

entretextos

12 A TEORIA DA DERIVA DOS CONTINENTES DE
ALFRED WEGENER NOS MANUAIS
ESCOLARES DE CIÊNCIAS NATURAIS
PORTUGUESES

Bento Cavadas & Dulce Franco

Fevereiro 2010

UNIVERSIDADE LUSÓFONA
| Instituto de Ciências da Educação



Bento Cavadas & Dulce Franco

Investigadores do CeiEF

Resumo

A TEORIA DA DERIVA DOS CONTINENTES DE ALFRED WEGENER NOS MANUAIS ESCOLARES DE CIÊNCIAS NATURAIS PORTUGUESES

A Teoria da Deriva dos Continentes, do alemão Alfred Wegener, revolucionou as Ciências da Terra no início do século XX. Este estudo, integrado num projecto de investigação mais vasto sobre manuais escolares, mostra como os autores de dois manuais de Ciências Naturais do 3.º Ciclo do Ensino Básico apresentaram essa teoria. Para tal, analisou-se a exploração dos argumentos usados para a validar, assim como a iconografia, as fontes de História da Ciência e as relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade utilizadas em seu suporte. A análise dos resultados mostrou que o percurso exploratório da Deriva dos Continentes foi semelhante, embora se tenham aferido algumas diferenças nas estratégias pedagógicas usadas para a explicar. Para sustentar a análise dos argumentos paleontológicos, paleoclimáticos, litológicos e morfológicos da Deriva dos Continentes, os autores utilizaram essencialmente ilustrações esquemáticas. O recurso à História da Ciência foi intensivo, tendo sido ainda apresentadas algumas relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade durante a exploração da teoria, num enquadramento pós-positivista da natureza da ciência.

Palavras-chave: Teoria da Deriva dos Continentes; Wegener; manuais escolares; Ciências Naturais.

Abstract

THE WEGENER'S THEORY OF CONTINENTAL DRIFT IN THE PORTUGUESE TEXTBOOKS OF NATURAL SCIENCES

The Alfred Wegener's theory of Continental Drift revolutionized the Earth Sciences at the beginning of the XX century. This study, part of a larger research project on textbooks, shows how the authors of two books of Natural Sciences of junior high school presented this theory. Therefore, we analyzed the exploitation of the arguments used to validate it, as

well as the iconography, the sources of History of Science and the relations between science, technology and society used to their aid. The results showed that the exploratory journey of Continental Drift was similar, although there are some differences in teaching strategies used to explain it. To emphasise the analysis of the palaeontological, palaeoclimatic, lithological and morphological arguments of the Continental Drift, the authors used essentially schematic illustrations. The use of History of Science was intensive and was still present some relations between science, technology and society during the exploration of the theory in a post-positivist nature of science.

Key-words: Theory of Continental Drift; Wegener; textbooks; Natural Sciences.

Wegener e a Deriva dos Continentes nos manuais

A Teoria da Deriva dos Continentes¹, elaborada pelo alemão Alfred Wegener e apresentada no livro *Entstehung der Kontinente*², foi uma revolução paradigmática da Geologia. Nesse livro, Wegener (1966, 5-21) defendeu que as massas continentais estiveram unidas num único supercontinente e que se separaram gradualmente até alcançarem as posições actuais, indo contra as concepções vigentes dos continentes estáticos e das pontes terrestres, que permitiram a migração dos seres vivos. Como apoio ao corpo teórico da sua teoria, apresentou a compilação de várias provas que mostram a deslocação das grandes massas continentais ao longo do tempo. Para defender as suas ideias, Wegener (1966, 23-145) usou dados geodésicos, geofísicos, geológicos, paleontológicos, paleoclimáticos e, ainda, argumentos morfológicos, que originaram a conhecida imagem da junção dos continentes actuais, os quais parecem se encaixar perfeitamente.

Apesar da consistência científica dos seus argumentos, as críticas à DC foram mordazes porque Wegener nunca apresentou um mecanismo convincente para a movimentação das grandes massas continentais. A sua hipótese de que os continentes se deslocavam sobre a crosta - tal como os icebergues se movimentavam nos oceanos -, em resultado da força centrífuga terrestre e do movimento das marés, nunca chegou a persuadir os seus pares (Wegener, 1966, 167-180). Todavia, embora o motor que formulou para a DC não fosse cientificamente correcto, a mesma tornou-se um facto e, mais tarde, foi aperfeiçoada pela mais abrangente Teoria da Tectónica de Placas.

De acordo com a pesquisa efectuada, constatou-se que a investigação sobre a apresentação da DC nos manuais escolares de Ciências Naturais portuguesas é incipiente. De facto, não foram identificados em Portugal muitos estudos que abordassem directamente essa relação, embora alguns investigadores se tenham cruzado com a DC nos seus trabalhos. A investigação mais relevante deve-se a Praia (1995), que se interessou pelo estudo da DC, nomeadamente quanto à sua apropriação didáctica e epistemológica na formação de professores. Destaca-se, ainda, a tese de doutoramento de José Silva (2007), na qual abordou a natureza da ciência em manuais escolares de Ciências Naturais e de

¹ A Teoria da Deriva dos Continentes será identificada pela sigla “DC”.

² Alfred Wegener apresentou a DC nesse livro, publicado pela primeira vez em 1915. Para fundamentar o corpo teórico da DC foi analisada a seguinte versão: Wegener, A. (1966). *The Origin of Continents and Oceans*. New York: Dover.

Biologia e Geologia, tendo determinado que entre os principais conteúdos em que se focalizam as propostas de exploração da natureza da Ciência, se encontram a DC e a Tectónica de placas.

A Deriva dos Continentes no Currículo Nacional do Ensino Básico

A DC é tratada na disciplina de Ciências Naturais, pertencente à área disciplinar de Ciências Físicas e Naturais do 3.º Ciclo do Ensino Básico. Segundo as *Orientações Curriculares de Ciências Físicas e Naturais*, o estudo da DC enquadra-se no tema organizador “Terra em Transformação” e no subtema “Dinâmica Interna da Terra”, na rubrica “Deriva dos continentes e tectónica de placas”³.

Nas *Orientações Curriculares*, após a exploração da importância dos fósseis para a reconstituição da história da Terra e da descrição das principais etapas dessa história, sugere-se a apresentação da DC através de estratégias de discussão. As *Orientações Curriculares* indicam que o estudo da hipótese de Wegener deve permitir o confronto entre quatro tipos de indícios (paleontológicos, paleoclimáticos, litológicos e morfológicos)⁴ que apoiam essa teoria e os principais argumentos contra a mesma.

De acordo com as mesmas *Orientações Curriculares*, o desenvolvimento dessa temática deve partir do relacionamento entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade⁵ e evidenciar o carácter dinâmico da ciência. Nesse sentido, a perspectiva CTS deverá constituir o eixo integrador e globalizante da organização, da aquisição de conhecimentos e do desenvolvimento de capacidades de pensamento.

Com base num estudo realizado por Fourez e Cabiaux (cit. por Santos, 2001a), as competências fomentadas por este processo de ensino são: (i) desenvolver a capacidade de construir modelos técnicos e científicos; (ii) perspectivar esses modelos em contexto histórico local e global; (iii) adquirir a capacidade de crítica na análise dos modelos apresentados. Para além destas considerações, o relatório da *National Science Teachers Association* (cit. por Santos, 2001b), define as características de uma literacia científica

³ Cf. Portugal. Ministério da Educação. Departamento de Educação Básica (2001). *Orientações Curriculares. Ensino Básico. 3.º Ciclo. Ciências Físicas e Naturais*. Lisboa: Editorial do Ministério da Educação, p. 18.

⁴(i) os **argumentos morfológicos** exprimem a semelhança de encaixe entre as costas de diversos continentes, em particular entre a América do Sul e a África; (ii) os **argumentos paleontológicos** mostram a ocorrência de fósseis idênticos em zonas continentais hoje separadas por oceanos; (iii) os **argumentos litológicos** evidenciam a existência de rochas semelhantes em continentes hoje distantes. Wegener provou que as rochas das costas atlânticas da América do Sul e de África tinham a mesma origem; (iv) os **argumentos paleoclimáticos** aludem à existência de marcas de depósitos glaciaários em zonas onde actualmente existem climas tropicais, como o continente africano.

⁵ A expressão “Ciência, Tecnologia e Sociedade” será identificada pela sigla “CTS”.

quando, no cidadão, são evidenciadas as seguintes competências: (i) utiliza conhecimentos no âmbito da Ciência e da Tecnologia para tomar decisões na resolução de problemas do quotidiano; (ii) diferencia argumentos para validar a informação; (iii) reconhece as limitações e as consequências do impacto desses conhecimentos científicos e tecnológicos na sociedade; (iv) relaciona as questões com aspectos políticos, económicos, morais e éticos da ciência e da tecnologia; (v) responsabiliza-se activamente na construção de acções cívicas; (vi) torna-se pró-activo na compreensão dos fenómenos naturais e sociais.

Em consonância com esses requisitos, Maria Eduarda Santos (2001a) afirma que “o cidadão deve assumir, conscientemente, a responsabilidade de orientação da sociedade” e que, na actualidade, a trilogia CTS tem assumido uma grande relevância na concepção do ensino das ciências. Sendo assim, advoga que não pode nem deve ser ignorada e que “um dos propósitos da educação CTS é promover uma alfabetização em ciência e tecnologia indispensável ao exercício de uma cidadania responsável”. Por seu lado, Martins (2002, 37-38) abordou o movimento CTS nos manuais escolares e perfilha a ideia de que é ainda uma área pouco explorada em termos de investigação didáctica.

A síntese destas perspectivas permite extrapolar que um material didáctico, cujo objectivo é apoiar os alunos na construção de aprendizagens e no desenvolvimento de competências e atitudes no âmbito CTS, deve obedecer a determinados critérios, como promover a responsabilidade, mostrar influências mútuas CTS e a sua relação com questões sociais, permitir o balanço de pontos de vista, a tomada de decisões, a resolução de problemas e conduzir a uma acção responsável.

Na sequência destas recomendações, e tendo em vista o desenvolvimento das competências específicas propostas pelo *Currículo Nacional do Ensino Básico* para as Ciências Físicas e Naturais⁶, o estudo da DC pode proporcionar aos alunos a promoção do conhecimento epistemológico, tal como consignado nas *Orientações Curriculares*⁷. Essa mais valia resulta dos manuais debaterem o processo que conduziu à génese da DC, evidenciando os seus êxitos e fracassos, assim como exporem o modo de trabalho de Wegener e a influência da sociedade sobre a ciência, numa perspectiva CTS e recorrendo a fontes da História da Ciência.

⁶ Cf. Abrantes, P. (Coord.) (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico. Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica, pp. 129-146.

⁷ Cf. *Orientações Curriculares. Ensino Básico. 3.º Ciclo. Ciências Físicas e Naturais*, p. 6.

Abordagem metodológica

Nesta investigação, procurou-se mostrar como os autores dos manuais contemporâneos de Ciências Naturais se apropriaram da DC e como a expuseram nas suas obras. Optou-se por seguir a técnica de análise de conteúdo, por se considerar a mais apropriada aos objectivos visados, e dividiu-se este estudo em quatro fases: (i) a primeira fase, heurística, correspondeu à selecção e recolha dos manuais a analisar, assim como das prescrições curriculares que nortearam a sua redacção; (ii) na segunda fase, e tendo como ponto de partida a análise das *Orientações Curriculares de Ciências Físicas e Naturais*, construiu-se uma grelha de análise da apresentação da DC nos manuais. Essa grelha circunscreveu-se ao tipo de argumentos⁸ da DC e às estratégias de que os autores usaram para os explicar, dando relevo à tipologia iconográfica⁹ que utilizaram para apoiar o desenvolvimento desses conteúdos. A grelha foi aplicada a um manual para validar e aprimorar as categorias e os parâmetros de análise inicialmente definidos; (iii) num terceiro momento aplicou-se a grelha aos manuais seleccionados; (iv) seguiu-se a quarta e última fase, que correspondeu ao registo e tratamento dos resultados. Essa análise foi feita, ainda, procurando explorar as relações CTS que os autores usaram para apresentar a DC.

O *corpus* de análise é constituído por dois manuais de Ciências Naturais do 3.º Ciclo do Ensino Básico, que correspondem às obras mais adoptadas no mercado nacional. Foram estudados os manuais *Planeta Vivo*¹⁰ (M1) e *Novo Descobrir a Terra 7*¹¹ (M2), ambos destinados ao ensino da disciplina de Ciências Naturais do 7.º ano de escolaridade. Essas obras foram redigidas em conformidade com as *Orientações Curriculares* e as competências específicas para a área curricular de Ciências Físicas e Naturais.

⁸ Os argumentos considerados foram os sugeridos nas *Orientações Curriculares*, ou seja, os paleontológicos, os paleoclimáticos, os litológicos e os morfológicos. Cf. *Orientações Curriculares. Ensino Básico. 3.º Ciclo. Ciências Físicas e Naturais*, p. 18.

⁹ A tipologia iconográfica foi baseada na apresentada na tese de doutoramento de Cavadas (2008) na qual, sintetizando algumas ideias de investigadores anteriores, se estabeleceu uma tipologia das imagens habitualmente usadas nesses manuais, classificando-as essencialmente nas categorias “fotografias”, “ilustrações”, “esquemas”, “gráficos” e “mapas”. Neste estudo, para respeitar a especificidade e a originalidade iconográfica dos manuais analisados, foi usada a seguinte variação dessa tipologia, desenvolvida por Cavadas e Guimarães (2009, p. 5): (i) fotografias; (ii) ilustrações realistas (visam representar fielmente determinado aspecto da realidade); (iii) ilustrações esquemáticas (permitem o destaque de aspectos essenciais de determinada realidade); (iv) ilustrações procedimentais (representam uma determinada etapa de uma actividade prática); (v) esquemas conceptuais (mostram a relação entre determinados termos ou fenómenos científicos); (vi) esquemas processuais (representam os passos de um determinado processo biológico); (vii) esquemas procedimentais (ilustram várias etapas de uma actividade prática).

¹⁰ Silva, A. et al. (2002). *Planeta Vivo. Terra no Espaço. Terra em Transformação. Ciências Físicas e Naturais. Ciências Naturais. 3.º Ciclo*. Porto: Porto Editora.

¹¹ Antunes, C. et al. (2006). *Novo Descobrir a Terra 7. Ciências Naturais. Ciências Físicas e Naturais. 3.º Ciclo do Ensino Básico. Terra no Espaço. Terra em Transformação*. Porto: Areal Editores.

Salienta-se que, embora os manuais actuais sejam um projecto pedagógico múltiplo, cujo livro principal é acompanhado por vários materiais de apoio (caderno de actividades, transparências, CD-rom, guia do professor, etc.), nesta investigação apenas se analisou o manual propriamente dito, nomeadamente a versão destinada somente ao professor. Contudo, foram referidos alguns materiais de apoio, quando necessários para aclarar as estratégias usadas pelos autores na apresentação da DC.

A Deriva dos Continentes nos manuais em estudo

M1 - *Planeta Vivo*

Os autores do manual *Planeta Vivo*, iniciaram a exposição da DC através da questão-problema “Como explicar a distribuição actual dos continentes?” (Silva *et al.*, 2002, 100), explorando-a com uma abordagem à História da Ciência. Referiram que as opiniões para essa distribuição se dividiam entre os imobilistas, que afirmavam que as posições dos continentes e dos oceanos se mantiveram constantes desde o seu aparecimento, e os que, como Wegener, defenderam a sua movimentação ao longo da História da Terra. A opção por esta abordagem histórica deveu-se aos autores considerarem ser “a mais interessante, inteligível e simultaneamente proporcionar aos alunos a apropriação dos aspectos importantes do trabalho científico” (Silva *et al.*, 2002, 101). Advogaram que o percurso que vai de Wegener à actualidade é um caminho cognitivo extremamente interessante e que pode ser encarado numa perspectiva de aprendizagem e de pesquisa.

Em consonância com esta óptica, iniciaram a exposição da DC propriamente dita, referindo que Wegener afirmou que os continentes actuais estariam unidos, há cerca de 250 M.a., num único supercontinente denominado Pangeia, rodeado por um único oceano designado Pantalassa. Esse supercontinente ter-se-ia fragmentado e os seus fragmentos (Laurásia e Gondwana), “como pedaços num campo de gelo quebrado” (Silva *et al.*, 2002, 101), ter-se-iam movimentado sobre o oceano, à deriva, até atingirem as posições actuais. Para esclarecerem essas afirmações, apresentaram o seguinte esquema processual:

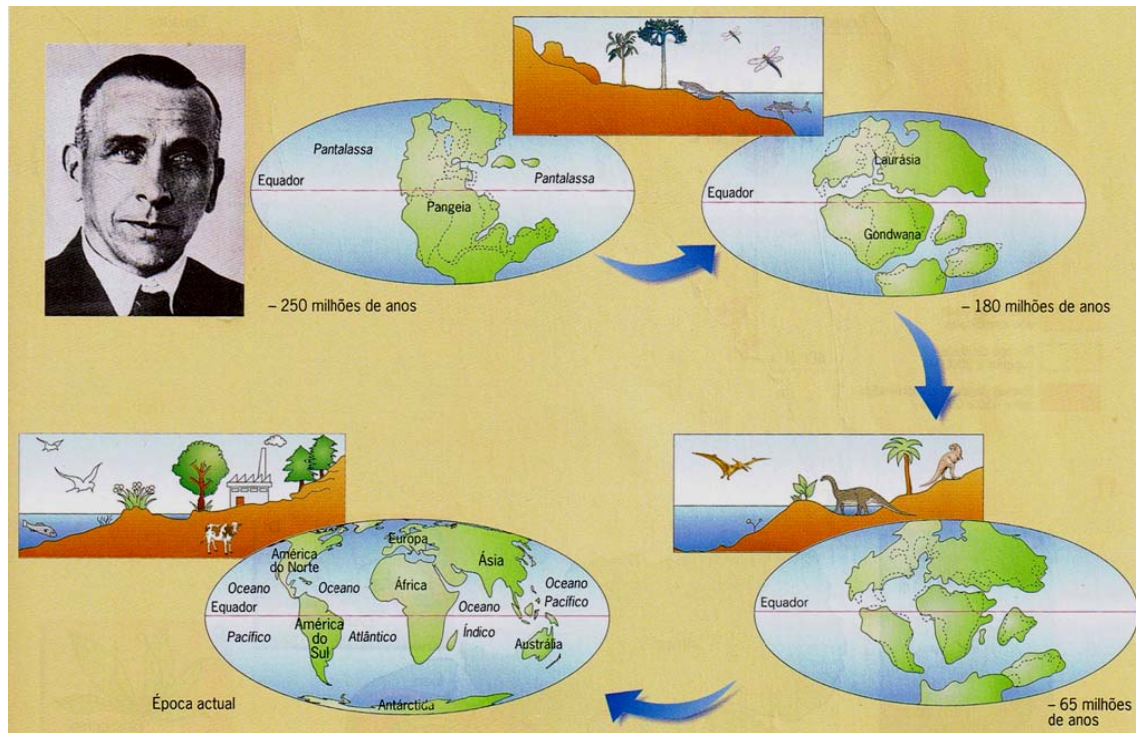


Fig.1. Esquema processual da distribuição dos continentes ao longo do tempo geológico.¹²

Note-se que nesta imagem, os autores não preferiram apresentar os argumentos morfológicos por si só - os quais foram representados no primeiro planisfério - mas associados à distribuição dos continentes em quatro momentos diferentes do tempo geológico¹³. A vantagem desta associação é proporcionar aos discentes uma visão mais dinâmica do processo de rearranjo dos continentes ao longo do tempo. Verifica-se, ainda, que uma fotografia de Wegener se associa como um elemento identificativo da teoria que se pretende desenvolver.

Continuando a sua exposição, apresentaram duas ilustrações esquemáticas (I e II)¹⁴ que ocupam toda a mancha gráfica de uma página, associados a uma actividade prática sobre os argumentos litológicos e paleontológicos. Essa actividade possui uma dupla função. Por um lado, os autores propõem aos alunos que fotocopiem a ilustração esquemática I, para recortarem os continentes, juntando-os de seguida. Nesse processo são levados a reflectir

¹² Silva *et al.*, *op. cit.*, p. 101.

¹³ Os três primeiros planisférios são semelhantes aos apresentados por Wegener no livro *The Origin of Continents and Oceans*, pp. 18-19.

¹⁴ A ilustração esquemática I mostra a representação de três tipos de rochas nos continentes africano e sul-americano, diferenciadas pela respectiva idade (rochas de idade não identificada; rochas de idade superior a 2000 M.a.; rochas de idade compreendida entre 450 e 600 M.a.).

A ilustração esquemática II representa os territórios da América do Sul, África, Antártida, Madagáscar, Índia e Austrália, unidos numa única massa, sobre a qual está representada a distribuição dos seguintes grupos de organismos: *Cynognathus* (réptil fóssil terrestre); *Mesosaurus* (réptil fóssil de água doce); *Lystrosaurus* (réptil fóssil terrestre); *Glossopteris* (feto fóssil). Esta ilustração é semelhante à apresentada na figura 4.

sobre os aspectos que apoiam a hipótese dos continentes da América do Sul e de África terem estado unidos no passado. Por outro lado, através da ilustração esquemática II, são conduzidos a aferirem as razões que levaram à distribuição dos fósseis representada. A partir destas actividades, é proporcionado aos alunos a apropriação de aspectos importantes do trabalho científico:

Foi com base em observações semelhantes às anteriormente consideradas que Wegener fundamentou a teoria da deriva dos continentes. (Silva *et al.*, 2002, 103).

Como se pode constatar pela citação anterior, nesse percurso os autores visam que os alunos adquiram a noção de que, para fundamentar uma teoria, é necessário que a mesma seja validada por dados empíricos.

De seguida, os autores fizeram uma exposição teórica dos argumentos litológicos e paleontológicos, a qual termina com a alusão à importância da apresentação das causas que promoveram a movimentação dos continentes. Contudo, sobre este assunto, apenas mencionaram que “Wegener propôs várias explicações que não foram aceites pela comunidade científica de então” (Silva *et al.*, 2002, 103). Embora aqui salientem o lado pós-positivista do processo de criação científica, ao referirem implicitamente a validação científica como um fenómeno complexo que implica a negociação e o consenso da comunidade científica da época (Silva, 2007, 317), não esclareceram devidamente *quais* foram as explicações que não conduziram a esse consenso. Sendo assim, perderam uma boa oportunidade de mostrar aos alunos a importância de uma argumentação científica sólida, a par do confronto com os dados empíricos, para a validação de uma teoria.

Após este percurso cognitivo e de construção de competências, que conduz o aluno a compreender a DC, e no qual se procurou orientá-lo para a pesquisa e aprendizagem através da realização de uma actividade prática, os autores mencionaram que, em virtude da 1.^a Grande Guerra Mundial, a teoria de Wegener ficou esquecida. Posteriormente, e num enquadramento CTS, propõem uma actividade sobre o renascimento desse debate, por volta de 1950, em resultado das tecnologias desenvolvidas durante a 2.^a Grande Guerra Mundial.

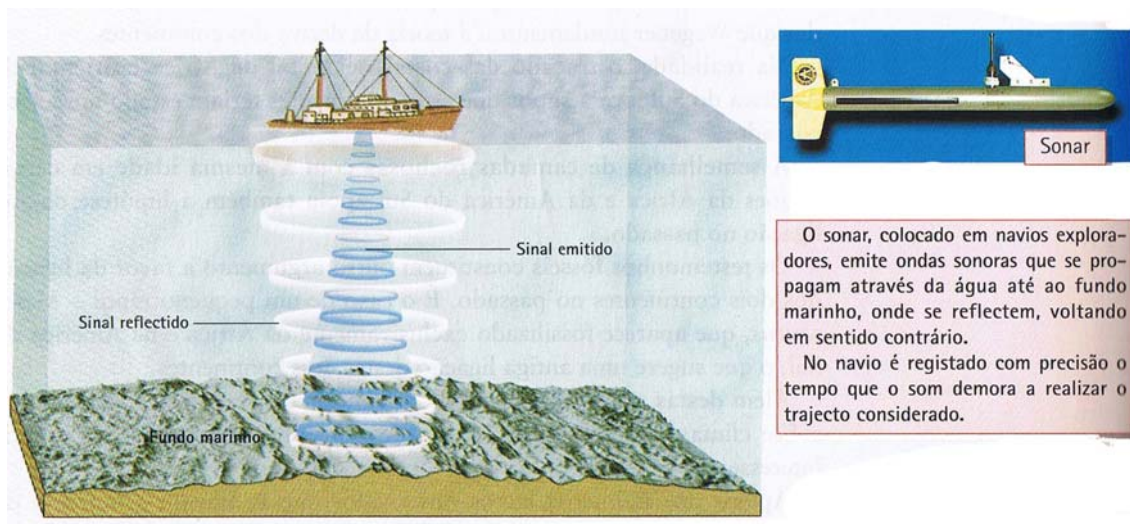


Fig.2. Ilustração esquemática da utilização do sonar como meio para a cartografia do fundo dos oceanos.¹⁵

Essa actividade simples, de papel e lápis, intitulada “Estratégia militar e ciência – que relação?”, parte da exploração de uma ilustração esquemática das potencialidades do sonar – desenvolvido inicialmente como instrumento de guerra – para a exploração e cartografia dos fundos oceânicos. Essa proposta de trabalho serve de introdução à Teoria da Tectónica das Placas, e culmina com a próxima reflexão:

O desenvolvimento de tecnologias cada vez mais sofisticadas permitiu o aprofundamento de investigações e a recolha de dados até então inacessíveis sobre os fundos oceânicos. Para além do desenvolvimento tecnológico, vão ocorrer ao nível da comunidade científica alterações muito importantes. Acentua-se o trabalho em equipa de cientistas de diferentes áreas, a partilha e a discussão mais frequente de resultados e de pesquisa. A mobilidade dos continentes, proposta por Wegener há décadas, passou a ser de novo considerada por diversos cientistas. (Silva *et al.*, 2002, 106).

Nesta actividade, os autores conciliaram duas perspectivas significativas: a importância das actividades CTS e a natureza da ciência pós-positivista. O enquadramento CTS deriva da actividade ter como ponto de partida a tecnologia militar. Essa tecnologia foi colocada ao serviço da comunidade científica para a exploração dos fundos oceânicos, com fins estratégicos, é certo, mas com consequências colaterais importantes para o avanço da Geologia. O carácter pós-positivista do contexto da actividade científica, tal como definido por José Silva (2007, 322), resulta dos autores evidenciarem que essa actividade é o resultado de um trabalho em equipa, no qual a formação específica de cada investigador é uma mais-valia no processo de construção científica. Por outro lado, o pós-positivismo da

¹⁵ Silva *et al.*, *op. cit.*, p. 104.

natureza da ciência também se expressa aquando da menção a determinados factores condicionantes da actividade dos investigadores e do percurso da ciência, neste caso, as duas Grandes Guerras Mundiais.

M2 - *Novo Descobrir a Terra 7*

No M2, os autores, no início da temática “Dinâmica interna da Terra” propuseram que os alunos, entre outros objectivos, no final do capítulo compreendessem a DC, conhecessem os argumentos a favor da DC e explicassem a razão pela qual a DC não foi aceite. Seguindo essa orientação, após contextualizarem sucintamente o assunto, iniciaram a explicação da DC. Referiram que Wegener, no início do séc. XX, propôs a movimentação dos continentes afirmando que “as massas continentais pouco densas flutuam sobre as massas oceânicas mais densas, de modo idêntico ao dos icebergues sobre a água” (Antunes *et al.*, 2006, 109). Após introduzir o estudo da hipótese de Wegener, propõem, num enquadramento da História da Ciência, o estudo de um documento de exploração intitulado “Wegener – o explorador da Gronelândia”, com o objectivo de promover um debate que reflecta as interacções CTS que condicionaram o trabalho desse pesquisador. De seguida, apresentam um esquema processual que mostra, tal como o usado pelos autores do M1, a movimentação dos continentes ao longo do tempo geológico.

Depois deste intróito indicam os quatro argumentos que Wegener propôs para defender a sua teoria. Neste caso, a apresentação dos argumentos de defesa da DC foi explorada separadamente – ao contrário da opção usada pelos autores do M1 - de forma a criar uma atmosfera de análise e de fácil compreensão do seu significado particular.

Para explorarem os argumentos morfológicos sugerem uma actividade designada “A semelhança das linhas de costa dos continentes”, na qual, a par dos autores do M1, propõem aos alunos que copiem e recortem um mapa da actual distribuição geográfica dos continentes sul-americano e africano, para ajustarem o seu contorno. O objectivo é concluir que há complementaridade entre as linhas de costa desses continentes, embora ela não seja total devido a fenómenos de erosão.

A seguir, apresentam os argumentos geológicos apoiando, com uma ilustração esquemática, uma curta explicação sobre a correspondência das rochas dos continentes afastados pelo Oceano Atlântico.

Ao contrário dos autores do M1, apresentaram os argumentos paleoclimáticos. Referiram a existência de “vestígios de glaciares (frequentes em regiões de climas frios) ou de carvão (frequentes em regiões de climas quentes), hoje presentes em regiões com climas

onde não é usual a sua existência” (Antunes *et al.*, 2006, 109). Suportaram essa explicação com uma fotografia de depósitos de glaciares encontrados na África do Sul e uma ilustração esquemática que mostra o ajuste dos continentes actuais, baseado nas áreas ocupadas por vestígios de glaciares resultantes de glaciares formados durante o Gondwana.

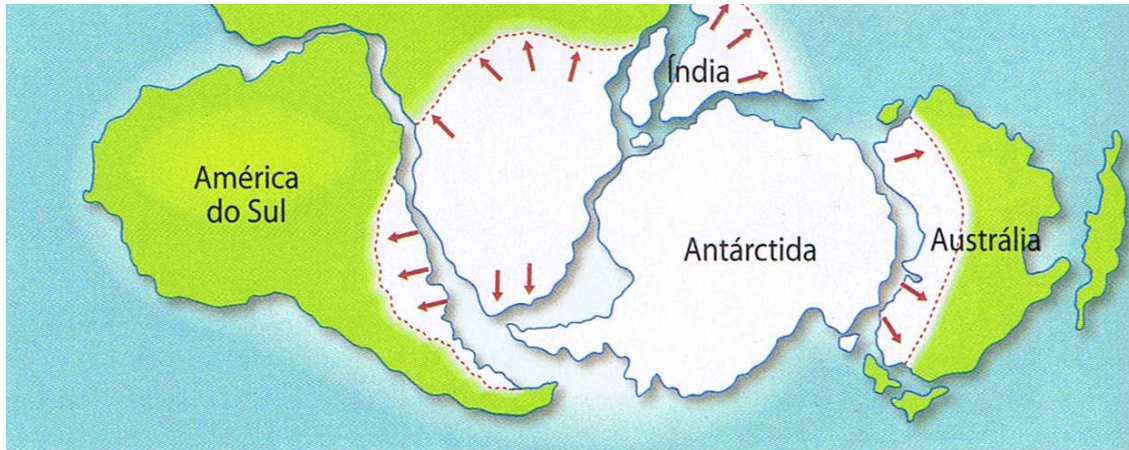


Fig.3. Ilustração esquemática do ajuste dos continentes actuais, baseado nos vestígios de glaciares resultantes de glaciares formados durante o Gondwana.¹⁶

Os argumentos paleontológicos foram explorados similarmente aos do M1, pois os autores usaram a mesma ilustração esquemática para explorar, através de uma actividade de papel e lápis, a correlação na distribuição do registo fóssil das rochas mais antigas dos continentes que formaram o Gondwana. Acentuaram a particularidade do *Mesosaurus*, um réptil de água doce, se localizar actualmente em registos fósseis de rochas da América do Sul e de África.

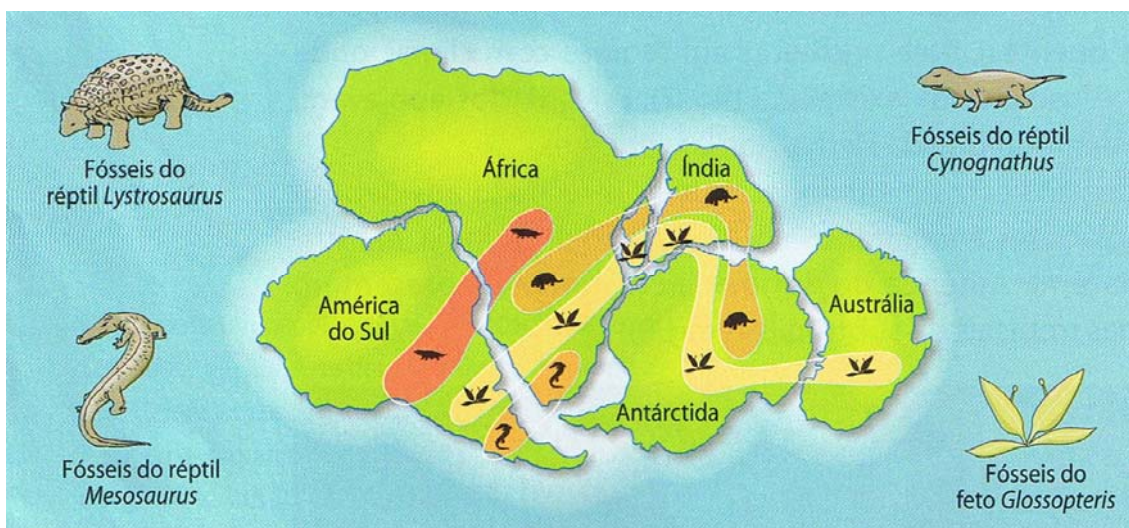


Fig.4. Ilustração esquemática da distribuição dos continentes actuais de acordo com as correlações no registo fóssil de *Lystrosaurus*, *Cynognathus*, *Mesosaurus* e *Glossopteris*.¹⁷

¹⁶ Antunes *et al.*, *op. cit.*, p. 112.

Concluíram a apresentação destes quatro argumentos propondo aos docentes a exploração de uma transparência com o seu conjunto, de modo a criarem um momento de discussão e análise que permita aos alunos compreenderem e integrarem os diferentes argumentos apresentados.

Por último, e seguindo as sugestões programáticas, proporcionaram um momento epistemológico, relacionado com a apresentação das razões pelas quais a DC não foi aceite. Superando a lacuna do M1 relativa à apresentação do motor da DC, referiram que muitos geólogos da época não estavam convencidos que os continentes se tinham deslocado, pois a rotação da Terra e o movimento das marés não permitiam explicar grandes deslocamentos dos continentes, na perspectiva dos geofísicos. Em consequência “a Teoria da Deriva Continental foi completamente ignorada pelos geofísicos e pela maioria dos geólogos” (Antunes *et al.*, 2006, 113). Aqui, reflectiram, tal como os autores do M1, o lado pós-positivista do processo de criação científica, ao sugerirem a validação científica como um processo complexo que implica a negociação e o consenso entre a comunidade científica da época.

Nesta linha de pensamento, os autores propõem outra estratégia de discussão, com a apresentação, aos alunos, da questão-problema “Será que existe algum modelo que permita explicar o movimento das massas continentais?”, confrontando-os com a rejeição da DC e o carácter dinâmico da ciência. Esta questão é também o mote para a introdução da Teoria da Tectónica de Placas, a qual se inicia com a afirmação de que o interesse pela DC reacendeu-se quando, em 1950, se começou a analisar os resultados de novos estudos, que envolveram a exploração do fundo dos oceanos e o magnetismo das rochas.

Reflexões sobre a exploração da Deriva dos Continentes nos manuais

De forma geral, foi notória a semelhança no percurso utilizado pelos autores de ambos os manuais para explorarem a DC porque, após um enquadramento textual do assunto no âmbito da História da Ciência, apresentaram a teoria de Wegener apoiada por iconografia que mostra a movimentação dos continentes ao longo de diferentes momentos do tempo geológico. De seguida, explicaram os argumentos usados por Wegener para validar a DC, socorrendo-se de actividades de papel e lápis e de iconografia apropriada. Por fim, concluíram este percurso com a alusão às lacunas da DC, nomeadamente, ao facto de

¹⁷ Antunes *et al.*, *op. cit.*, p. 112.

Wegener não ter proposto um mecanismo explicativo consensual para a movimentação dos continentes, falha que conduziu à formulação de uma nova teoria, a Tectónica de Placas.

O quadro seguinte sintetiza os argumentos usados pelos autores e o tipo de ilustrações utilizadas para apoiar a explicação desses conteúdos¹⁸.

CATEGORIAS/PARÂMETROS		MANUAIS		
		M1	M2	
1. ARGUMENTOS	1.1. Paleontológicos	X	X	
	1.2. Paleoclimáticos.	-	X	
	1.3. Litológicos	X	X	
	1.4. Morfológicos.	X	X	
2. ICONOGRAFIA	2.1. Fotografias.	X	X	
	2.2. Ilustrações	1.2.1. Ilustrações realistas.	-	-
		1.2.2. Ilustrações esquemáticas.	X	X
		1.2.3. Ilustrações procedimentais.	-	-
	2.3. Esquemas	1.3.1. Esquemas conceptuais.	-	-
		1.3.2. Esquemas processuais.	X	X
		1.3.3. Esquemas procedimentais.	-	-

Quadro I. Quadro dos resultados da análise aos M1 e M2.

Particularizando as estratégias usadas na exploração da DC no que diz respeito ao tipo de argumentos apresentados, a partir da análise do quadro nota-se uma evidente coerência externa entre as determinações programáticas e o M2, porque nessa obra são abordados os quatro tipos de argumentos sugeridos nas *Orientações Curriculares*. Em contraste, o M1 não partilhou dessa coerência externa, pois os autores optaram por não apresentar os argumentos paleoclimáticos.

Quanto à iconografia, os dados mostram a homogeneidade nos tipos de imagens usados nos manuais. As fotografias apresentadas foram, essencialmente, de Wegener e de cortes geológicos. A exclusividade das ilustrações esquemáticas, em detrimento das realistas e das procedimentais, deve-se ao elevado grau de abstração da DC, cujo corpo teórico é melhor esclarecido através de ilustrações esquemáticas e não realistas. Por outro lado, a DC não proporciona, com facilidade, o desenvolvimento de actividades laboratoriais ou experimentais, logo, não surpreende que os autores tenham optado por não as apresentar.

¹⁸ O registo dos resultados foi qualitativo (presença/ausência) e não quantitativo, pois o objectivo foi analisar a tipologia de argumentos e de iconografia apresentada pelos autores.

Consequentemente, não foram incluídas ilustrações ou esquemas procedimentais. Contudo, aquando da apresentação da Teoria da Tectónica de Placas, essas ilustrações e esquemas são mais vulgares porque os autores, tanto de um manual como do outro, apresentaram algumas actividades laboratoriais.

Os esquemas processuais foram um tipo iconográfico também muito comum porque expressam o carácter dinâmico da mobilidade dos continentes. A ausência de esquemas conceptuais deve-se aos autores preferirem integrar os conceitos da DC num esquema mais generalizado, no qual também mostram a sua relação com os conceitos fundamentais da Tectónica de Placas. Consequentemente, esse mapa de conceitos é apresentado nos manuais ou nos materiais de apoio, somente após a abordagem da Tectónica de Placas. Constatou-se, ainda, que a funcionalidade das imagens orienta-se essencialmente para a explicação dos conteúdos.

Ambos os manuais preconizam a perspectiva CTS. Contudo, o M1 é aquele em que essas relações são mais evidentes, ilação que resulta de apresentar uma actividade que mostra as interacções que caracterizam a produção do saber científico, proporcionando aos alunos a possibilidade da integração de diferentes acontecimentos que influenciaram o conhecimento geológico.

Foi ainda evidente o permanente recurso de ambos os grupos de autores à História da Ciência, embora se tenha constatado que a exploração da DC é mais acentuada, numa perspectiva histórica, no M2. Notou-se, também, uma preocupação por parte dos autores em conduzirem os alunos a compreender o processo de criação científica, de acordo com a concepção pós-positivista da ciência, mostrando, embora de forma ténue, que o conhecimento científico não é um conhecimento estático, mas susceptível à mudança, de acordo com os novos dados que vão sendo adquiridos e o consenso na comunidade científica da época.

Como balanço, nos manuais analisados, a apresentação da DC de Alfred Wegener: (i) proporcionou oportunidades para os alunos se envolverem em trabalhos de natureza científico-pedagógica, conduzindo-os a conhecer a evolução do conhecimento geológico e promovendo as aprendizagens pretendidas, através da exploração de actividades diversas, apoiadas por uma iconografia apropriada; (ii) atendeu às inter-relações CTS, mostrando que a ciência não é indissociável do enquadramento social; (iii) valorizou a História da Ciência como meio de aprendizagem conceptual e de apropriação de aspectos importantes

do trabalho científico; (iv) vinculou imagens pós-positivistas da natureza da ciência, nomeadamente quanto ao processo de criação científica.

Referências bibliográficas

- Abrantes, P. (Coord.) (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico. Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.
- Antunes, C. et al. (2006). *Novo Descobrir a Terra 7. Ciências Naturais. Ciências Físicas e Naturais. 3.º Ciclo do Ensino Básico. Terra no Espaço. Terra em Transformação*. Porto: Areal Editores.
- Cavadas, B. (2008). *A evolução dos manuais escolares de Ciências Naturais do Ensino Secundário em Portugal 1836-2005*. Tese de Doutoramento, Universidade de Salamanca, Salamanca.
- Cavadas, B.; Guimarães, F. (2009). As ilustrações dos manuais de Botânica de Seomara da Costa Primo. In José B. Duarte (Org.). *Manuais escolares e dinâmica da aprendizagem* (pp. 71-86). Lisboa: Edições Universitárias Lusófonas.
- Martins, I. (2002). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1) 28-39. [Disponível em <http://www.saum.uvigo.es/reec>, consultado em Julho de 2009].
- Portugal. Ministério da Educação. Departamento de Educação Básica (2001). *Orientações Curriculares. Ensino Básico. 3.º Ciclo. Ciências Físicas e Naturais*. Lisboa: Editorial do Ministério da Educação.
- Praia, J. (1995). *Formação de Professores no Ensino da Geologia: contributos para uma didáctica fundamentada na epistemologia das ciências. O caso da Deriva Continental*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Santos, M. E. (2001a). Relaciones entre Ciencia, Tecnología e Sociedad. In P. Membiela (ed.): *La enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.
- Santos, M. E. (2001b). *A cidadania na “voz” dos manuais escolares. O que temos? O que queremos?* Lisboa: Livros Horizonte.
- Silva, A. et al. (2002). *Planeta Vivo. Terra no Espaço. Terra em Transformação. Ciências Físicas e Naturais. Ciências Naturais. 3.º Ciclo*. Porto: Porto Editora.
- Silva, J. (2007). *Natureza da Ciência em Manuais Escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia: imagens veiculadas e operacionalização na perspectiva dos professores e autores*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Braga.
- Wegener, A. (1966). *The Origin of Continents and Oceans*. New York: Dover.