



# BIOLOGIA GEOLOGIA 11º ANO

Aula nº 6

## **ROCHAS MAGMÁTICAS**

Profª Carmo Jardim

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

**MAGMA**



**ROCHA  
MAGMÁTICA**



# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

A **diferenciação magmática** é um processo que, a partir do mesmo magma, ocorre formação de magmas com composição diferente.



Em alguns vulcões verifica-se, por vezes, variação do tipo de atividade vulcânica ao longo do tempo. A episódios **efusivos**, com magmas **básicos**, seguem-se fases **explosivas**, associadas a magmas mais **ácidos**.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

O magma é uma **mistura** complexa de substâncias minerais - **silicatos**.



A **cristalização** ocorre a **diferentes temperaturas**, uma vez que os minerais têm distintos pontos de solidificação.



Durante o processo de **cristalização** formam-se diferentes associações de cristais.



Ao longo do processo de **cristalização** resulta um magma residual de composição continuamente alterada.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

- Durante o arrefecimento do magma, a temperatura de cristalização de diferentes minerais vai sendo atingida sucessivamente.
- Os minerais ao cristalizarem, retiram do magma os elementos químicos que os compõem.
- A composição do magma vai variando à medida que arrefece.

A génese dos minerais ocorre segundo uma ordem definida que determina uma diferenciação magmática, por **CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA**.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA

Se considerarmos que num magma que se encontre a  $1200^{\circ}\text{C}$  existem os minerais **A**, **B** e **C**, com diferentes pontos de solidificação, qual seria a sequência de cristalização?

**Ponto de solidificação / Ponto de fusão:**

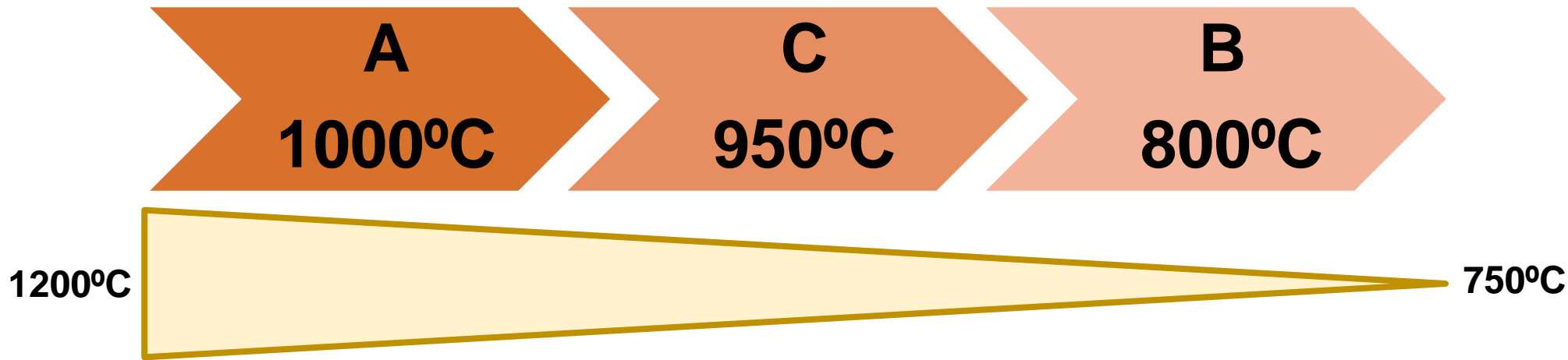
**A** –  $1000^{\circ}\text{C}$

**B** –  $800^{\circ}\text{C}$

**C** –  $950^{\circ}\text{C}$

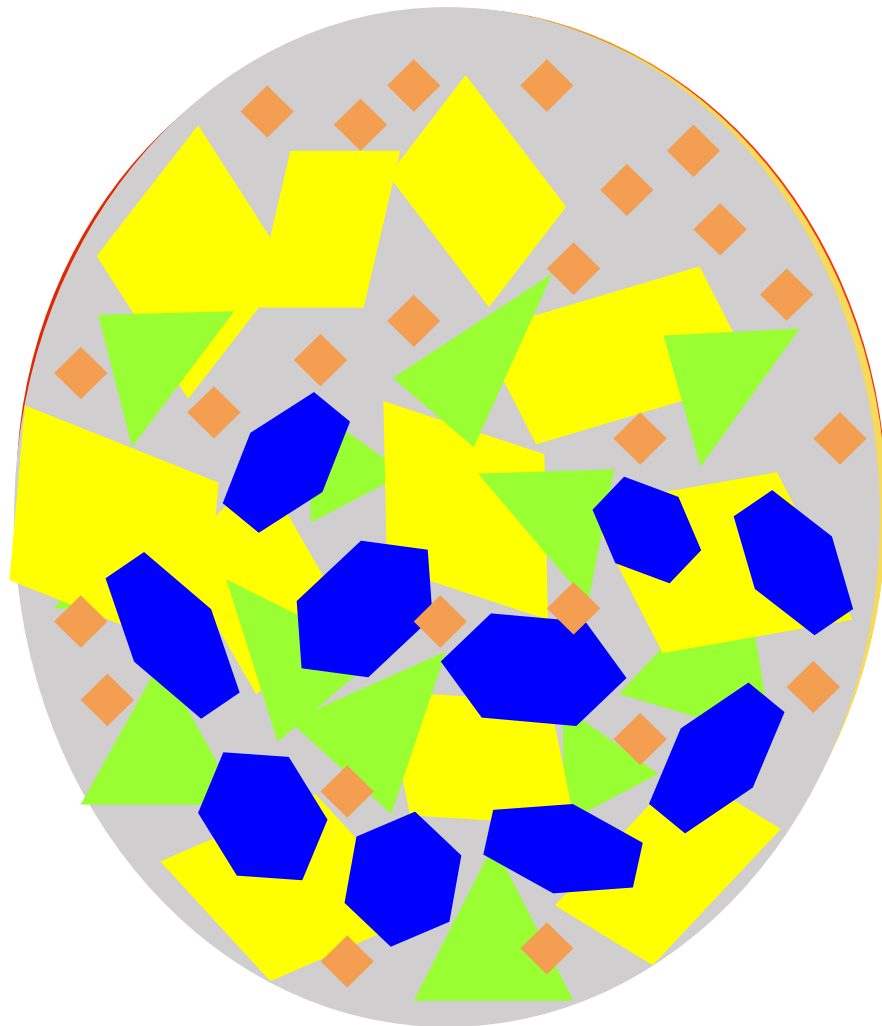
# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA



À medida que a temperatura do magma diminui, os minerais solidificam consoante atingem o seu **ponto de solidificação**.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA **CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA**



**T = 1000 °C**  
**Composição = A**

**T = 900 °C**  
**Composição = B**

**T = 800 °C**  
**Composição = C**

**T = 700 °C**  
**Composição = D**

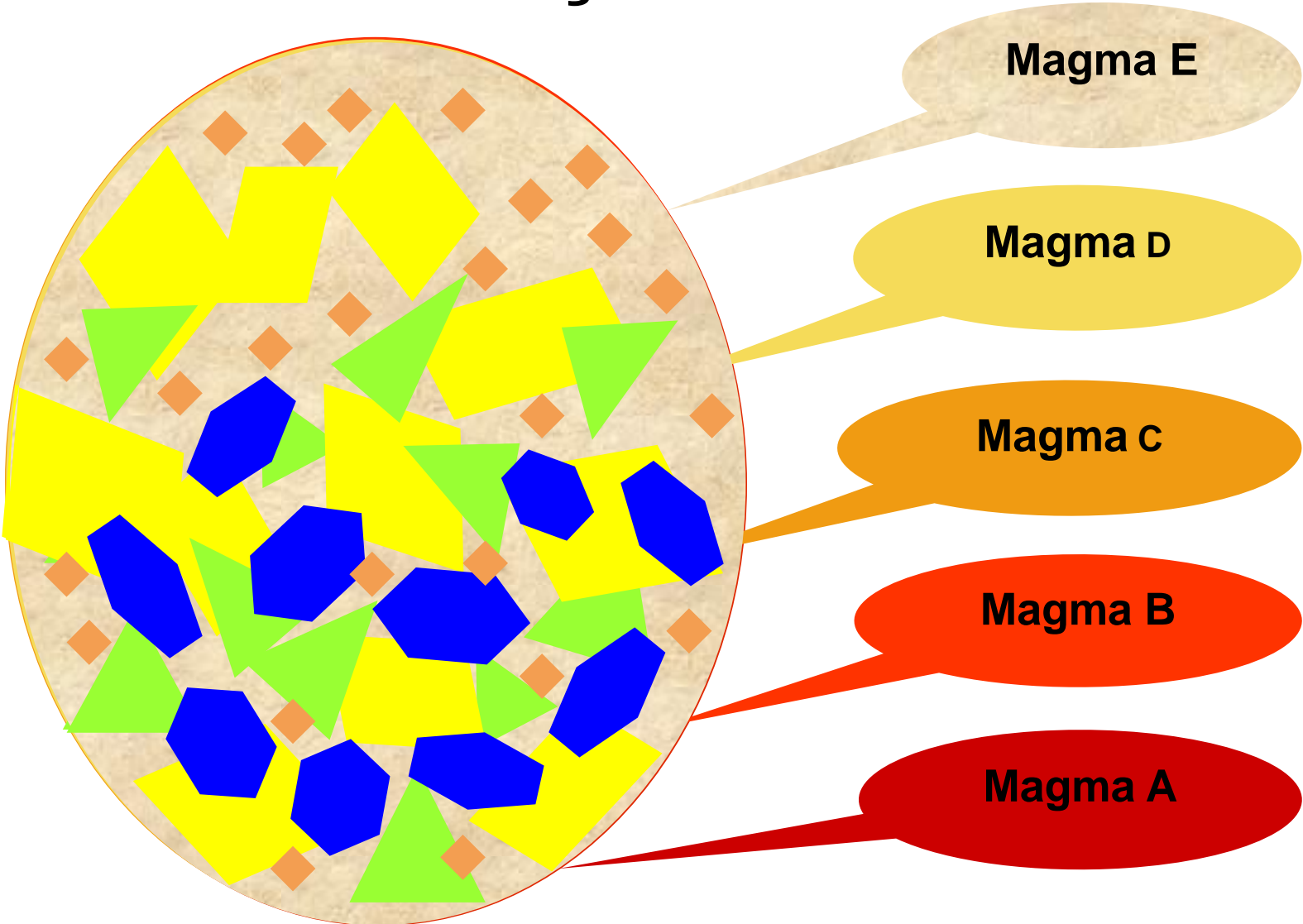
**T = 600 °C**  
**Composição = E**

**UM MAGMA,  
DIFERENTES  
ROCHAS**

**Evolução da composição do magma**



# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA **CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA**



# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA

- Bowen, no início do século XX, investigou a formação dos cristais e definiu a ordem pela qual cristalizam nos magmas em arrefecimento.
- Bowen queria saber porque razão certos minerais tendem a surgir juntos em certas rochas e outros nunca aparecem associados.
- A sequência de formação dos minerais das rochas magmáticas é representada pelas **Séries de Bowen**.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA

Bowen reduziu rochas magmáticas a pó e aqueceu até à fusão, formando um magma artificial.

Deixou arrefecer este magma, de forma controlada.



Por exemplo, aquecia até aos 1600°C e posteriormente deixava arrefecer até aos 1200°C durante algum tempo. A esta temperatura formam-se os minerais com ponto de cristalização a essa temperatura.



Repetiu este processo, arrefecendo progressivamente este magma artificial, ordenando os minerais pela sequência do seu ponto de solidificação.



Arrefecia de forma brusca o restante magma para não formar mais cristais. Identificou os minerais cristalizados à temperatura de 1200°C.



# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen

Existem duas séries de reações:



```
graph LR; A[Existem duas séries de reações:] --- B[SÉRIE DESCONTÍNUA]; A --- C[SÉRIE CONTÍNUA];
```

**SÉRIE DESCONTÍNUA**

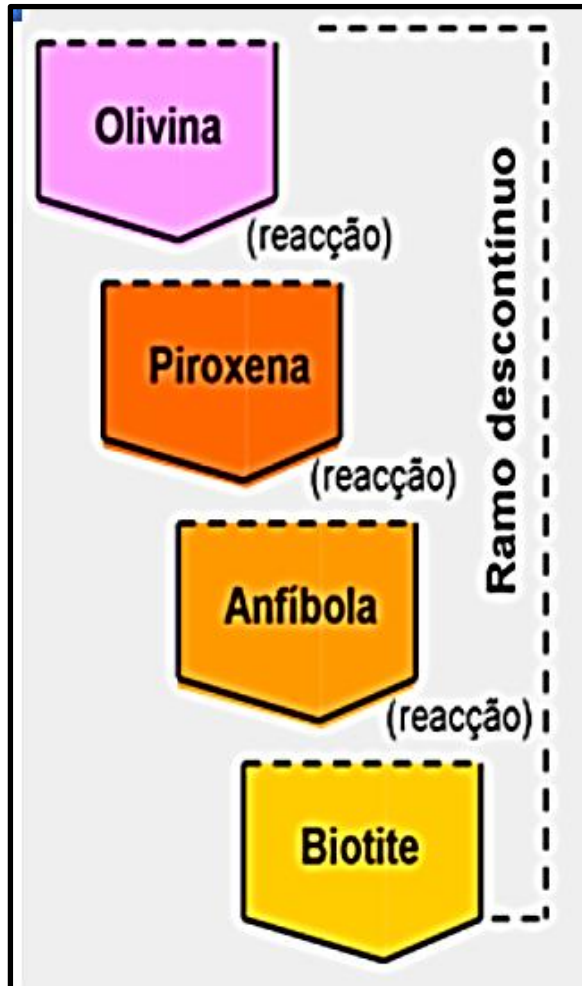
**SÉRIE CONTÍNUA**

Estas séries correspondem a fenômenos que ocorrem simultaneamente à medida que a temperatura do magma vai diminuindo.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen

### Série descontínua ou dos minerais ferromagnesianos



Durante o arrefecimento, os minerais, ao reagirem com o magma residual, originam novos minerais com **uma composição química e uma estrutura cristalina diferentes.**

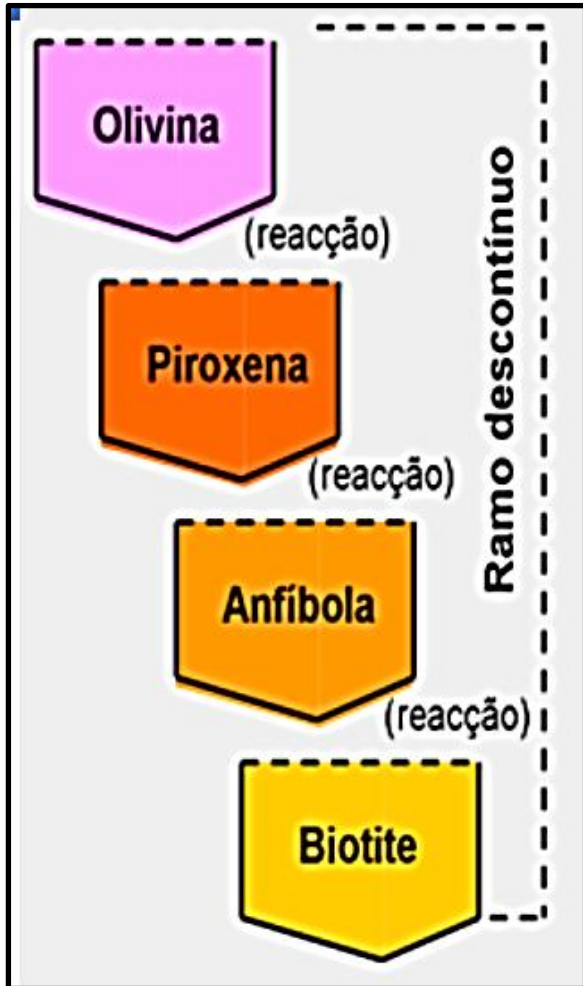


**SÉRIE DESCONTÍNUA**

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen

### Série descontínua ou dos minerais ferromagnesianos



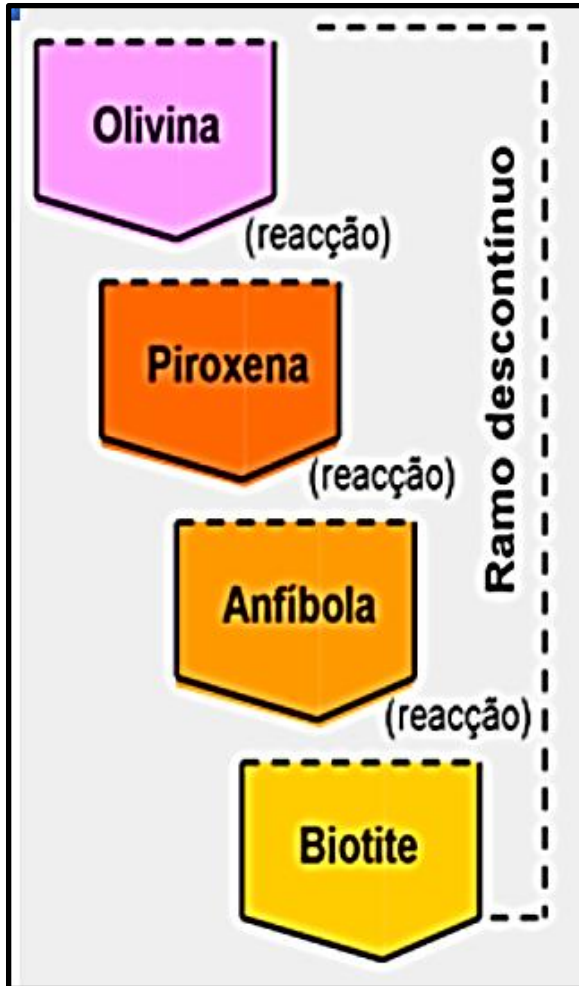
- Durante o arrefecimento, na **série descontínua**, primeiro formam-se as **olivinas**, cujo ponto de solidificação é mais elevado.
- Posteriormente cristalizam as **piroxenas**, depois as **anfíbolas** e, por fim, a **biotite**.

Todos os minerais desta série possuem **ferro** ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e **magnésio** ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen

### Série descontínua ou dos minerais ferromagnesianos

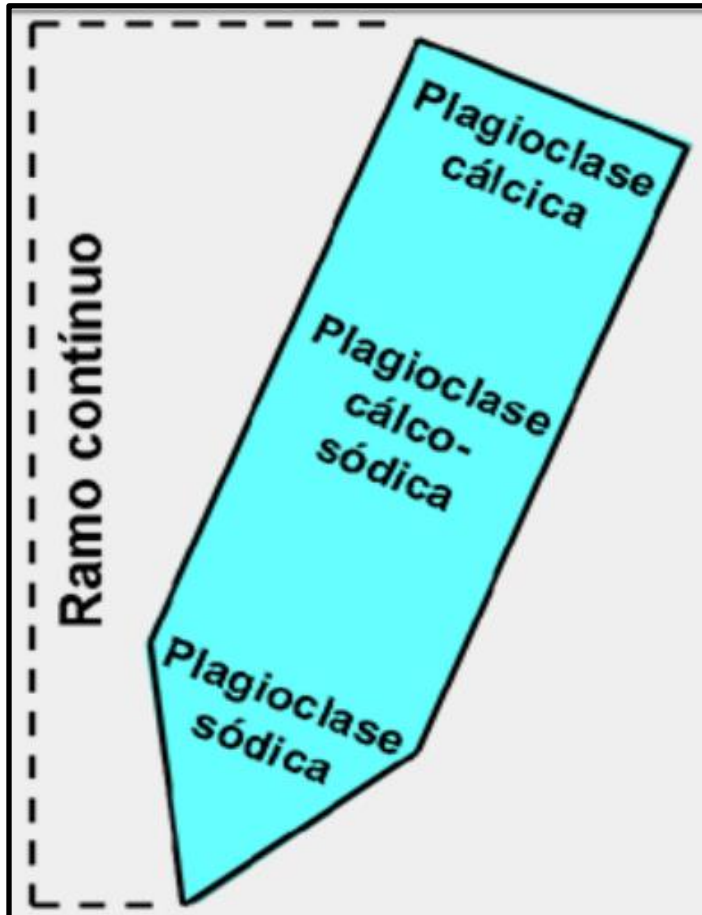


- Após a cristalização da **olivina**, a composição do magma fica relativamente empobrecida em ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ).
- Com o arrefecimento progressivo do magma, atinge-se a temperatura de cristalização da **piroxena** e a **olivina** formada previamente, reage com o líquido residual formando **piroxena**.
- Atingida a temperatura de cristalização da **anfíbola**, a **piroxena** formada reage com o líquido residual, empobrecendo-o em ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e ( $\text{Mg}^{2+}$ ).
- Se ainda houver fração magmática e a temperatura continuar a descer, forma-se a **biotite**, o último mineral rico em ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e ( $\text{Mg}^{2+}$ ) a cristalizar.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen

### Série contínua ou das plagioclases



Durante o arrefecimento, os minerais, ao reagirem com o magma residual, originam novos minerais com uma **composição química diferente mas com a mesma estrutura cristalina.**



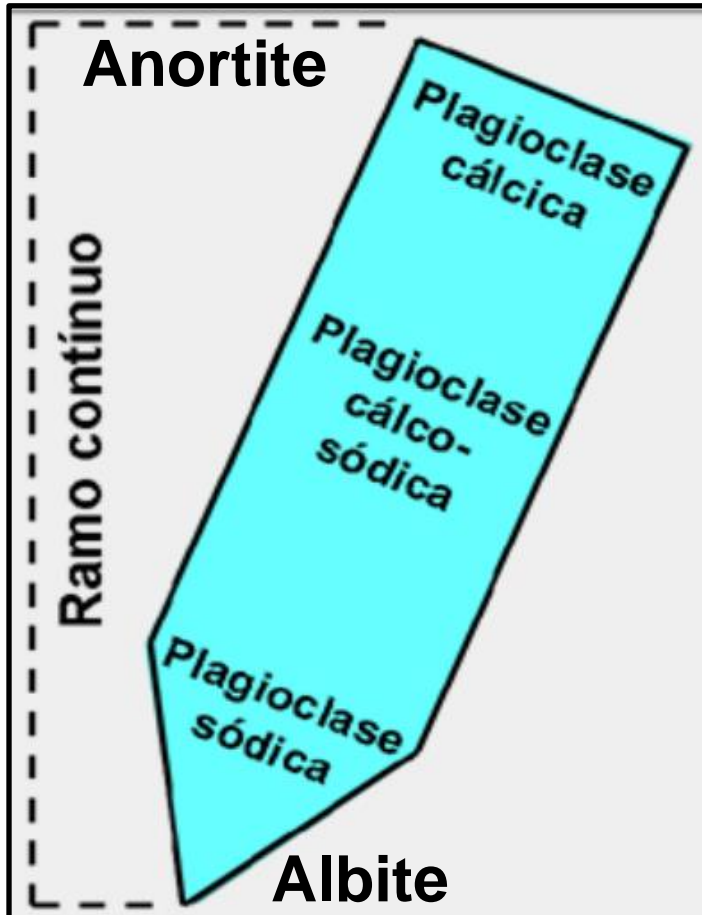
**SÉRIE CONTÍNUA**



# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen

### Série contínua ou das plagioclases



- As **plagioclases** são feldspatos com percentagens variáveis de **sódio** ( $\text{Na}^+$ ) e **cálcio** ( $\text{Ca}^{2+}$ ).
- Os iões de **cálcio** ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e de **sódio** ( $\text{Na}^+$ ) podem substituir-se na estrutura cristalina, formando diferentes tipos de plagioclases.

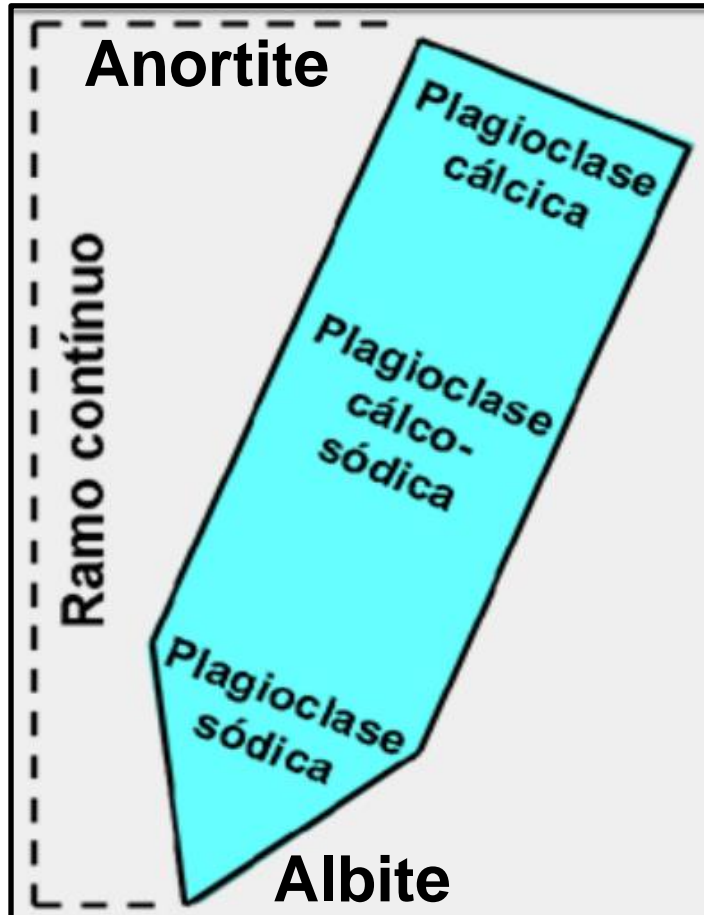
Plagioclase:

- 100% cálcica - **ANORTITE**
- 100% sódica - **ALBITE**

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen

### Série contínua ou das plagioclases

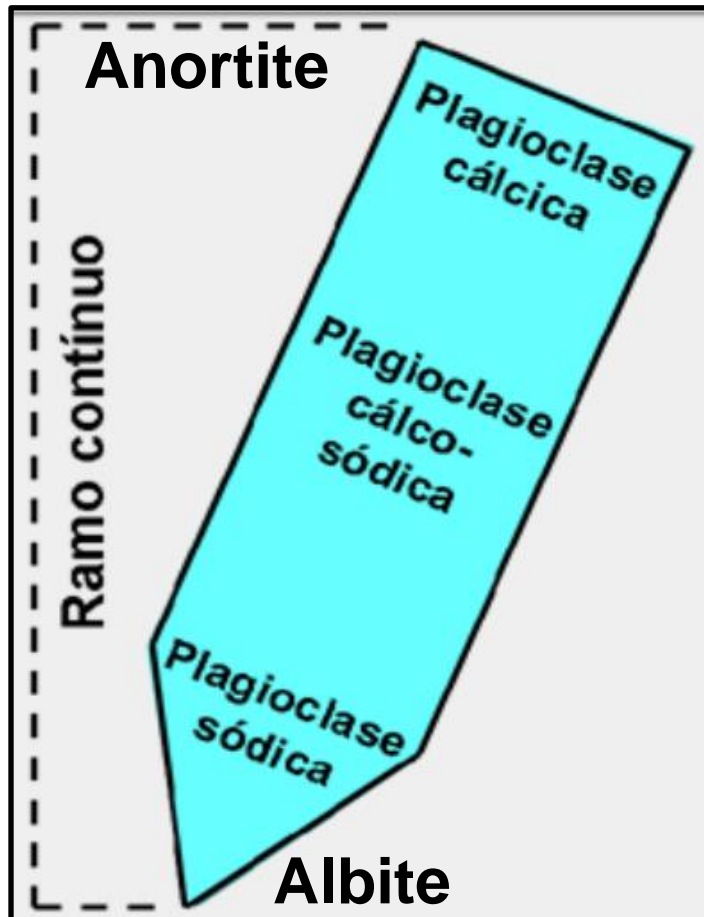


- Durante o arrefecimento, na **série contínua**, primeiro forma-se a **anortite**, cujo ponto de solidificação é mais elevado.
- À medida que a temperatura vai diminuindo na rede cristalina da **anortite**, o **cálcio** pode ser progressivamente substituído por **sódio** em todas as proporções, originando a **série das plagioclases** sucessivamente mais ricas em **sódio**.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen

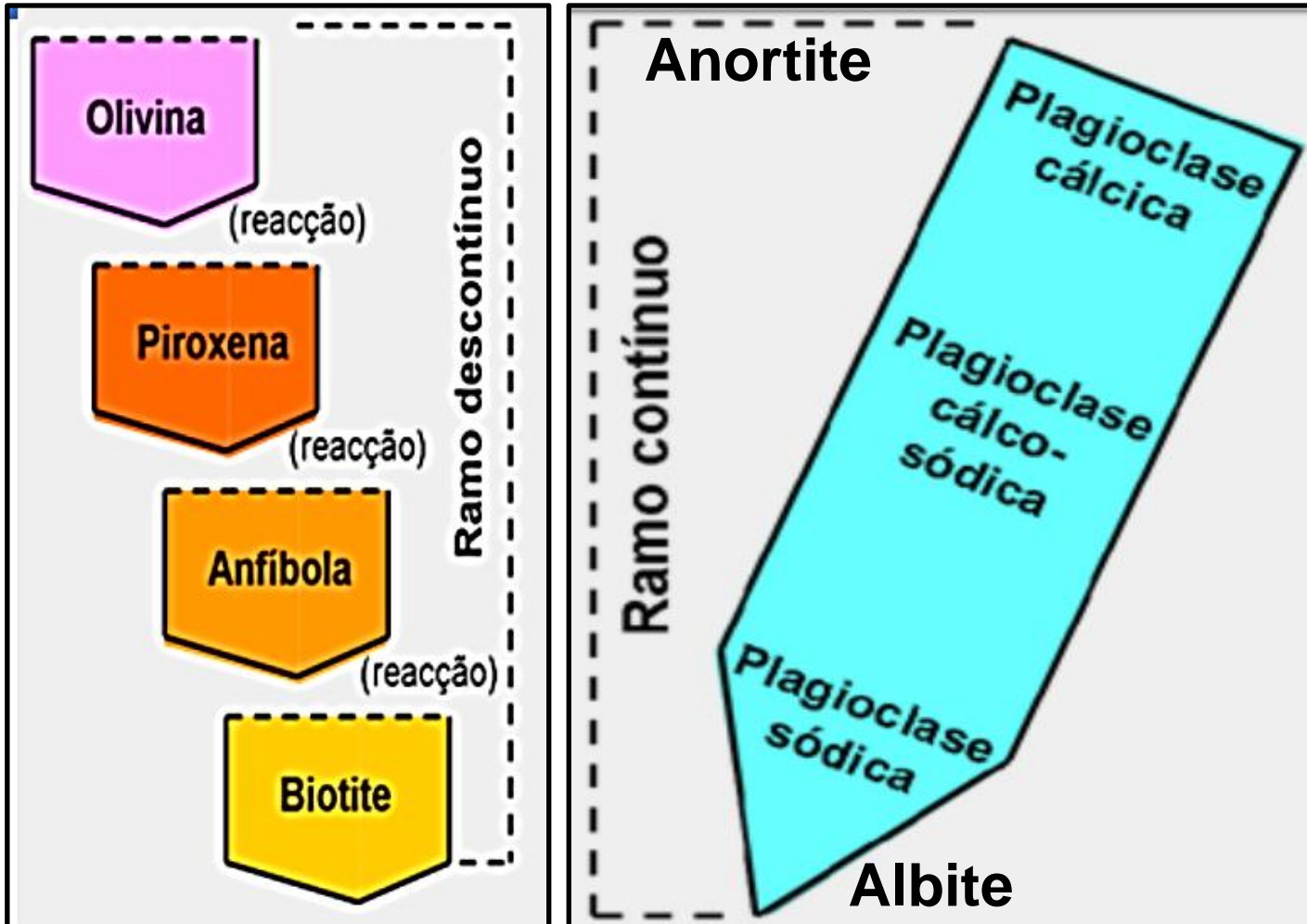
### Série contínua ou das plagioclases



- As plagioclases cálcicas, uma vez formadas, reagem com o magma residual, sendo o cálcio progressivamente substituído pelo sódio, originando plagioclases de **composição gradualmente diferente**, mas que **mantêm a sua estrutura interna** – **SÉRIE ISOMÓRFICA**.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

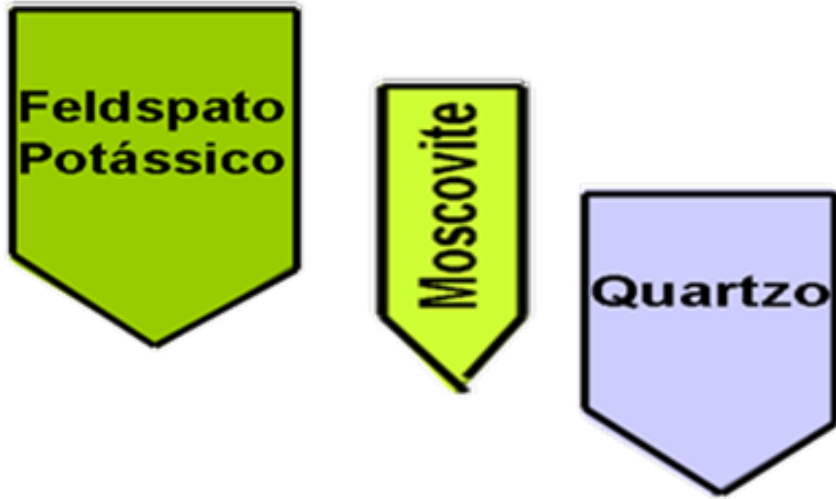
## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen



Os termos da **série descontínua** cristalizam ao mesmo tempo que os da **série contínua**, em virtude de terem a **mesma temperatura de cristalização**.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen



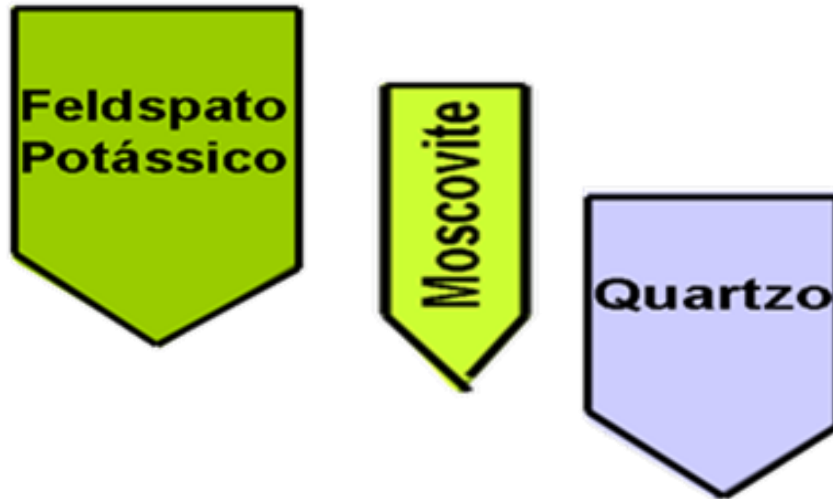
O magma residual está empobrecido em  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  usados na **série descontínua** e em  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  utilizados ao longo da **série contínua**.

O magma residual fica mais rico em potássio, alumínio e sílica.

Com a diminuição da temperatura forma-se **feldspato potássico**, **moscovite** e **quartzo**.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen



O **quartzo**, sendo o último mineral a cristalizar preenche os espaços deixados pelos minerais já formados.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen



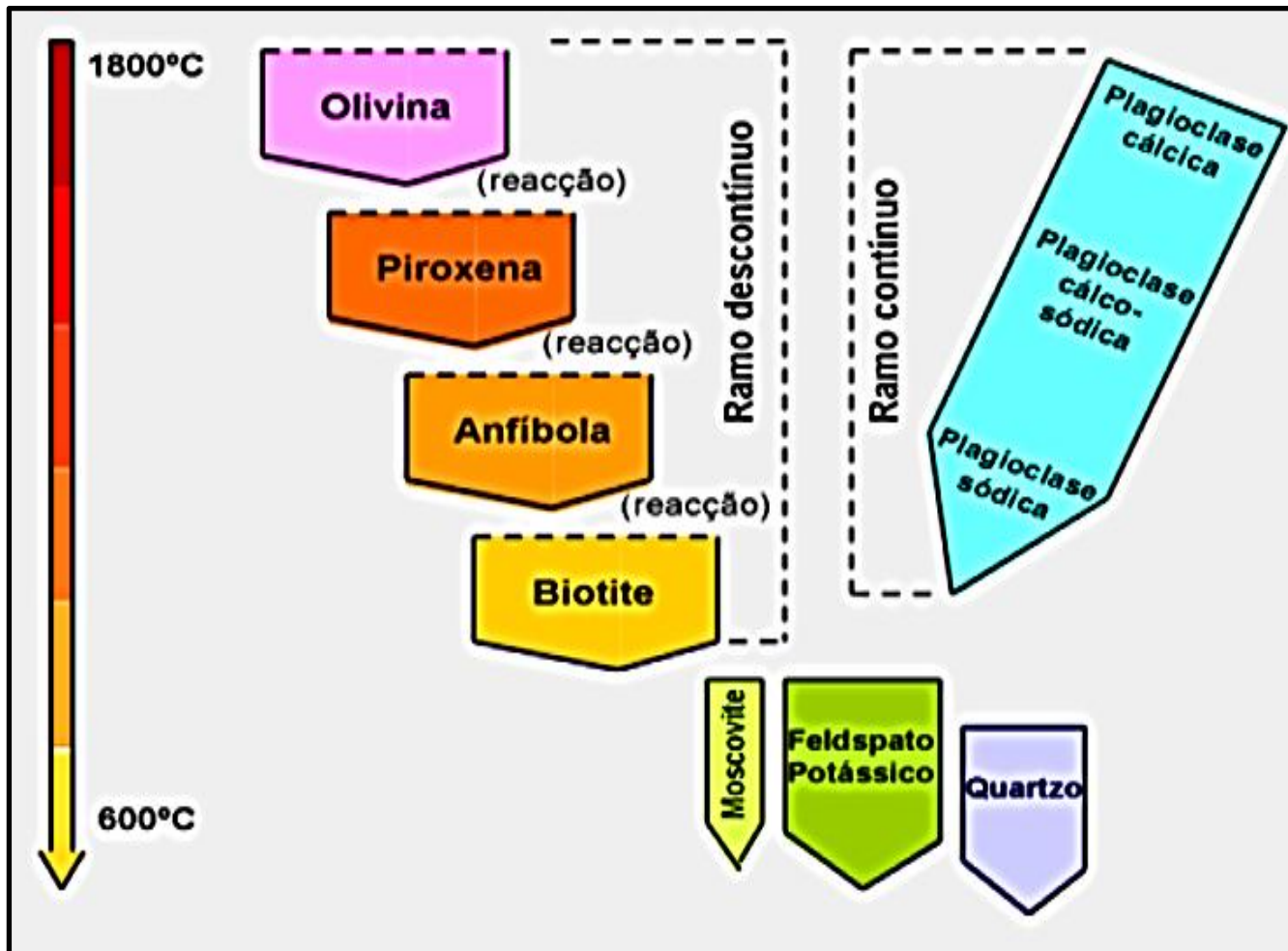
As últimas frações do magma formadas por água com voláteis e outras substâncias em solução constituem **soluções hidrotermais**.

**Filão de quartzo**, que aflora na Serra da Freita, geoparque de Arouca - Aveiro

As soluções hidrotermais podem preencher fendas das rochas, os materiais cristalizam e formam **filões** com um ou vários minerais associados.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen



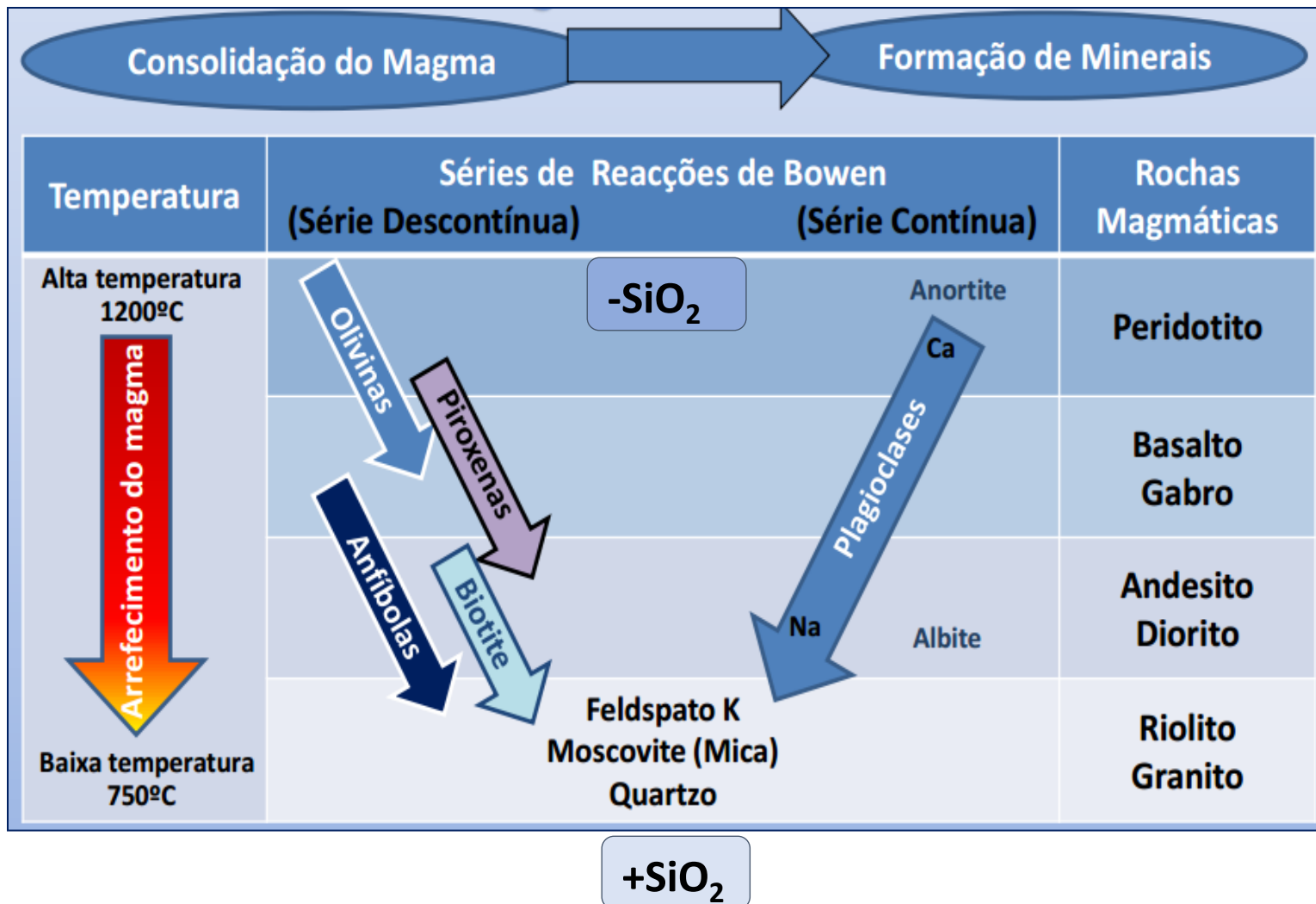
Rochas ricas em **olivina** têm **piroxenas** e **plagioclases cálcicas** mas **não** possuem **quartzo**.

Rochas ricas em **quartzo** têm **plagioclases sódicas** e **feldspato potássico** mas não possuem **olivina**.



# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen



Define os minerais que estão associados às diferentes rochas magmáticas.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen

- Segundo a série de Bowen é possível que um magma basáltico possa produzir magmas diversificados, nomeadamente magmas riolíticos.
- Só 10% de um magma basáltico pode diferenciar-se em magma riolítico.



Os **maciços graníticos** atingem enormes volumes da crosta continental e por isso não poderão ser resultado apenas da cristalização fracionada.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen

### Granito

- **10%** - forma-se por cristalização fracionada de um **Magma basáltico**
- **90%** - resulta da fusão das rochas da crosta continental - **Magma riolítico**

Os **granitos** ocorrem sempre na **crosta continental**, e portanto se a sua génese se relacionasse apenas com os **magmas basálticos** deveriam surgir na crosta oceânica, onde os basaltos são mais comuns.

A maioria dos granitos resulta de **magmas riolíticos**, resultante da **fusão** das rochas da **crosta continental**.

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA – Séries de Bowen

**MINERAIS FORMADOS A ALTAS TEMPERATURA**

Olivinas e Piroxenas

Anortite

**São mais instáveis à superfície quando sujeitos à meteorização**

**MINERAIS QUE CRISTALIZAM A BAIXAS TEMPERATURA**

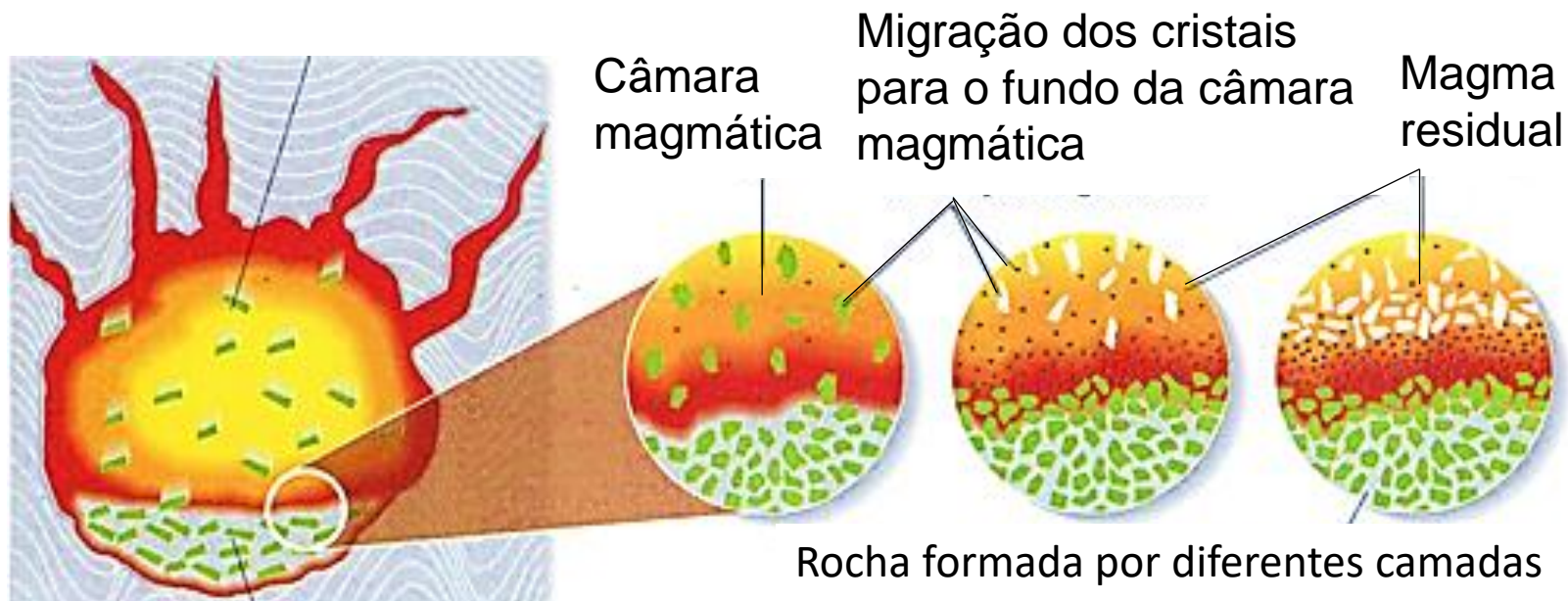
Quartzo

**São mais resistentes à meteorização**

# DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA

## DIFERENCIAÇÃO GRAVÍTICA

Os cristais podem ser separados do líquido residual por **diferenciação gravítica** – acumulação de cristais de acordo com as suas densidades.



Cristais formados nos primeiros estádios de cristalização

Olivina Piroxena Plagioclase cálcica

Rocha formada por diferentes camadas resultantes da cristalização fracionada