

## **II. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO**

### **II.1. Ciclo Varisco**

#### **II.1.1. Ciclo varisco (ZCI) e tectónica de placas**

O ciclo Varisco da Zona Centro Ibérica (ZCI) inicia-se com a destruição da Cadeia Cadomiana, pela abertura, a partir do Câmbrico inferior, de um sulco intracontinental (estiramento crustal e subsidiência da zona Centro-Ibérica) onde se depositou o Complexo Xisto-Grauváquico (CXG). No decurso da deposição sedimentar deu-se o estiramento do soco Precâmbrico, acompanhado de subsidiência na zona estirada enquanto nos bordos, não estirados, sedimentavam séries de plataforma, menos espessas (Ferreira *et al.*, 1987). O estiramento do soco foi acompanhado pelo aparecimento de falhamentos lítricos que condicionaram a abertura das bacias.

A grande extensão da fossa Câmbrica e a escassez de rochas máficas faz prever que o afastamento dos dois bordos da fossa foi muito lento e com um comportamento dúctil do soco, tendo, assim, permitido um importante reequilíbrio térmico da zona de subsidiência (Ferreira *et al.*, 1987).

No final do Câmbrico superior o regime de adelgaçamento da litosfera passa a ter uma forte componente de transformante dextra, que conduz, no W peninsular, à:

- (i) reactivação da faixa de cisalhamento de Porto-Tomar de idade Proterozóica média-superior (Gama Pereira & Macedo, 1983), designada em Chaminé (2000) por megacisalhamento (interplaca) de Porto Tomar;
- (ii) reactivação da zona de cisalhamento intraplaca Tomar-Badajoz-Córdoba (Lefort & Ribeiro, 1980);
- (iii) génese das dobras sardas (Ribeiro, 1984);

Estes movimentos da fase Sarda, por um lado, colmataram rapidamente o fosso e, por outro lado, conduziram à discordância que separa o Câmbrico do Ordovícico (Ferreira *et al.*, 1987).

No Ordovícico inferior continua a fase de *rift* continental. Durante o Ordovícico dá-se uma estabilização do Fosso Centro-Ibérico, que se manifesta pelo carácter de plataforma; esta plataforma resulta do facto do limiar de adelgaçamento da crosta ter sido ultrapassado e, deste modo, à divergência corresponder não subsidiência, mas sim levantamento, uma vez que o aumento médio da temperatura devido à subida do limite litosfera-astenosfera induz uma expansão térmica que predomina sobre o efeito de adelgaçamento da crosta (Ribeiro, 1984).

No Ordovícico Superior é que se deve ter iniciado a abertura de um oceano varisco (*Rheic* ou um seu ramo secundário) que prosseguiu até ao Devónico inferior (Ribeiro, 1984).

No Silúrico, a placa *Armorica* individualiza-se deslocando-se no sentido das placas *Laurentia* e *Baltica*, enquanto a placa *Gondwana* se mantém aproximadamente estacionária (Perroud & Bonhommet, 1981; Marsaglia & Klein, 1983). Por sua vez, a abertura do Paleotethys [entre os microcontinentes que, no conjunto, definem a *Armorica* e o *Gondwana* (Pereira, 1988)] está concluída no Silúrico Superior ou no Devónico Inferior – figura II.1 (Ribeiro & Ribeiro, 1982; Pereira, 1985; Ribeiro *et al.*, 1985, Ribeiro *et al.*, 1990).

O Devónico inferior é caracterizado por um processo de *rifting*, cuja manifestação é um conjunto de bacias *pull-apart*, que definiriam, a Norte, as margens do *Rheic* (Badham, 1982). É, também, neste período que o oceano varisco, que englobava também o Fosso Centro-Ibérico, teria atingido a sua expressão máxima (Pereira, 1988).

A convergência entre as placas *Laurentia-Baltica*, *Armorica* e *Gondwana* (Ribeiro *et al.*, 1983), no Devónico médio, inicia o fecho do ramo Norte do *Rheic* e caracteriza-se pela inversão do regime tectónico de extensão, até aí vigente, para um regime tectónico de compressão. Autores como Cocks & Fortey (1988) e Scotese & McKerrow (1990), defendem que a convergência da litosfera oceânica se inicia no Silúrico Superior - Devónico Inferior. Uma consequência imediata da alteração do regime tectónico foi a subducção da placa oceânica para o interior do arco e o início da formação da *flake tectonics* (Iglesias *et al.*, 1983; Ribeiro, 1984).

No Devónico superior consuma-se o fecho do ramo Norte do *Rheic*, tendo a colisão continental promovido, na Península Ibérica, o empilhamento e o deslocamento dos mantos de carreamento do alóctone, induzindo a sua deformação e, em simultâneo, a do autóctone (Iglesias

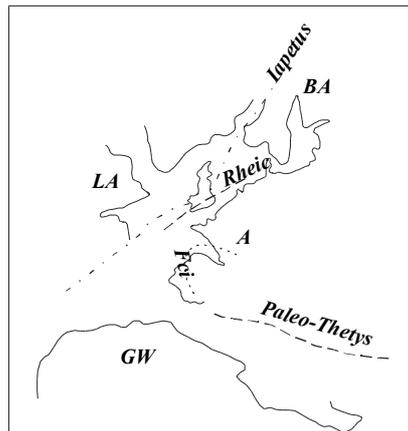


Figura II.1 – Reconstituição paleogeográfica do Devónico Inferior com o posicionamento dos Oceanos. Modificado de Pereira (1988). A – Armórica; BA – Báltica; Fci – Fosso Centro-Ibérico; GW – Gondwana; LA – Laurentia.

*et al.*, 1983; Pereira, 1988). Seria, então, neste período que o processo de formação e evolução da *flake tectonics* estaria concluído (Ribeiro *et al.*, 1985).

Na opinião de Shelley & Bossière (2000), o oceano *Rheic* teria fechado mais por ter sido deslocado lateralmente entre a placa *Gondwana* e a placa Baltica-Avalonia Oriental (figura II.2), do que por convergência entre as placas. Os mesmos autores consideram que a orogenia hercínica franco-ibérica *Gondwanica* desenrolou-se durante uma transpressão dextrógira maciça, na qual a placa *Laurentia* cisalhou ao longo da margem do *Gondwana* (figura II.2), conduzindo à formação da *Pangeia*.

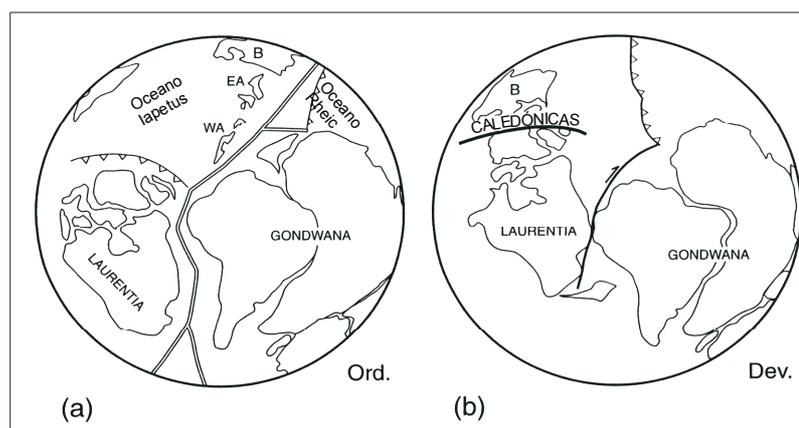


Figura II.2 – Distribuição das massas continentais no (a) Ordovícico e (b) Devónico de acordo com Dalziel (1997) e Dalziel *et al.* (1994). B – Baltica; EA – Avalónia Oriental; WE – Avalónia Ocidental. Adaptado de Shelley & Bossière (2000).

Terminado o processo de evolução da *flake tectonics*, é no Carbónico inferior que os ramos NE e SW da Cadeia Varisca Ibérica são soldados ao longo da linha de sutura que constitui o contacto entre a ZCI e a Zona Sul Portuguesa (ZSP), gerando-se no interior desta o cisalhamento de Tomar-Badajoz-Cordoba, com componente desligante esquerda, dado que a colisão era provavelmente oblíqua (Ribeiro, 1984). No Vestefaliano a colisão é completa, sendo as fases posteriores da orogenia Varisca marcadas pela geração de zonas de cisalhamento intracrustais, primeiro dúcteis e depois frágeis (Ribeiro, 1984).

Na figura.II.3 apresenta-se um esquema, em corte, simplificado do modelo de evolução geodinâmica para o NW Peninsular.

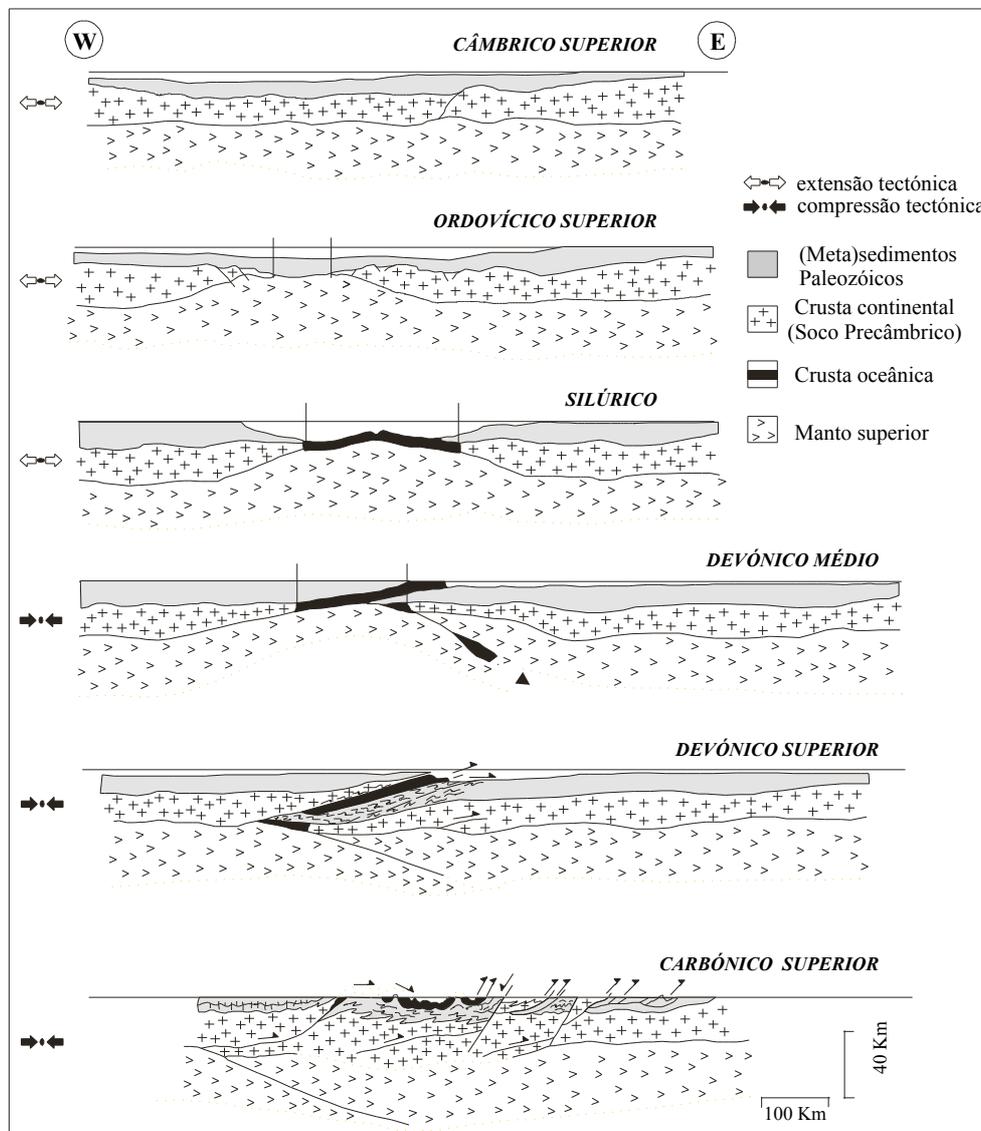


Figura.II.3- Esquema simplificado do modelo de evolução geodinâmica para o NW Peninsular (modificado de Iglesias *et al.*, 1983).

## II.1.2. Arco Ibero-Armoricano

### II.1.2.1. Caracterização geométrico-estrutural

O Arco Ibero-Armoricano é formado pela associação de um segmento completo e bem exposto - Arco Ibérico com o Ramo Armoricano, definindo uma virgação com convexidade para W (Iglesias *et al.*,1983).

A presença de grandes mantos de carreamento tem sido evidenciada tanto nas regiões externas da cadeia hercínica como nas regiões internas de vários maciços. Matte e Hirn (1988) têm trazido a lume factos que favorecem o aparecimento destas estruturas (quer intracrustais, quer inter crusta-manto). Os cavalgamentos podem ser observados em ambos os lados da cadeia, no entanto, o seu desenvolvimento parece ser superior na região interna do Arco (figura II.4).

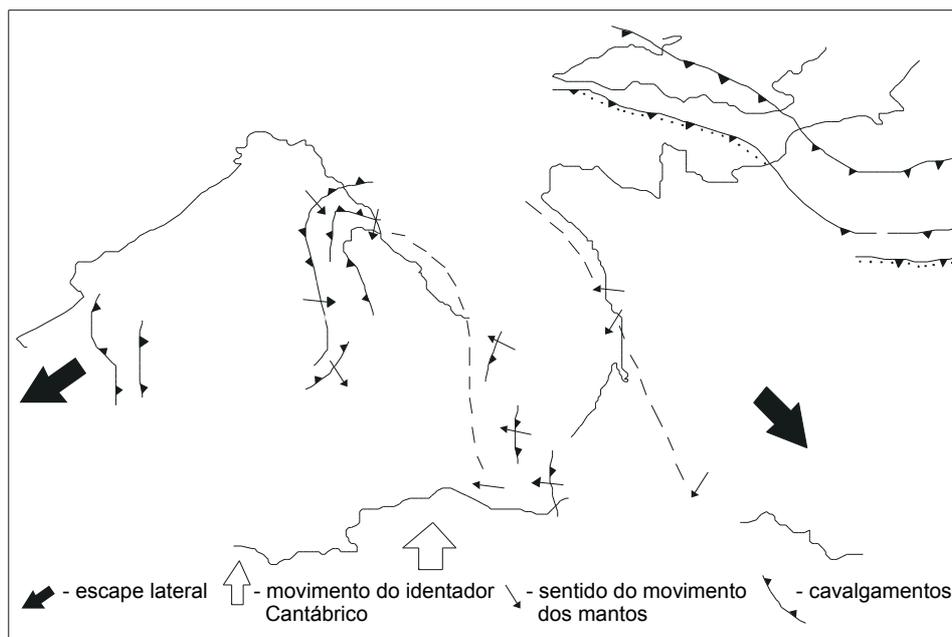


Figura II.4 - Cavalgamentos no Arco Ibero-Armoricano (adaptado de Matte, 1986).

No arco Ibero-Armoricano as principais falhas e zonas de cisalhamento dispõem-se assimetricamente (figura II.5), sendo no maciço Armoricano dextróginas com movimentos na ordem dos 200 km (Berthé *et al.*,1979; Vigneresse, 1987), enquanto que no maciço Ibérico, as mais importantes, são essencialmente sinestróginas e subparalelas à direcção da cadeia (Burg *et al.*, 1987). É de notar, contudo, que a importante faixa de cisalhamento de Porto-Tomar, que

materializa o ramo Sudoeste do Arco Ibero-Armoricano (Dias & Ribeiro, 1995; Ribeiro *et al.*, 1995) e que, na opinião de Chaminé (2000), constitui uma zona de sutura enquadrada numa zona de subducção (num contexto de placas convergentes), possui movimentação dextrógira.

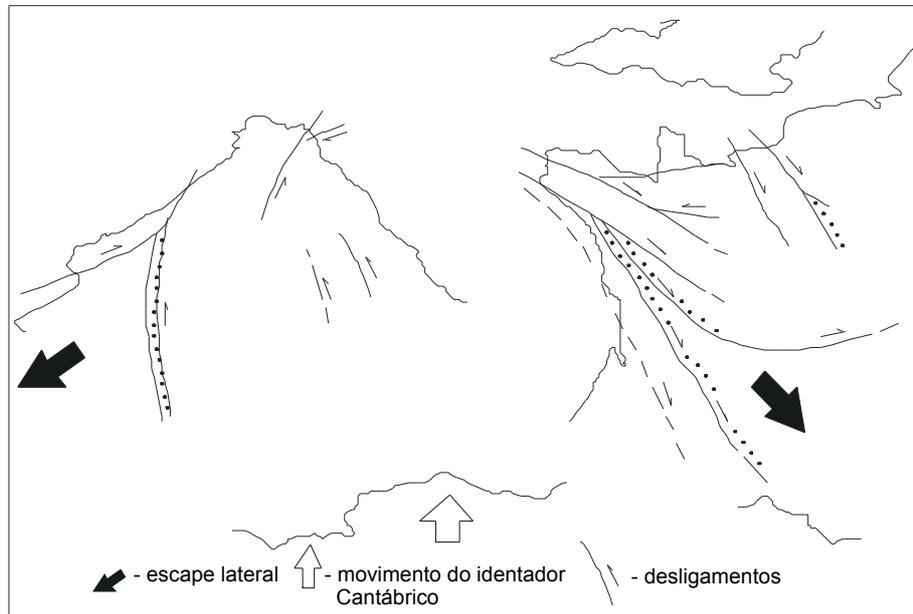


Figura.II. 5- Desligamentos do Arco Ibero-Armoricano (adaptado de Matte, 1986).

Do acima explanado pode ficar a ideia de que o mesmo tipo de estruturas, tanto no ramo Norte como no ramo Sul do Arco Ibero-Armoricano, seriam contemporâneas, todavia não o são, assim, *e.g.*, os cavalgamentos do ramo Norte e os cavalgamentos do ramo Sul geraram-se, respectivamente, no Devónico Superior e no Carbónico Médio/Superior (Dias & Ribeiro, 1995).

#### II.1.2.2. Génese do Arco Ibero-Armoricano

Vários modelos de génese e evolução geodinâmica da cadeia hercínica europeia, e em particular do Arco Ibero-Armoricano, têm sido propostos nas últimas décadas, de modo que convirá referir alguns deles, se bem que sucintamente.

#### **Modelo de Riding (1974) e Badham e Halls (1975)**

Este modelo propõe a existência de uma microplaca ibérica delimitada a N e S por zonas de colisão oblíquas e por uma zona de colisão frontal para W (figura II.6).

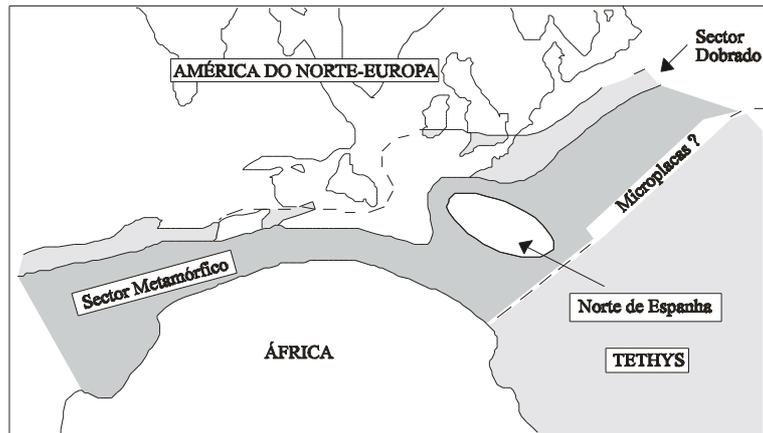


Figura II.6- Modelo de Riding (adaptado de Riding, 1974).

Teríamos então, em conformidade com esta hipótese, que o Arco Ibero-Armoricano resultaria da colisão entre uma microplaca europeia meridional e uma margem continental curvada, na qual se teria incorporado (figura II.7).

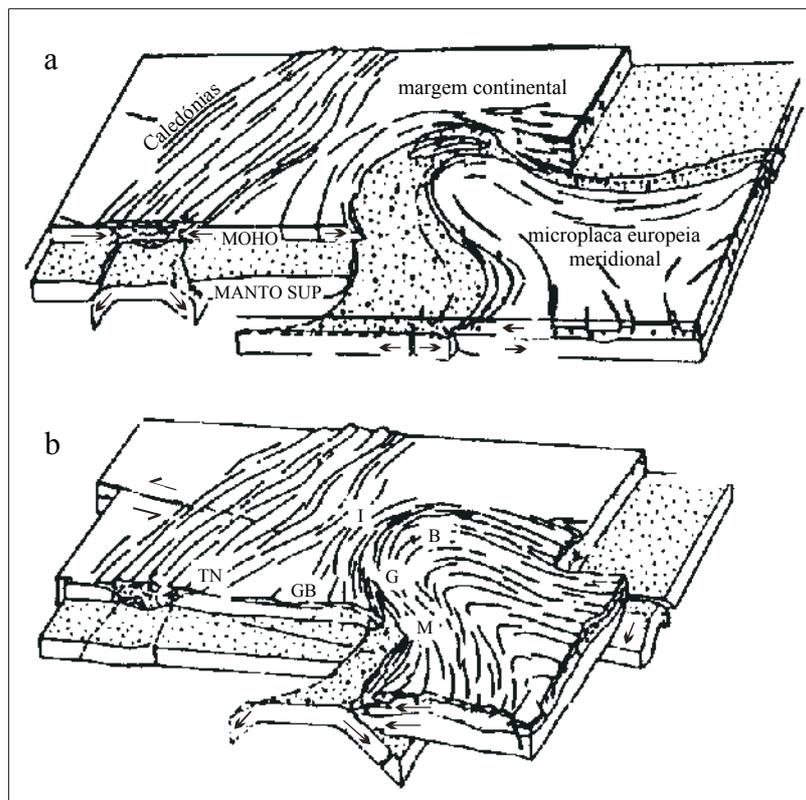


Figura II.7 – Génese do Arco Ibero-Armoricano. a– Devónico. b–Carbónico superior. TN– Terra Nova. GB– Grã-Bretanha. I– Sul da Irlanda. B– Bretanha. G– Galiza. M– Serra Morena (adaptado de Bard, 1971).

### **Modelo de Matte e Ribeiro (1975); Ribeiro (1978)**

Contrariamente ao modelo anterior e a outros que se lhe assemelham, o presente modelo indica o soco Cantábrico como o responsável pela formação da virgação Ibero-Armoricana (figura II.8), conseguindo, também, explicar as semelhanças paleogeográficas entre o Paleozóico Inferior da zona Cantábrica e Oeste Astúrico-Leonesa (Dias, 1986). O modelo caracteriza, ainda, a direcção de alongamento máximo finito relativamente ao dobramento como sendo perpendicular no centro da virgação e paralela nos dois braços do Arco.

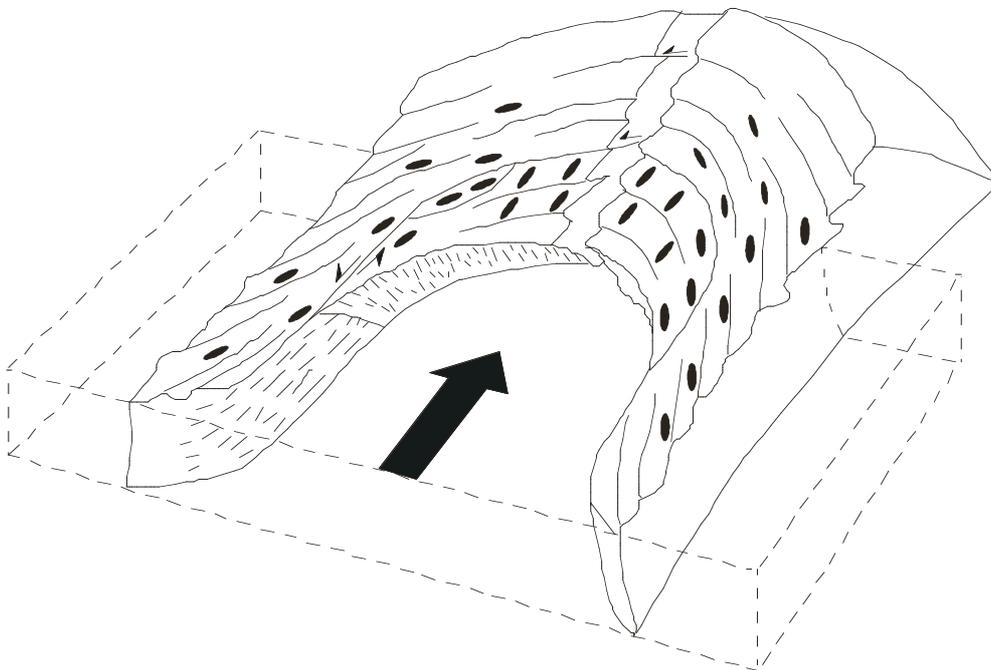


Figura II.8- Gênese da virgação ibero-armoricana por indentação do bloco Cantábrico (adaptado de Matte e Ribeiro, 1975).

### **Modelo de Brun e Burg (1982)**

Este modelo descreve a evolução geodinâmica do Arco em quatro partes correspondentes a quatro períodos geológicos distintos (Figura II.9). No Ordovícico superior (Figura II.9.a) formou-se uma zona de subducção intra-oceânica, com direcção, aproximadamente, E-W e mergulho para N, limitada a W por uma falha transformante esquerda; é provável que um arco vulcânico e uma bacia (*back arc basin*) se tenham, também, formado. No Silúrico começou a obducção do arco vulcânico (Figura II.9.b). No Devónico inferior

(Figura II.9.c) verificou-se a colisão dos dois continentes. É, nesse momento, que a interação entre as falhas transformantes e os cavalgamentos intracontinentais se torna efectiva. Os movimentos relativos entre os dois continentes, inicialmente transversais, evoluem para movimentos longitudinais sinestrógiros, reactivando os planos de cavalgamento primários. Após o Devónico superior e durante o Carbónico (Figura II.9.d), a deformação é tipicamente intracontinental e a curvatura do Arco incrementa-se até à ocorrência de cavalgamentos na sua parte interna, com desenvolvimento de uma rede de desligamentos conjugados tardios, que são essencialmente dextrógiros na Bretanha e sinestrógiros na Península Ibérica.

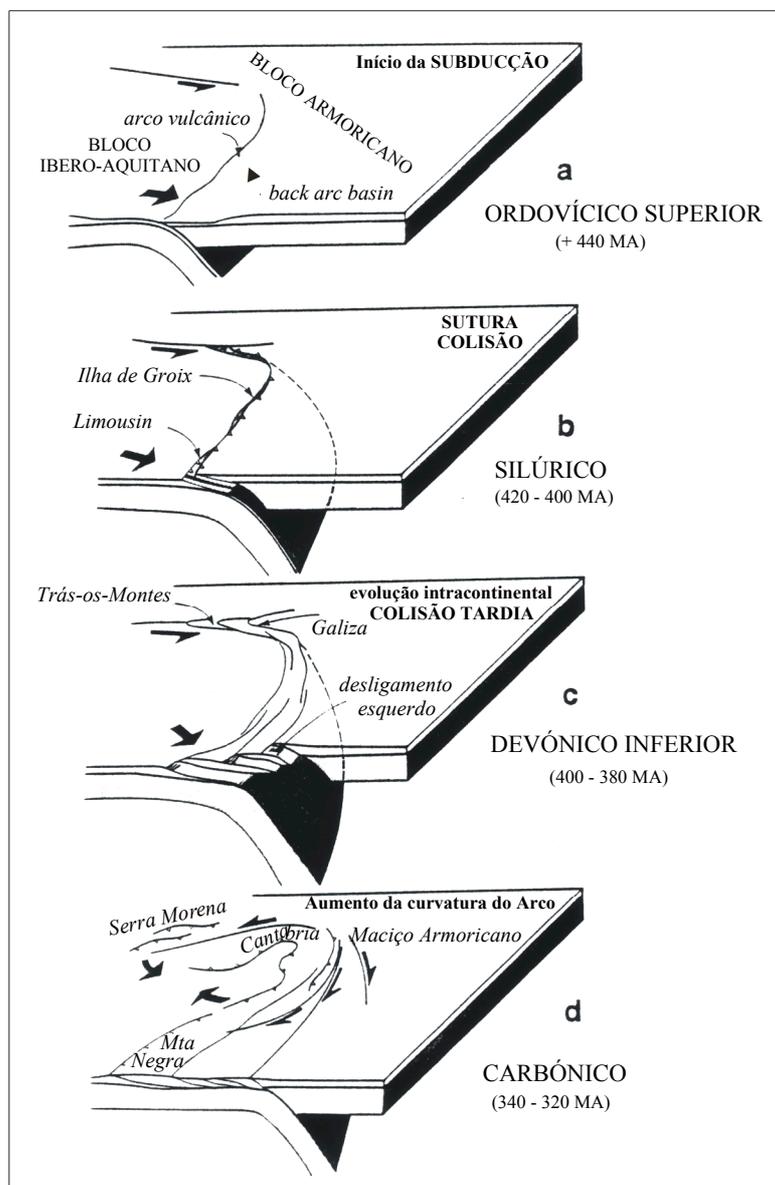


Figura II.9 – Evolução geodinâmica do Arco Ibero-Armoricano (adaptado de Burg *et al.*, 1987).

### Modelo de Lorenz e Nicolls (1984)

Este modelo prevê a existência de um continente - placa setentrional (América do Norte-Europa) com uma frente de colisão irregular, enquanto que a placa sul europeia é composta por duas zonas de subducção, provavelmente nesta altura não activas em simultâneo (figura II.10.a).

Após a colisão verifica-se que as atitudes estruturais da Europa meridional (Europa do Sul) estão dependentes das irregularidades da frente de dobramento setentrional, visto as primeiras serem sub-paralelas às segundas. O aparecimento de grandes arcos é o produto final da deformação interna da placa da Europa do Sul aquando do processo colisional (figura II.10.b).

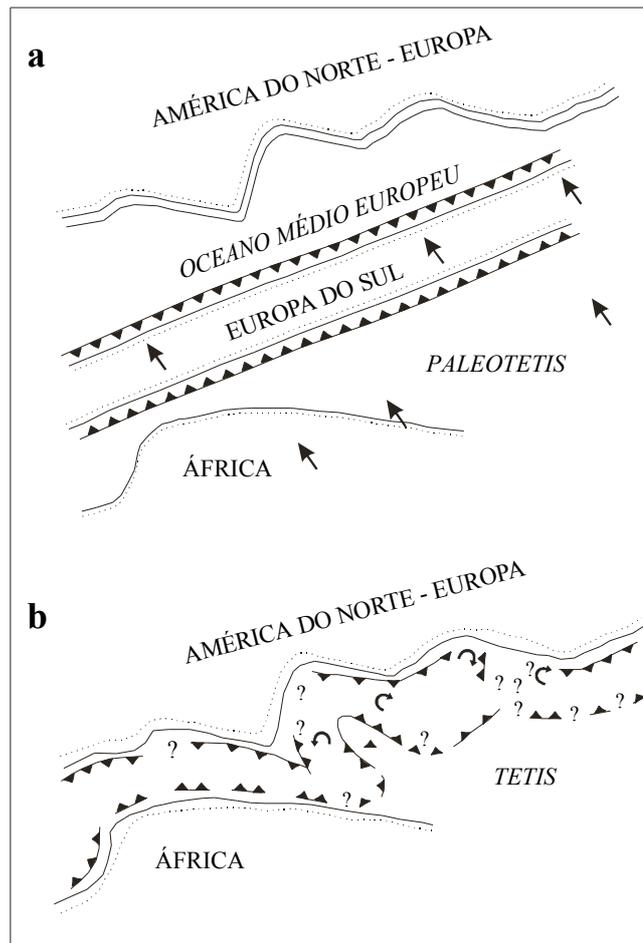


Figura II.10- Mapa esquemático da Europa meridional: (a) no período pré-colisional e (b) perto do final da colisão intercontinental. As setas rectas indicam o sentido de movimento das placas e as setas curvas indicam o sentido de rotação das sub-placas (adaptado de Lorenz e Nicolls, 1984).

### **Modelo de Matte (1986), Burg et al. (1987) e Neugebauer (1989)**

Este modelo não traz nada de verdadeiramente inovador, situando-se no âmbito dos processos geotectónicos clássicos, os quais tendem para um modelo colisional mais ou menos complexo. Como resultado desta colisão o Arco Ibero-Armoricano teria a configuração estrutural representada na figura II.4 e na figura II.5.

### **Modelo de Dias e Ribeiro (1995)**

Segundo este modelo, durante o Devónico, a Ibéria deslocou-se para Norte (relativamente ao actual posicionamento da Europa Central e do Norte, que se considera mais ou menos estável) produzindo uma colisão oblíqua na parte Sul do *Rheic* e uma colisão quase ortogonal a Norte deste oceano (figura II.11.a), tendo como consequência a génese de estruturas diversas em ambos os ramos do Arco Ibero-Armoricano (figura II.11.b). No Carbónico, a colisão com a margem irregular da Laurasia induziu a rotação do identador Cantábrico (figura II.11.c) causando uma modificação no regime de deformação do Arco: enquanto que no ramo Norte os desligamentos predominam, na Ibéria são os cavalgamentos as estruturas predominantes (figura II.11.d).

### **Modelo de Shelley e Bossière (2000)**

Este modelo preconiza o envolvimento por terrenos variscos de um bloco crustal rígido. O Arco é visto como uma estrutura gerada por cisalhamento direito à volta da Ibéria, e cujas componentes convergentes da transpressão causam zonas de cisalhamento que envolvem a massa ibérica rígida. Na Ibéria, o cisalhamento direito é representado pela zona de cisalhamento Porto-Tomar, enquanto que na Armorica é representado pelas zonas de cisalhamento Armoricanas. Este modelo não exclui a indentação, de facto, as componentes convergentes da transpressão provavelmente envolvem algum grau de indentação do bloco rígido ibérico, síncrono do cisalhamento direito. Os autores do modelo salientam, ainda, que as estruturas E-W a NW-SE na parte ibérica do Arco são principalmente cavalgamentos e cisalhamentos esquerdos (relativamente menores) ao longo de falhas Proterozóicas e Câmbrico-Ordovícicas. Estas estruturas representariam, provavelmente, movimentos do tipo dominó que seriam síncronos do cisalhamento direito.

