem aproveitadas, são encontradas em rochas sedimentares.

Podemos considerar, para fins de aplicação, duas classes de rochas sedimentares: a rocha em si, como material coerente, e o sedimento formador destas rochas. No primeiro caso usaremos o termo Sedimentito (para conglomerado, arenito, siltito e argilito) e Sedimento para o material incoerente (como cascalho, areia, silte e argila).

a. Coerentes ou Sedimentitos

Arenito - rocha formada por grãos de quartzo cimentados por um material qualquer (sílica, carbonato, óxidos de ferro, etc). Os arenitos que possuem cimento silicoso apresentam grande resistência à abrasão e ao ataque químico, sendo normalmente utilizado em pisos (na forma de lajes ou blocos) e em revestimento de fachadas. Somente na região de São Carlos, existem cerca de 30 pedreiras de Arenito Botucatu silicificado em exploração, cujo material extraído é empregado na maior parte, em calçamento (lajes, "petit pave", ou em blocos).

Argilitos e Siltitos - são empregados também no calçamento, como é o caso do "Varviro de Itú" (rocha estratificada, com alternância de silte e argila), sendo fácil a obtenção de lajes segundo os planos de estratificação.

Calcários sedimentares - dos vários tipos que existem, o Travertino é de grande procura para revestimento de fachadas. Trata-se de um calcário compacto, contendo inúmeras cavidades, razão pela qual reúne ao lado de uma grande solidez, grande leveza e aptidão para seguir argamassa devido sua textura celular.

Gipsita - sulfato de cálcio hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), rocha de origem química formada pela precipitação de sulfato de cálcio. É usado na forma de gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$, sulfato hemihidratado) em construção, principalmente em serviços de estuque. Tem grande emprego na fabricação de cimento Portland.

b. Incoerentes ou Sedimentos

Torna-se quase desnecessário discorrer sobre a aplicação destes sedimentos na Engenharia Civil, tal o volume e frequência com que são utilizados; basta citar o consumo nos Estados Unidos em 1967, que foi aproximadamente um bilhão de toneladas.

Cascalho - encontrado e extraído principalmente dos leitos dos rios ou de depósitos

deixados por eles, devido a mudança de posição que frequentemente ocorrem em seus cursos.

Areia - as mais empregadas são aquelas que fazem parte de depósitos eólicos ou as retiradas de leitos de rios. As areias de praia contém certo teor em sal, fator que limita o seu emprego em construção.

Argilas - quanto à sua gênese, podem ser consideradas de dois tipos: primárias, formadas "in situ" pela decomposição química, principalmente de feldspato; secundárias, aquelas que depois de formadas são transportadas geralmente pela água para um local qualquer, vindo a formar um depósito sedimentar. As argilas secundárias são frequentemente coloridas por óxidos de ferro e apresentam maior plasticidade que as outras.

Aluno: _____ nº: _____ data: / / caixa nº: _____

A - Observações a serem feitas nas amostras de rochas sedimentares:

OBSERVAÇÕES		AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº
Cor					
Estruturas					
Textura					
COMPOSIÇÃO	Fragmentos e / ou Minerais	Formas			
		Minerais possíveis de identificação			
Matéria orgânica					
Cimento					
Classificação					

Obs.: Os esquemas ilustrativos deverão ser feitos no verso

ANEXO 3. B

B - Esquema das feições características apresentadas pelas amostras:

AMOSTRA Nº 1	AMOSTRA Nº 1
AMOSTRA Nº 1	AMOSTRA Nº 1

ROCHAS METAMÓRFICAS

1. INTRODUÇÃO

As rochas metamórficas são formadas pela transformação de rochas pré-existentes por ação do calor, da pressão e de fluídos.

Metamorfismo é um processo de transformação que afeta tanto a composição mineralógica, a estrutura, como a textura das rochas ígneas, sedimentares e mesmo metamórficas. As condições físicas e químicas em que tais transformações acontecem são diferentes tanto daquelas em que a rocha original se formou, como das existentes na superfície terrestre. As transformações em altas temperaturas, que provocam fusões totais ou parciais das rochas, não são admitidas como processo de metamorfismo.

Assim, podemos considerar as rochas metamórficas como o produto de transformações de rochas pré-existentes, em condições físico-químicas intermediárias em relação às que dão origem às rochas ígneas e sedimentares. Como consequência, há muitas rochas metamórficas que apresentam características ou de sedimentares ou de ígneas, sendo mais difícil o seu reconhecimento e sua classificação numa análise exclusivamente macroscópica.

Basicamente, dois são os processos -

principais de metamorfismo possíveis de serem distinguidos: deslocamento mecânico e recristalização química. Quase todas as rochas metamórficas evidenciam a influência conjunta desses dois processos, sendo que as diferenças entre tais rochas residem na maior intensidade de atuação de um ou outro processo.

Dependendo das condições (físicas e/ou químicas) predominantes, admitimos a existência de quatro tipos de processos de metamorfismo: cataclástico, termal, dinamothermal e plutônico.

O metamorfismo cataclástico provoca fraturamento nas rochas devido a ação predominante de pressões dirigidas (deslocamento mecânico). Evidentemente, há uma variação razoável na dimensão dos fragmentos resultantes, de acordo com a intensidade de metamorfismo atuante.

No metamorfismo termal, em que há predominância de temperaturas elevadas, ocorre a transformação de rochas encaixantes na parte próxima ao contacto com a rocha ígnea intrusiva, que propicia modificações na composição da rocha encaixante. Neste tipo de metamorfismo, são mais acentuados os fenômenos de recristalização.

No metamorfismo dinamothermal, em que predominam pressão dirigida e temperatura ele-

vada (dois fatores condicionantes de grandes modificações nas rochas), formam-se novas estruturas e novos minerais. Ocorre principalmente, nas regiões de dobramento e formação de montanhas.

No metamorfismo plutônico, em que pressão hidrostática e alta temperatura são predominantes, as rochas tornam-se plásticas e há numerosas mudanças mineralógicas. Os minerais formados nessas condições de pressão e temperatura apresentam alto peso específico e formas equidimensionais; como exemplo, temos alguns minerais do grupo das granadas, com peso específico ao redor de 4,0 e formas cristalinas do sistema cúbico.

As variedades de rochas metamórficas mais frequentes se enquadram nos tipos de metamorfismo dinamothermal e plutônico.

2. CARACTERÍSTICAS A SEREM OBSERVADAS NAS ANOSTRAS

A. Estrutura

Além da possibilidade de apresentarem fraturas (normalmente observáveis em afloramentos), essas rochas podem mostrar as seguintes estruturas:

1. Xistose (xistosidade) - é caracterizada por uma foliação resultante do de-

envolvimento raios ou menos paralelo e contínuo de minerais micáceos, alongados ou prismáticos. (Fig. 6).



Fig. 6

2. *Gnãissica* - é a denominação dada à foliação (ou xistosidade) descontínua de uma rocha metamórfica de granulação maior, que contém quartzo, feldspato e minerais micáceos orientados (gnaisse). Nela há como que faixas de minerais planares orientados separados por minerais não orientados (Fig. 7).

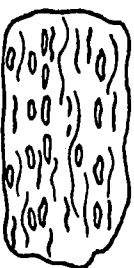


Fig. 7

Estrutura semelhante, denominada *bandada*, pode ocorrer em rochas metamórficas compostas exclusivamente por quartzo e pequena porcentagem de minerais micáceos (quartzitos).

3. *Granulada* - poucos minerais lamelares ou alongados, e muito maior porcentagem de minerais granulares (Fig. 8).

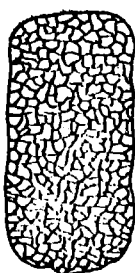


Fig. 8

4. *Cataclástica* - caracterizada por fragmentos angulosos de rocha original, cimentados por massa fina do mesmo material (Fig. 9). Quando o processo metamórfico é muito intenso, há uma redução a fragmentos muito finos, dando origem ao "milonito", rocha dura, com granulação microscópica.



Fig. 9

B. *Textura*

1. *Granoblástica* - quando os grãos se apresentam mais ou menos equidimensionais, sendo comum em rochas granula-

2. *Lepidoblástica* - é caracterizada por minerais plácidos em arranjos mais ou menos paralelos.

3. *Porfíroblástica* - quando há cristais maiores que se sobressaem numa matriz mais fina.

Observação: Estas texturas não se aplicam às rochas resultantes do metamorfismo cataclástico.

C. *Composição mineralógica*

1. Deverá ser indicado o número de minerais possíveis de serem observados nas amostras.

2. Observar a forma dos minerais.

3. Verificar a possibilidade de reconhecimento de alguns espécies minerais mais comuns.

3. CLASSIFICAÇÃO

A. *Rochas de metamorfismo cataclástico*

- 1. Cataclastos
- 2. Milonitos

B. *Rochas de metamorfismo termal*

- 1. Hornfels
- 2. Mármore
- 3. Quartzitos

C. *Rochas de metamorfismo dinamotermal*

- 1. Ardósia
- 2. Filitos
- 3. Xistos
- 4. Gnaisses
- 5. Quartzitos

D. *Rochas de metamorfismo plutônico*

- 1. Granulitos
- 2. Charnockitos
- 3. Eclogitos

Chamamos a atenção para o fato de que podem ser encontrados termos de transição entre rochas metamórficas típicas e rochas ígneas ou sedimentares, conforme a intensidade dos processos metamórficos que estas tenham sofrido. Por outro lado, encontram-se também termos de transição entre um grupo e outro de rochas metamórficas como, por exemplo: entre micaxistos e filitos; entre filitos e ardósias.

4. ROCHAS METAMÓRFICAS MAIS COMUNTE EMPREGADAS NA ENGENHARIA

A. *Gnaíse*

É uma das rochas mais comumente utilizadas em construção com largo emprego em pavimentação, na forma de paralelepípedos ou mesmo sub-base de rodovias; é usada também como base em leitos de ferrovias.

É frequentemente utilizada como pedra

britada, quando o teor em mica é baixo. Aceita polimento, permitindo obtenção de material de fino acabamento, usado em revestimentos, geralmente na forma de lajes.

B. Quartzitos

Muito utilizados em lajes, aparelhadas manualmente ou serradas, tanto em fachadas como em pisos, polidos ou não. O uso para tais fins tem sido muito grande, não só pela beleza que apresentam como também pela extraordinária resistência aos desgastes físico e químico.

Largo uso tem-se feito ultimamente de um quartzito micáceo proveniente de Minas Gerais, chamado Itacolomito; permite a obtenção de placas muito finas (centimétricas) e muito regulares; comercialmente, é conhecida como "pedra Mineira".

C. Mármore

É de conhecimento geral a utilização dos mais variados tipos de mármore, tanto em revestimentos interiores e exteriores, quanto em pisos e ornamento. Deve-se considerar que os mármore coloridos e sulcados de veias, geralmente não dão pavimentos duráveis e econômicos, principalmente quando expostos ao tempo; apresentam melhores resultados quando aplicados em revestimento de paredes. Para uso em pisos, deve-se escolher um tipo de mármore que tenha granulação fina e compacta.

Aluno: _____ nº: _____ data: / / caixa nº: _____

A - Observações a serem feitas nas amostras de rochas metamórficas:

OBSERVAÇÕES		AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº	AMOSTRA Nº
Estruturas					
Texturas					
Minerais	Forma				
	Identificados				
Classificação					
Rocha mais provável					

Obs: Os esquemas ilustrativos deverão ser feitos no verso

B - Esquema das feições características apresentadas pelas amostras:

<p>AMOSTRA Nº 1</p>	<p>AMOSTRA Nº 1</p>
<p>AMOSTRA Nº 1</p>	<p>AMOSTRA Nº 1</p>

INSTRUMENTOS DE MEDIDA UTILIZADOS EM GEOLOGIA
DE CAMPO

1. INTRODUÇÃO

Em trabalhos de geologia de campo são necessários vários instrumentos de medida, como: bússola, clinômetro, altímetro, trena, prancheta, teodolito e nível. Como alguns deles são instrumentos comuns em levantamentos topográficos, vamos nos preocupar apenas com bússola, clinômetro e altímetro.

2. BUSSOLA

A. Introdução

A bússola com clinômetro conjugado constitui-se no instrumento mais importante para geologia de campo. Existem vários tipos de bússolas sendo o tipo Brunton mais usado pelo geólogo.

A bússola é um aparelho que permite determinar a direção do meridiano magnético que passa por um determinado local e, também, o ângulo entre uma direção horizontal qualquer e a direção do meridiano magnético. Esse ângulo chama-se azimute da direção considerada e por convenção é contado a partir do norte.

Em essência, consiste a bússola de uma agulha imantada, suspensa em seu ponto médio

por um eixo pontagudo (pivot) vertical, que lhe dá liberdade de movimento segundo o plano horizontal. Em virtude desta liberdade de movimento a agulha imantada orienta-se na direção N-S solicitada pelo campo magnético terrestre, cujas linhas de força tem, como se sabe, a direção norte-sul ou direção dos meridianos magnéticos.

A agulha magnética é protegida por um estojo construído de material antimagnético no fundo do qual se encontra gravada a escala graduada (circular) dividida em graus sexagésimais.

A escala circular apresenta dois hemisférios: o sul e o norte. O hemisfério sul é dividido em dois quadrantes: o sudeste e o sudoeste; o hemisfério norte também é dividido em dois quadrantes: o nordeste e o noroeste.

Os quatro pontos cardiais estão representados por letras N, S, L e O inseridas no estojo. Como as bússolas que utilizaremos são de procedência estrangeira, as iniciais correspondentes a Leste e a Oeste são respectivamente E e W.

A linha que passa pelos pontos N e S do estojo chama-se "linha de fé". Esta linha deve ficar sempre paralela à direção cujo ângulo horizontal em relação ao norte desejamos medir. Quando a "linha de fé" está na direção do meridiano magnético, a agulha coincidirá com a "li-

inha de fé" da bússola.

Para um perfeito funcionamento, as bússolas devem satisfazer as seguintes condições mínimas: menor atrito possível entre o eixo e a agulha; os elementos sustentadores da agulha devem ser antimagnéticos; a agulha, na hora da medida, deve estar na posição horizontal; a agulha deve ser atraída facilmente por um elemento magnético colocado próximo a ela; quando a agulha for deslocada de sua posição de equilíbrio deverá oscilar bastante até atingir novamente sua posição inicial.

Há dois tipos de numeração de escalas de bússolas de geólogo: a numeração Internacional e a numeração em quadrante. A primeira vai de 0° a 360° , partindo do norte no sentido anti-horário. A segunda, numeração em quadrante, tem duas origens, uma coincidente com o norte da escala, outra com o sul; a numeração vai de 0° a 90° para E e para W.

A bússola, como já dissemos, mede o ângulo horizontal (azimute) entre uma linha horizontal qualquer e o meridiano magnético do local. A linha considerada tem uma direção e dois rumos. Suponhamos que a direção da linha seja $N40^{\circ}W$, então os rumos serão: $40^{\circ}NW$ e $40^{\circ}SE$ (leitura na numeração em quadrante). Na bússola de numeração em quadrante tomamos sempre as leituras da direção em relação ao norte, não importando

qual a ponta da agulha de direção. Assim, a direção será simplesmente a direção dirigida para o se aplica somente quando se trata de dois sentidos da direção. Esta escala internacional seria 320° e 140° outro, de acordo com

O observador rumos ou de direção e o hemisfério sul. Como observado anotamos uma mudança de numeração e acrescentar ao angulante em que foi lido 90° (quadrante) após

Exemplos
mos e suas respect

1. *Dirigeões*

Escala Inter	
320°	corres
240°	corres
160°	corres
70°	corres

tal
dida
es-
Is
pois
qual
hes-
cala
os -
im ou
into.

dos
para
ior,
no
rio a
ran-
a
cala.

ru-	
ante	
S40E	
N60E	
N20W	
S70°W	

OBS:- as direções giradas seriam as usadas pois se referem ao Norte.

2. *Rumos*

As leituras tem que ser feitas na noite da agulha.

Escala Internacional	Esc. em quadr
N310	corresponde a 50NW
S230	corresponde a 50SW
N60	corresponde a 60NE

OBS:- na numeração internacional, para maior clareza, coloca-se a letra N ou S se o angulante estiver respectivamente no hemisfério Norte ou Sul.

B. *Bússola Bunton*

Como se vê na Fig. 10, trata-se de bússola comum com uma tampa provida internamente de um espelho longitudinalmente la "linha de fé". Do lado oposto ao espelho existe uma haste dobrável com uma fenda central (pínula). Encontram-se acoplados a esta bússola um clinômetro e um nível de bolha. Ela possui também um dispositivo especial de trava, que possibilita prender a agulha automaticamente quando se fecha a tampa do estojo. O ângulo é graduado em graus sexagésimos e dividido em quatro quadrantes.

Ela apresenta uma particularidade é a troca do E pelo W. A letra E deveria se trocar à direita da linha SN e encontra-se à

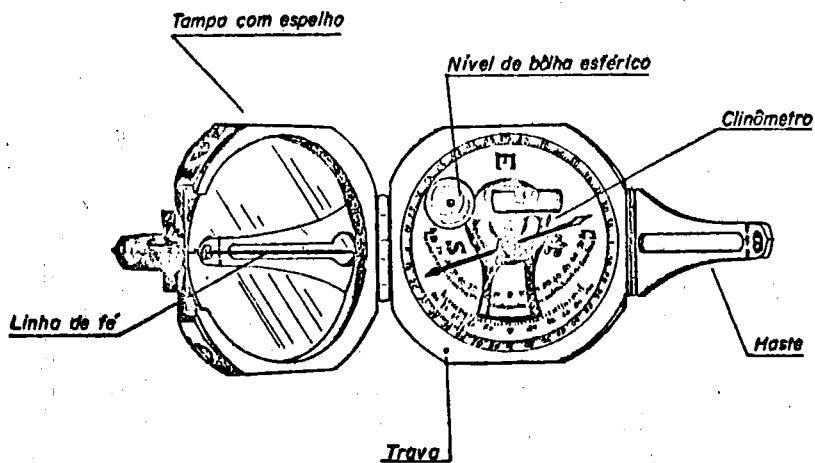


fig-10

querda; o mesmo acontece com W que deveria se situar à esquerda e no entanto está colocado à direita da linha SN.

Esta troca tem a finalidade de facilitar as leituras, pois como veremos a seguir, as medidas são lidas diretamente. Para medir uma determinada direção giramos o estojo até que a "linha de fé" coincida com a direção desejada. Ao giramos, por exemplo, o estojo para a direita (leste E), como a agulha está parada (sua ponta N dirigida para o polo Norte) descreverá um "movimento aparente" em sentido contrário - (para esquerda). Então, se o E e o W estivessem na posição direta, quando olhássemos o valor do ângulo no limbo leríamos no quadrante W e precisariamos efetuar a troca mental para E porque, como dissemos, nós giramos o estojo para a direita.

C. Declinação Magnética

Como vimos, os ângulos (direções erremos) medidos com as bússolas tem como reta orientem o meridiano magnético. Mas a direção deste meridiano é variável no decorrer dos tempos. Isto implica, com o passar dos anos, uma perda do valor das medidas efetuadas com a bússola.

Então, torna-se necessário relacionarmos as medidas magnéticas a uma direção fixa imutável que é o meridiano geográfico. Para cada ponto da superfície terrestre, podemos ter um pla-

no vertical que passa por este ponto e pelos polos, plano este absolutamente imutável.

Chama-se declinação magnética o ângulo formado pelo meridiano geográfico e o meridiano magnético. Conhecendo-se a declinação magnética em um local, todas as medidas aí efetuadas com a bússola deverão ser referidas ao meridiano geográfico para se tornarem invariáveis através dos tempos.

A declinação magnética pode ser determinada "in loco" (por métodos usados na Topografia e Geodésia) ou obtida a partir de cartas isogônicas, que fornecem a declinação magnética do local onde se está trabalhando. Em trabalhos rotineiros de geologia de campo, a presença destas cartas torna-se indispensável. Elas são fornecidas pelo Observatório Nacional.

Na bússola Brunton, existe um parafuso lateral através do qual se consegue deslocar o Q do limbo para a direita ou para a esquerda, possibilitando a compensação da declinação magnética local. Então, se uma bússola estiver com a declinação compensada, fornecerá as medidas de direções em relação ao norte verdadeiro. Na impossibilidade de se conhecer a declinação local, deverá ser anotada a data em que foram efetuadas as medidas tornando assim possível posterior correção através de cálculos.

D. Conversão de Azimutes em Ângulos na Escala de Quadrantes

A graduação de 0° a 360° pode ser num sentido ou no outro. Quando é no sentido anti-horário, e o E e o S encontram-se trocados, os azimutes lidos terão sentido horário. É o que acontece nas bússolas de Geólogo com escala internacional (como por exemplo nas marcas NSN e Breithaupt).

Através da Fig. 11, apresentamos um exemplo explicativo. Quando medimos uma direção, giramos o estojo até que a linha de fé coincida com a direção desejada; esta operação, se giramos por exemplo o estojo para a direita (este), a agulha "aparentemente" girará para a esquerda; sendo a numeração dos ângulos no sentido anti-horário, conforme giramos o estojo para a direita, a ponta da agulha percorre a escala no sentido crescente.

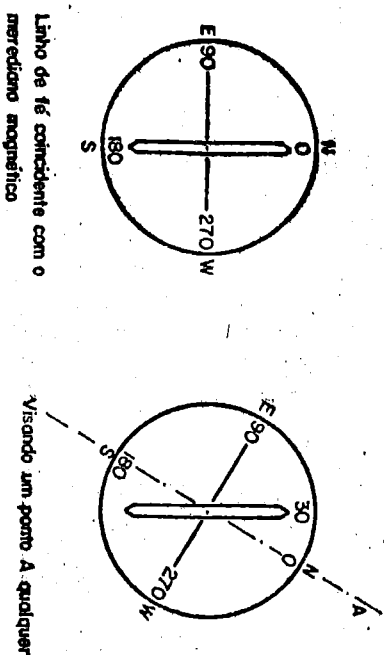
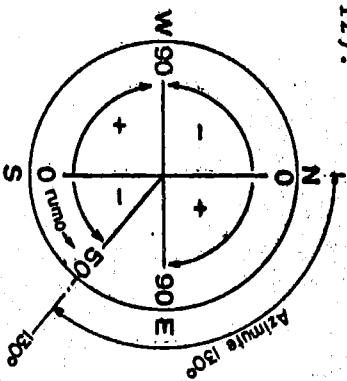


Fig. 11

Para converter este ângulo, medido na escala dividida em quadrante; basta adicionar as letras NE, pois ele se encontra no quadrante nordeste (N30°E). Um azimute de, por exemplo 130°, na escala em quadrante passa a ser 50°E (Fig. 12).



Transformação de azimute em quadrante

Fig. 12

A fim de facilitar as transformações, dá-se sinal (+) aos ângulos medidos no sentido horário e (-) aos medidos no sentido anti-horário. Na figura anterior, os quadrantes NE e SW são positivos e NW e SE são negativos.

Assim, as transformações tornam-se mais simples; veremos exemplos nos quatro quadrantes.

Para azimutes maiores que 0° e menores que 90°, apenas acrescentamos as iniciais NE, Ex: N30°E.

Para azimutes maiores que 90° e menores que 270°, somamos algebricamente (-180°).

Exemplos:

Azimute		Quadrante
130°	(130° - 180° = -50°)	50°E
210°	(210° - 180° = 30°)	30°W

Para azimutes maiores que 270°, somamos (-360°) e teremos sempre valores negativos, pois se situam no quadrante NW. Exemplos:

Azimute		Quadrante
330°	(330° - 360° = -30°)	N30°W

OBSERVAÇÃO: - sempre anotamos um ângulo a partir de N ou S, nunca a partir de E ou W, o que é óbvio, pois as origens estão em N e S.

Exemplo: - N50°W e não W50°N

E. Clinômetro de Bússola

A bússola de Geólogo além de medir direções e rumos possibilita, por intermédio de seu clinômetro, a medida de inclinação de planos (mergulhos).

O clinômetro de bússola é um aparelho adaptado no interior do estojo da bússola, destinado a medir ângulos verticais, tomando como origem um plano horizontal. Existem vários tipos de clinômetros; veremos, entretanto, apenas dois, o de nível de bolha e o de (pêndulo), que comumente se encontram como acessórios da bú-

sola de Geólogo.

O clinômetro de nível de bolha consiste de uma haste terminada em "T", onde se alia um nível tubular. Esta haste, terminada em ponteiro, gira em torno de um eixo solidário ao estojo da bússola, de maneira que o ponteiro percorre uma escala semi-circular dividida em graus. Esta escala, por sua vez, é dividida em dois quadrantes, que vão de 0° a 90° para a direita e de 0° a 90° para a esquerda, estando a marca 0° no ponto médio da escala (Fig. 13).

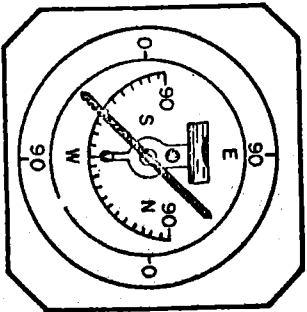


Fig. 13

O valor 0° corresponde à horizontal e portanto 90° corresponderá à vertical. O ponteiro é acionado com o dedo do operador, até que a bolha fique centrada.

No clinômetro de pêndulo, o ponteiro é acionado pelo seu próprio peso, marcando na escala o ângulo que desejamos medir (Fig. 14). É menos preciso que o anterior mas em compensação as medidas são efetuadas mais rapidamente.

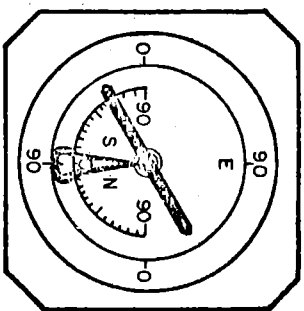


Fig. 14

F. Medida de Direção e Mergulho de um Plano
Um plano no espaço pode ser definido pela sua direção e pelo seu mergulho.

Direção de um plano é o valor do ângulo horizontal formado entre o norte verdadeiro e o traço deste plano com um plano horizontal qualquer.

Mergulho de um plano é o valor do ângulo formado pela sua reta de maior declive com um plano horizontal qualquer.

a. medida de direção

Para medirmos a direção de um plano,

procedemos como o indicado na Fig. 15. Com a bússola na horizontal, aplicamos uma lateral - da caixa, que seja paralela à "linha de fé", na superfície do plano; em seguida, lemos o ângulo marcado pela ponta da agulha que estiver no hemisfério Norte.

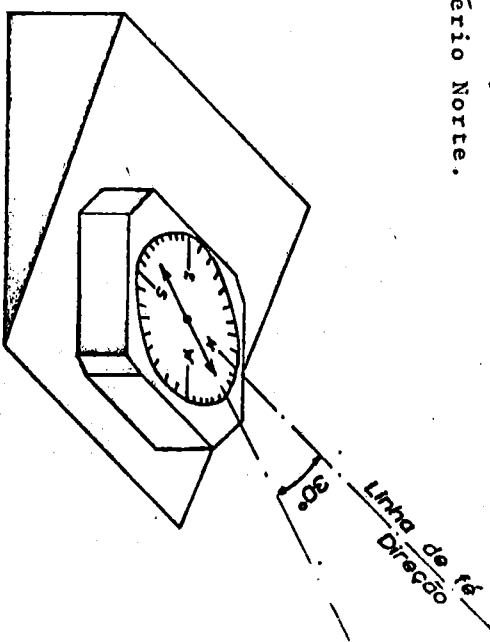


Fig. 15

Esta leitura, por convenção, é feita no hemisfério Norte; portanto, quando se mede a direção, tanto faz ler o ângulo marcado pelas pontas Norte ou Sul da agulha, desde que se tome a sua origem em relação ao Norte da "linha de fé".

b. medida de inclinação (mergulho)

O mergulho, como dissemos, é medido na perpendicular à direção do plano. Para efetuar essa medida, colocamos a bússola sobre o plano, perpendicularmente à sua direção (Fig. 16) e,

com o dedo, giramos o clinômetro até que fique centrada a sua bolha. Em seguida, lemos o ângulo de inclinação que está marcado o ponteiro sobre a escala interna (escala do clinômetro).

Os ângulos OPO e MIR são iguais por terem lados respectivamente perpendiculares

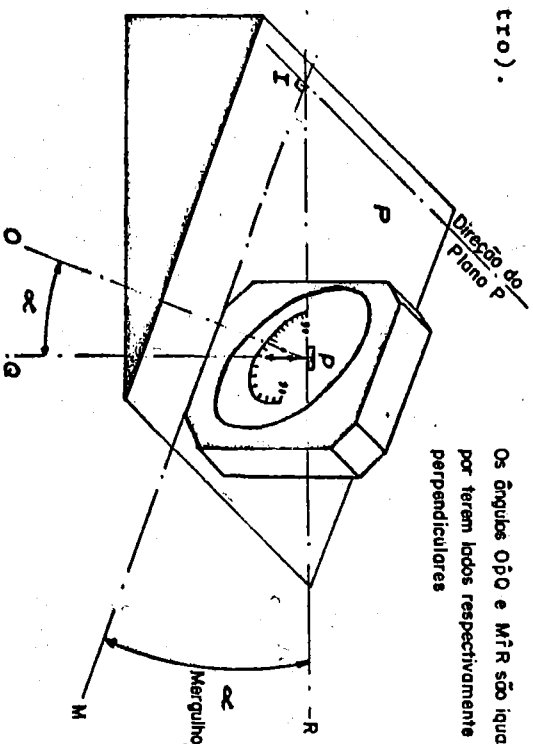


Fig. 16

Além desta medida, cumpre observarmos para onde o mergulho inclina-se. Isto fazemos colocando a bússola na horizontal com o norte do estojó voltado para o lado que se dá o mergulho, e em seguida anotamos qual o quadrante marcado pela ponta norte da agulha. Ex: mergulho de 15° para o quadrante nordeste; a anotação se faz: 15° NE.

Quando efetuamos medidas de direções e mergulhos de vários planos, geralmente dispomos os dados em colunas, como no exemplo a seguir:

Direção	Mergulho
N25°E	5°NW
EW	15°N
N45°W	10°SW
NS	25°E

OBSERVAÇÕES:

- Direção no quadrante NE, o mergulho só poderá ser NW ou SE e nunca para NE ou SW.
- Direção EW, o mergulho só poderá ser para N ou S e nunca para E ou W.
- Direção no quadrante NW, o mergulho poderá ser ou para NE ou SW e nunca para NW ou SE.
- Direção NS, o mergulho só poderá ser para E ou para W.

3. *Clinômetro de Abney*

Neste aparelho estão conjugados nível e clinômetro simultaneamente (Fig. 17). Possui um visor de secção quadrada, terminado por dois campos visuais, sendo que no primeiro vemos, por intermédio de um espelho, a bolha de nível e no outro, o objeto cujo ângulo da visada desejamos medir. No momento em que o objeto está sendo visado, giramos o nível até a centralização da bolha. Feito isso, retiramos o aparelho dos olhos e lemos diretamente o valor do ângulo vertical (inclinação) num limbo circular provido de nônio.

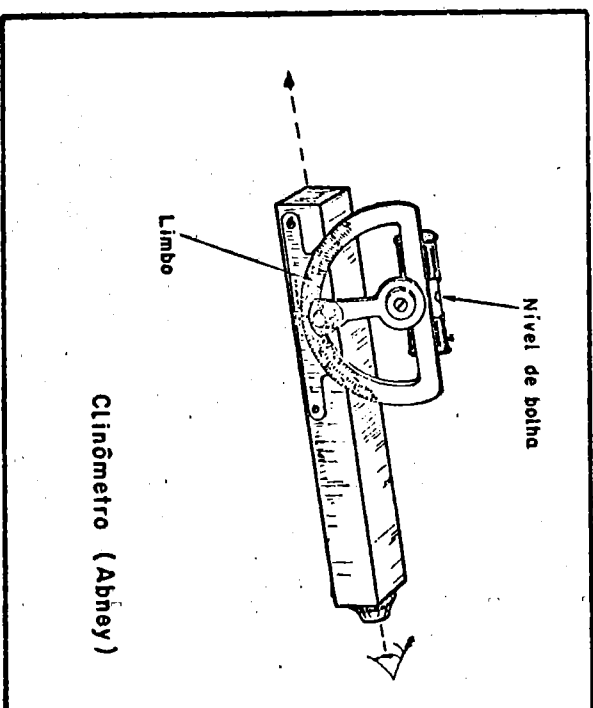


Fig. 17

Esse clinômetro tem grande aplicação em geologia de campo, sendo usado principalmente para medidas de inclinações de terraços de erosão ou de deposição, espessuras de camadas e também como nível na execução de perfis.

4. *Allimetros*

São instrumentos destinados a medidas de cotas, baseados na variação da pressão atmosférica.

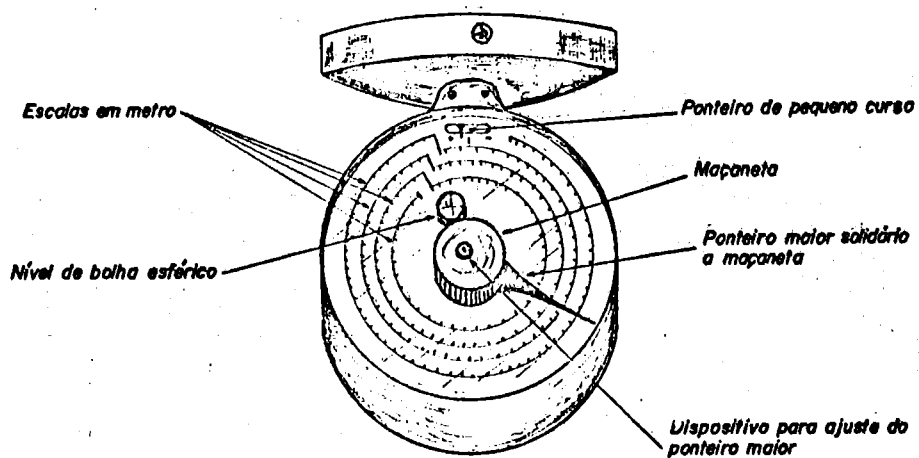
A pressão atmosférica pode ser medida através de barômetros de cuba (mercúrio) e a-

neróides. Estes últimos são os mais utilizados em geologia por serem leves e portáteis.

Os aneróides são constituídos basicamente de uma caixa metálica, hermeticamente fechada, onde é feito vácuo. Uma das faces é bem flexível e sofre movimentos de acordo com as variações da pressão atmosférica. Esses movimentos são amplificados por um sistema mecânico e transmitidos a um ponteiro que percorre um mostrador graduado.

O tipo de aneróide muito usado em Geologia é o "Pauling", que fornece medidas de cotas (Fig. 18). Neste altímetro, os movimentos da caixa metálica são transmitidos a um ponteiro de pequeno curso, que se move para direita ou esquerda dependendo do aumento ou da diminuição da pressão.

As cotas, entretanto, são lidas em um mostrador que é percorrido por um outro ponteiro, solidário a uma maçaneta. Esta exerce uma pressão regulável sobre a caixa metálica, permitindo equilibrar manualmente a pressão em um determinado ponto. Na operação de restabelecimento de equilíbrio, a maçaneta gira o ponteiro solidário a ela num sentido ou no outro, indicando sobre o mostrador o número de metros correspondente a variação da pressão atmosférica.



ALTÍMETRO PAULING

fig. 18

MAPAS E PERFIS TOPOGRÁFICOS

1. Mapas Topográficos

São aqueles que exprimem a forma, dimensões e a distribuição das feições morfológicas da superfície terrestre. Um mapa topográfico é portanto um desenho reduzido dos caracteres acima mencionados, onde ainda se incluem as principais modificações introduzidas pelo homem (cidades, estradas, barragens, etc.).

As medidas efetuadas no terreno, para serem colocadas no mapa, sofrem uma redução aritmética, que é denominada "escala do mapa".

A escala pode ser representada numérica ou graficamente. No primeiro caso, a representação é feita por uma fração, como por exemplo: 1/50.000; isto indica que uma distância entre dois pontos quaisquer, medidos no mapa, é 1/50.000 da distância real entre os dois pontos do terreno que lhes são correspondentes. Nas escalas gráficas, a relação das distâncias estão reduzidas proporcionalmente, em um segmento de reta que serve como padrão.

Todos os mapas devem ser orientados em relação ao Norte Geográfico, que se constitui num ponto de referência imutável.

Num mapa topográfico, a representação do relevo ou seja, das feições morfológicas da

Sobre a maçaneta existe um dispositivo que permite ajustar o ponteiro livremente no valor de uma determinada cota sem contudo modificar a pressão que está sendo exercida sobre a caixa metálica.

As leituras tem que ser tomadas na horizontal e para isso existe, fixado no alímetro, um nível de bolha esférico.

Como a pressão atmosférica, num mesmo ponto, varia durante as horas do dia, é necessário levantar a curva de variação diurna para a correção das medidas altimétricas executadas com os aneróides.

superfície, é feita normalmente por meio de curvas de nível, que são obtidas pelo emprego de planos horizontais equidistantes entre si e que cortam a superfície do terreno (Fig. 19.a). Os traços horizontais com o terreno são projetados num plano horizontal de referência, resultando um mapa altimétrico (Fig. 19.b). Portanto, Curva de Nível é a linha de intersecção entre um plano horizontal e a superfície do terreno, ou em outras palavras, é o lugar geométrico dos pontos de mesma cota.

Como a distância vertical entre curvas de nível sucessivas é constante, quando elas se aproximam, temos a representação de uma inclinação mais acentuada, pois há um mesmo desnível para uma distância horizontal menor. Na Fig. 19.c encontram-se algumas configurações peculiares de curvas de nível.

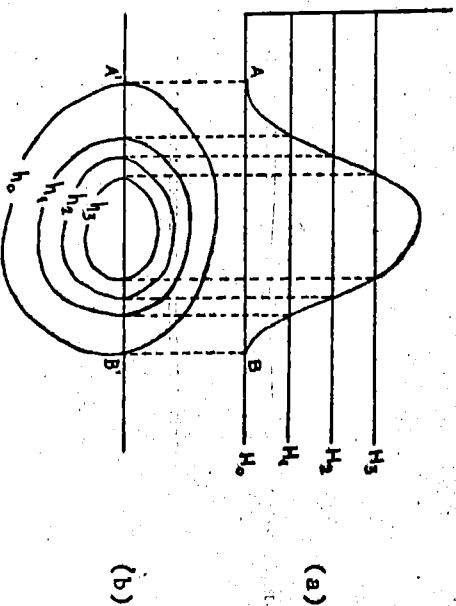


Figura 19.a.b

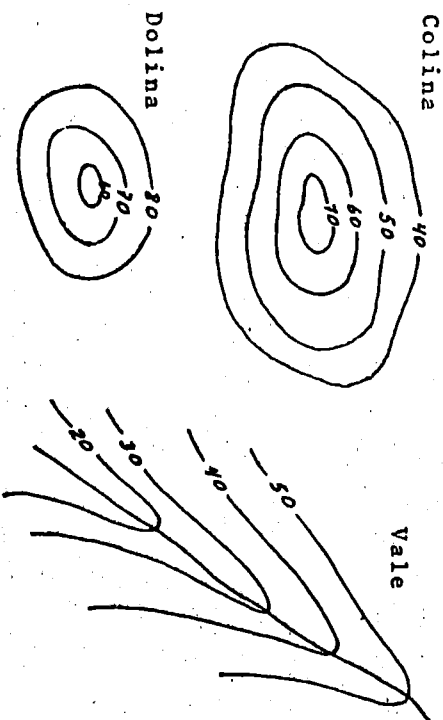


Figura 19.c

As curvas de nível são traçadas por processo de interpolação entre pontos do terreno cujas cotas são conhecidas.

2. Perfil Topográfico

Perfil topográfico, segundo uma direção, é a intersecção de um plano, geralmente vertical, com a superfície do terreno. Para se obter um perfil é necessário o conhecimento de dois elementos: as diferenças de nível (que são colocadas na vertical) e as distâncias (que são colocadas na horizontal). Num mapa plano-altimétrico temos esses dois elementos (Fig. 19.a).

Em geologia comumente usamos o perfil desenvolvido ou retificado, que consta de dois ou mais perfis de diferentes direções desenhados num mesmo plano vertical. Isto é feito porque nem sempre os afloramentos observados pelo geólogo se encontram numa mesma direção.

MAPAS E PERFIS GEOLÓGICOS

1. Mapas Geológicos

São aqueles onde se encontram assinados, por intermédio de legendas, não só os diferentes corpos rochosos existentes numa determinada região como também suas estruturas geológicas. É elaborado a partir de um mapa topográfico, onde são colocados os limites (linhas de contato) das diferentes litologias e suas estruturas, utilizando-se para isso símbolos gráficos (Fig. 20) ou cores diversas.

A determinação dos contatos é feita no campo, valendo-se evidentemente de conhecimentos geológicos; as suas locações são efetuadas pelos métodos usuais de topografia.

Como exemplo, num mapa geológico de uma região de rochas sedimentares dispostas horizontalmente, os contatos entre elas apresentam as mesmas configurações das curvas de nível. Todavia, no caso das camadas se disporem inclinadamente, suas linhas de contato cortam as curvas de nível de tal forma que podemos, através de cálculos, determinar suas posições (Mapa 1).

Consideraremos, para melhor compreendermos os elementos que a seguir definiremos, o caso de uma sequência de camadas inclinadas li-

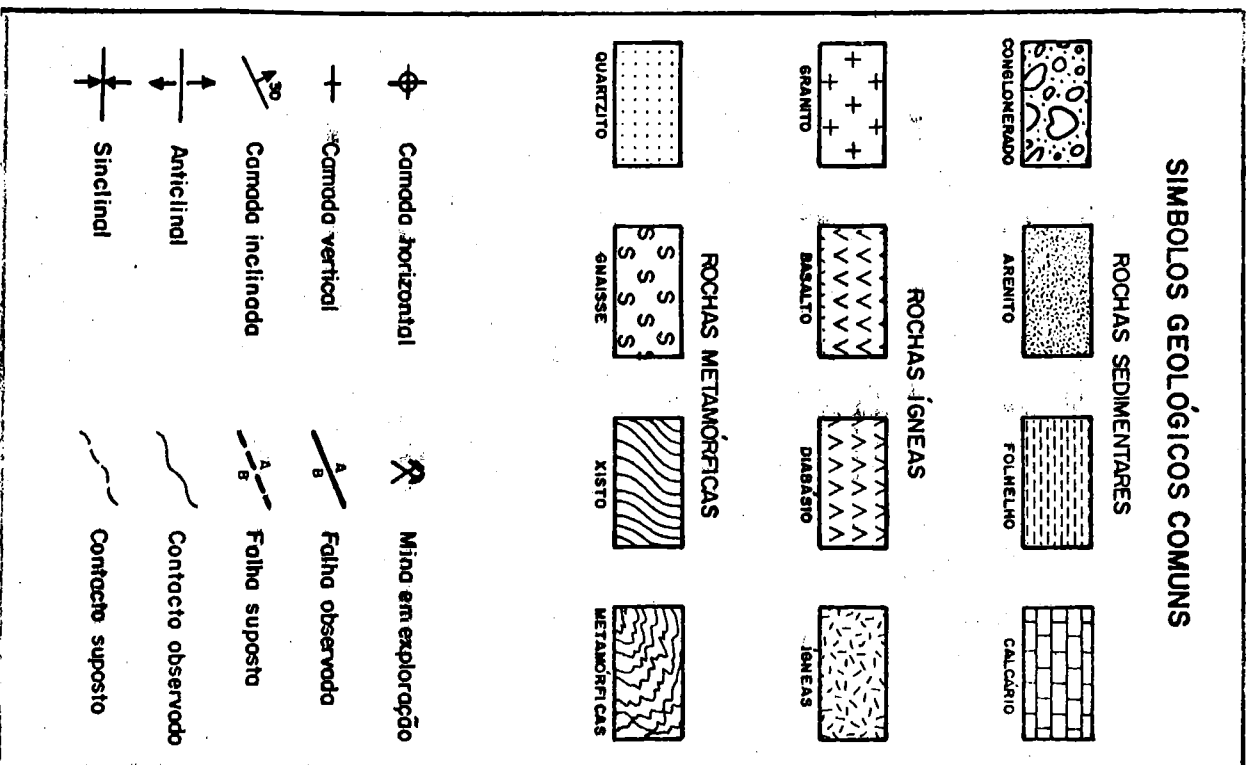


Fig. 20

mitadas por superfícies paralelas, com seus con tornos cortando as curvas de nível.

Como uma camada de rocha sedimentar deve ser determinada no espaço da mesma forma como fazemos com um plano (vide Bússola, Ítem F), usamos para isso valores de mergulho e direção. Assim, definimos:

a. direção: como o valor do ângulo horizontal, formado entre o norte verdadeiro e o traço de um plano da camada com um plano horizontal qualquer;

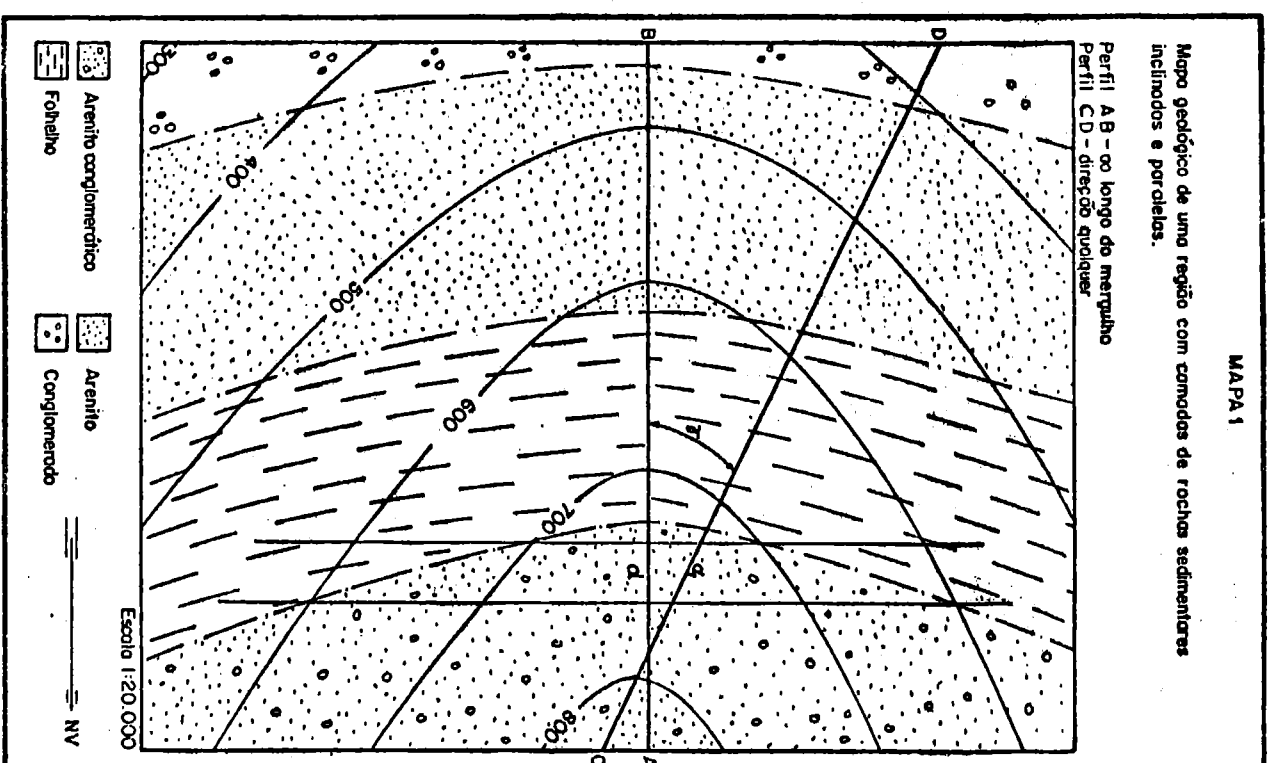
b. mergulho: como o valor do ângulo formado pela reta de maior declive de um plano da camada com um plano horizontal qualquer.

Em mapas geológicos, usamos o símbolo M' para indicar o sentido em que a camada mergulha.

Todas as observações de campo tomadas para confecção de um mapa geológico, de um perfil, ou ainda para a coleta de amostras, devem ser criteriosamente registradas, como é sugerido no capítulo "Anotações em Caderneta de Campo".

2. Perfis Geológicos

Uma secção vertical ao longo de uma direção qualquer de um mapa geológico construíme um perfil geológico.



A seguir, apresentamos os processos de execução de dois perfis, um AB perpendicular à direção da camada e, outro CD que faz um ângulo γ qualquer com essa direção (Mapa 1).

Como normalmente as escalas horizon-

tal (do mapa) e vertical (do perfil) são diferentes, há uma distorção do ângulo de mergulho das camadas ao ser lançado no perfil; devemos, assim, considerar a relação entre as duas escalas, chamada de sobrelevação.

$$\text{Sobrelev. (s)} = \frac{E_V}{E_H} \quad \text{no exemplo, } s = \frac{1/5000}{1/20000} = 4$$

No perfil CD, o ângulo de mergulho é "aparente" (θ), pois é menor que o ângulo "real" de mergulho medido no perfil AB, que contém a reta de maior declive. Portanto, é necessário calcular o ângulo de mergulho aparente para obtenção do perfil CD.

3. Determinação da direção e do mergulho de camadas

A. Em mapa geológico

a. Direção

Tomamos uma linha de contato de camadas que corte uma curva de nível qualquer em dois pontos diferentes e fazemos passar por eles uma reta. A direção dessa reta, em relação

ao norte verdadeiro (NV), corresponde à direção das camadas (reta D, Mapa 1).

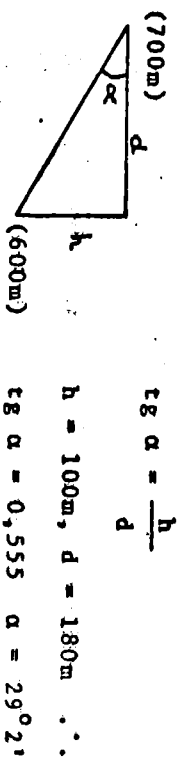
b. Mergulho

b₁. No perfil AB (perpendicular à direção das camadas)

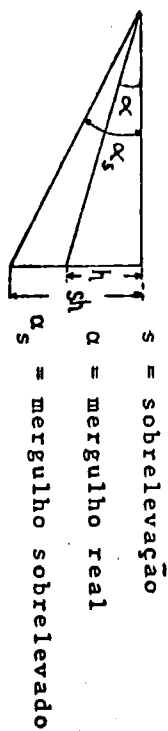
Nesse caso, o ângulo de mergulho corresponde ao ângulo da reta de maior declive.

Tomamos uma linha de contato qualquer entre camadas e que corta duas curvas de nível diferentes em dois pontos cada uma (no caso do Mapa 1, 600m e 700m, respectivamente). Unimos os pontos de mesma cota por retas, que necessariamente serão paralelas (intersecções de dois planos horizontais com o plano da camada).

Medimos no mapa, portanto em escala, a distância d entre as duas retas e tomamos a diferença de nível h entre elas; finalmente, calculamos o ângulo α de mergulho real da camada, no triângulo abaixo:



O ângulo a ser lançado no perfil deve levar em consideração a sobrelevação s ; será portanto, um ângulo de mergulho sobrelevado (α_s), que é calculado da seguinte maneira:



los.

Os triângulos ABC e ABD são retângulos.

No triângulo ABC: $tg \alpha = \frac{h}{d}$

No triângulo ABD: $tg \alpha_s = \frac{sh}{d}$

Relacionando, temos:

$$\frac{tg \alpha_s}{tg \alpha} = S \cdot \cdot \cdot \cdot tg \alpha_s = s \cdot tg \alpha$$

No nosso exemplo, $s = 4$ e $tg \alpha = 0,555$, portanto:

$$tg \alpha_s = 2,220 \quad \alpha_s = 65^{\circ}45'$$

No perfil topográfico AB, marcamos os pontos de contato das camadas e nestes pontos lançamos o ângulo α_s , tendo como origens as retas horizontais que passam por eles (Fig. 21). Em seguida, traçamos as retas inclinadas correspondentes aos planos das camadas, como se observava no perfil AB, uma vez que admitimos inicialmente que se tratava de uma sequência de camadas inclinadas limitadas por superfícies paralelas. Esse processo constitui uma resolução gráfico-analítica do traçado do perfil em mapa

geológico de camadas inclinadas.

Todavia, a mesma resolução pode ser feita apenas graficamente, da seguinte maneira: consideremos, por exemplo, o ponto P no perfil AB; partamos por ele uma reta horizontal e a partir dele marquemos a distância $d = \overline{PM}$, medida no mapa. Pelo ponto M tracemos uma perpendicular a uma reta PM e marquemos o ponto E ($\overline{ME} =$ distância entre duas curvas de nível consecutivas, já na escala vertical do perfil, no exemplo igual a 2,0cm). Em seguida, tracemos uma reta que passe por P e E, prolongando-a até a base do perfil. No caso, $MPE = \alpha_s$ será o ângulo de mergulho real sobrelevado.

b₂. Perfil CD (não perpendicular à direção das camadas)

Nesse perfil, evidentemente, o ângulo de mergulho aparente (θ) será menor que α (ângulo de mergulho real) Fig. 22. Calcula-se θ da seguinte maneira: $\theta = f(\alpha, \gamma)$ onde γ é o ângulo no plano horizontal H, formado pelos traços AB e AC, dos planos verticais ABE e ACD (no mapa $l, \gamma = 25^{\circ}$).

Dedução da expressão $\theta = f(\alpha, \gamma)$.

O triângulo ACD é retângulo, logo:

$$tg \theta = \frac{CD}{AC}, \text{ mas da geometria temos: } CD = BE,$$

$$\therefore tg \theta = \frac{BE}{AC} \quad (1)$$

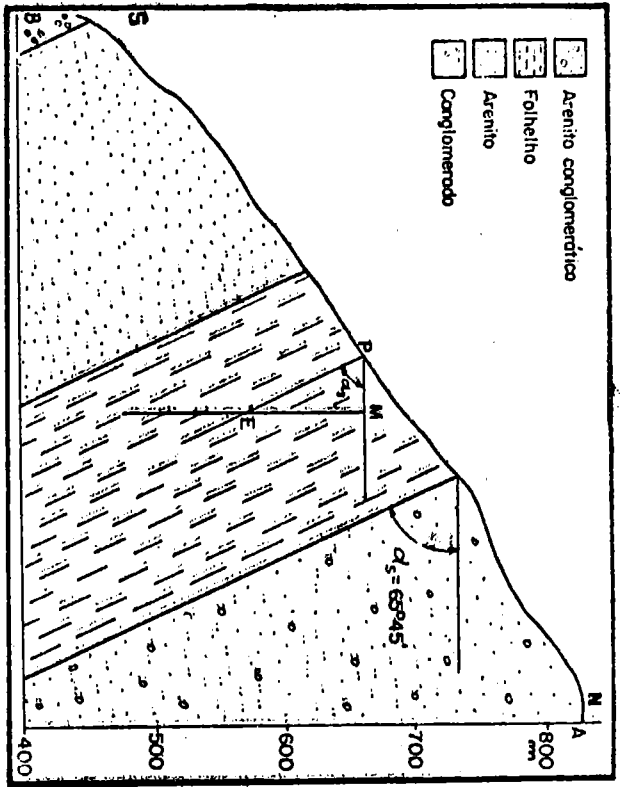


Fig. 21

O triângulo ABE é retângulo, logo:

$$\text{tg } \alpha = \frac{BE}{AB}, \text{ donde } BE = \text{tg } \alpha \cdot AB \quad (2)$$

O triângulo ABC também é retângulo, logo

$$\text{Cos } \gamma = \frac{AB}{AC} \quad \therefore AB = \text{Cos } \gamma \cdot AC \quad (3)$$

Substituindo-se (3) em (2), temos:

$$BE = \text{tg } \alpha \cdot \text{Cos } \gamma \cdot AC \quad (4)$$

Substituindo-se (4) em (1), temos:

$$\text{tg } \theta = \text{tg } \alpha \cdot \text{Cos } \gamma$$

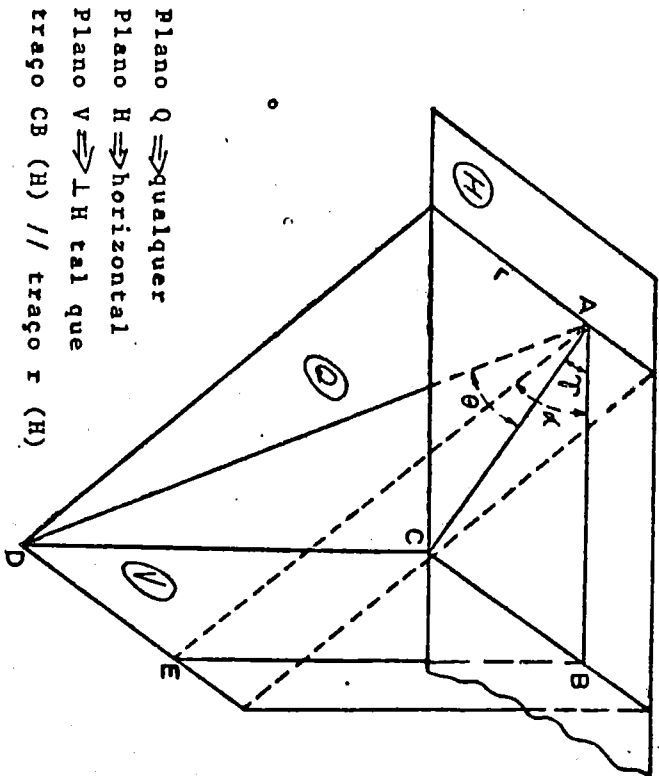


Figura 22

Plano Q \Rightarrow qualquer
 Plano H \Rightarrow horizontal
 Plano V \Rightarrow LH tal que
 traço CB (H) // traço r (H)

Para lançar o ângulo de mergulho aparente (θ) no perfil CD (Fig. 23), temos que considerar a sobrelevação (s) e assim, calcularmos θ_s , que será o ângulo de mergulho aparente sobrelevado num perfil qualquer CD. Assim,

$$\therefore \text{tg } \theta_s = s \cdot \text{tg } \alpha \cdot \text{Cos } \gamma$$

No exemplo, $s = 4$, $\text{tg } \alpha = 0,555$ e $\text{Cos } \gamma = 0,906$.

$$\text{tg } \theta_s = 4 \cdot 0,555 \cdot 0,906$$

$$\theta_s = 63^{\circ}25'$$

O mergulho aparente segundo o perfil CD pode ser obtido graficamente, como no caso descrito para AB. Consideremos o ponto R no perfil e passemos por ele uma reta horizontal; a partir de R marquemos a distância $d_1 = \overline{RS}$, medida no mapa sobre a reta CD entre as duas paralelas que passam pelos pontos de intersecção de duas curvas de nível sucessivas, cortadas por uma única linha de contato entre camadas.

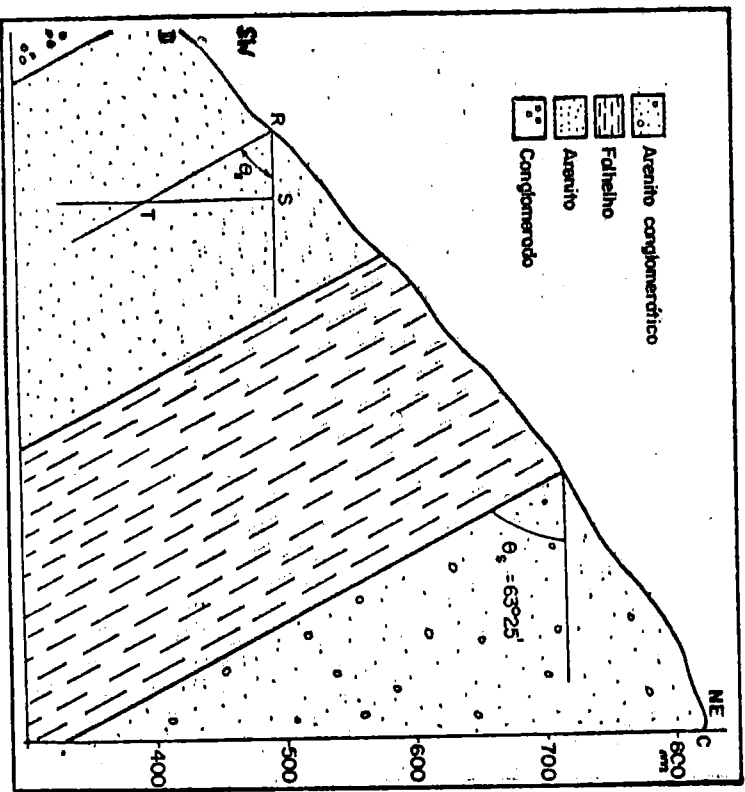


Fig. 23

Pelo ponto S, tracemos uma perpendicular a reta RS e marquemos o ponto T (\overline{ST} = distância entre duas curvas de nível já na escala vertical do perfil, no exemplo igual a 2,0 cm). Em seguida, tracemos a reta RT, prolongando-a até a base do perfil, sendo que o ângulo $\widehat{SRT} = \theta_s$, será o ângulo de mergulho aparente sobrelevado.

B. A partir de tres pontos da camada, em cotas diferentes

A direção e o mergulho de uma superfície de contato também podem ser determinada indiretamente, quando conhecemos a posição e as cotas de tres pontos distintos que não estejam dispostos em linha reta.

Para isso, vamos admitir que um contato de um arenito sobre um basalto aflore em tres pontos A, B e C e com cotas a, b e c, respectivamente. Suponhamos também que $a > b > c$. Na Fig. 24 os pontos A' e C' são as projeções dos pontos A e C no plano horizontal R que passa por B (cota b).

Direção

Ligando o ponto A com C, obtemos o segmento de reta \overline{AC} que fura o plano R no ponto B' (portanto com a mesma cota de B), originando o segmento $\overline{BB'}$ que pertence tanto ao plano ABC (plano de contato) como também ao plano horizontal R de cota (b). O ângulo ϕ que este seg-

onde $\overline{AA'} = (a - b)$, $\overline{AA''} = (a - c)$

então: $\overline{A'B'} = \overline{A'C'} = \frac{a - b}{a - c}$

OBSERVAÇÃO: Quando medimos distâncias entre pontos na superfície da Terra, elas são tomadas em relação a um plano horizontal de referência. Então, pontos situados em cotas diferentes terão as distâncias entre si medidas na horizontal. Portanto, o que medimos sobre o plano R \hat{e} $\overline{A'C'}$ e a distância vertical entre os planos Q e R \hat{e} $\overline{AA'}$.

Mergulho

Na Fig. 25, traçamos o segmento de reta \overline{CD} perpendicularmente a $\overline{BB'}$ (direção do plano). Ainda por C traçamos a reta $\overline{CC'}$ perpendicular ao plano R. O segmento $\overline{CC'}$ \hat{e} a diferença de nível entre os planos R e S, portanto $\overline{CC'} = (b - c)$. Chamando-se d o segmento $\overline{C'D}$ e α o ângulo formado por $\overline{C'D}$ e \overline{CD} , podemos obter a tangente do ângulo de mergulho (α), pela relação entre a diferença de nível e a distância horizontal $\overline{C'D}$.

$$\text{tg } \alpha = \frac{\overline{CC'}}{\overline{C'D}} = \frac{b - c}{d}$$

onde α = ângulo de mergulho do plano ABC (Fig. 25).

Exemplo:

Suponhamos que o contato já referido do arenito e o basalto aflore em tres pontos A, B e C de cotas 950, 920 e 890m respectivamente, como mostra a Fig. 26. A distância AC = 15,0km.

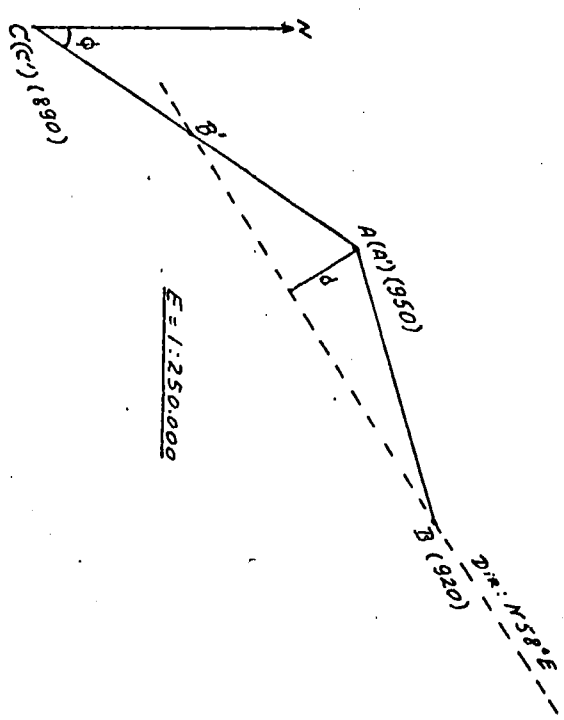


Fig. 26

Ligando o ponto de maior cota (A) com o de menor (C), teremos sobre a reta AC o ponto B' de cota intermediária. A posição de B' será determinada pela fórmula:

$$\overline{A'B'} = \overline{A'C'} \left(\frac{a - b}{a - c} \right)$$

Lembrando que as distâncias entre os pontos são tomadas na horizontal, temos que $\overline{ATC'}$ é a projeção \overline{AC} .

Então, substituindo-se os valores na fórmula temos:

$$\overline{AB'} = \overline{AC} \left(\frac{a - b}{a - c} \right)$$

$$\overline{AB'} = 15.000 \left(\frac{950 - 920}{950 - 890} \right)$$

$$\overline{AB'} = 15.000 \left(\frac{30}{60} \right)$$

$$\overline{AB'} = 7.500\text{m}$$

Marcamos, em escala, a posição de B' sobre a reta AC ($\overline{AB'} = 3\text{cm}$). Unimos B' com B e determinamos a direção da camada (ϕ), que é o ângulo formado pela reta $\overline{BB'}$ com o norte ($= N58^\circ E$).

O mergulho (α) é determinado usando-se a fórmula:

$$\text{tg } \alpha = \frac{b - c}{d}$$

$d = 1,2 \text{ cm}$ (medido no mapa), portanto
 $d = 3.000 \text{ m}$

$$\text{tg } \alpha = \frac{920 - 890}{3000} = \frac{30}{3000} = 0,01$$

$$\alpha = 35'SE$$

PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA APLICADA À GEOLOGIA

1. INTRODUÇÃO

A posição no espaço de planos ou de retas é perfeitamente definida através das medidas de direção e mergulho, as quais poderão ser projetadas segundo diversos processos. Em Geologia, o método usual é o da projeção estereográfica que representa uma projeção esférica num círculo máximo, utilizando-se apenas o hemisfério inferior (Fig. 27).

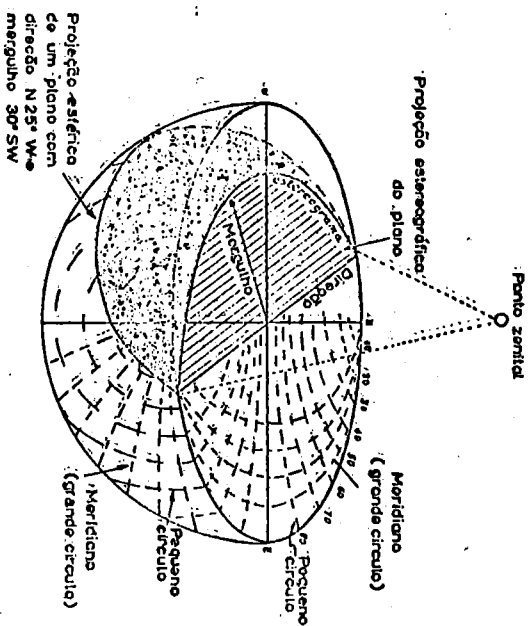


Figura 27

Dentre os diagramas estereográficos resultantes, o de Schmidt-Lambert (diagrama de Wulff) é o mais utilizado em Geologia.

Tal diagrama é utilizado no levantamento de um grande número de planos de descon-tinuidades geológicas (falhas, diaclases, xis-tosidades, superfícies de sedimentação, etc.), ou de retas, significando cristas de marcas on-duladas, orientação de seixos, de fósseis, etc. A finalidade da tomada de um grande número de medidas é a determinação estatística das orien-tações preferenciais seja, por exemplo, num ma-cio rochoso, ou num conjunto de seixos imbrí-caos.

Para utilizar o diagrama de Schmidt-Lambert, devemos preliminarmente proceder da seguinte forma:

- a. tomamos o diagrama (Fig. 28) e nele fixá-mos, pelo lado de trás e passando pelo centro, um eixo vertical pontegudo (ta-chinha, percevejo, alfinete, etc.), de tal forma que a ponta fique saliente;
- b. colocamos um papel vegetal sobre o dia-grama e nele traçamos o círculo máximo, marcando os pontos norte, sul, leste e oeste; dessa maneira, o papel poderá ser girado em torno do eixo vertical e esta-rá sempre orientado.

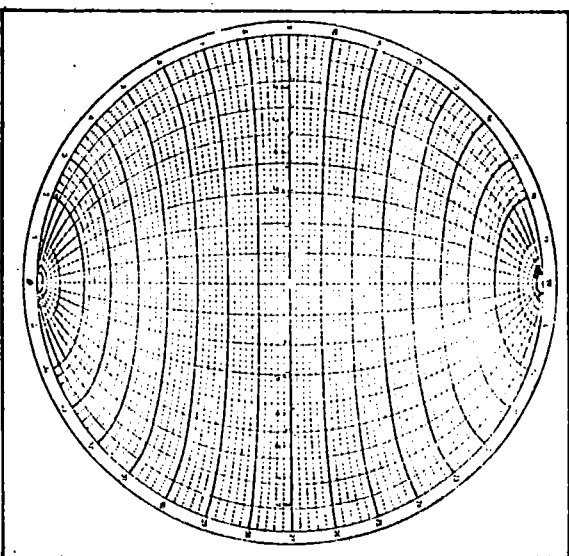


Figura 28

2. LOCAÇÃO DE PLANOS E RETAS

A. Planos

A fim de mostrar o procedimento de lo-cação de um plano, consideremos uma estratifi-cação com direção $N30^{\circ}W$ e mergulho de $55^{\circ}NE$.

- a. no papel transparente, preparado confor-me o descrito, assinalamos no círculo má-ximo o ponto correspondente à orientação dada, ou seja, $N30^{\circ}W$. (Fig. 29).
- b. em seguida, giramos o papel até que esta marca venha a coincidir com o diâmetro NS do diagrama, o qual será usado como

linha guia para que a direção do plano seja traçada. Como o sentido do mergulho é para NE, contamos 55° sobre o diâmetro EW, em direção ao centro a partir de E; em seguida, traçamos o meridiano correspondente. Normalmente, os diagramas de Schmidt-Lambert apresentam meridianos em intervalos de 2° ; valores intermediários, como no exemplo dado, devem ser interpolados.

c. além dessa representação, o plano pode também ser locado através de seu "pólo". No exemplo dado, o "pólo" (P) vai se situar ao longo do diâmetro EW e a uma distância correspondente a 90° , contados a partir da projeção do plano no diagrama. O plano e o seu pólo do exemplo dado, encontram-se na Fig. 29.

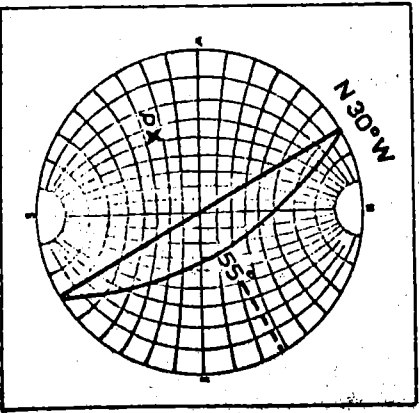


Fig. 29

d. repetimos a operação para todos os planos que desejamos locar, tomando o cuidado de fazer coincidir inicialmente o norte do papel com o do diagrama.

Quando são poucos os planos, eles podem ser assinalados como foi visto no item "b". Todavia, quando há muitos, para uma melhor clareza na representação, devemos utilizar os seus respectivos pólos. Obtemos, assim, o "diagrama de pólos", a partir do qual podemos traçar o "diagrama de contornos", onde as diversas faixas representam as mesmas percentagens de contração de pólos dentro de uma dada área unitária do estereograma, Fig. 30.

Um plano horizontal é sempre representado pelo círculo máximo e o seu pólo situa-se no centro do diagrama. Inversamente, um plano vertical é sempre representado por uma reta que passa pelo centro e o seu pólo situa-se no círculo máximo, de um lado ou outro da reta.

B. Linhas Retas

Para a determinação da projeção de uma reta com direção N40W que mergulha 30° SE, procedemos da seguinte maneira:

a. no papel transparente devidamente orientado, assinalamos, no círculo máximo, a orientação N40W traçamos um diâmetro

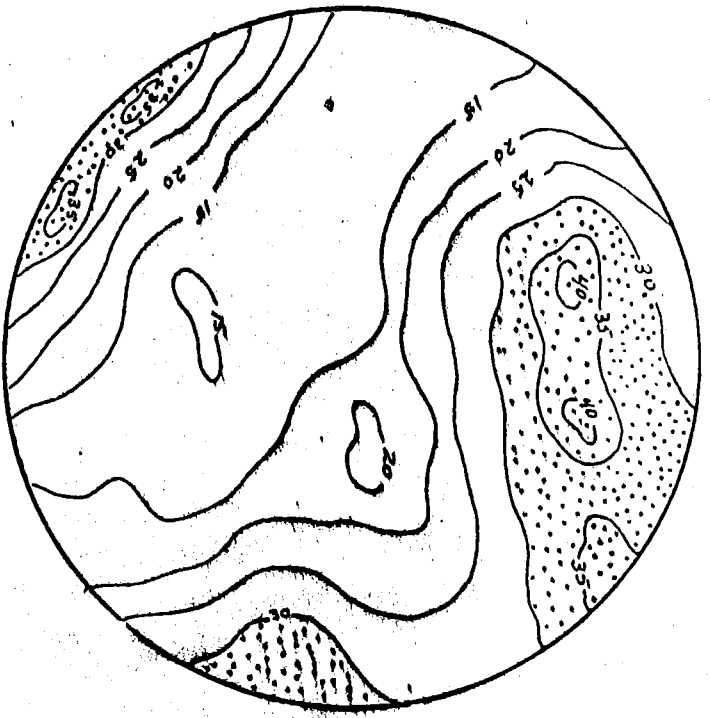


Figura 30

pontilhado (Fig. 31).

b. giramos o papel até que a reta coincida com uma das extremidades do diagrama (E, por exemplo) e contamos os 30° de mergulho da reta. O ponto assim determinado é unido ao centro do diagrama, obtendo-se o segmento representativo da reta dada. A

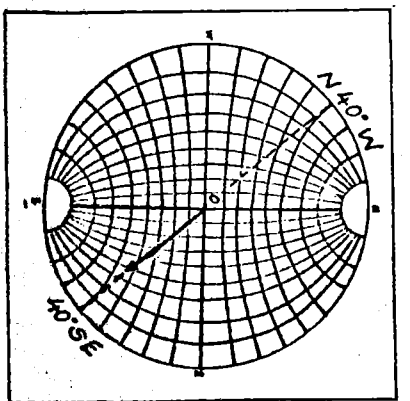


Fig. 31

maneira mais conveniente de representar a reta é através de um vetor.

A locação de uma reta vertical resume-se no ponto correspondente ao centro do diagrama, enquanto que no caso de uma horizontal é um diâmetro.

ANOTAÇÕES EM CADERNETA DE CAMPO

Uma caderneta de campo deve ser preparada para ser lida e compreendida por outro geólogo que não esteve no local da pesquisa. No campo anotamos as observações; as interpretações e as especulações, com base nas observações anotadas, são convenientemente efetuadas em uma etapa posterior. Anotações sistemáticas e legíveis devem ser uma norma constante; a riqueza de pormenores é função do tempo disponível.

As anotações não precisam ser essencialmente descritivas, mas o suficiente para traçar à mente os aspectos objetivos que seriam omitidos ao se redigir o relatório de pesquisa. Devem ser anotados primeiramente aspectos bem caracterizados e pertinentes às finalidades da pesquisa; em seguida, serão anotados outros aspectos que possam vir a ser utilizados.

Anotações feitas no campo podem, eventualmente, necessitar de complementação posterior. Para tal, devemos habilitar a deixar linhas ou folhas da caderneta em branco. Outra norma é escrever em linhas alternadas e reservar o verso das folhas para esquemas.

O sistema de anotações varia de indivíduo para indivíduo. Cada um desenvolve o seu

próprio, mas o critério geral deve ser semelhante.

Os dados que devem constar nas cadernetas são os seguintes:

1. Data
2. Título geral da excursão ou pesquisa
3. Estações (afloramentos) numeradas e perfeitamente localizadas em esquemas, mapas e fotografias, também numeradas
4. Amostras numeradas
5. Observações no afloramento (se houver)
 - a. nome do local do afloramento
 - b. litologia
 - c. situação estrutural (esquema no verso, se for o caso)
 - d. atitude das camadas (com o símbolo)
 - e. outras estruturas, como xistosidade, lineação, estruturas fluidais, etc. (com símbolos)
 - f. diaclases
 - g. outras observações (ação do intemperismo, estruturas sedimentares, etc.)
6. Ilustrações

Quando se executa pesquisas onde o volume de anotações é muito grande devemos elaborar índices separados para as amostras e fotografias o que pode ser feito nas páginas finais da caderneta de campo. Ex:

INDICES DA AMOSTRAS

Amostra	Data	Nome da rocha	pág. cadern.
---------	------	---------------	--------------

AA-3	25/6/72	Arenito Botucatu	4
AA-22	26/6/72	Basalto	6

Podemos colocar um pequeno quadrado antes do número das amostras que se prestam à confecção de lâminas petrográficas.

INDICE DA FOTOGRAFIAS

Número	Data	Assunto	pág. cadern.
--------	------	---------	--------------

12	25/6/72	descrição da foto	2
----	---------	-------------------	---

O índice deve ser atualizado, se possível, diariamente, o que facilitará muito na redação do relatório.

As anotações devem ser feitas à lápis e de preferência com grafite dura, a fim de que a escrita permaneça legível por longo tempo. eliminando-se assim os inconvenientes da escrita a tinta. É importante escrever de forma legível, razão pela qual muitos geólogos escrevem em letra de forma.

As estruturas geológicas podem ser ilustradas por meio de esquemas, o que facilitará muito não só as anotações como também a leitura

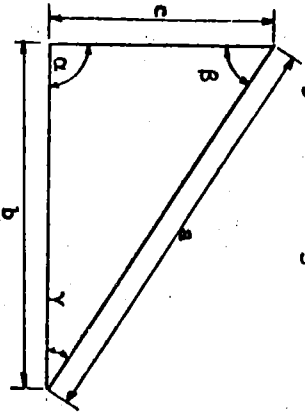
tura da própria caderneta. Um esquema poderá mostrar muito mais do que várias páginas de descrição. Para maiores detalhes, sugerimos consultar Lahee, 1952, cap. 19*.

Todas as amostras coletadas devem ser rotuladas, sendo conveniente o uso de fita adesiva e lápis colorido. Para o transporte das amostras utilizamos sacos plásticos ou de lona e jornais. Devemos tomar todas as precauções para com as anotações, pois de nada valem amostras sem indicação de procedência.

* Lahee, F.H., 1952, Field Geology: Editora McGraw-Hill, N.Y., 5.ª Ed.

RELAÇÕES TRIGONOMETRICAS

Triângulo Retângulo



ângulos: α, β e γ

lados : a, b e c

Relações:

$$\text{sen}\beta = \frac{b}{a} \dots b = a \cdot \text{sen}\beta$$

$$\text{sen}\gamma = \frac{c}{a} \dots c = a \cdot \text{sen}\gamma$$

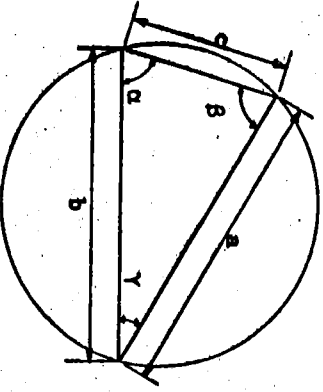
$$\text{tg}\beta = \frac{b}{c} \dots b = c \cdot \text{tg}\beta$$

$$\text{cos}\beta = \frac{c}{a} \dots c = a \cdot \text{cos}\beta$$

$$\text{cos}\gamma = \frac{b}{a} \dots b = a \cdot \text{cos}\gamma$$

$$\text{tg}\gamma = \frac{c}{b} \dots c = b \cdot \text{tg}\gamma$$

Triângulo Qualquer



ângulos: α, β e γ

lados : a, b e c

R: raio da circunferência circunscrita

Lei dos Senos:

$$a = 2R \text{sen}\alpha \dots \frac{a}{\text{sen}\alpha} = 2R$$

$$b = 2R \text{sen}\beta \dots \frac{b}{\text{sen}\beta} = 2R$$

$$c = 2R \text{sen}\gamma \dots \frac{c}{\text{sen}\gamma} = 2R$$

$$\dots \frac{a}{\text{sen}\alpha} = \frac{b}{\text{sen}\beta} = \frac{c}{\text{sen}\gamma} = 2R \text{ (constante)}$$

Lei dos Cossenos

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \text{cos}\alpha$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \text{cos}\beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \text{cos}\gamma$$

Relações Fundamentais

$\text{sen}^2 x + \text{cos}^2 x = 1$ qualquer valor de x em graus

$$\text{tg}x = \frac{\text{sen}x}{\text{cos}x} \text{ para } x \neq \text{de } 90^\circ \text{ e } 270^\circ$$

$$\text{cotg}x = \frac{\text{cos}x}{\text{sen}x} \text{ para } x \neq \text{de } 0^\circ \text{ e } 180^\circ$$

$$\text{sec}x = \frac{1}{\text{cos}x} \text{ para } x \neq \text{de } 90^\circ \text{ e } 270^\circ$$

$$\text{cosec}x = \frac{1}{\text{sen}x} \text{ para } x \neq \text{de } 0^\circ \text{ e } 180^\circ$$

FUNÇÕES TRIGONOMETRICAS NATURAIS

Ângulo	Senos	Cossenos	Tangente	Ângulo	Senos	Cossenos	Tangente
0°	0,000	1,000	0,000	40°	0,719	0,693	1,036
1°	0,018	0,999	0,018	41°	0,781	0,682	1,072
2°	0,035	0,999	0,035	42°	0,743	0,668	1,111
3°	0,052	0,998	0,052	43°	0,765	0,656	1,150
4°	0,070	0,998	0,070	44°	0,788	0,644	1,192
5°	0,087	0,996	0,088	45°	0,777	0,632	1,236
6°	0,105	0,985	0,105	46°	0,788	0,616	1,280
7°	0,122	0,993	0,123	47°	0,799	0,602	1,327
8°	0,138	0,990	0,141	48°	0,809	0,589	1,376
9°	0,156	0,988	0,158	49°	0,819	0,574	1,428
10°	0,174	0,983	0,176	50°	0,829	0,559	1,483
11°	0,191	0,982	0,184	51°	0,838	0,548	1,540
12°	0,208	0,978	0,213	52°	0,848	0,540	1,600
13°	0,225	0,974	0,231	53°	0,858	0,530	1,664
14°	0,242	0,970	0,240	54°	0,867	0,518	1,733
15°	0,259	0,966	0,248	55°	0,876	0,506	1,804
16°	0,276	0,961	0,257	56°	0,883	0,494	1,881
17°	0,292	0,956	0,306	57°	0,891	0,482	1,963
18°	0,308	0,951	0,325	58°	0,899	0,470	2,050
19°	0,325	0,946	0,344	59°	0,906	0,458	2,145
20°	0,342	0,940	0,364	60°	0,914	0,443	2,246
21°	0,359	0,934	0,384	61°	0,921	0,427	2,356
22°	0,375	0,927	0,404	62°	0,927	0,415	2,475
23°	0,391	0,921	0,425	63°	0,932	0,403	2,605
24°	0,407	0,914	0,445	64°	0,936	0,392	2,747
25°	0,423	0,908	0,466	65°	0,940	0,382	2,904
26°	0,438	0,900	0,488	66°	0,944	0,372	3,078
27°	0,454	0,891	0,510	67°	0,948	0,362	3,271
28°	0,470	0,883	0,532	68°	0,951	0,352	3,487
29°	0,485	0,875	0,554	69°	0,954	0,342	3,722
30°	0,500	0,866	0,577	70°	0,956	0,332	3,984
31°	0,515	0,857	0,601	71°	0,959	0,322	4,271
32°	0,530	0,848	0,625	72°	0,970	0,312	4,581
33°	0,545	0,839	0,649	73°	0,974	0,302	4,915
34°	0,559	0,829	0,675	74°	0,978	0,292	5,275
35°	0,574	0,819	0,700	75°	0,982	0,282	5,671
36°	0,588	0,809	0,727	76°	0,985	0,272	6,104
37°	0,602	0,799	0,754	77°	0,988	0,262	6,575
38°	0,616	0,788	0,781	78°	0,990	0,252	7,084
39°	0,629	0,777	0,810	79°	0,993	0,242	7,631
40°	0,643	0,766	0,839	80°	0,995	0,232	8,215
41°	0,658	0,755	0,869	81°	0,998	0,222	8,836
42°	0,668	0,743	0,900	82°	0,999	0,212	9,495
43°	0,682	0,731	0,932	83°	1,000	0,202	10,294
44°	0,695	0,719	0,966	84°	1,000	0,192	11,135
45°	0,707	0,707	1,000	85°	1,000	0,182	12,018