

DOCUMENTOS PARA O ENSINO

UTILIZAÇÃO PEDAGÓGICA DAS IMAGENS
DO SATÉLITE METEOSAT*AS IMAGENS ORBITAIS E O ENSINO*

Desde a difusão das primeiras imagens da Terra registadas por satélites, todos os professores de Geografia têm sentido quanto pode e deve trazer ao ensino esta nova visão da superfície do Globo, esta «terceira descoberta do Mundo» no dizer dos geógrafos alemães J. BODECHTEL e H. G. GIERLOFF-EMDEN. Ela permite com efeito ver em conjunto fenómenos que, até lá, eram dificilmente explicados aos alunos pela utilização de mapas e esquemas, forçosamente analíticos e abstractos.

O acesso às imagens orbitais não se tem, infelizmente, revelado fácil. Obter os catálogos, saber escolher a partir das indicações sibilinas que contêm, encomendar e pagar constituem um conjunto de operações, na realidade, quase impossível para o professor isolado.

Parcamente reproduzidos pelas revistas de grande difusão, alguns exemplos, quase sempre os mesmos, acabam por ser incorporados nos livros de ensino mas, na maior parte das vezes, como simples elemento decorativo da capa, segundo a expressão irónica e certa do geógrafo francês F. VERGER, que tantos esforços tem dedicado à difusão, na investigação e no ensino desta nova e importante ferramenta do geógrafo.

O único exemplo que conheço de manual do ensino secundário completamente dedicado à incorporação da Teledeteção entre as técnicas de aprendizagem da Geografia, é a excelente *Geography from Space* de E. C. BARRETT (Pergamon Press, Exeter, 1972, 98 p.), que apresenta exemplos da maneira como a visão da Terra a partir do espaço pode-se combinar às técnicas mais tradicionais de ensino, no tratamento de diversos aspectos da Geografia, desde «A Terra no Espaço», até à apresentação de regiões ou de temas de Geografia geral.

O SATÉLITE METEOSAT

São de interesse muito grande para o ensino as imagens fornecidas pelo satélite Meteosat. As suas características foram já apresentadas (p. 263 da *Finisterra*, 26, 1978 e p. 5-8 do *Caderno de Teledeteção*, 1,

1980, Centro de Estudos Geográficos de Lisboa). O Meteosat 1 recolheu imagens de Novembro de 1977 a Novembro de 1979, o Meteosat 2 foi colocado em órbita em fins de Julho de 1981 e passou imediatamente a transmitir imagens de características análogas.

É um satélite geoestacionário, que se mantém sempre em posição idêntica em relação à superfície terrestre: a 36 000 km de altitude, por cima do golfo da Guiné, no zénite do ponto do Equador, de longitude 0° (fig. 1). O satélite recolhe todas as meias-horas uma dupla ou tripla imagem do espaço delimitado na figura 2, espaço este que é, como se vê, pouco inferior a um hemisfério terrestre.

O particular interesse pedagógico deste satélite é de fornecer simultaneamente, graças ao seu vastíssimo campo, imagens de conjunto da face da Terra onde se enquadra Portugal (est. I) e, pela sua boa definição, imagens de pormenor suficiente para serem utilizadas em escala regional. Com efeito, a imagem é constituída por manchas elementares (*pixels*) que, na vertical do satélite, correspondem a quadrados de 5 km de lado (ou, até, de 2,5 km de lado na banda do Visível, em certas condições de utilização).

É fácil ver qual será o resultado de uma ampliação até à escala de 1:5 000 000 desta parte da imagem (lembra-se que é nesta escala que a Península Ibérica costuma aparecer nos pequenos atlas, por exemplo no que H. LAUTENSACH anexou ao seu livro sobre a Península Ibérica, publicado em 1964 (em 1967 em versão espanhola). As manchas elementares correspondem então pequenos quadrados de 1 mm de lado; devido à curvatura da Terra, cada *pixel* regista naturalmente superfícies cada vez maiores, à medida que se caminha para regiões situadas mais perto do limite da imagem. As estampas mostram, no entanto, que a deformação da Península Ibérica é ainda relativamente pouco acentuada, traduzindo-se sobretudo por um sensível achatamento em latitude, mas sem impedir uma fácil localização, nem a leitura dos contrastes regionais.

Experiências de ampliação fotográfica a partir da imagem padrão (est. II) mostram que é possível chegar a uma dimensão suficiente para que se individualizem as linhas sucessivas de *pixels*, quer dizer, atingir o máximo de informação do ponto de vista espacial. Mas o processo da ampliação fotográfica não permite extrair a informação energética, muito pormenorizada e contrastada, que cada *pixel* é susceptível de fornecer, já que a energia correspondente a cada mancha elementar, recolhida pelo satélite, é situada por este numa escala de 0 a 63 valores (64 escalões) nas bandas ditas VIS (visível, entre 0,4 e 1,1 μm) e VDE (vapor de água, entre 5,7 e 7,1 μm) e de 0 a 255 (256 escalões) na banda IRT (infra-vermelho térmico, entre 10 e 12,5 μm).

Vê-se na estampa II que uma ampliação fotográfica não pode ir além de uma clara figuração dos contrastes fortes que separam nuvens, mar e terra e, eventualmente, de uma sugestão das diferenças existentes entre espaços mais ou menos luminosos, ou mais ou menos quentes, de cada um destes conjuntos. É absolutamente incapaz de mostrar as diferenças geralmente pequenas que existem entre *pixels* vizinhos; para extrair este tipo de informação e poder assim utilizar as imagens

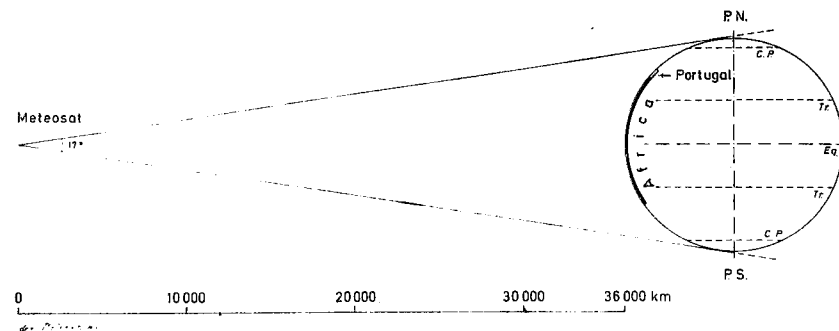


Fig. 1 — A posição do satélite Meteosat em relação à Terra.

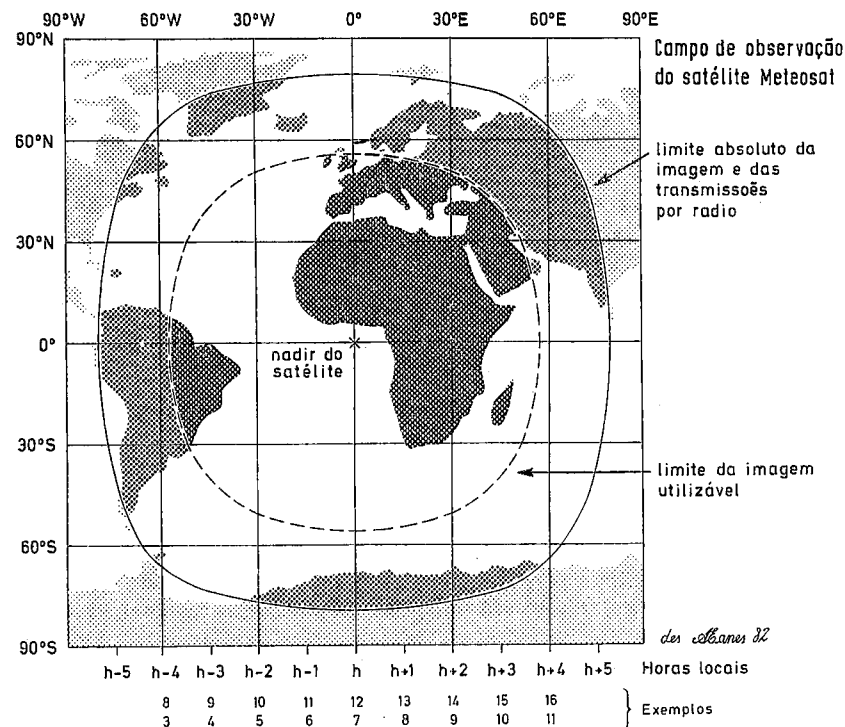


Fig. 2 — Campo de observação do satélite Meteosat.

Meteosat no estudo da superfície terrestre ou marítima em escala regional, é preciso tratar estatisticamente, por computador, a informação numérica armazenada em bandas magnéticas, reparti-la em classes de maior ou menor amplitude e construir assim de novo, *pixel* por *pixel*, a imagem da região em estudo.

Exemplos de tais imagens reconstituídas encontram-se acessíveis em dois dos *Cadernos de Teledeteção* editados pelo Centro de Estudos Geográficos de Lisboa. Em SUZANNE DAVEAU, *A Utilização Possível dos Registos de Satélites em Infravermelho Térmico na Climatologia Regional*, Cad. Tel., 4, C. E. G., Lisboa, 1980, 12 p. pol., é apresentada a cores a imagem Meteosat IRT de 3 de Julho de 1978 às 12.30 horas, referente à parte central e ocidental da Península Ibérica. A imagem, primeiro construída no *écran* Pericolor do ORSTOM (França), foi a seguir fotografada e, finalmente, impressa pelo processo off-set; está sendo objecto de um estudo aprofundado que será publicado em breve. Em DENISE DE BRUM FERREIRA, *Contribution des images infrarouges du satellite Météosat à la connaissance des conditions thermiques du proche Atlantique au large de l'Afrique du Nord*, Cad. Tel., 5, C. E. G., Lisboa, 1981, 17 p. pol., mostram-se imagens das temperaturas da superfície do Oceano Atlântico a Oeste de Marrocos e Sudoeste do Algarve, às 13.00 horas dos dias 8, 9 e 10 de Julho de 1978. Estas imagens, construídas primeiro no *écran* Pericolor, foram a seguir automaticamente impressas a preto e branco no *Bureau de Télédétection de l'ORSTOM*. O mesmo estudo mostra também a imagem de síntese, dita de permanência aos 2/3, que permite eliminar a perturbação introduzida pela cobertura instável das nuvens, conservando só a informação térmica vinda da superfície do mar.

Vê-se assim que os registos do Meteosat só permitem um estudo de pormenor das características superficiais da terra ou do mar depois de um tratamento por computador, o que torna, por agora, este exercício não directamente acessível ao observador isolado. Deve-se, no entanto, frisar que o estudo das características superficiais da terra e do mar só se tornou possível porque a qualidade dos registos do Meteosat resultou muito superior à prevista. Este tinha sido concebido unicamente como satélite meteorológico, para auxiliar a previsão do tempo, através da leitura da evolução da atmosfera, deduzida da aparência da cobertura de nuvens. Verifica-se, com efeito, que o contraste entre o branco mais ou menos brilhante desta e os tons mais ou menos escuros da superfície continental ou marítima permite uma análise «a olho» de grande interesse, não só em escala geral mas até um grau de pormenor regional bastante satisfatório.

Assim, resumindo, as imagens Meteosat, nas suas formas mais acessíveis, que são as imagens padrão, de aparência fotográfica, directamente difundidas pelos organismos que as recebem e armazenam, ou as ampliações vulgares destas, fáceis de realizar em qualquer laboratório fotográfico, permitem observar fenómenos geográficos muito diversos, na escala da face da Terra ou de uma divisão de primeira ordem desta (uma zona terrestre ou qualquer espaço continental ou marítimo de

alguns milhares de quilómetros de lado); permitem também analisar em escala muito maior (espaços de poucas dezenas de quilómetros de lado), os fenómenos que se traduzem por contrastes violentos na imagem (como é o caso de uma cobertura de nuvens sobre o mar ou o continente ou ainda da neve nas montanhas).

É quase sempre muito útil confrontar as imagens das bandas VIS e IRT que, como será mostrado a seguir, fornecem informações complementares. Registos na banda VDE são mais raramente realizados e dizem respeito a características da água na alta atmosfera que são mais difíceis de explicar a jovens alunos; apesar de eles praticamente não serem referidos a seguir, indica-se desde já que o seu interesse se afigura muito grande para investigações futuras.

O ATLAS METEOSAT

A Agência Espacial Europeia (ESA) acaba de difundir o *Atlas of Meteosat Imagery — Atlas Météosat*, álbum de 494 páginas, que reúne uma abundante e valiosa colecção de imagens recolhidas pelo Meteosat 1. Da autoria de C. A. BRISMACOMBE, comporta, em duas colunas, um texto inglês e a sua tradução em francês (tradução geralmente aceitável, ainda que inclua alguns contra-sensos, por exemplo, na página 188, *vorticity* é traduzido por *turbulence* e não, como devia ser, por *tourbillon*). Este volume pode ser adquirido por 200 francos nos países membros da ESA e com um suplemento de 20 % nos outros países (entre os quais Portugal). Reproduz-se a seguir a *Order Form*, a mandar para: ESA (European Space Agency) Post bus 299, 2200 AG NOORDWIJK, THE NETHERLANDS:

Please send me ... copy(ies) of ESA SP-1030 and invoice me accordingly (200 FF, postage included)

Name and Function

Organization

Street Address

Postal Code, Town

Country

Signature

A encadernação, em folhas destacáveis de formato A4, reunidas por argolas metálicas, tem a vantagem de permitir a utilização individual das imagens, podendo por exemplo o professor fazê-las circular entre os alunos depois de introduzidas num envelope de protecção de plástico transparente. Mas tem o inconveniente de tornar o virar das páginas uma operação difícil e perigosa, pelo risco grande das páginas serem assim rasgadas ou subtraídas. Afigura-se impossível deixar o volume, na sua encadernação actual, à disposição dos alunos numa biblioteca ou, até, durante uma aula. Este facto é lamentável, por se tratar de um instrumento de trabalho de grande valor educativo. É, por isso, de

desejar que a Agência Espacial Europeia proponha em breve a escolha entre duas encadernações diferentes do livro.

Outra característica geral e relativa limitação do álbum é de reflectir quase exclusivamente a utilização principal do satélite pelos meteorologistas. Constitui no entanto boa introdução às outras possíveis utilizações, quer pelos dados gerais que fornece sobre o funcionamento do satélite e características das imagens, quer pelas magníficas e numerosas imagens reproduzidas, cuja riqueza está muito longe de ficar esgotada pelos comentários apresentados que, muitas vezes, dizem apenas respeito a um ou outro aspecto de pormenor do conjunto.

É ainda preciso frisar que uma proporção bastante grande das imagens reproduzidas incorpora a Península Ibérica e presta-se por isso a grande variedade de exercícios nas aulas mais directamente consagradas à Geografia de Portugal continental; que muitas outras incidem sobre o Nordeste do Oceano Atlântico, incluindo as áreas dos arquipélagos dos Açores e da Madeira, dizendo a maior parte dos restantes exemplos respeito ao mundo mediterrâneo ou à África, ou seja, a espaços geográficos do maior interesse para a formação de um jovem português.

O Atlas não está isento de pequenos defeitos: as imagens a cor que abrem cada capítulo não são datadas nem comentadas, falta um índice cronológico das imagens apresentadas, as quais só raramente são acompanhadas dos mapas sinópticos que facilitaríam a sua compreensão, finalmente a ordem de apresentação é bastante arbitrária, sendo aliás esta última imperfeição praticamente impossível de evitar, tratando-se de imagens por natureza sintéticas. Muito mais importante é a novidade e riqueza inesgotável deste álbum de imagens da Terra, do qual se vai a seguir dar uma ideia, forçosamente muito incompleta.

Os dois primeiros capítulos (p. 7-34) explicam as características técnicas do satélite, das imagens recolhidas e dos tratamentos que permitem melhorá-las e difundi-las.

Segue-se a apresentação dos principais tipos de nuvens (p. 35-90), ilustrada por numerosos exemplos.

O capítulo consagrado à superfície terrestre (p. 91-119), infelizmente bastante sucinto, oferece, apesar disso, exemplos interessantes: o da aparência variada da vegetação, das rochas e areias do deserto, o diferente contraste entre a terra e o mar de dia e de noite, águas frias litorais (*upwelling*), convergência de correntes marítimas frias e quentes ao Sul da África, neve coroando as montanhas ou cobrindo as planícies do Norte da Europa, nuvens de poeira oriundas do Saara ou do Namib e, ainda, erupções vulcânicas. Pena é que não sejam apresentados e comentados exemplos dos dias e noites polares, tão bem retratados nas imagens gerais de Verão e de Inverno.

Seguem-se extensos capítulos consagrados aos sistemas de nuvens, considerados em escalas crescentes. O primeiro apresenta-os em «escala média» (p. 121-183), quer dizer, em conjuntos cuja dimensão vai do mínimo detectável (a extensão do *pixel*) até algumas centenas de quilómetros de lado ou de comprimento; são de notar particularmente os

bonitos exemplos do efeito das brisas da terra e do mar, das nuvens orográficas e os espectaculares remoinhos gerados a jusante pelo obstáculo das ilhas atlânticas.

Em escala sinóptica (p. 187-306) são apresentados sistemas de maiores dimensões, os tipos muito variados das depressões e frentes das latitudes médias e altas, as correntes em jacto, etc. Notam-se em especial as séries de imagens captadas de 6 em 6 horas, que permitem acompanhar o desenvolvimento de certas situações (por exemplo, p. 219-222, de 12 de Agosto de 1979 às 17.55 horas até 14 de Agosto à mesma hora).

Seguem-se ilustrações da organização das nuvens em escala planetária (p. 309-330), onde se mostram circulações que interessam espaços hemisféricos ou o conjunto da face da Terra. É aqui que aparecem as primeiras imagens da Convergência Intertropical, tema aliás retomado no capítulo seguinte, consagrado a aspectos dos sistemas de nuvens tropicais (p. 333-423). Mostram-se imagens espectaculares do nascimento de uma depressão tropical ao largo do litoral da África ocidental, entre os dias 19 e 24 de Julho de 1979 (p. 366-372); outras imagens (p. 392-417) acompanham a vida do ciclone Glória, que percorreu o Atlântico Norte de 3 a 14 de Setembro de 1979.

As últimas imagens (p. 427-490) são consagradas a diversos fenómenos, não incluídos, não se entende muito bem porquê, nos capítulos anteriores. Assinala-se, entre outras, a sequência (p. 453-456) de imagens tiradas de meia em meia hora, que mostram a formação e dissipação de nevoeiro nas regiões perialpinas, das 8.25 horas às 12.25 do dia 15 de Outubro de 1978 e (p. 458-463) o desenvolvimento de trovoadas sobre a Europa do Sueste, das 9.55 horas às 15.25 do dia 28 de Maio de 1979.

O Atlas inclui ainda uma bibliografia e a explicação das abreviaturas utilizadas.

APRESENTAÇÃO COMENTADA DE ALGUMAS IMAGENS

Reproduzem-se a seguir alguns exemplos de imagens Meteosat; foram recolhidas na estação da *Météorologie Nationale* de Lannion (França) e fazem parte da colecção do *Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer* (ORSTOM, França); amavelmente cedidas ao Centro de Estudos Geográficos de Lisboa, encontram-se conservadas na sua mapoteca.

Interessa assinalar que outros exemplos de imagens hemisféricas recolhidas pelo Meteosat são regularmente publicadas, com comentário geográfico, pelo Prof. W. WEISCHET, da Universidade de Freiburg, R. F. A., na revista *Geographische Rundschau* (Westermann, Braunschweig, R. F. A.), a partir do n.º 3 de 1979.

Resumem-se previamente algumas características técnicas das imagens, cujo conhecimento é indispensável para uma leitura correcta. Cada imagem é captada, linha por linha, do Sul para o Norte, em cerca de 25 minutos, e transmitida para as estações de recepção terrestres durante uma parte dos 5 minutos que completam a meia hora. Quer

dizer que a hora indicada em cada imagem (em tempo universal T. U. ou tempo do meridiano de Greenwich T. M. G.) corresponde à do começo do registo (ex.: 11.00 T. U., imagens recolhidas em Lannion e reproduzidas nas estampas deste artigo) ou à do começo da transmissão (ex.: 11.25 T. U., imagens recolhidas em Darmstadt e publicadas no Atlas Meteosat).

A extensão em longitude do campo de observação do satélite faz com que a hora local varie muito, entre a direita e a esquerda da imagem. É assim que, numa imagem registada às 12.00 T. U. (fig. 2) as condições são as da tarde na Arábia e as da manhã no Nordeste do Brasil; numa imagem registada às 7.00 T. U., a parte ocidental da imagem seria nocturna, a parte oriental corresponderia à manhã. Além disso, a variação das horas do nascer e do pôr do sol, bem como da obliquidade dos seus raios em função da latitude e das estações do ano, faz com que as condições de iluminação e aquecimento da face da Terra observada nunca sejam homogêneas. Este facto, que representa uma complicação para o tratamento sistemático das imagens de conjunto, oferece, no entanto, ao geógrafo a possibilidade de *ver* os fenómenos fundamentais da iluminação do Globo, que ritmam a vida da humanidade; até hoje, estes tinham sido calculados com rigor mas nunca diariamente observados, ao mesmo tempo em conjunto e com suficiente pormenor. É um aspecto das imagens que tem, sem dúvida alguma, grande valor pedagógico.

Lembram-se ainda algumas regras simples de leitura. Na banda VIS, cujo campo electro-magnético corresponde aproximadamente ao do olho humano, o que o satélite regista é a reflexão da radiação solar, numa proporção expressa pelo *albedo*. A tonalidade da imagem vai do branco, que corresponde ao *albedo* muito elevado das nuvens mais espessas (reflectem em média 92% da radiação recebida) ou da neve fresca (60%), até aos tons muito escuros dos mares (menos de 10% de reflexão média), passando pelos tons intermédios dos desertos de areia (entre 20 e 30%), das florestas (cerca de 10 a 15%), etc., segundo o *Atlas Meteosat* (p. 22).

Na banda IRT, é medida a irradiação da superfície terrestre ou das nuvens que a encobrem. Para facilitar a comparação com a imagem VIS, é uma espécie de negativo da imagem registada que é geralmente usada, na qual as nuvens frias, de muito fraca irradiação, são representadas em branco (como em VIS) e não em preto. Assim, a tonalidade da imagem apresentada será tanto mais clara quanto a irradiação (ou temperatura aparente) dos corpos emissores for mais fraca. O topo das nuvens mais altas aparece em branco, o das nuvens médias em cinzento claro, enquanto as nuvens mais baixas, os nevoeiros, a superfície dos mares e certas partes dos continentes apresentam cinzentos mais ou menos escuros, correspondendo o preto às partes mais aquecidas dos continentes.

Na banda VDE, as manchas brancas assinalam os lugares onde o vapor de água atinge altitudes mais elevadas, ou seja as células de convecção mais activas da Convergência Intertropical ou dos ciclones

tropicais; as frentes das latitudes médias, que provocam também fortes convergências e ascendências, apresentam em geral tonalidades de cinzento claro; as áreas anticiclónicas, constituídas por massas de ar seco e subsidente, aparecem naturalmente em tons escuros.

Serão apresentadas sucessivamente imagens do conjunto da face da Terra observada pelo satélite (est. I), um exemplo da maior ampliação fotográfica possível, referente à Península Ibérica (est. II) e vários exemplos de fenómenos geográficos de dimensão zonal (est. III a VII). Cada estampa é acompanhada de um comentário destinado a facilitar a leitura dos aspectos mais relevantes. Os comentários são forçosamente incompletos, por a riqueza das imagens ser quase inesgotável; cada leitor deve lê-las em função das suas preocupações e conhecimentos. A documentação meteorológica publicada é, infelizmente, muito desigual; boa, abundante e acessível no que diz respeito à Europa ocidental, o Mediterrâneo e Atlântico próximos, é quase nula e de muito difícil acesso para as regiões tropicais e o hemisfério sul. Certas partes da imagem só podem, por isso, ser consideradas como documentos brutos, cuja interpretação não pode ser apoiada pela tomada em consideração dos registos pontuais tradicionais e da história recente dos fenómenos observados.

Estampa I. *A face da Terra, observada em três comprimentos de onda pelo satélite Meteosat, em 6 de Março de 1978, às 12.30 T. U. nas bandas VIS e IRT, às 21.30 T. U. na banda VDE.*

As imagens A, B e C reproduzem as que foram difundidas em 1978 pelo *Bureau de Télédétection de l'ORSTOM* para apresentação do satélite e divulgação das suas possíveis aplicações em diversos domínios da observação da superfície terrestre. A figura D apresenta a rede de meridianos e paralelos, que permite avallar as deformações crescentes da imagem desde o centro (nadir do satélite) até à periferia. O dia escolhido, próximo do equinócio da Primavera do hemisfério norte, e a hora, quase meridiana, oferecem uma imagem de características equilibradas.

A Convergência Intertropical encontra-se em posição praticamente equatorial. Nota-se a sua aparência diferente no Golfo da Guiné, onde duas chaminés de vigorosa ascendência se distinguem, e no Oceano Atlântico onde ela se reduz a uma estreita faixa de convergência, pouco activa e dissimétrica.

No hemisfério sul nota-se o forte contraste entre os sistemas atmosféricos dos continentes e dos oceanos. Um ciclone tropical encontra-se no Oceano Índico a Leste de Madagascar, a África austral conhece uma activa convecção multicentrada, o Atlântico é coberto pelo largo lobo anticiclónico dos alíseos, a América do Sul alimenta, na sua parte tropical, uma actividade convectiva pelo menos tão importante como a África, enquanto uma potente frente polar se estende a Leste do seu litoral na zona temperada. A actividade das depressões peri-Antártida é, neste dia, relativamente atenuada.

A imagem do hemisfério norte é muito rica e complexa. Ao Norte de uma grande faixa anticiclónica de extensão zonal (bem visível em VDE), que permite a observação do deserto do Saúhara com os seus contrastes de paisagem (em VIS) e o seu forte calor (em IRT), a zona temperada apresenta um enrolar de frentes e depressões muito complexo, já que se combinam frentes de grande desenvolvimento latitudinal e pequenas depressões anexas localizadas. Uma delas situa-se ao Sul de Portugal, outra sobre a Itália. A Península Ibérica aparece sem nuvens, somente marcada pelas finas linhas brancas dos topos cobertos de neve das montanhas mais elevadas (em VIS); a banda VDE mostra que este facto corresponde à existência de uma crista anticiclónica. Nota-se, na banda VIS, a sombra que cobre a região polar norte e a Europa oriental, já atingidas pela noite que cai cedo nas latitudes elevadas, neste fim de Inverno.

Estampa II (e fig. 3). Ampliação fotográfica das imagens Meteosat VIS e IRT, referentes à parte ocidental da Península Ibérica, em 4 de Outubro de 1978, às 10.00 T. U.

Repara-se como a ampliação permite distinguir nitidamente as linhas de *pixels*, de 5 km de largura, mas não individualizar os de cada linha, por existir uma ligeira sobreposição entre *pixels* vizinhos.

Esta imagem, do princípio do Outono, corresponde a uma situação anticiclónica estável, com ventos moderados do sector Leste, indicados na figura 3, segundo o registo meteorológico português das 6.00 T. U. A formação de uma frente fria pouco acentuada ao Norte da Península explica o alinhamento de nuvens de altura média que encobre a Galiza; outra linha de convergência, não representada nos mapas dos boletins meteorológicos diários de Portugal e de Espanha, traduz-se no Norte de Marrocos por nuvens altas (brancas em IRT) mas pouco espessas (linha estreita e pouco acentuada em VIS). Pequenas manchas de nevoeiro (branco em VIS, da mesma tonalidade do mar em IRT) acompanham o litoral português ao Norte do Tejo. Devem ter nascido sobre o mar fresco (IRT) dos litorais ocidentais de Portugal e Marrocos, devido à subida de águas profundas (*upwelling*), sob a acção dos ventos do Norte e do Leste. Com efeito, o mapa das temperaturas de superfície do mar, referente à primeira década de Outubro de 1978 e publicado na revista *Metmar*, indica, por exemplo, uma temperatura de cerca de 17° perto do litoral da Galiza e de 18° uma centena de quilómetros a Oeste. Pelo contrário, ao Sul do Algarve, o mar tem (em IRT) uma tonalidade mais escura, que denota águas superficiais mais quentes (perto de 21°, segundo o mapa de *Metmar*).

Na imagem VIS distinguem-se no continente manchas mais escuras, que correspondem às grandes florestas de coníferas da Beira ocidental e da região da Peña de Francia em Espanha, e vastas manchas claras, especialmente no Alentejo, que devem coincidir com os campos ceifados. Na imagem IRT vê-se nitidamente o contraste entre o Sul da Península, muito escuro porque quente, e o espaço situado ao Norte da Cordilheira

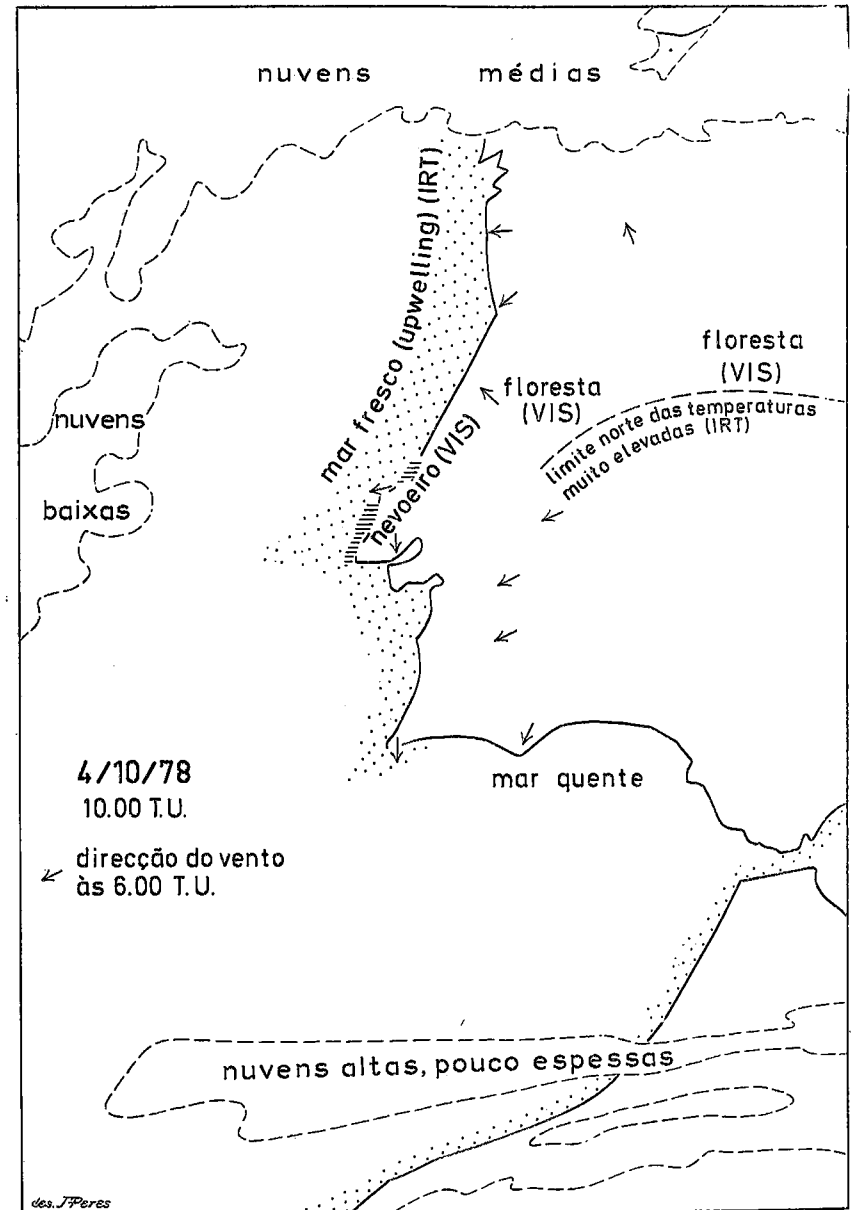


Fig. 3 — Parte ocidental da Península Ibérica, em 4 de Agosto de 1978, às 10.00 T. U., segundo os registos do satélite Meteosat.

Central, mais fresco; com efeito, a temperatura máxima do dia 4 atingiu 28° em Sevilha, 25° em Badajoz, 24° em Cáceres, mas só 18° em Salamanca, Valladolid e Leon.

Estampa III. Uma fenomenal descarga de ar antártico, no fim do Outono do hemisfério sul, em 21 de Maio de 1979, às 11.00 T. U.

A calote antártica já desaparece, na imagem VIS, perdida na noite polar e confunde-se (em IRT) numa brancura generalizada que não distingue nuvens e capas de gelo. Sobre o Atlântico um enorme «cogumelo» de orientação meridiana corresponde a uma expulsão de ar frio, de tal intensidade que penetra na zona tropical até à latitude de 18° S. A língua de ar frio e denso corre para o Norte na superfície do oceano (nuvens cinzento-escuro em IRT); a extremidade nordeste do fluxo enrola-se em espiral. A Oeste, a descarga de ar antártico é limitada por uma frente vigorosa, ao longo da qual se nota forte ascendência (nuvens muito brancas em IRT).

O continente africano encontra-se quase limpo. Notam-se (em VIS) a mancha clara correspondente às terras salgadas da cuveta endorreica da Caldeira da Etosha, as dunas litorais ao Norte e ao Sul da foz do Cunene, os baixos estratos que cobrem as águas frescas da corrente litoral de Benguela e, mais a Leste, a cobertura de cúmulos que enquadra a comprida albufeira de Kariba, no rio Zambeze, etc.

Adivinha-se, por cima do Oceano Austral, a Sueste da África, a enorme espiral com dois núcleos de uma vasta depressão ciclónica de ar instável (grandes cúmulos).

Estampa IV (e fig. 4). A África ocidental, em 21 de Maio de 1979, observada na banda do Visível.

O continente encontra-se quase sem nuvens, neste dia, o que permite uma boa observação das paisagens terrestres (fig. 4). A Convergência Intertropical só manifesta grande actividade nas regiões que enquadram o Golfo da Guiné. Três enormes chaminés de ascendência, que provocam vastas áreas de trovoadas, localizam-se, uma ao Norte do delta do rio Niger, outra na região de Yaoundé, nos Camarões, a terceira a Sueste do Lago Tchad, por cima do vale do rio Chari. Na imagem IRT, não reproduzida, as manchas brancas são ainda mais extensas visto que retratam as nuvens altas mas pouco espessas (cirros), que se espraiam lateralmente a partir das chaminés de ascendência. Mais a Oeste, notam-se só algumas trovoadas por cima do oceano, em latitude menos elevada.

Na maior parte das regiões ao Norte do Golfo da Guiné, a cobertura de nuvens é constituída por cúmulos relativamente pequenos (muitos têm extensão inferior à do *pixel* e só se detectam pela tonalidade mais clara que resulta da mistura dos sinais oriundos das nuvens e do solo descoberto intermédio); pode-se acrescentar que se trata também de nuvens pouco elevadas, desenvolvidas unicamente na «cunha» pouco

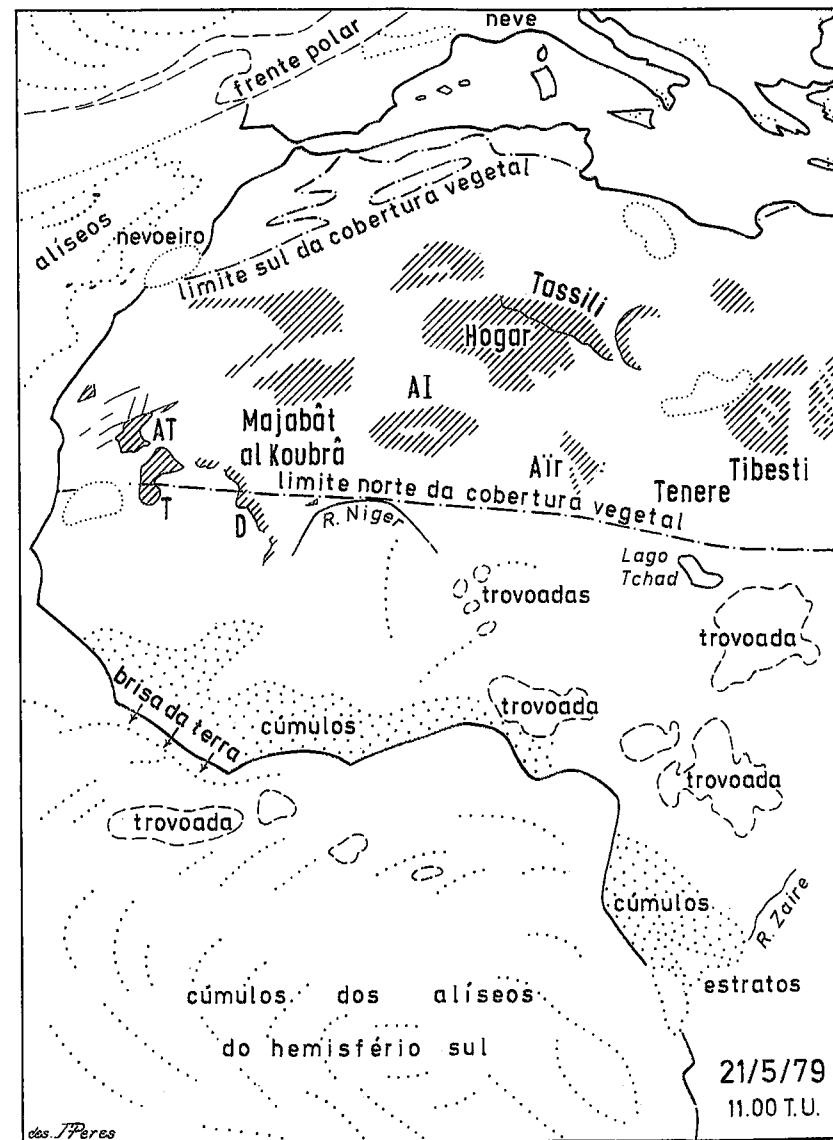


Fig. 4 — A paisagem da África ocidental, em 21 de Maio de 1979, segundo o registo da banda VIS do Meteosat (est. IV).
Ver explicação no texto.

espessa da «monção» húmida, de origem meridional, já que não se individualizam na imagem IRT, não reproduzida aqui. A densidade dos cúmulos aumenta na região montanhosa do Futa Djalão, na extremidade noroeste da faixa nebulosa.

O corredor sem nuvens que se nota sobre o mar ao longo do litoral da Libéria mostra que a brisa da terra está a soprar, fenómeno que confirma a tranquilidade geral da atmosfera, já sugerida pela cobertura regular dos pequenos cúmulos de bom tempo.

Ao Norte da faixa costeira dos cúmulos estende-se uma larga zona, cuja tonalidade geral escura se esbate progressivamente para o Norte. Ela corresponde à vegetação de savana e de estepe, que se desenvolveu durante a estação das chuvas anterior. Vê-se assim que as chuvas tinham alcançado, durante o Verão 1978, regiões do Sahel bastante setentrionais, já que o véu escuro atinge 17° N perto do Atlântico e ainda 15° N ao Norte do Lago Tchad.

Imediatamente a seguir a este limite, de traçado excepcionalmente regular, duas manchas muito claras, de contornos imprecisos, correspondem às grandes extensões de dunas vivas (*erg*) do Majâbat al Koubrâ, a Oeste, e do Tenere, a Leste. Entre elas, formas escuras, de recorte muito mais preciso, são os maciços rochosos constituídos pelos arenitos das grandes costeiras da parte ocidental, o Adrar Tmar (AT), o Tagant (T), o Dhar (D) e por rochas cristalinas ou vulcânicas mais a Leste, o Adrar des Iforas (AI), o Air, o Hogar ladeado pelo Tassili sedimentar, o Tibesti... A qualidade da imagem é tal que pormenores de poucas dezenas de quilómetros de comprimento se conseguem distinguir.

O Norte de África, e sobretudo a sua parte mais ocidental, em Marrocos, apresenta, juntamente com a Península Ibérica, uma tonalidade escura que lembra a da África intertropical; com efeito, o Inverno 1978-79 foi chuvoso no Mediterrâneo ocidental, permitindo o desenvolvimento de uma cobertura vegetal generalizada e densa.

Muitos outros pormenores podem ser encontrados e estudados, com um pouco de paciência: a frente fria, em parte desdobrada, que cobre a parte noroeste da Península Ibérica; as perturbações que a ilha da Madeira e as do arquipélago das Canárias introduzem na organização da cobertura de nuvens que se vai desenvolvendo progressivamente na camada inferior húmida e instável, de espessura crescente para o Sudoeste, dos ventos gerais ou aliseos do hemisfério norte; a organização complexa e harmoniosa das nuvens do grande lobo dos aliseos do hemisfério sul...

Estampa V. *Imagem do Verão antártico, em 21 de Dezembro de 1978, às 11.00 T. U.*

O dia polar antártico traduz-se, na imagem VIS, pela brancura geral das regiões polares, onde se confundem as capas de nuvens e a calote de gelo da Antártida. A imagem IRT permite visualizar a estrutura das depressões ciclónicas que se deslocam de Oeste para Leste, a uma latitude elevada, enroladas em sentido contrário das do hemisfério norte. São constituídas por um ramo de nuvens altas (brancas em IRT)

e por outro de nebulosidade de nível muito mais baixo (cinzento). É interessante observar, na depressão que cobre a extremidade sul do Atlântico, no centro das imagens, a sobreposição de duas estruturas associadas. Em VIS distingue-se bem uma expulsão de ar antártico, confinada às camadas mais baixas da atmosfera e que desenha uma espiral na sua extremidade oriental; em IRT observa-se a sobreposição de uma linha de nuvens altas, de orientação zonal, que deve corresponder a uma corrente de jacto, no contacto das massas de ar antártica e subtropical.

Estampa VI. *Actividade da Convergência Intertropical sobre a África ao Sul do Equador e aspecto do ciclone Angele, em 21 de Dezembro de 1978, às 11.00 T. U.*

É a comparação das imagens VIS e IRT que permite uma análise proveitosa da complexa cobertura de nuvens do continente africano. A imagem VIS mostra o pormenor das capas descontínuas de baixos cúmulos da bacia inferior do rio Zaire, da bacia média do rio Zambeze e da região litoral situada a Leste do Monte Kénia. Nota-se como a densidade e o arranjo dos cúmulos estão em estreita correlação com o relevo subjacente, deixando muitas vezes a descoberto os vales e os lagos. Estas nuvens mal se notam em IRT, excepto pelo tom mais claro das regiões que salpicam, dado pela mistura dos sinais oriundos das nuvens e de um solo menos aquecido, porque em parte protegido dos raios solares pela sombra das nuvens. (Na tiragem reproduzida, onde se procurou distinguir sobretudo as tonalidades mais claras das nuvens elevadas, são até invisíveis).

A sinfonia explosiva dos grandes fenómenos convectivos da Convergência Intertropical analisa-se melhor na banda IRT, que sugere, através das temperaturas, a sua forte componente vertical, que a banda VIS é incapaz de traduzir. Individualizam-se as chaminés e linhas de convergência principais, muito brancas em IRT, e nota-se como o imenso espaço afectado, de cerca de 2000 km de lado, apresenta uma indubitável estrutura de conjunto, que denota um funcionamento interdependente.

Aliás, o sistema convectivo continental não se pode separar da individualização de um ciclone tropical por cima do Canal de Moçambique, que se está processando desde o dia 13 de Dezembro. A figura 5 (reprodução da figura 8.105 do *Atlas Meteosa^t*) permite situar a imagem de 21 de Dezembro na evolução do ciclone, em fase de deslocação lenta para o Sul ao longo do litoral africano; entrando em 23-24 de Dezembro na zona de circulação de Oeste, ele começará a deslocar-se rapidamente para Leste até à sua dissipação.

Nota-se que a imagem da parte central do ciclone é pouco diversificada, mesmo na banda IRT; a temperatura atingida, função da altitude do topo das nuvens, é tão baixa que ultrapassa o limite inferior de registo da banda IRT (em princípio, 255° K ou seja -19° C). Só a banda VDE permitiria individualizar o centro das chaminés de convecção

mais activas, que introduzem vapor de água até camadas muito elevadas da atmosfera, como mostram numerosos exemplos reproduzidos no *Atlas Meteosat*.

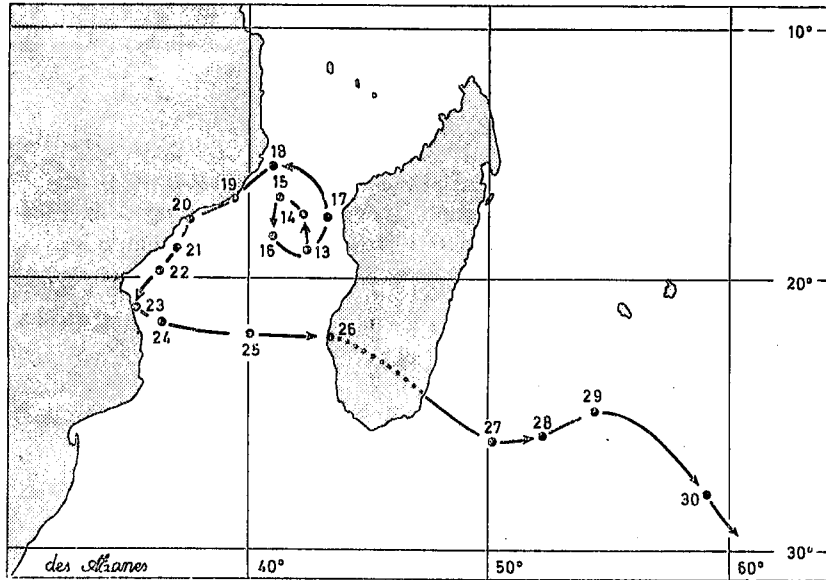


Fig. 5 — O percurso do ciclone Angele (reprodução da figura 8.105 do *Atlas Meteosat*).

Estampa VII (e fig. 6). *Irrupção de ar ártico sobre o Nordeste do Atlântico, em 21 de Dezembro de 1978, às 11.00 T. U.*

O confronto das imagens do satélite Meteosat com as informações publicadas nos dois boletins meteorológicos diários recebidos pelo Centro de Estudos Geográficos de Lisboa permite enriquecer muito a interpretação daquelas, como vai mostrar o presente exemplo.

Uma primeira leitura da imagem VIS, infelizmente cortada na sua extremidade setentrional, mostra, pela tonalidade cinzenta geral, o fenómeno da noite polar que, no solstício de Inverno, é completa ao Norte do Círculo Ártico. Um pouco mais ao Sul, a obliquidade dos raios solares de Inverno provoca (em VIS) a iluminação lateral do rebordo das nuvens mais altas (as que aparecem em branco na imagem IRT) e explica que a noite já tenha caído sobre a parte oriental da imagem.

Havia vários dias que a circulação zonal habitual nestas latitudes se encontrava bloqueada por fortes ondulações estacionárias, de orientação meridiana. Uma crista anticiclónica estendia-se sobre o Atlântico até latitudes elevadas, enquanto uma língua de ar ártico muito frio a costeava a Leste.

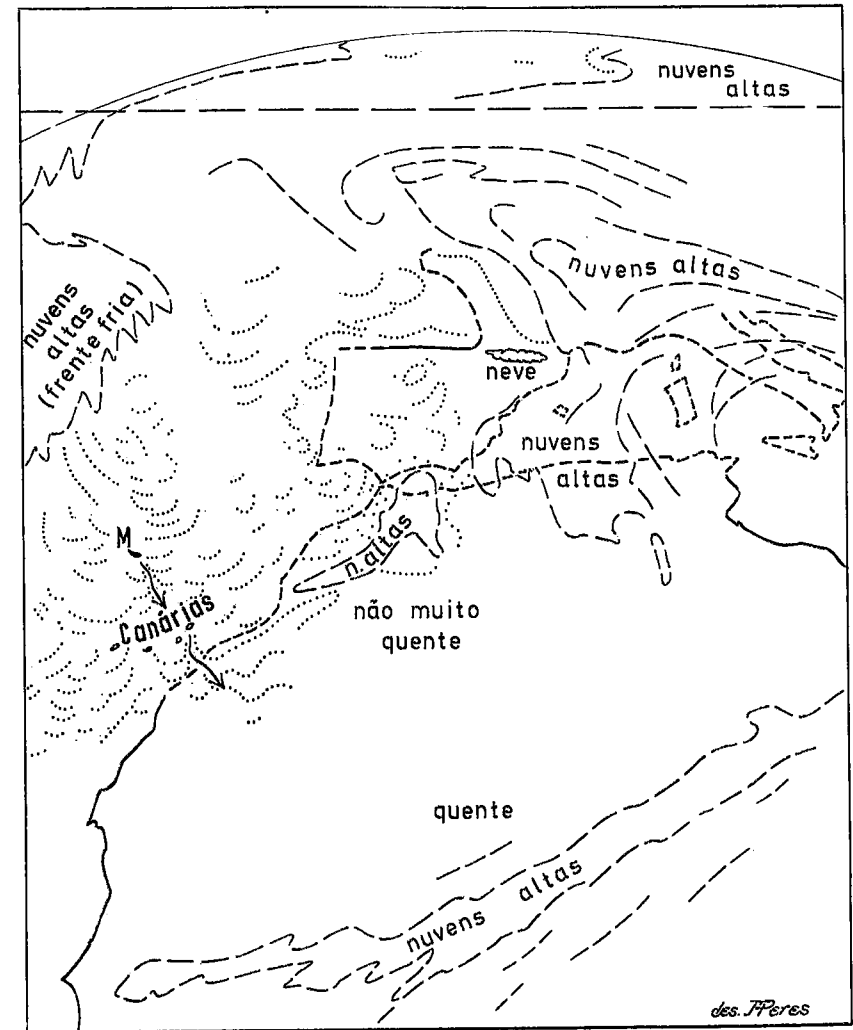


Fig. 6 — Os sistemas de nuvens no Atlântico do Nordeste, em 21 de Dezembro de 1978, às 11.00 T. U. (est. VII).

A figura 7 enquadra a imagem Meteosat entre as situações existentes 11 horas antes e 13 horas depois do seu registo; a língua de ar frio tendia já a separar-se da sua origem, mas mantinha ainda a sua expansão para o Sul, começando no entanto a rodar para Sueste.

A figura 8 indica a evolução da estrutura vertical da atmosfera em três datas e três locais, que ilustram vários aspectos da língua de ar ártico e dos seus limites. O aeroporto das Lajes, nos Açores,

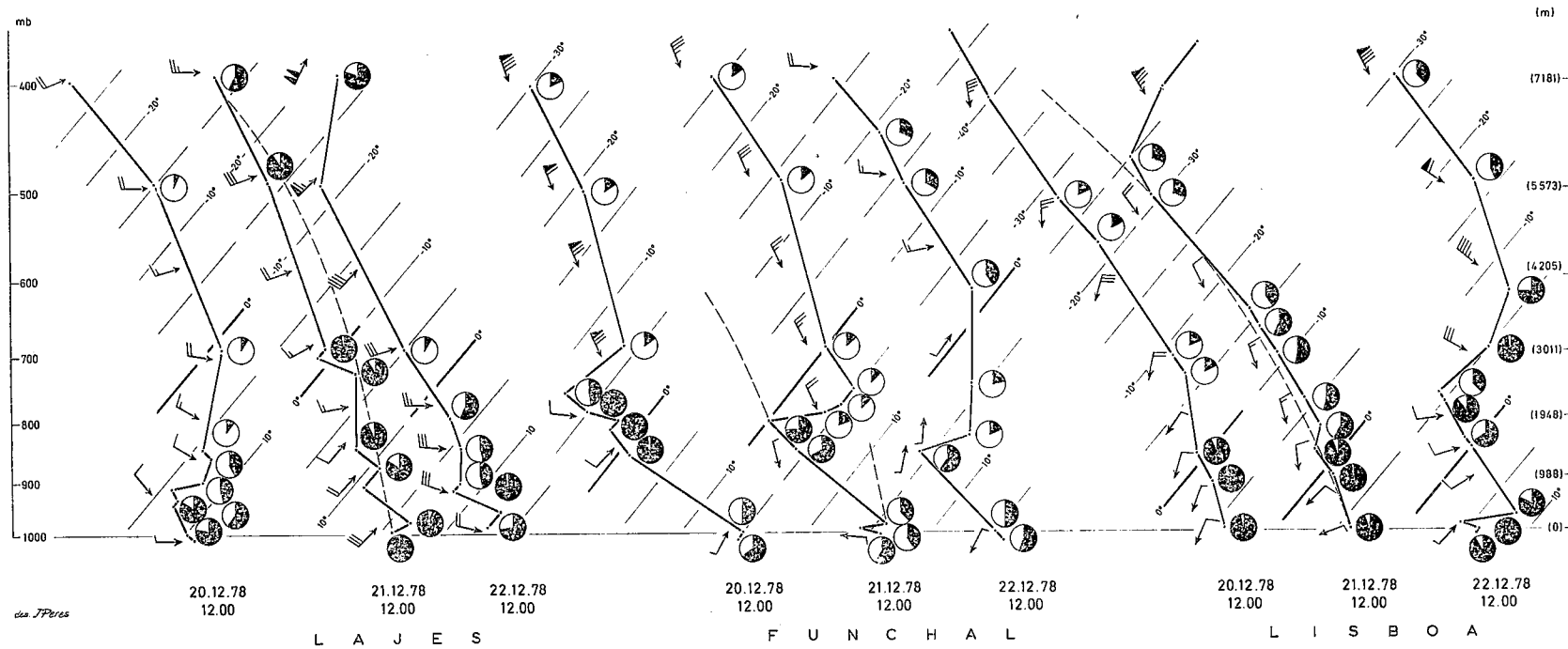


Fig. 8 — Sondagens aerológicas de Lajes (Açores), Funchal (Madeira) e Lisboa (Portugal) nos dias 20, 21 e 22 de Dezembro de 1978, às 12.00 T. U., segundo o *Boletim Meteorológico* (Lisboa). A escala vertical representa as pressões em milibares (e, entre parêntesis, a altitude correspondente da atmosfera padrão); as linhas contínuas oblíquas indicam as temperaturas (de 5 em 5° C); o sector a preto dos pequenos círculos representa a humidade relativa; a adiábata saturada está indicada em linha tracejada para os pontos significativos das sondagens do dia 21; as setas representam a direcção e força do vento, segundo os símbolos usuais.

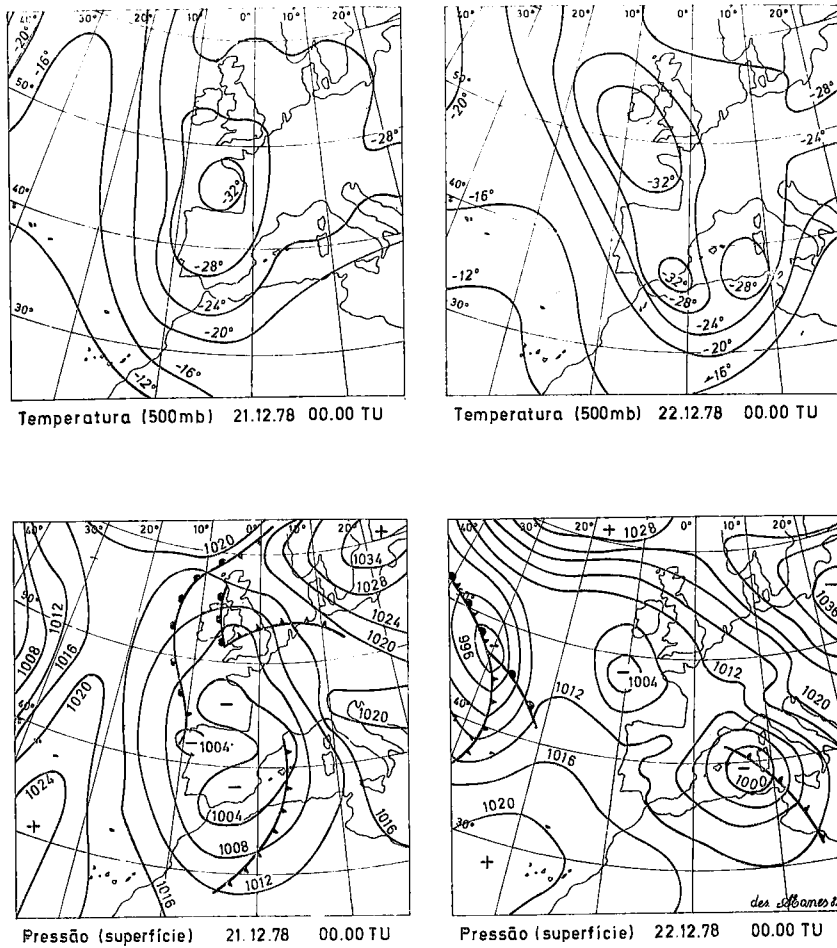


Fig. 7 — Condições meteorológicas em 21 e 22 de Dezembro de 1978, às 00.00 T. U., na superfície do solo e ao nível de 500 mb, segundo o *Boletim Meteorologico Diario* (Madrid).

ficou sempre à margem dela; o Funchal, na Madeira, registou, até o dia 21, sobre uma massa de ar marítimo muito instável, uma penetração rápida de ar nórdico; o aeroporto de Lisboa, por sua vez, mostra a complexidade da faixa de transição litoral, entre as fâcies oceânica e continental da língua de ar frio.

Com efeito, nas imagens VIS e IRT, a parte oriental da massa de ar de origem ártica permite observar, sobre o Norte da Península Ibérica, um sistema de nuvens baixas e médias, bem como a neve fresca que cobre os Pireneus (quedas de neve são também assinaladas, durante

a tarde e a noite de 20 para 21 de Dezembro, em 4 estações do Centro de Espanha). As temperaturas mínimas registadas na manhã do dia 21 foram muito baixas na Meseta Norte (-5° a -12°) e no Norte de Portugal (-5° em Bragança e -4° em Vila Real), mas foram moderadas ao Sul da Cordilheira Central (0° em Madrid, Cáceres, Badajoz e Portalegre, 2° em Beja). Foram também relativamente baixas no litoral norte e noroeste (-1° em Bilbao, 0° em Santander, -1° em Vigo e Viana do Castelo), aumentando progressivamente para o Sul (4° em Cabo Carvoeiro e Lisboa, 7° em Sagres).

O arrefecimento da massa continental dá conta da circulação do quadrante leste que se notava ao nível do solo às 6.00 T. U. nas estações litorais portuguesas e, ainda, às 12.00 na sondagem aerológica de Lisboa (fig. 8). Tratava-se provavelmente do escoamento lateral da capa de denso ar frio e de elevada humidade relativa que se tinha desenvolvido durante a noite sobre o Norte e Centro da Península; escoava-se em direcção ao oceano, de águas superficiais ainda mornas (14° ao largo do Cabo Finisterra, 17° perto do Cabo de São Vicente, durante a última década de Dezembro de 1978, segundo os registos publicados na revista *Met-Mar*). As 18.00 horas do dia 21 a atmosfera tinha-se tornado em geral perfeitamente calma no litoral ocidental da Península.

Em contraste com esta película continental de ar frio e quase parado, as sondagens aerológicas de Lisboa e Funchal mostram a rápida circulação, sobre o mar, de uma massa de ar de origem ártica, de características anticiclónicas, sobretudo nítidas no dia 20 em Lisboa e ainda no dia 21 no Funchal (com a típica inversão de temperatura e altitudes muito baixas do ponto de congelação).

A estrutura das nuvens que cobrem neste dia o Atlântico é muito típica de um fluxo rápido de ar frio sobre o mar mais quente, que lhe humedece e aquece progressivamente a base. Observa-se uma organização das nuvens em vagas, como se as lufadas sucessivas, de velocidade um pouco diferente, se empurrassem umas às outras, provocando pequenas frentes de ascendência incurvadas, de espaçamento quase regular. Nota-se ao mesmo tempo as variações de aspecto, devidas à diferente altitude atingida (em IRT) e à dimensão vária dos corpos nebulosos (em VIS); a altitude do topo das nuvens é mais elevada no limite oriental da invasão polar, nas proximidades do litoral ocidental da Península Ibérica, do que por cima do oceano.

A própria nitidez da inversão de temperatura no Funchal, no dia 21 (fig. 8), mostra que é impossível que o topo das nuvens a tenha ultrapassado; logo, a tonalidade cinzenta destas, na banda IRT, fica terminantemente interpretada: corresponde a uma temperatura próxima de 0° C. Pelo contrário, a curva de estado da atmosfera em Lisboa, no mesmo instante, confunde-se praticamente com a adiabática saturada. Este facto, a humidade já relativamente elevada e a cunha de ar continental que desliza na base, explicam que nuvens de grande desenvolvimento vertical (brancas na imagem IRT) apareçam na faixa litoral ocidental da Península.

Nota-se também, comparando as sondagens de Lisboa e do Funchal neste dia, que a circulação de altitude média é menos rápida, como que travada, no limite oriental do fluxo, enquanto atinge velocidades elevadas no meio do oceano. Vê-se ainda (fig. 6) as habituais perturbações que as ilhas atlânticas introduzem no escoamento das massas de ar, provocando a jusante esteiras de traçado ondulante (é o caso da Madeira [M] e das ilhas orientais do arquipélago das Canárias) ou alinhamentos transversais, como a Sueste das ilhas mais ocidentais do mesmo arquipélago.

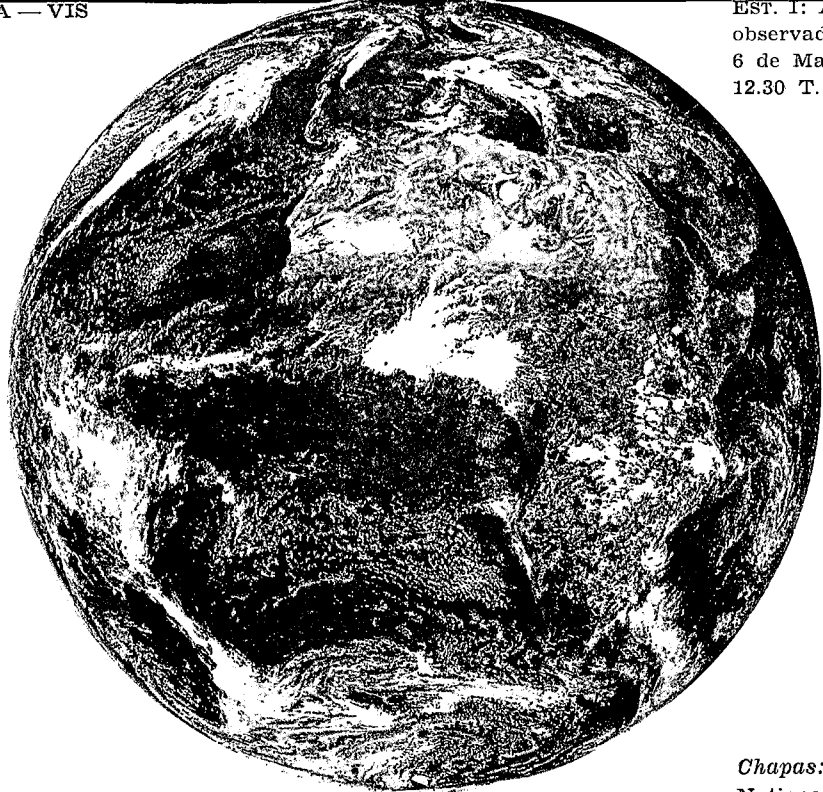
As imagens (est. VII) mostram ainda que o fluxo de ar ártico chegou a ultrapassar o litoral noroeste da África, cobrindo todo o Marrocos atlântico e trepando a barreira montanhosa dos Atlas, numa potente frente orográfica de espessas nuvens altas. Mais ao Sul, a massa de ar nórdica atingia 28° N por cima do Cabo Jubi e do arquipélago das Canárias, onde as estações do litoral mantinham no entanto temperaturas mínimas elevadas (15° e 16°).

As sondagens do aeroporto das Lajes mostram que o arquipélago dos Açores ficou completamente à margem da invasão de ar ártico. As 12.00 horas do dia 20 a crista anticiclónica, que cobria ainda a região, era constituída, a partir de 1500 m de altitude, por uma massa de ar subsidente muito seco; no dia 21 uma espessa massa de ar polar marítimo húmido e instável, vinda do Sudoeste, banhava já as ilhas. A potente frente fria, que as suas nuvens altas (IRT) e espessas (VIS) individualizam muito bem à esquerda das imagens, não tinha ainda atingido as ilhas; era empurrada pela massa de ar frio que, na sondagem do dia 22, fez baixar de maneira sensível a temperatura do ar.

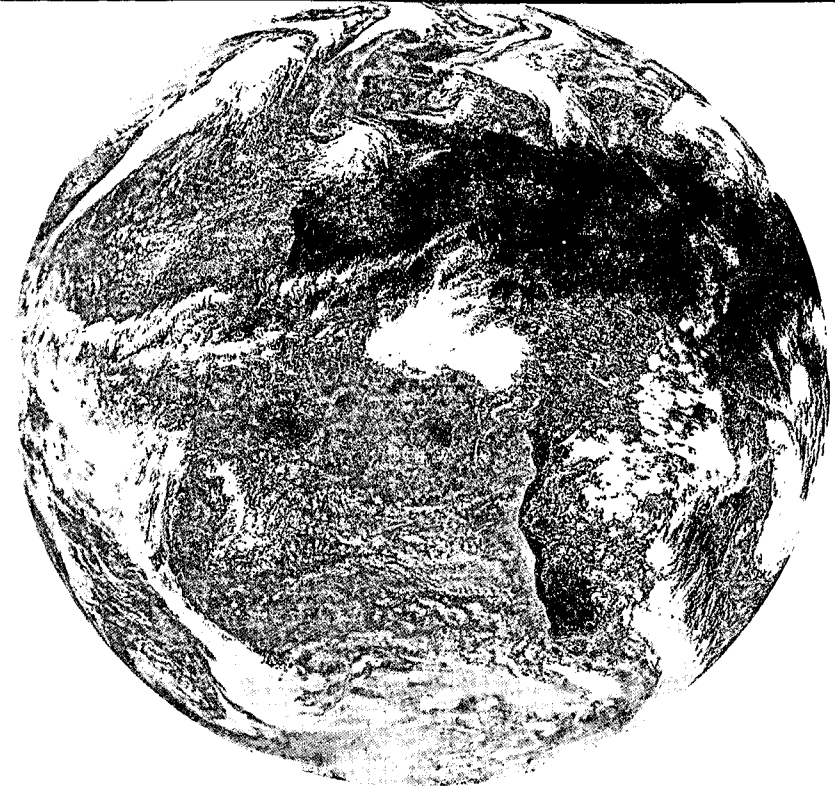
Agradeço a gentileza com que MARIA JOÃO ALCOFORADO e DENISE DE BRUM FERREIRA leram e criticaram o meu texto.

SUZANNE DAVEAU

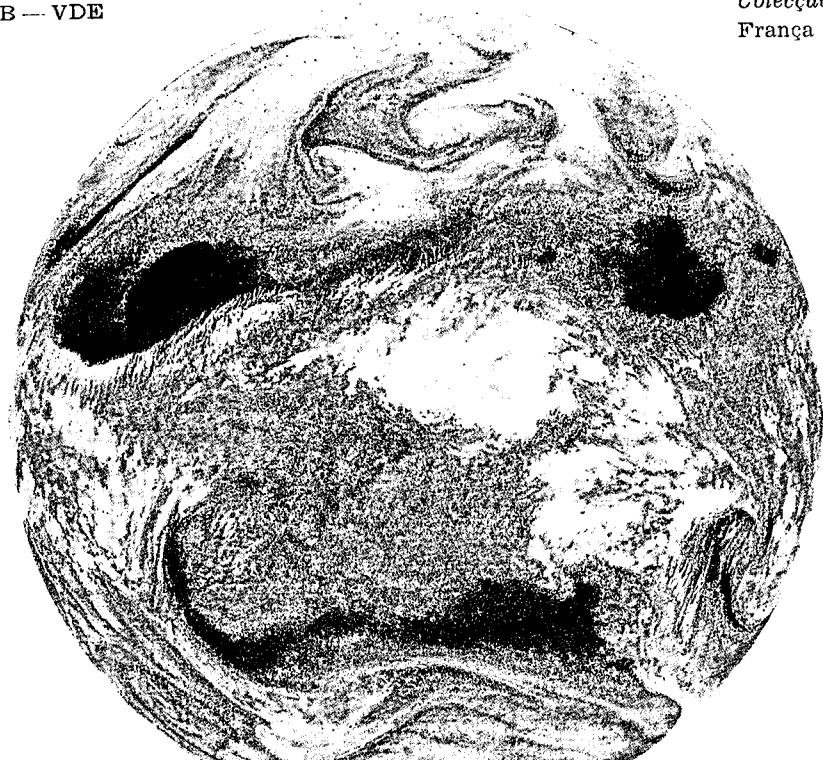
A — VIS



EST. 1: A face da Terra
observada por Meteosat
6 de Março de 1978
12.30 T. U.

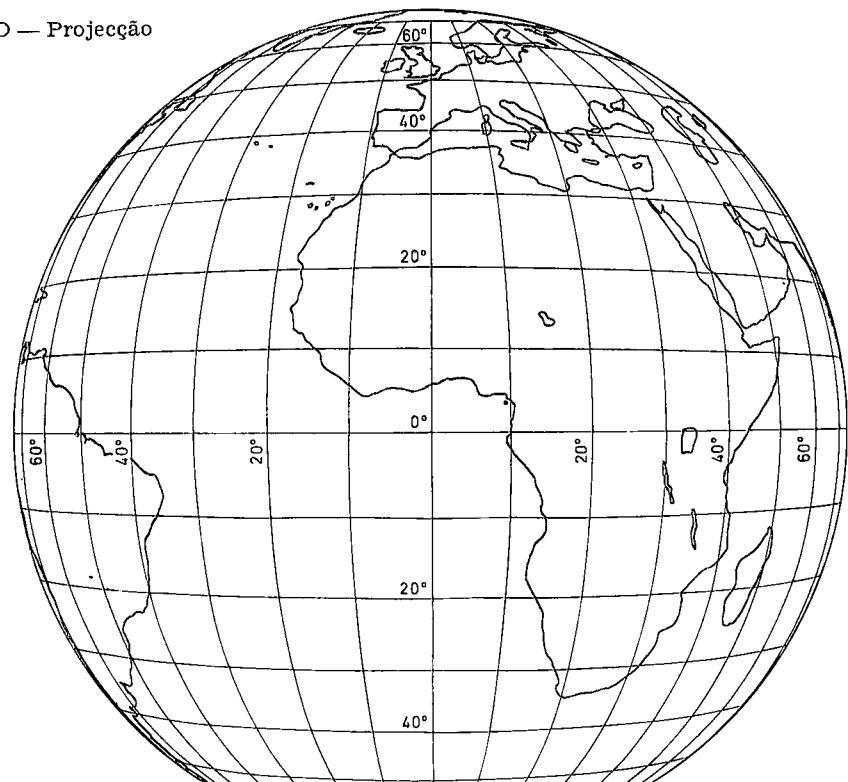


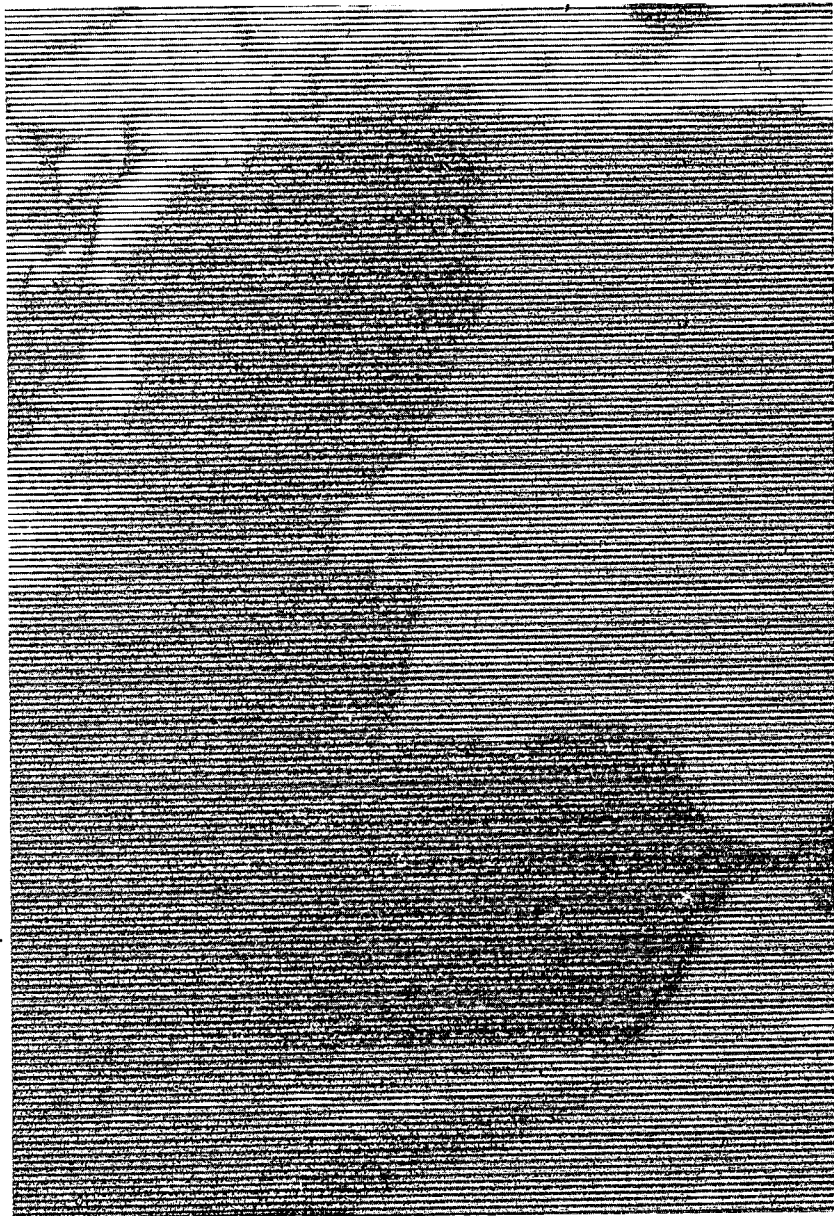
B — VDE



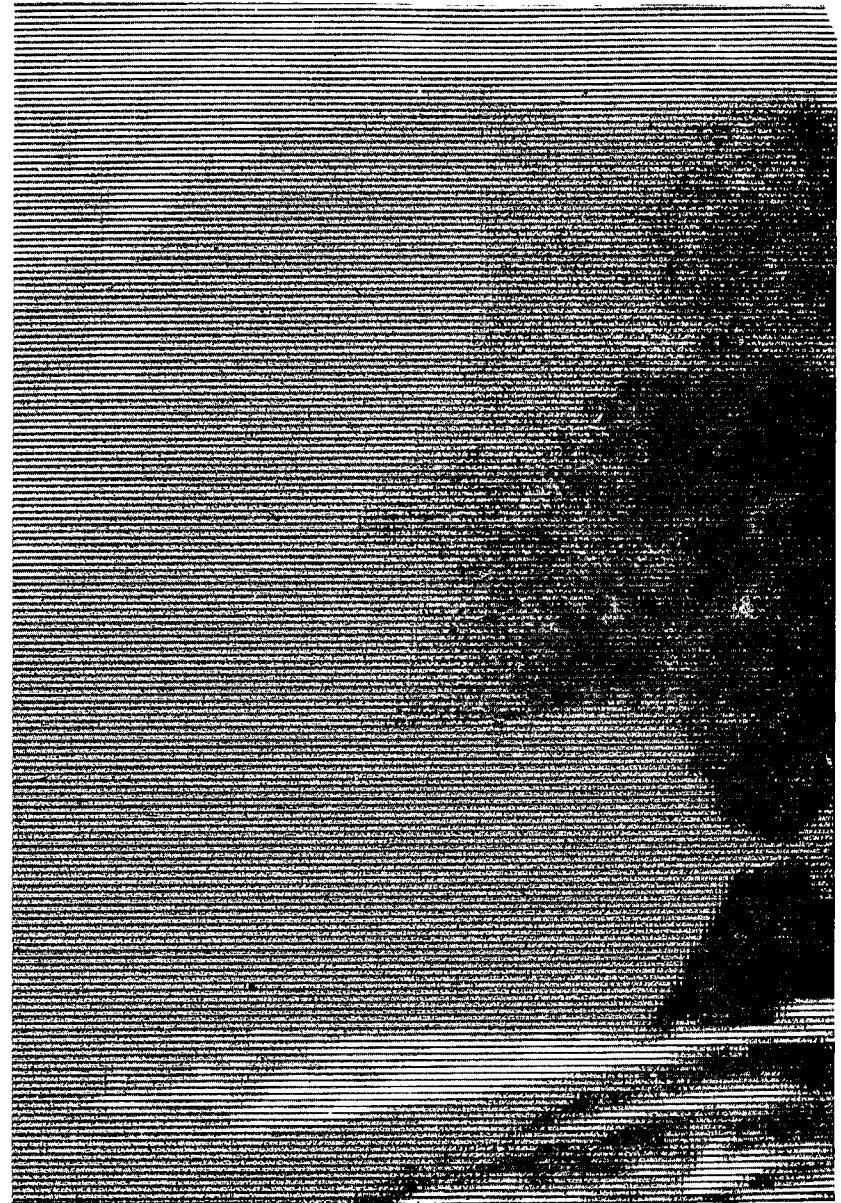
Chapas: Météorologie
Nationale, Lannion
Colecção: ORSTOM,
França

D — Projecção





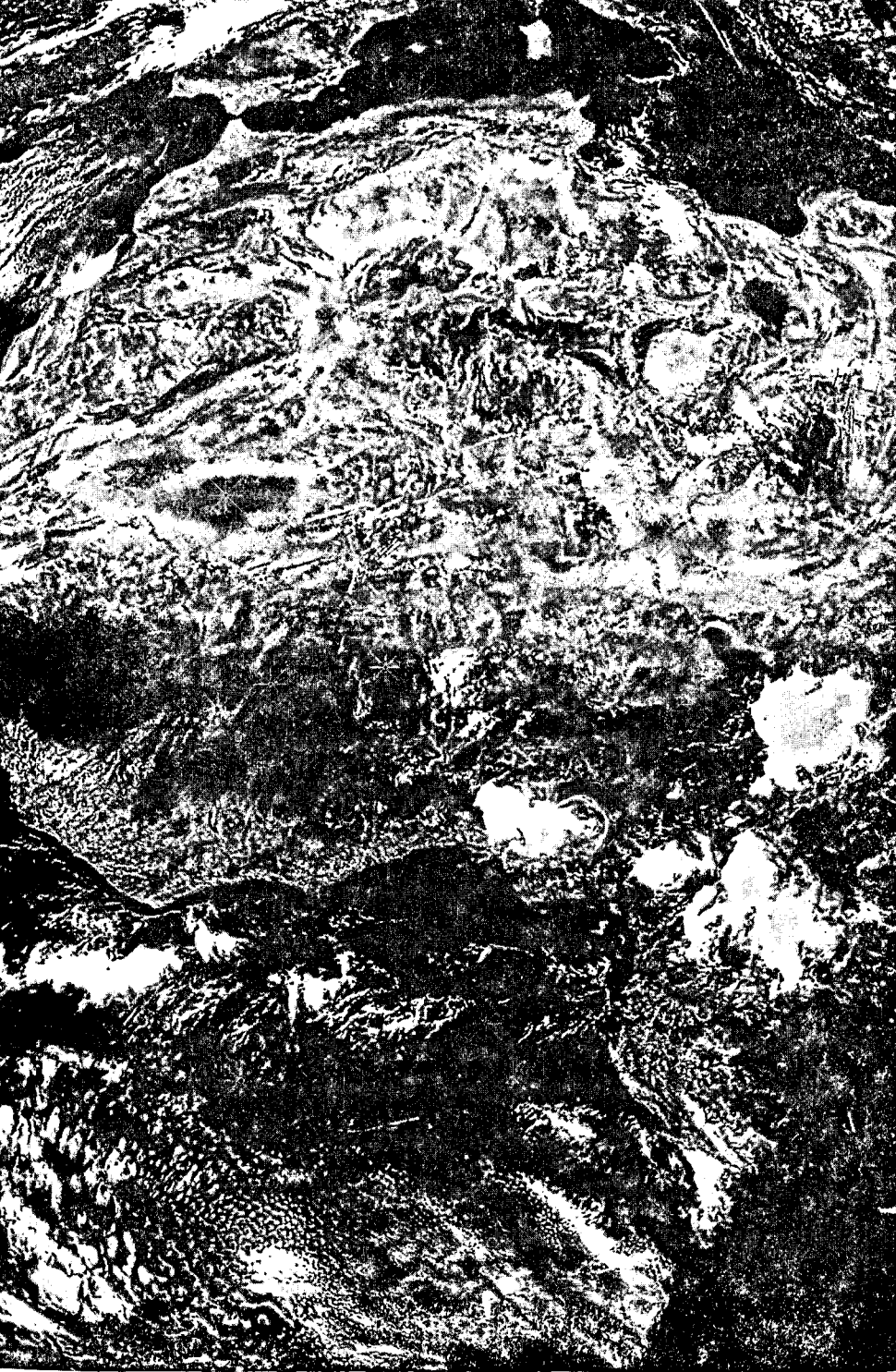
Est. II: Ampliação das imagens padrão Meteosat VIS (à esquerda)
e IRT (à direita, 4 de Outubro de 1978, 10.00 T. U.



*Chapas: Météorologie Nationale, Lannion.
Colecção: ORSTOM, França.*



Esr. III: Uma fenomenal descarga de ar antártico, no fim do Outono do hemisfério sul, 21 de Maio de 1979, 11.00 T. U. Imagem superior (VIS), inferior (IRT). *Chapas*: Météorologie Nationale, Lannion; *Coleccção*: ORSTOM, França.



EST. IV: A África ocidental em 21 de Maio de 1979 (aspecto na banda VIS).
Chapa: Météorologie Nationale, Lannion; Coleção: ORSTOM, França.



EST. V: Rápida circulação ciclônica à volta da Antártida, no Verão do hemisfério sul, 21 de Dezembro de 1978, 11.00 T. U.
Imagem superior (VIS), inferior (IRT). Chapas: Météorologie Nationale, Lannion; Coleção: ORSTOM, França.

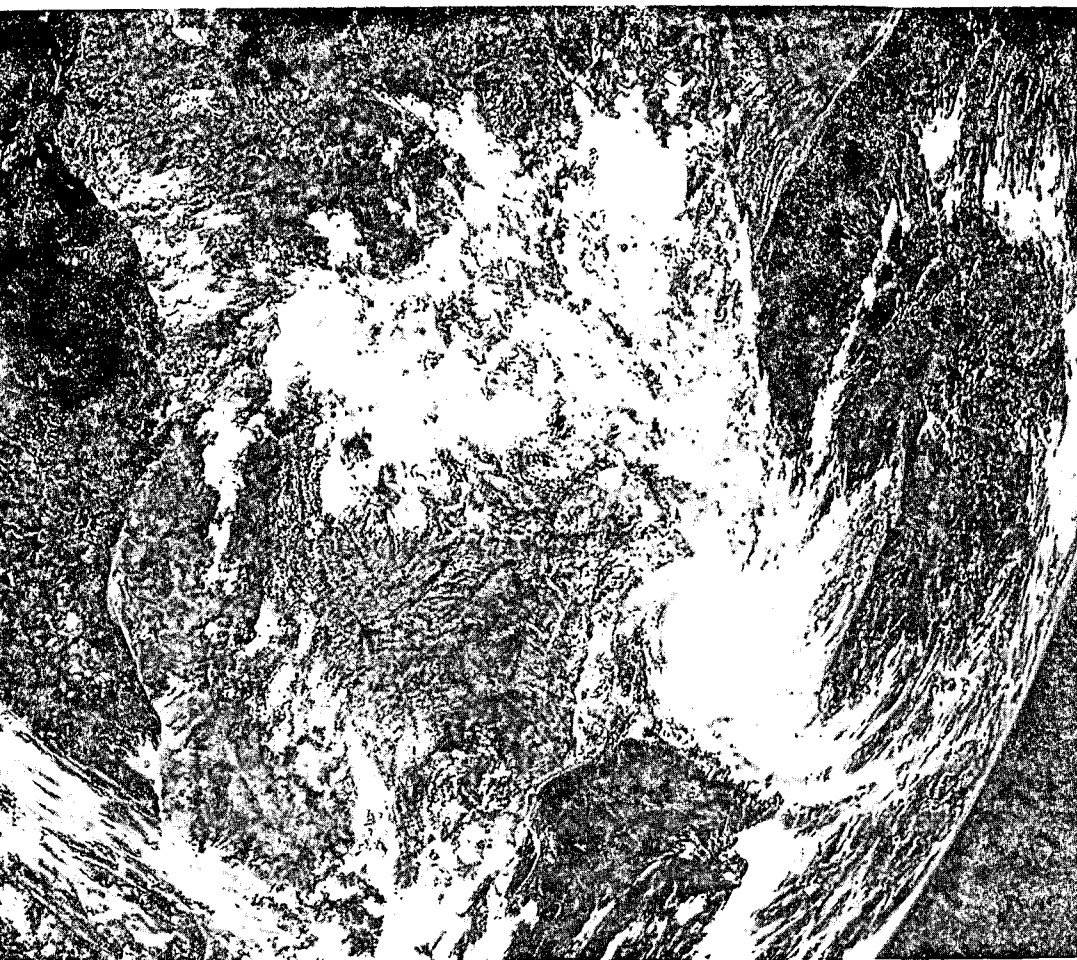


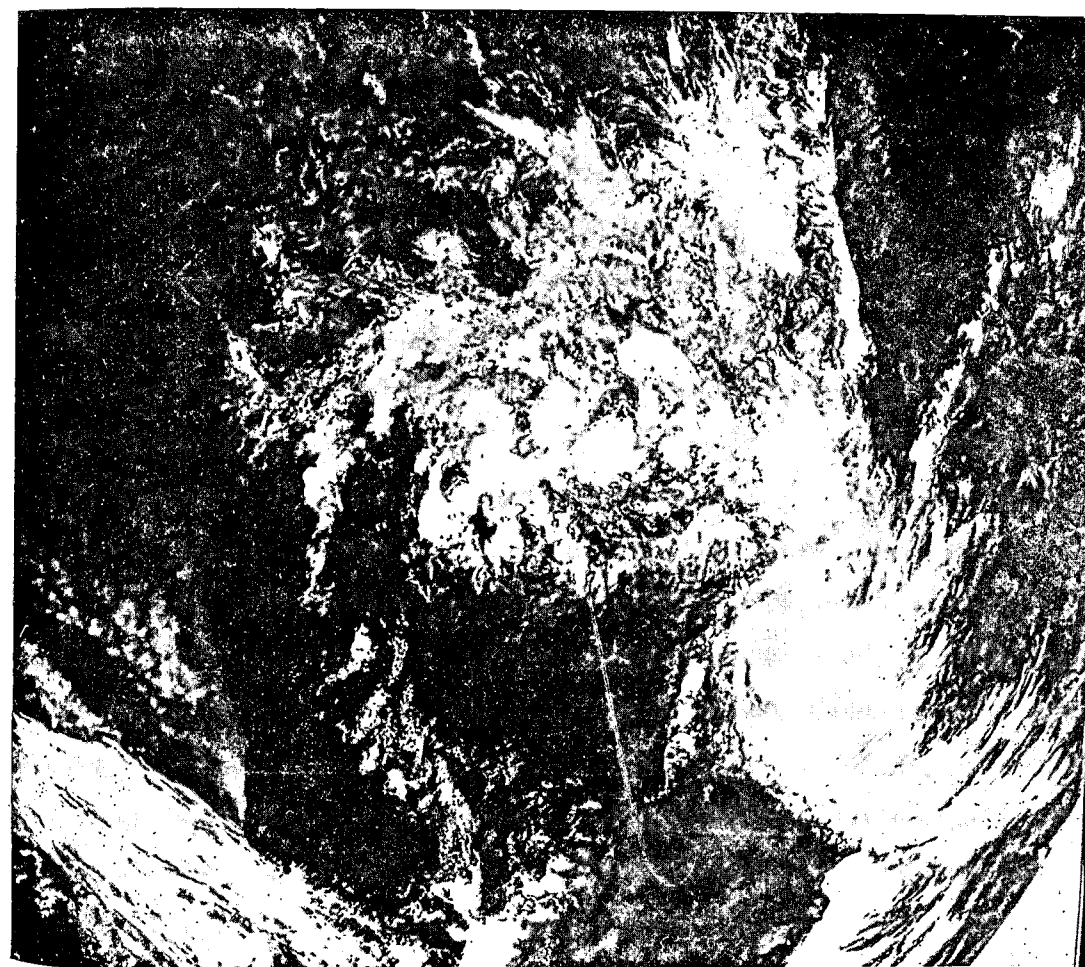
Imagem VIS.

EST. VI: O ciclone Angele e a Ccnvergência Intertropical sobre a África meridional, em 21 de Dezembro de 1978.

Chapas: Météorologie Nationale, Lannion.

Colecção: ORSTOM, França.

Imagem IRT.



EST. VII: A Europa ocidental no solstício de Inverno, 21 de Dezembro
de 1978, noite polar e descarga de ar ártico.

Chapas: Météorologie Nationale, Lannion.

Colecção: ORSTOM, França.

Imagem IRT.



Imagem VIS.

