

# Sistemas cristalinos: nomenclatura e convenções

## CRYSTAL SYSTEMS: NOMENCLATURE AND CONVENTIONS

DANIEL ATENCIO<sup>1,2</sup> E ANDREZZA DE ALMEIDA AZZI<sup>1,3</sup>

1- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, RUA DO LAGO, 562 - 05508-080 - SÃO PAULO - SP - BRASIL.

2- [datencio@usp.br](mailto:datencio@usp.br)

3- [andrezzazzi@gmail.com](mailto:andrezzazzi@gmail.com)

**ABSTRACT:** Crystal systems are presented in crystallography introductory books according to the set of symmetry elements and with respect to the axial orientation. However, what is fundamental for the crystal system definition is only the symmetry elements set and not the axial orientation. Some of the names applied to crystal systems are actually connected to the symmetry elements: trigonal, tetragonal, and hexagonal. The other systems have names related to the axial orientation: cubic, orthorhombic, monoclinic, and triclinic. It seems logical to think that the triclinic crystals are those that have all angles different from 90° and that the monoclinic crystals are those that present only one angle different from 90°, which is not always the case. “Diclinic” crystals, with one angle equal to 90° and two different, also exist, and are grouped with the triclinic ones, because they present the same crystal classes. The conventions for nomenclature of crystal systems could be more logical. One option would be to use names for all systems, which relate to the symmetry elements. The cubic system would be called tetra-trigonal system, the orthorhombic system would be called tri-digonal system, the monoclinic system would be called digonal system and the triclinic system could be renamed monogonal system. These four names are logical and technically correct, unlike those that are officially used.

### Manuscrito:

Recebido: 23/10/2017

Corrigido: 13/11/2017

Aceito: 14/11/2017

**Citation:** Atencio D., Azzi A.A. 2017. Sistemas cristalinos: nomenclatura e convenções. *Terræ Didática*, **13**(3):279-285. <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>.

**Keywords:** crystal systems, axial orientation, diclinic system, crystallographic nomenclature, symmetry elements.

## Introdução

A Cristalografia é uma ciência cheia de regras (convenções internacionais) que foram feitas para que pessoas do mundo todo usem as mesmas orientações cristalográficas e nomenclaturas, de modo a que possam se entender. Se cada um usasse regras diferentes para orientar os cristais e classificá-los, por exemplo, quanto ao grupo pontual, classe cristalina e sistema cristalino, a Cristalografia iria se tornar muito complexa. Estas questões não são, em geral, muito claras nos livros introdutórios de Cristalografia, como naqueles voltados para sua aplicação na Mineralogia, como Bloss (1971), Chvátal (2007) e Klein & Dutrow (2012). Por outro lado, as convenções atuais, padronizadas pela IUCr (*International Union of Crystallography*), são algumas vezes impróprias. Por exemplo, ao denominarem triclinico um sistema no qual não obrigatoriamente todos os ângulos da cela unitária são diferentes de 90°, ou ao denominarem monoclinicos cristais que podem ter ângulos todos iguais a 90°.

## Fundamentação

Algo que atrai muito a atenção nos cristais é a presença de faces planas. Estas faces podem se repetir algumas vezes, apresentando-se rotacionadas em relação umas as outras (são faces idênticas e podem ser vistas após uma rotação do cristal), ou podem estar refletidas (uma é a imagem espelhada da outra), ou invertidas (uma é o inverso da outra). Esta repetição é conhecida como **simetria**. Para descrever a simetria, podem ser utilizados alguns elementos fictícios, chamados de **elementos de simetria**, que nos permitem imaginar como as faces dos cristais se “reproduzem”. Um deles é o **eixo de simetria próprio**, uma linha imaginária, ao redor da qual aparecem faces repetidas 2, 3, 4 ou 6 vezes. Outro elemento de simetria é o **plano de simetria**, que funciona como um espelho e faz com que as faces apareçam aos pares, sendo uma a imagem especular da outra. Um terceiro elemento é o **centro de simetria**, que, quando existente, fica no centro geométrico do cristal e faz com que para todas as faces apareça o seu

inverso do outro lado do cristal. O último elemento de simetria é o **eixo de simetria impróprio**, que a cada operação de rotação, inverte a face do cristal. Estes elementos estão representados na Figura 1.

Cada cristal apresenta uma associação de elementos de simetria. Por exemplo, imaginemos um cristal com a forma de um cubo perfeito. Nele vamos encontrar 3 eixos de simetria próprios de ordem 4, 4 eixos de simetria impróprios de ordem 3, 6 eixos de

simetria próprios de ordem 2, e 9 planos de simetria. Verificamos também que este cristal apresenta centro de simetria. Esta, então, é a associação de elementos de simetria (= **grau de simetria**) do cristal cuja forma é denominada de cubo (Fig. 2).

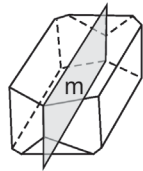
Existem apenas 32 possibilidades de associações de elementos de simetria, também chamadas de **grupos pontuais** (grupo de elementos de simetria ao redor de um ponto, localizado no centro geométrico do cristal). Diz-se que todos os cristais que apresentam um mesmo grupo pontual pertencem a uma mesma **classe cristalina** e as classes cristalinas são agrupadas em **sistemas cristalinos**. Por exemplo, as classes cristalinas que apresentam um eixo de simetria de ordem 6 (próprio ou impróprio) pertencem ao sistema cristalino hexagonal. Todas estas informações estão resumidas na Tabela 1.

Na Tabela 1, podemos notar algo que parece estranho: há um sistema monoclínico e um triclinico, mas não há um **diclínico**... Vamos conversar sobre isso daqui a pouco.

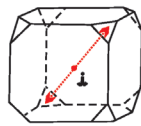
Com a finalidade de dar “nomes” às faces e direções dos cristais, eles são espacialmente orientados. Para tanto, utiliza-se outro conjunto de eixos imaginários, os **eixos cristalográficos**. Estes eixos são em número de 3 ou 4, dependendo do sistema cristalino. Eles se cruzam formando então determinados **ângulos interaxiais**. O conjunto entre eixos cristalográficos e seus respectivos ângulos interaxiais é chamado de **cruz axial** (Fig. 3).

Mas por que os cristais apresentam essa **simetria externa**? Por

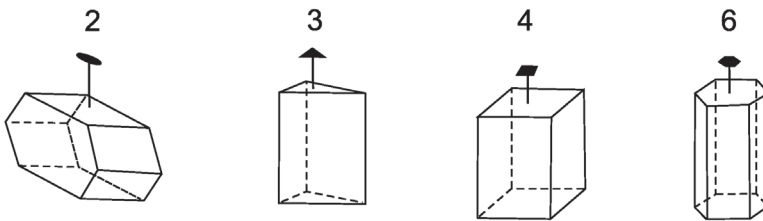
### Plano de simetria (m)



### Centro de simetria (i)

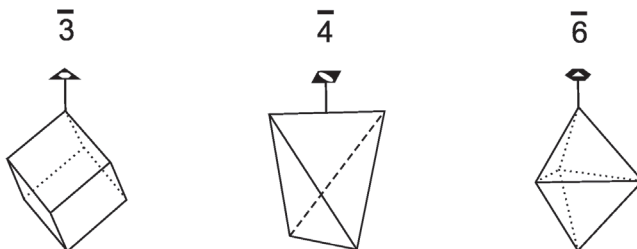


### Eixos de simetria próprios



Denominação do Eixo	Frequência, n	Ângulo de rotação $\alpha$ , rad.	Índice	Marca gráfica	Número máximo no cristal
Unitário	1	360	1		6
Binário	2	180	2	—	4
Ternário	3	120	3	▲	3
Quaternário	4	90	4	■	3
Senário	6	60	6	●	1

### Eixos de simetria impróprios



Denominação do Eixo	Frequência, n	Ângulo de rotação $\alpha$ , rad.	Índice	Marca gráfica	Número máximo no cristal
Unitário Inverso	1	360	$\bar{1}$		
Binário Inverso	2	180	$\bar{2}$		
Ternário Inverso	3	120	$\bar{3}$	△	4
Quaternário Inverso	4	90	$\bar{4}$	◻	3
Senário Inverso	6	60	$\bar{6}$	◉	1

Figura 1. Elementos de simetria

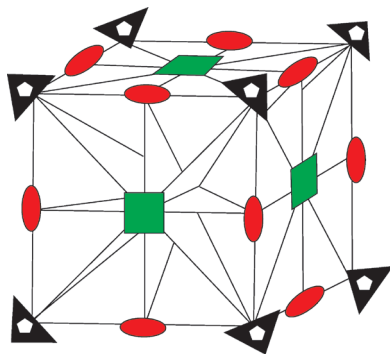


Figura 2. Elementos de simetria de um cubo

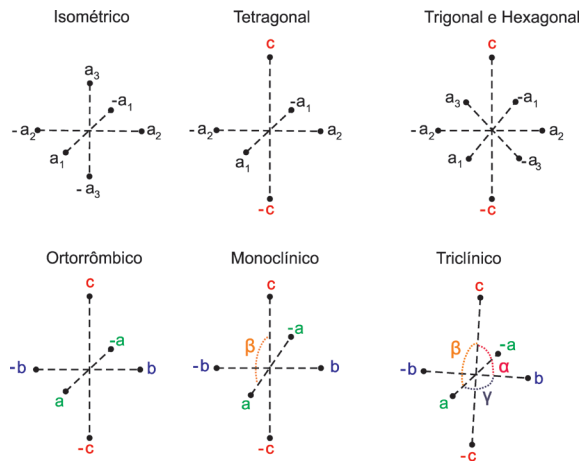


Figura 3. Cruzes axiais

Tabela 1. Os sistemas cristalinos e suas classes

Sistema Cristalino	Classe Cristalina	Grau de Simetria	Nome da Classe
Triclínico	1	Sem simetria	Pedial
	$\bar{1}$	i	Pinacoidal
Monoclínico	2	1E2	Esfenoédrica
	m	1m	Domática
	2/m	1E2, 1m, i	Prismática
Ortorrômbico	222	3E2	Biesfenoédrica rômica
	mm2	1E2, 2m	Piramidal rômica
	2/m 2/m 2/m	3E2, 3m, i	Bipiramidal rômica
Tetragonal	4	1E4	Piramidal tetragonal
	$\bar{4}$	1E $\bar{4}$	Biesfenoédrica tetragonal
	4/m	1E4, 1m, i	Bipiramidal tetragonal
	$\bar{4}2m$	1E $\bar{4}$ , 2E2, 2m	Escalenoédrica tetragonal
	422	1E4, 4E2	Trapezoédrica tetragonal
	4mm	1E4, 4m	Piramidal ditetragonal
	4/m 2/m 2/m	1E4, 4E2, 5m, i	Bipiramidal ditetragonal
Trigonal	3	1E3	Piramidal trigonal
	$\bar{3}$	1E $\bar{3}$	Romboédrica
	$\bar{3}2/m$	1E $\bar{3}$ , 3E2, 3m, i	Escalenoédrica hexagonal
	32	1E3, 3E2	Trapezoédrica trigonal
	3m	1E3, 3m	Piramidal ditrigonal
Hexagonal	6	1E6	Piramidal hexagonal
	$\bar{6}$	1E $\bar{6}$	Bipiramidal trigonal
	6/m	1E6, 1m, i	Bipiramidal hexagonal
	$\bar{6}m2$	1E $\bar{6}$ , 3E2, 3m	Bipiramidal ditrigonal
	622	1E6, 6E2	Trapezoédrica hexagonal
	6mm	1E6, 6m	Piramidal dihexagonal
	6/m 2/m 2/m	1E6, 6E2, 7m, i	Bipiramidal dihexagonal
Isométrico (Cúbico)	23	4E3, 3E2	Tetartoédrica
	2/m $\bar{3}$	4E $\bar{3}$ , 3E2, 3m, i	Diploédrica
	$\bar{4}3m$	4E3, 3E $\bar{4}$ , 6m	Hexatetraédrica
	432	4E3, 3E4, 6E2	Giroédrica
	4/m $\bar{3}2/m$	4E $\bar{3}$ , 3E4, 6E2, 9m, i	Hexaoctaédrica

causa de uma **simetria interna!** Os átomos acham-se arranjados dentro de um cristal e se observarmos sua distribuição no mesmo, veremos que eles estão ordenadamente distribuídos, formando como que “tijolos” que constroem uma parede. Os tijolos, que repetidos formam toda uma **estrutura cristalina**, são chamados de **cela unitária**. As dimensões da cela unitária (ou seja, as arestas do tijolo) são chamadas de **parâmetros da cela unitária**. Como as arestas da cela coincidem com os eixos cristalográficos, as letras utilizadas para definir os eixos cristalográficos, que são adimensionais, são as mesmas aplicadas para as dimensões da cela unitária. Isto pode, eventualmente, causar alguma confusão.

Os sistemas cristalinos são apresentados sob dois aspectos nos livros introdutórios de cristalografia: (a) com relação ao conjunto de elementos de simetria, e (b) com relação à cruz axial.

### Elementos de simetria

Quanto ao primeiro aspecto, os elementos de simetria, têm-se as informações da Tabela 2.

### Cruz axial

Quanto ao segundo aspecto, a cruz axial, as informações são normalmente apresentadas como na Tabela 3:

Tabela 2: Agrupamento de classes cristalinas nos diferentes sistemas cristalinos.

SISTEMA CRISTALINO	CONDIÇÕES	Nº CLASSES
TRICLÍNICO	Nenhum elemento de simetria presente ou apenas um centro de simetria	2
MONOCLÍNICO	Apenas 1 eixo de ordem 2 e/ou um plano de simetria. Como um plano de simetria equivale a um eixo impróprio de ordem 2, pode-se também dizer que os cristais do sistema monoclinico apresentam apenas um eixo 2 ou $\bar{2}$ .	3
ORTORRÔMBICO	Três eixos 2, ou três eixos 2 com planos de simetria perpendiculares, ou 2 planos de simetria e um eixo 2	3
TRIGONAL	Apenas 1 eixo de ordem 3 ou $\bar{3}$ acompanhado ou não por eixos de ordem 2 e planos de simetria	5
HEXAGONAL	Apenas 1 eixo 6 ou $\bar{6}$ acompanhado ou não por eixos 2 e planos de simetria	7
TETRAGONAL	Apenas 1 eixo 4 ou $\bar{4}$ acompanhado ou não por eixos de ordem 2 e planos de simetria	7
ISOMÉTRICO	4 eixos de ordem 3 ou $\bar{3}$ , acompanhados por 3 eixos de ordem 2, 4 ou $\bar{4}$ , com ou sem outros eixos de ordem 2 e planos de simetria	5

Tabela 3: Os sistemas cristalinos e as características das cruzes axiais

SISTEMAS	CONSTANTES LINEARES	CONSTANTES ANGULARES
TRICLÍNICO	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
MONOCLÍNICO	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \neq 120^\circ$
ORTORRÔMBICO	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
TRIGONAL	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \neq 120^\circ$
HEXAGONAL	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \neq 120^\circ$
TETRAGONAL	$a = b \neq c$ $a_1 = a_2 \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
ISOMÉTRICO (CÚBICO)	$a = b = c$ $a_1 = a_2 = a_3$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

## Aplicação

Vamos então tentar aplicar o conteúdo das tabelas 1, 2 e 3 para alguns exemplos de minerais cujas informações a respeito de parâmetros de cela unitária e classe cristalina estão apresentadas a seguir nas tabelas 4, 5 e 6. Excluiremos da discussão os compostos cristalinos dos sistemas trigonal e hexagonal para dar enfoque aos sistemas cristalinos “mal padronizados”.

Os minerais da Tabela 4 apresentam os parâmetros de cela unitária  $a$ ,  $b$  e  $c$  diferentes entre si, dois ângulos diferentes de  $90^\circ$  e um igual a  $90^\circ$ . Pertenceriam, de acordo com sua cruz axial, ao sistema diclínico, nome que não está nas tabelas anteriores, mas que já foi utilizado na literatura cristalográfica (ver discussão em Roger, 1938, e Pertlik, 2006). No sistema monoclínico, só um dos ângulos é diferente de  $90^\circ$  e no triclínico, os três ângulos são diferentes

de  $90^\circ$ . Quando dois ângulos são diferentes de  $90^\circ$ , o sistema deveria ser diclínico, mas estes minerais se enquadram formalmente no sistema triclínico, pois todos pertencem às classes 1 e  $\bar{1}$ . O que define o sistema são as classes cristalinas e não a cruz axial.

Os minerais da Tabela 5 apresentam os parâmetros de cela unitária  $a$ ,  $b$  e  $c$  diferentes entre si, dois ângulos iguais a  $90^\circ$  e um diferente de  $90^\circ$ . No sistema monoclínico, só um dos ângulos é diferente de  $90^\circ$  e no triclínico, os três ângulos são diferentes de  $90^\circ$ . Pertenceriam, de acordo com sua cruz axial, ao sistema monoclínico, mas se enquadram formalmente no sistema triclínico, pois todos pertencem às classes 1 e  $\bar{1}$ .

Os minerais da Tabela 6 apresentam os parâmetros de cela unitária  $a$ ,  $b$  e  $c$  diferentes entre si e os três ângulos iguais a  $90^\circ$ . No sistema ortorrômico todos os ângulos são iguais a  $90^\circ$  e, no sistema

Tabela 4. Parâmetros de cela unitária e classe cristalina de alguns minerais triclínicos pseudo-diclínicos.

mineral	$a$ (Å)	$b$ (Å)	$c$ (Å)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$\gamma$ (°)	classe
calcioaravaipaíta	7,72	7,51	12,2	98,86	96,91	90	$\bar{1}$
carlhintzeíta	9,485	6,983	9,305	91,14	104,85	90	1 ou $\bar{1}$
cilindrita	11,733	5,790	5,810	90	92,38	93,87	1
	11,709	3,670	6,320	90	92,58	90,85	
clairita	9,36	9,15	52,61	88,15	90	118,36	1 ou $\bar{1}$
cookeíta-1a	5,14	8,90	14,15	90,5	96,2	90	$\bar{1}$
götzenita	9,667	5,731	7,334	90	101,05	101,31	$\bar{1}$
innelita	14,76	7,14	5,38	90	95	99	1
lengenbachita	36,892	5,842	5,847	90	92	91,01	1 ou $\bar{1}$
lomonosovita	5,49	7,11	14,5	101	96	90	$\bar{1}$
mcnearita	13,5	14,1	6,95	90	92	119	1 ou $\bar{1}$
metavanuralita	10,46	8,44	10,43	75,88	102,83	90	1 ou $\bar{1}$
minnesotaíta	5,623	9,419	9,624	85,21	95,64	90	$\bar{1}$
tantita	3,8	3,78	35,74	90,91	90,19	90	1 ou $\bar{1}$

Tabela 5. Parâmetros de cela unitária e classe cristalina de alguns minerais triclínicos pseudo-monoclínicos.

mineral	$a$ (Å)	$b$ (Å)	$c$ (Å)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$\gamma$ (°)	classe
astrofilita	11,76	5,36	21,08	90	94	90	$\bar{1}$
baileycloro	5,346	9,257	14,40	90	97,12	90	1 ou $\bar{1}$
foshagita	10,32	7,36	14,07	90	106,4	90	$\bar{1}$
franckeíta	46,9	5,82	17,3	90	94,66	90	1 ou $\bar{1}$
glagolevita	5,358	9,281	14,574	90	97,08	90	1
lengenbachita	36,892	3,895	6,378	90	90	91,01	1 ou $\bar{1}$
pennantita	5,45	9,50	14,40	90	97,3	90	1 ou $\bar{1}$
tochilinita	5,37	15,65	10,72	90	95	90	1

monoclínico só um dos ângulos é diferente de 90°. Pertenceriam, de acordo com sua cruz axial, ao sistema ortorrômbico, mas se enquadram formalmente no sistema monoclínico, pois todos pertencem às classes 2, *m* e 2/*m*.

É preciso então fazer uma série de generalizações. Para as “constantes lineares”, se *a* (*a*<sub>1</sub>, *a*<sub>2</sub>, *a*<sub>3</sub>), *b* e *c* forem tratados como eixos cristalográficos: estará correto dizer que o sinal de igual significa “simetricamente equivalente” e o sinal de diferente significa “simetricamente não-equivalente”. Se as mesmas constantes forem pensadas como dimensões da cela unitária: o significado do sinal de igual estará correto e o de diferente deverá significar “geralmente diferente”, pois os valores podem ser iguais, apenas por coincidência. Para as constantes angulares, nos dois casos o significado do sinal de igual estará correto e o de diferente deverá significar “geralmente diferente”.

1 – SISTEMA TRICLÍNICO: *a*, *b* e *c* são não equivalentes entre si. Normalmente, os ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma \neq 90^\circ$ , mas poderão ser iguais a 90°, por coincidência. Vemos então que o termo triclínico deixará de fazer sentido! As dimensões dos parâmetros da cela unitária *a*, *b* e *c* serão normalmente diferentes entre si, mas também podem ocorrer coincidências. Caso um dos ângulos seja igual a 90° e as dimensões *a*, *b* e *c* sejam diferentes, ou tenham alguma equivalência por coincidência, o cristal será **pseudo-diclínico\*** (Tabela 4). Caso dois dos ângulos sejam iguais a 90° e as dimensões *a*, *b* e *c* sejam diferentes, ou tenham alguma equivalência por coincidência, o cristal será **pseudo-monoclínico\*** (Tabela 5). Se  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$  e as dimensões *a*, *b* e *c* forem diferentes, o cristal será **pseudo-ortorrômbico**. Se  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$  e duas dimensões forem iguais, o cristal será **pseudo-tetragonal**. E num caso em que  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$  e as dimensões de *a*, *b* e *c* forem iguais, o cristal será **pseudo-cúbico**. Na prática, o termo “pseudo” não

é usado apenas quando os ângulos são exatamente 90°, mas também quando são muito próximos a 90°.

\*Nota-se que nos casos de cristais pseudo-diclínico e pseudo-monoclínico é o ângulo que necessariamente precisa cumprir as exigências especificadas, podendo os parâmetros ser diferentes ou não (apenas por coincidência). Apesar de nenhum exemplo mineralógico até o momento apresentar essas coincidências quanto à equivalência entre os parâmetros, nada impede que ela possa ocorrer.

2 – SISTEMA MONOCLÍNICO: *a*, *b* e *c* são não equivalentes entre si. Os ângulos  $\alpha = \gamma = 90^\circ$ .  $\beta \neq 90^\circ$ , mas poderá ser igual, por coincidência. As dimensões dos parâmetros da cela unitária *a*, *b* e *c* serão normalmente diferentes entre si, mas também podem ocorrer coincidências. Caso  $\beta = 90^\circ$  e as dimensões *a*, *b* e *c* sejam diferentes, o cristal será **pseudo-ortorrômbico** (Tabela 6). Se, além de  $\beta = 90^\circ$ , duas dimensões da cela forem iguais, o cristal será **pseudo-tetragonal**. E num hipotético caso em que  $\beta = 90^\circ$  e as dimensões de *a*, *b* e *c* forem iguais, o cristal será **pseudo-cúbico**.

3 – SISTEMA ORTORRÔMBICO: a cruz axial é formada por 3 eixos não-equivalentes, *a*, *b* e *c*. Os ângulos  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , obrigatoriamente. *a*, *b* e *c*, sendo não-equivalentes, normalmente exibirão dimensões diferentes. Entretanto, por coincidência, duas dimensões poderão ser iguais, levando a cristais **pseudo-tetragonais**. Se as três dimensões, por coincidência, forem iguais, os cristais serão **pseudo-cúbicos**.

4 – SISTEMA TETRAGONAL: *a* e *b* são equivalentes entre si e *c* é diferente ( $a_1 = a_2 \neq c$ ) e os ângulos  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , obrigatoriamente. Conseqüentemente, as dimensões de *a* e *b* (os parâmetros da cela unitária) serão obrigatoriamente iguais. *c* normalmente terá dimensão diferente, mas poderá, por coincidência, ser de mesma dimensão que *a* e *b*, apesar

Tabela 6. Parâmetros de cela unitária e classe cristalina de alguns minerais monoclínicos pseudo-ortorrômbicos.

mineral	<i>a</i> (Å)	<i>b</i> (Å)	<i>c</i> (Å)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$\gamma$ (°)	classe
andorita IV	13,04	17,07	10,18	90	90	90	2
berilonita	8,178	7,818	14,114	90	90	90	2/ <i>m</i>
bijvoetita-(Y)	21,234	12,958	44,911	90	90	90	2
cymrita	5,32	36,6	7,66	90	90	90	2
esperita	17,628	8,27	30,52	90	90	90	2/ <i>m</i>
ferrierita-Na	18,886	14,182	7,470	90	90	90	2/ <i>m</i>
gladiusita	16,950	11,650	6,2660	90	90	90	2/ <i>m</i>
gudmundita	10,00	5,95	6,73	90	90	90	2/ <i>m</i>
langita	7,118	6,031	11,209	90	90	90	<i>m</i>
liveingita	7,94	70,84	8,33	90	90	90	2
nontronita	5,23	9,11	15,5	90	90	90	2/ <i>m</i>
pearceíta- <i>M2a2b2c</i>	26,036	15,0319	24,042	90	90	90	2/ <i>m</i>
sarcopsídio	10,437	4,768	6,026	90	90	90	2/ <i>m</i>
sartorita	19,62	7,89	4,19	90	90	90	2/ <i>m</i>
trimerita	8,09	7,61	14,06	90	90	90	2/ <i>m</i>

de não-equivalente (não coincidir com os mesmos elementos de simetria que  $a$  e  $b$ ). Se a dimensão de  $c$  for igual (ou aproximadamente igual) à de  $a$  e  $b$ , o cristal será **pseudo-cúbico**.

5 - SISTEMA CÚBICO: os eixos cristalográficos  $a$ ,  $b$  e  $c$  são obrigatoriamente equivalentes entre si quanto aos elementos de simetria que coincidem com eles, os parâmetros da cela unitária são iguais ( $a_1 = a_2 = a_3$ ) e os ângulos  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , também (obrigatoriamente).

Assim sendo, o que é fundamental para a definição do sistema cristalino é o conjunto de elementos de simetria presentes e não os parâmetros da cela unitária ou a relação angular. Estas são então algumas das convenções inadequadas. Parece lógico pensar que os cristais triclinicos são aqueles que têm todos os ângulos diferentes de  $90^\circ$ . E que os cristais monoclinicos são aqueles que apresentam apenas um ângulo diferente de  $90^\circ$ . Por esse mesmo princípio deveria existir o sistema “diclinico”, não? ou seja, um sistema formado por cristais com dois ângulos iguais a  $90^\circ$  e um diferente! No entanto, os cristais diclinicos se encontram agrupados no sistema triclinico, e a explicação é muito simples: os cristais “diclinicos” apresentam as mesmas classes cristalinas que os cristais triclinicos. Logo, não há sentido em criar um sistema diclinico, mas também não há sentido em utilizar tal nomenclatura confusa.

As convenções para nomenclatura de sistemas cristalinos poderiam ser então diferentes, ou seja, mais lógicas. Os nomes dos sistemas **tetragonal** (que têm um eixo 4 ou  $\bar{4}$ ), **trigonal** (que têm um eixo 3 ou  $\bar{3}$ ) e **hexagonal** (que têm um eixo 6 ou  $\bar{6}$ ) parecem não ter problemas, pois seu nome é ligado diretamente aos elementos de simetria que

os caracterizam. Os demais nomes (cúbico, ortorrômbico, monoclinico e triclinico) são ligados às celas unitárias. Uma opção seria utilizar para estes sistemas os nomes sugeridos por Peacock (1950), que se relacionam aos elementos de simetria. O sistema cúbico (que tem quatro eixos 3 ou  $\bar{3}$ ) passaria a se denominar **tetra-trigonal**, o sistema ortorrômbico (que apresenta três eixos 2 ou  $\bar{2}$  (=m)) passaria a se chamar **tri-digonal**, o monoclinico (que só apresenta um eixo 2 ou  $\bar{2}$  (=m)) seria nomeado sistema **digonal** e o sistema triclinico (que só apresenta eixo 1 ou  $\bar{1}$  (=i)) poderia ser renomeado sistema **monogonal**. Estes quatro nomes são lógicos e tecnicamente adequados, ao contrário dos que são usados oficialmente, mas certamente haveria resistência para substituir termos tão enraizados, como já aconteceu em 1950.

## Referências

- Bloss F.D. 1971. *Crystallography and crystal chemistry: an introduction*. Holt, Rinehart and Winston, 545 p.
- Chvátal M. 2007. *Mineralogia para principiantes: Cristalografia*. São Paulo: Soc. Bras. Geologia. 232p.
- Klein C., Dutrow B. 2012. *Manual de ciências dos minerais*. 23ed., Bookman. 716p.
- Peacock M.A. 1950 Remarks on crystallographic nomenclature. *Am. Mineralogist* **35**:882-888.
- Pertlik F. 2006. Argumente für die Existenz eines diklinen Kristallsystems in der Fachliteratur des 19. Jahrhunderts. Ein Beitrag zur Geschichte der Kristallographie. - *Mitt. der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft* **152**:17-29.
- Roger A.F. 1939. Merosymmetry versus merohedrim. *Mineralogical Magazine*, **25**:252-258.

Resumo: Os livros de introdução à cristalografia apresentam os sistemas cristalinos de acordo com o conjunto de elementos de simetria e as orientações axiais dos cristais. Entretanto, o que é fundamental para a definição do sistema cristalino é apenas o conjunto dos elementos de simetria e não as orientações axiais. Alguns dos sistemas cristalinos possuem seus nomes relacionados aos elementos de simetria, como é o caso dos sistemas trigonal, tetragonal e hexagonal. Os outros sistemas cristalinos, no entanto, têm seus nomes relacionados à orientação axial: cúbico ou isométrico, ortorrômbico, monoclinico e triclinico. Parece lógico pensar que os cristais do sistema triclinico são aqueles que possuem todos os ângulos diferentes de  $90^\circ$  e que os cristais do sistema monoclinico possuem dois ângulos iguais a  $90^\circ$  e apenas um ângulo diferente de  $90^\circ$ , o que não é sempre o que ocorre. Cristais “diclinicos”, com dois ângulos diferentes de  $90^\circ$  e um ângulo igual a  $90^\circ$  também existem! Mas são agrupados no sistema triclinico, pois apresentam grupos pontuais equivalentes. As convenções de nomenclatura dos sistemas cristalinos poderiam ser mais lógicas. Uma opção seria utilizar para todos os sistemas cristalinos a nomenclatura referente aos elementos de simetria. Como resultado o sistema cúbico seria denominado sistema tetra-trigonal, o sistema ortorrômbico seria sistema tri-digonal, o sistema monoclinico passaria a ser denominado sistema digonal, e o sistema triclinico seria chamado sistema monogonal. Ao contrário dos nomes que são utilizados oficialmente, esses quatro nomes sugeridos são mais lógicos e tecnicamente corretos.

Palavras-chave: sistemas cristalinos, cruz axial, sistema diclinico, nomenclatura cristalográfica, elementos de simetria.