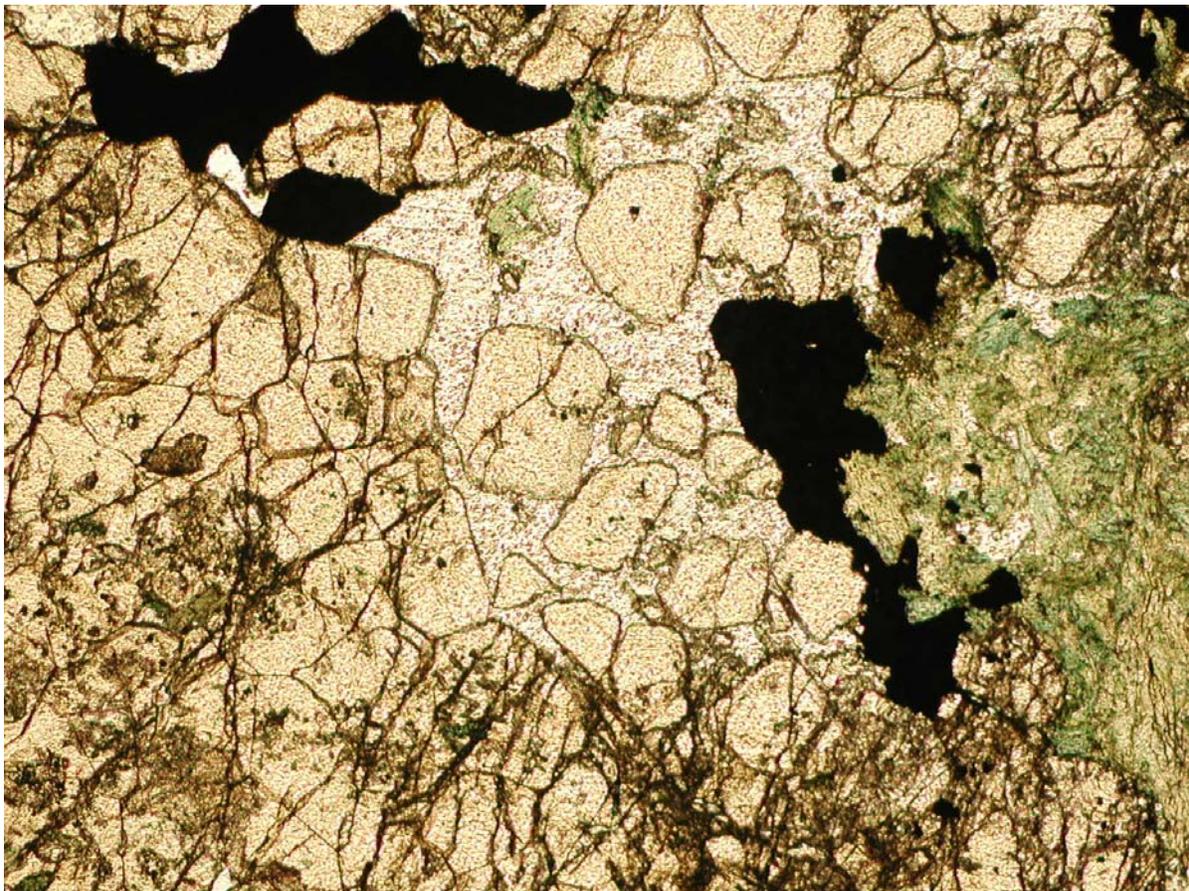


RECURSOS MINERAIS METÁLICOS

4ºAno – 1º Semestre

Unidade de Trabalhos Práticos nº5

Jazigos do Tipo *Skarn*



Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da
Universidade de Lisboa

Lisboa, 2006

JAZIGOS DO TIPO *SKARN*

1. Objectivos

O trabalho a desenvolver nas aulas tem por objectivos principais:

- 1 – o estudo macro e microscópico das paragéneseis minerais e aspectos texturais característicos desta tipologia de jazigos;
- 2 – evidenciar características distintivas entre as diversas sub-classes.

2. Generalidades - definições, características gerais

O termo "skarn" surgiu nos finais do século XIX, introduzido pelos mineiros dos jazigos de ferro de Norborg e Langban (Suécia), quando se referiam à ganga calcossilicatada que acompanhava o minério. Este termo aparece pela primeira vez na literatura em 1875, por Tornebohm (Zharikov, 1970), que utilizou as expressões "grönskarn" (*skarn* verde) e "brunskarn" (*skarn* castanho) para designar paragéneseis dominadas por piroxena e granada, respectivamente, mas é apenas em 1900 que o termo "*skarn*" fica registado com o significado de uma rocha distinta, constituída por piroxena + granada ± epidoto (Beck, 1900, in Burt, 1982). A problemática surgiu de imediato quando se tentou atribuir a estas rochas uma conotação genética. Durante muitos anos prevaleceu a definição magmatista, que considerava os *skarns* como rochas de paragénese cálcica ou magnésiana silicatada, originadas pela substituição de rochas carbonatadas no contacto com corpos intrusivos, por acção de soluções magmatogénicas (Zharikov, 1970). No entanto, a existência de rochas muito semelhantes, mas aparentemente sem nenhuma relação genética com o magmatismo, como era o caso dos jazigos suecos onde o termo *skarn* foi inicialmente definido, conduziram a uma definição mais abrangente.

Skarns correspondem a **rochas** de textura granoblástica com granularidade média a grosseira, constituídas por **silicatos de Ca e Mg**, e que resultam da transformação de rochas pré-existentes, independentemente da composição do protólito, durante o metamorfismo de contacto ou regional, por processos de **metassomatismo** que podem envolver fluidos magmáticos, metamórficos, meteóricos e/ou de origem marinha (Meinert, 1992).

Os critérios utilizados na classificação dos *skarns* são diversos, muito embora seja habitual considerar a mineralogia, composição química, conteúdo em metais, profundidade, temperatura, fugacidade do oxigénio, tipo de protólito, estrutura interna, tipo de relação com o encaixante, distância a corpos ígneos, processos genéticos. A discussão pormenorizada sobre a pertinência destes critérios poderá ser consultada nos artigos indicados na bibliografia. Aqui, apenas serão referidos os aspectos texturais e mineralógicos mais relevantes, que permitem, numa primeira análise, identificar as características mais comuns dos jazigos do tipo *skarn* e, seguidamente, colocar em evidência características particulares e distintivas das diferentes subclasses de depósitos.

Os *skarns*, tal como encerra a definição, resultam da substituição de rochas pré-existentes, podendo distinguir-se *exoskarns* e *endoskarns*, de acordo com o tipo de rocha que substituem. Estes termos foram inicialmente aplicados a zonas de contacto entre rochas carbonatadas e rochas intrusivas, correspondendo o *exoskarn* à substituição dos litótipos carbonatados e o *endoskarn* à substituição da rocha granitóide (Zharikov, 1970). Este último termo evoluiu de maneira a incluir também rochas pelíticas aluminosas, anfíbolitos, ou mesmo rochas básicas (Einaudi e Burt, 1982).

Baseado em critérios químico-mineralógicos das paragéneseis de alteração os *skarns* podem subdividir-se em *skarns cálcicos* e *skarns magnesianos*. Nos *skarns* magnesianos a mineralogia é dominada por minerais ricos em magnésio como a olivina, serpentina, flogopite, espinela, piroxenas e anfíbolos ricos em Mg, talco, etc. Os *skarns cálcicos* são dominados por granadas, piroxenas cálcicas, volastonite, anfíbolos cálcicos, minerais do grupo do epidoto, etc.

Outro critério bastante frequente na classificação de *skarns* é o estado de oxidação (Einaudi et al., 1981; Einaudi e Burt, 1982), considerando-se dois grandes grupos: os ***skarns* reduzidos** e os ***skarns* oxidados**. Os *skarns* reduzidos apresentam predominância da piroxena sobre a granada, piroxena com percentagem mais elevada de componente hedenbergítica e/ou joanesítica (60-90% Hd; 5-10% Jo), uma paragênese retrógrada caracterizada pela presença de hornblenda e/ou biotite, pirrotite e magnetite, em oposição aos *skarns* oxidados, em que a granada domina as fases prógradas, a piroxena é mais diopsídica (20-70 % Hd; 0-5 % Jo) e a fase retrógrada é caracterizada pela presença de epidoto, anfíbolos da série tremolite-ferroactinolite e pirite.

Mais de 90 % dos *skarns* formam-se por acção directa de fenómenos metassomáticos de origem magmática, razão pela qual os modelos genéticos normalmente invocam os mecanismos fundamentais da teoria metassomática de Korzhinskii (1968). O modelo proposto por Einaudi et al. (1981), compreende 2 estádios principais, um **prógrado** e outro **retrógrado**. No estádio prógrado, caracterizado pelo desenvolvimento de uma paragênese anidra, é possível distinguir um primeiro episódio de **metamorfismo térmico isoquímico**, a que se segue metassomatismo desencadeado preferencialmente por fenómenos de **difusão**. No segundo estádio, usualmente relacionado com a progressão de processos de **infiltração** que conduzem ao desenvolvimento de uma paragênese hidratada, podem reconhecer-se normalmente vários episódios metassomáticos relacionados com o arrefecimento gradual do sistema hidrotermal.

Os termos "**corneanas calcossilicatadas**" e "**skarnóides**" devem ser aplicados a rochas de natureza calcossilicatada que se distinguem dos *skarns* pela sua granularidade fina e composição química caracteristicamente próxima da do protólito, marcada pela ausência de texturas que revelem uma substituição maciça por acção de qualquer tipo de fluidos hidrotermais. A distinção entre aqueles dois tipos de rocha faz-se principalmente pelo contexto geológico em que estão inseridos. As "corneanas calcossilicatadas" resultam essencialmente de metamorfismo de contacto isoquímico sem transferência de massa significativa, enquanto os "skarnóides" podem envolver transferência de massa mas por movimentação de fluidos em pequena escala.

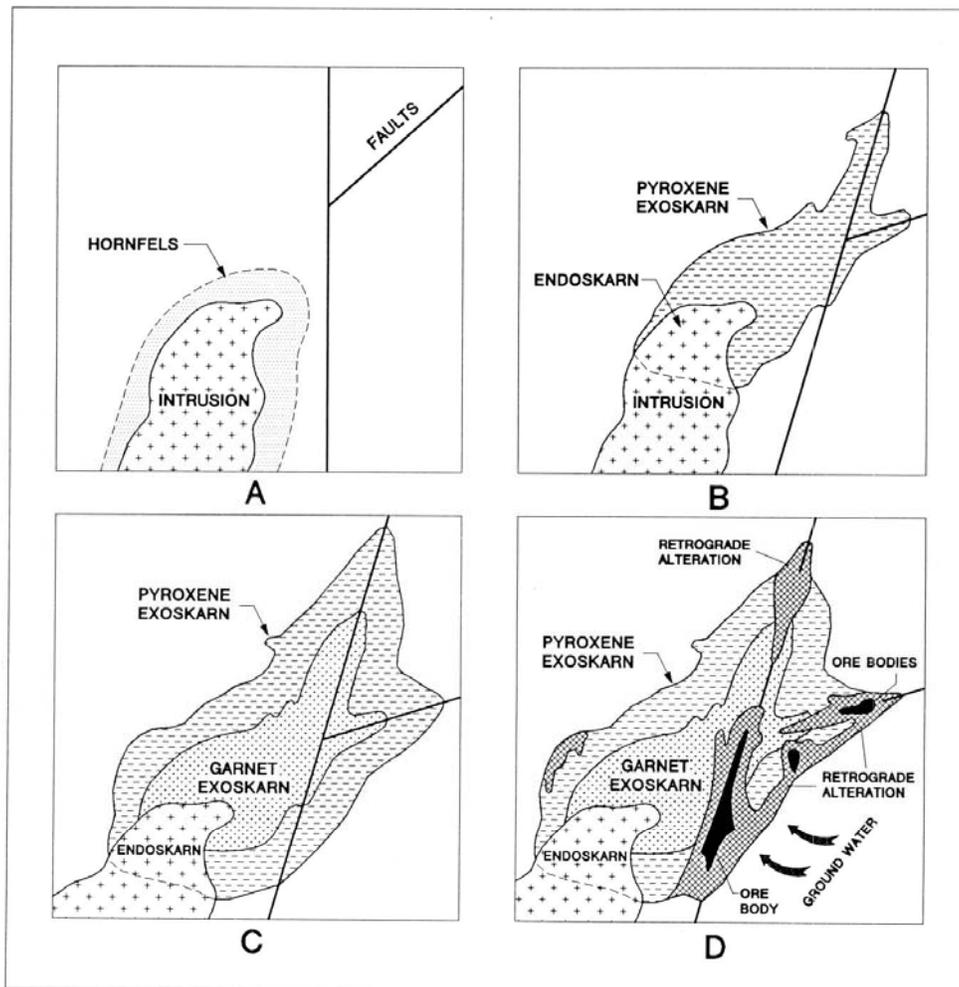
3. Mineralogia e Zonação

Embora os *skarns*, de acordo com a definição, sejam rochas constituídas essencialmente por silicatos de Ca e Mg, a sua mineralogia pode ser bastante complexa mercê da grande variabilidade potencialmente assumida pelas condições físico-químicas durante a sua génese. Os minerais mais comuns em *skarns* incluem granada, piroxena, olivina, piroxenóides, anfíbola, epidoto, plagioclase, escapolite e vesuvianite (Tabela I). O reconhecimento e caracterização das paragêneses calcossilicatadas é fundamental para a sua identificação e classificação.

Sendo o processo de skarnitização espacial e temporalmente dinâmico, observa-se, normalmente, o desenvolvimento de uma zonação químico-mineralógica que, em termos gerais, é caracterizada pelo domínio de granada nas zonas proximais, de piroxena nas zonas distais e de piroxenóides (volastonite, rodonite, bustamite) e/ou vesuvianite na frente de metassomatismo. Em muitos *skarns* o conteúdo em Fe e Mn de alguns minerais, especialmente das piroxenas, tem tendência a aumentar das zonas proximais para as zonas distais. A extensão de cada zona depende das condições físico-químicas subjacentes a cada um dos episódios metassomáticos atrás referidos, nomeadamente no que se refere à profundidade, potenciais químicos locais, pressão e temperatura.

Tabela I – Mineralogia característica de skarns

Grupo Mineral	Mineral	Composição	Série
Granada	grossulária	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Grandite
	andradite	$\text{Ca}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Grandite
	spessartina	$\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Piralspite
	almandina	$\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Piralspite
	piropo	$\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Piralspite
Piroxena	diopsido	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	Salite
	hedenbergite	$\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$	Salite
	joansenite	$\text{CaMnSi}_2\text{O}_6$	
Olivina	larnite	Ca_2SiO_4	Monticelite
	forsterite	Mg_2SiO_4	Monticelite
	forsterite	Mg_2SiO_4	Knebelite
	faialite	Fe_2SiO_4	Knebelite
	tefrote	Mn_2SiO_4	
Piroxenoide	ferrosilite	FeSiO_3	Piroxmangite
	rodonite	MnSiO_3	Piroxmangite
	rodonite	MnSiO_3	Bustamite
	volastonite	CaSiO_3	Bustamite
Anfibola	tremolite	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Actinolite
	ferroactinolite	$\text{Ca}_2\text{Fe}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Actinolite
	manganoactinolite	$\text{Ca}_2\text{Mn}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	
	hornblenda	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	
	pargasite	$\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	
	cummintonite	$\text{Mg}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	anfíbulas sub-cálcicas
	grunerite	$\text{Fe}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	anfíbulas sub-cálcicas
	dannemorite	$\text{Mn}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	anfíbulas sub-cálcicas
Epídoto	epídoto	$\text{Ca}_2(\text{Fe}^{3+},\text{Al})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$	
	clinozoisite	$\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$	
	zoizite	$\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$	
	alanite	$(\text{Ca, REE})_2(\text{Fe}^{3+},\text{Al})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$	
	piemontite	$\text{Ca}_2(\text{Mn}^{3+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$	
Plagioclase	anortite	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	
Escapolite	marialite	$\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{24}(\text{Cl,CO}_3,\text{OH,SO}_4)$	
	meionite	$\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{Cl,CO}_3,\text{OH,SO}_4)$	
Axinite		$(\text{Ca,Mn,Fe,Mg})_3\text{Al}_2\text{BSi}_4\text{O}_{15}(\text{OH})$	
Humite		$\text{Mg}(\text{OH,F})_2,1-4\text{Mg}_2\text{SiO}_4$	
Outros	vesuvianite	$\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe,Mn})_2\text{Al}_4\text{Si}_9\text{O}_{34}(\text{OH,Cl,F})_4$	
	prenite	$\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	
	brucite	$\text{Mg}(\text{OH})$	
	serpentina	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	
	talco	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	
	clorite	$(\text{Mg,Fe})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	
	biotite	$\text{K}(\text{Fe,Mg})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	
	Kspar	KAlSi_3O_8	
	esfena	$\text{CaTiSiO}_4(\text{O,OH;F})$	
	quartzo	SiO_2	



- A. Intrusion of magma into carbonate-rich sequence and formation of contact hornfels (hornfels not shown in B, C or D).
- B. Infiltration of hydrothermal fluids to produce endoskarn and pyroxene-rich exoskarn.
- C. Continued infiltration with progressive expansion of exoskarn envelope and development of proximal garnet-rich exoskarn. Skarn controlled partly by lithologies (e.g., limestone beds locally replaced by garnetite), bedding planes and fractures. Some mineralization may take place late in this stage.
- D. Hydrothermal system wanes and cools accompanied by retrograde overprinting. During this stage metals may be introduced or scavenged and redeposited to form economic orebodies. The structural/lithological controls and influence of meteoric water may result in irregularly distributed orebodies that are notoriously difficult to delineate in skarn.

Figura 1 – Modelo de evolução esquemático para um skarn cálcico (Ray e Webster, 1991)

4. Depósitos do tipo skarn

A definição de skarn não exige presença específica de certos metais base ou preciosos, mas a verdade é que a grande maioria dos skarns, por constituírem excelentes armadilhas geoquímicas, está geralmente associada a sistemas mineralizantes, muitos dos quais passíveis de encerrarem concentrações metalíferas económicas. Surge assim a designação de "jazigos do tipo skarn". A classificação para este tipo de jazigos, proposta por Einaudi et al. (1981), baseia-se tal como para os jazigos do tipo pórfiro, no conteúdo em metais económicos predominantes, considerando-se a existência de skarns de **Fe, W, Cu, Au, Zn-Pb, Mo e Sn**. Para além da ganga calcossilicatada característica, a pirite e a pirrotite correspondem á ganga sulfuretada mais comum associada a esta tipologia de jazigos. As características das principais subclasses de jazigos do tipo skarn encontra-se sumariada na Tabela 2.

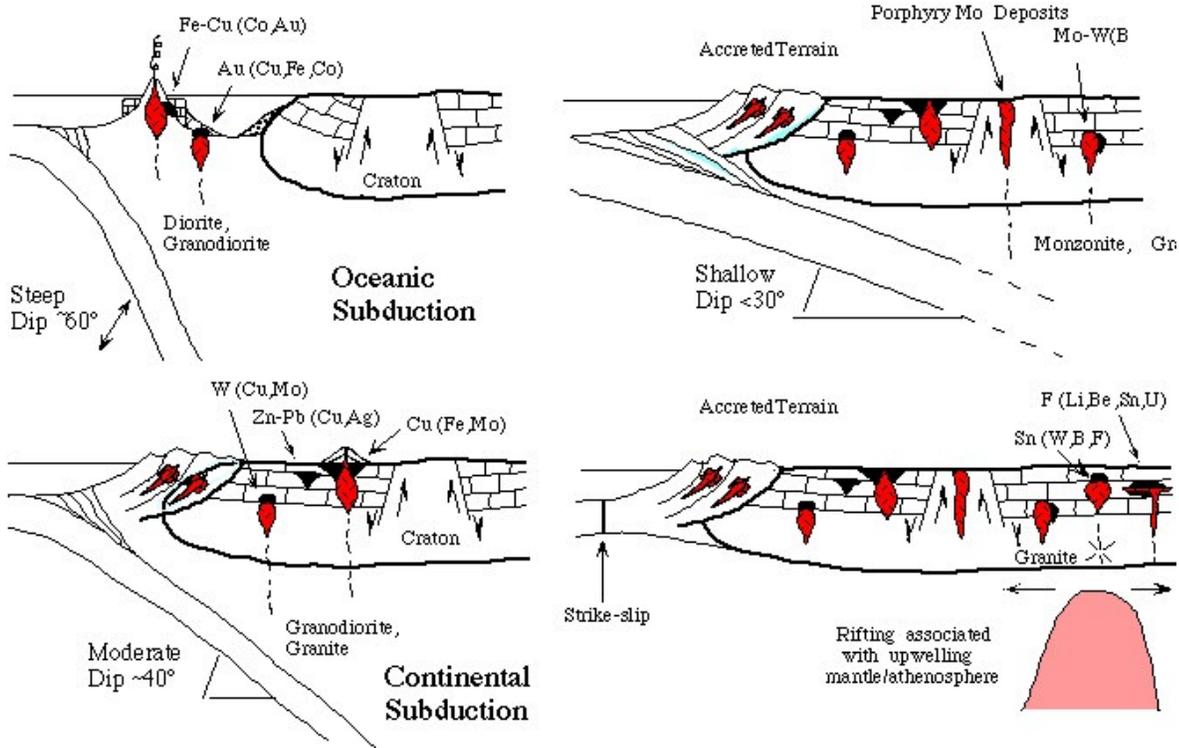


Figura 2 – Ambientes geotectónicos para as diferentes subclasses de jazigos do tipo skarn associados a magmatismo (Meinert, 1992)

Tabela 2 – Características das principais subclasses de jazigos do tipo skarn (Ray e Webster, 1991)

Exoskarn Composition and Main Gangue Mineralogy of Calcic Skarn Deposit Subclasses

Type	Iron	Tungsten	Copper	Zinc-lead	Tin-tungsten	Gold
Exoskarn composition	High Fe Low S, Mn	High Al, Fe Low S	High Fe, S Low Al, Mn	High Fe, Mn, S Low Al	High Al, F Low Fe, S	High Fe, S Low Mn
Early minerals	Ferrosalite (Hd20-80), grandite (Ad20-95), epidote, magnetite	Ferrosalite-hedenbergite (Hd60-90, Jo5-20), grandite (Ad10-50), vesuvianite, wollastonite	Andradite (Ad60-100), diopside (Hd5-50), wollastonite	Manganooan hedenbergite (Hd30-90, Jo10-40), andraditic garnet (Ad20-100, Spess 2-10), bustamite, rhodonite	Vesuvianite, spess-rich grandite, Sn andrad, malaya, danbur, datolite	Ferrosalite-hedenbergite (Hd10-100), orthoclase, wollastonite, biotite, epidote,
Late minerals	Amphibole, chlorite, ilvaite, epidote.	Spessartine (5-35), almandine (5-40), grandite, biotite, hornblende, plagioclase.	Actinolite, (chlorite, montmorill.)	Mn actin, ilvaite, chlorite, dannemor, rhodochr	Amphibole, mica, chlorite, tourm, fluo	Amphibole, prehnite, chlorite, scapolite,

Abbreviations: actin=actinolite; Ad=andradite; amphi=amphiboles; andrad=andradite; danbur= danburite; dannemor= dannemorite; fluo=fluorite; Hd=hedenbergite; Jo=johannsenite; malaya=malayite; montmorill=montmorillonite; rhodochr=rhodochrosite; spess=spessartine; tourm=tourmaline. After Einaudi *et al.*, 1981; Einaudi and Burt, 1982; Meinert, 1989; Ray *et al.*, 1988, 1990.

Tabela 2 – Continuação (Ray e Webster, 1991)

Characteristics of Major Skarn Deposit Subclasses

Type	Tungsten (calcic)	Tin (calcic)	Tin (magnesian)	Copper (calcic)	Zinc-lead (calcic)
Metal association (minor metals)	W,Mo,Cu (Zn,Bi)	Sn,F (Be,W)	Sn,F (Be,B)	Cu (Mo,W,Zn)	Zn,Pb,Ag (Cu,W)
Tectonic setting	Continental margin Late orogenic	Continental margin Late to post-orogenic	Continental margin Late to post-orogenic	Continental margin Late orogenic	Continental margin Late orogenic
Associated intrusive rocks	Quartz diorite, quartz monzonite	Granite	Granite	Granodiorite to quartz monzonite	Granodiorite to granite, diorite to syenite; plutons commonly absent
Intrusive morphology	Batholiths	Stocks, batholiths	Stocks, batholiths	Stocks, dikes, breccia pipes	Large stocks, to dikes — if present
Intrusive alteration	Local mica, calcite, pyrite endoskarn	Greisen	Greisen	Local endoskarn, K-silicate, sericitic	Extensive endoskarn
Ore mineralogy	Scheelite, molybdenite, chalcopyrite, pyrrhotite, pyrite	Cassiterite, arsenopyrite, stannite, pyrrhotite	Cassiterite, minor arsenopyrite, stannite, sphalerite, pyrrhotite	Chalcopyrite, bornite, pyrite, hematite, magnetite	Sphalerite, galena, chalcopyrite, arsenopyrite
Typical size (million tonnes)	0.1–2	0.1–3	1	1–100	0.2–3
Typical grade	0.7% WO ₃	0.1–0.7% Sn	1% Sn	1–2% Cu	9% Zn, 6% Pb, 170 g/t Ag

Type	Molybdenum (calcic)	Iron (magnesian)	Iron (calcic)	Gold
Metal association (minor metals)	Mo,W (Cu,Bi,Zn)	Fe (Cu,Zn)	Fe (Cu,Co,Au)	Au (Cu,Bi,Te,As,Co)
Tectonic setting	Continental margin Late orogenic	Syn-orogenic	Oceanic island arc; rifted continental margins	Oceanic island arc; rifted back-arc basin margins
Associated intrusive rocks	Quartz monzonite to granite	Granodiorite to granite	Gabbro to syenite, mostly diorite	Gabbro to granodiorite mostly diorite-quartz diorite
Intrusive morphology	Stocks	Small stocks, dikes, sills	Large to small stocks, dikes	Stocks, sills and dikes
Intrusive alteration	Quartz veins, K-silicate	Minor endoskarn, propylitic	Extensive endoskarn Na-silicates	Moderate endoskarn K-silicates
Ore mineralogy	Molybdenite, scheelite, bismuthinite, pyrite, chalcopyrite	Magnetite, pyrite, chalcopyrite, sphalerite, pyrrhotite	Magnetite, chalcopyrite, cobaltite, pyrrhotite	Native gold, chalcopyrite, pyrrhotite, arsenopyrite, tellurides, bismuthinite, pyrite
Typical size (million tonnes)	0.1–2	5–200	5–150	0.4–10
Typical grade	0.1–2% MoS ₂	40% Fe	40% Fe	2–15 g/t Au (Average worldwide 4.5 g/t Au)

 After Einaudi *et al.*, 1981; Einaudi and Burt, 1982; Meinert 1989; Ray *et al.*, 1988, 1990.

5. Referências bibliográficas

- Burt, D. M. (1982). Skarn deposits - historical bibliography through 1970. *Economic Geology*, v. 77, p. 755-763.
- Einaudi, M. T., Burt, D.M. (1982). Introduction - terminology, classification, and composition of skarn deposits. *Economic Geology*, v. 77. p. 745-754.
- Einaudi, M. T., Meinert, L.D., Newberry, R.J. (1981). Skarn Deposits. *Economic Geology*, 75th Anniversary Volume, p. 317-391.
- Meinert, L. D. (1992). Skarns and skarn deposits. *Geoscience Canada*, v.10 (4), p.145-162.
- Meinert, L. D. (1997). Application of skarn deposit zonation models to mineral exploration. *Explor. Mining Geol.*, v. 6, p. 185-208.
- Ray, G. E. and Webster, E. L. (1991b). An Overview of Skarn Deposits; in Ore Deposits, Tectonics and Metallogeny in the Canadian Cordillera; B. C. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, Paper1991-4, p 213-252.
- Zharikov, V.A. (1970). Skarns. *International Geology Review*. v. 12, p. 541-559, 619-647, 760-775.

Link: <http://www.wsu.edu:8080/~meinert/aboutskarn.html>

6. Questionário

Skarns de Fe

Corujeiras, Portugal

- 1- As amostras CORV-5B e CORV-5C (inclui lâminas delgadas) representam exemplares de endoskarn. Quais os 2 minerais anidros principais e a sua possível composição?
- 2- As amostras CORV-4A e CORV-4B representam alteração incipiente da rocha carbonatada. Caracterize a sua mineralogia anidra e hidratada e indique a sua possível composição.
- 3- As amostras COR-2, COR-5, e COR-4 representam, grosso modo, a sequência evolutiva do sistema mineralizado. Caracterize os minerais opacos e transparentes.
- 4- Comente a afirmação: A amostra COR-6 representa um estágio tardio de oxidação do minério de Fe comente.
- 5- Classifique o skarn usando os critérios mineralógicos referidos no ponto 2 desta UTP, e faça um esquema da zonação deste depósito localizando cada uma das amostras.

Mina de Cala, Espanha

- 6- Descreva a textura, a mineralogia e indique a possível composição dos minerais da amostra CALA-1.
- 7- A amostra CALA-2 é constituída essencialmente por piroxena e granada. Caracterize a sua textura. Qual dos dois minerais se formou primeiro. O que sucedeu no contacto dos 2 minerais?
- 8- A amostra CALA-6 (inclui lâmina) representa um skarn de reação ou corneana calcossilicatada bandada cujo protólito esta representado pela amostra CALA-7. Identifique os minerais dominantes em cada uma das bandas da amostra CALA-6.
- 9- As amostras CALA-3 e CALA-4 representa o minério maciço. Caracterize-as do ponto de vista mineralógico.
- 10- A amostra CALA-5 representa um estágio tardio de oxidação. Descreva-a.

11- Compare e contraste o depósito das Corujeiras com a mina de Cala.

Skarns de W

Barca de Alva, Portugal

- 12- A amostra BD-16 (inclui lâmina delgada) representa 2 periodos de alteração retrógrada distintos dos skarns de Barca de Alva. Caracterize textural e mineralogicamente cada um destes episódios. A sceelite ocorre associada a que paragénese? Qual dos estádios é mais tardio?
- 13- As amostras BD-12b (lâmina), BD-19, BD-18 (lâmina) e BD-22 (inclui lâminas) representam o minério de Barca de Alva. Caracterize a paragénese e indique a sequência de deposição dos vários minerais
- 14- A amostra BD-30 corresponde a um "boudin" de um skarn de reacção ou skarnóide. Correlacione as diferentes bandas com os minerais dominantes em lâmina.
- 15- Dê uma possível explicação para a ausência de granadas neste jazigo. Caso estas existissem qual seria a sua possível composição.

Skarns de Zn

Elba, Itália

- 16- Qual o mineral dominante na amostra Elba-1. Qual a sua possível composição?
- 17- A amostra Elba-2 é constituída essencialmente por piroxena e ilvaite ($\text{CaFe}^{2+}_2\text{Fe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_7\text{O}(\text{OH})$). Caracterize a piroxena e identifique os minerais opacos presentes. Qual a possível composição desta piroxena.
- 18- A amostra Elba-3 representa uma zona distal do sistema. Descreva a sua textura e composição mineralógica.
- 19- Identifique e caracterize o cristal que constitui quase exclusivamente a amostra Elba-4
- 20- Descreva a textura da piroxena castanha da amostra Elba-5. Qual a sua possível composição?
- 21- A amostra Elba-6 corresponde a uma zona mineralizada. Caracterize-a do ponto de vista textural e mineralógico.

Bismarck, México

- 22- Caracterize os minerais opacos e transparentes das amostras 507, 570-157 e 613-487.5 (inclui lâminas).
- 23- Caracterize a amostra 307-228.
- 24- As minas de Bismarck e de Elba representam um mesmo tipo de mineralização formadas sob condições de oxidação muito diferentes. Comente a afirmação tendo em conta as diferenças mineralógicas que observou.
- 25- Imagine que as amostras de Elba e Bismarck faziam parte do mesmo sistema mineralizado. Faça um esquema do zonamento químico-mineralógico desse possível sistema, tendo em linha de conta não só a composição mineralógica das diferentes zonas mas a extensão relativa de cada zona. Justifique.

Skarns de Au

Crown Jewel, EUA

- 26- As amostras 208-123, CJ-12, CJ-13, representam diferentes aspectos do skarn piroxénico de Crown Jewel. Qual a composição aproximada das piroxenas em cada amostra? Faça um esquema da possível localização destas amostras relativamente á fonte dos fluidos.
- 27- A amostra 199-348 representa um skarn piroxénico do Jazigo de Crown Jewel em contacto com um veio de quartzo. Identifique o mineral opaco mais abundante e a zona em que ocorre.
- 28- As amostras CJ-9 e CJ-8 representam aspectos texturais característicos do jazigo de Crown Jewel. Descreva a sua textura e mineralogia.
- 29- Caracterize os minerais opacos das superfícies polidas 198-213 e 205-384.
- 30- Identifique o mineral opaco da amostra CJ-10.