

# O PRINCÍPIO DE SIMETRIA\*

## CIRCULAÇÃO SECUNDÁRIA NO HEMISFÉRIO SUL (INVERNO)

### CAMPO DE PRESSÃO NORMAL

*Junho*

ADALBERTO SERRA

No hemisfério norte, a carta média de pressões ao nível do mar apresenta as seguintes características:

a) O centro de alta dos Açores se estende entre as longitudes de  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$  W, a respectiva dorsal alcançando menor latitude no meridiano de  $40^{\circ}$  W, o mesmo, aliás, da costa oriental do Brasil, no hemisfério sul. O centro de pressão máxima (1 025) se encontra a  $30^{\circ}$  N e  $37^{\circ}$  W.

b) A alta do Pacífico Norte ocupa uma vasta região entre os meridianos de  $120^{\circ}$  W e  $140^{\circ}$  E, passando pelo de  $180^{\circ}$ . Sua isóbara externa permanece mais próxima do equador desde  $130^{\circ}$  W até  $160^{\circ}$  E, alcançando menor latitude a  $140^{\circ}$  W, justamente onde é mínima a pressão no hemisfério sul, entre as altas do Chile e Austrália. O centro isobárico mais intenso (1 022,5), está a  $33^{\circ}$  N e  $145^{\circ}$  W, a alta setentrional cobrindo em longitude as bordas dos dois anticiclones do Pacífico Sul. Estes são menos estáveis, em junho, que o do Pacífico Norte, e cortados por frentes sucessivas, que se movem para E.

c) Entre as duas altas citadas, dos Açores e Pacífico, tem início no México a primeira "frente de alísios", sobre a baixa térmica dos Estados Unidos; esta última, que prolonga outra menos profunda do Canadá, permanece normalmente entre os meridianos de  $100^{\circ}$  e  $115^{\circ}$  W. Nestas longitudes, no hemisfério sul, e mantendo pequena oscilação, nota-se uma frente meridional ao largo da costa do Chile, no Pacífico, bastante freqüente nos mapas diários.

d) Ao norte da alta dos Açores, entre os meridianos de  $10^{\circ}$  e  $120^{\circ}$  W, estende-se a grande baixa da Islândia, varrida continuamente pelas depressões da frente polar atlântica. Esta, que se iniciara como frente de alísios no México, é devida à frontogênese entre a pequena alta fria do Canadá e o anticiclone subtropical, morrendo suas ondulações a NE, já na Europa.

Nota-se que nas mesmas longitudes, sobre o hemisfério sul, oscilam as depressões da frente polar pacífica (ao largo do Chile) e da frente polar atlântica (que começa no Rio da Prata). Convém acentuar igualmente que o centro da baixa polar do hemisfério norte (1 010 mb) está localizado no meridiano  $60^{\circ}$  W, o mesmo da depressão

\* (Estudo realizado com o auxílio do Conselho Nacional de Pesquisas)

térmica da América do Sul. Esta se apresenta, aliás, enfraquecida no mês de junho, quando começa o inverno sul.

e) A norte da alta do Pacífico estende-se uma baixa entre a região das Aleutas, a 140° W, e o meridiano 130° E, oriunda de oscilações da frente polar pacífica. Aquela se prolonga para SW, já na Ásia, como baixa de monção do Tibete, desde 130° E, até 30° E, terminando na depressão termal do Saara, já a 10° W.

Como afirma GODSKE, esta baixa do deserto, que prolonga o grande sistema depressionário da Ásia, é originada hidrostaticamente pelo forte aquecimento da alta superior que surge desde 2 000 a 3 000 metros, e se constitui num verdadeiro "centro de ação".

Entre a referida alta superior e a dos Açôres se estende, sobre as Canárias, a segunda "frente de alísios", que separa a corrente inferior fria, do contra-alísio superior de origem tropical, e portanto mais quente.

Aquela baixa se encontra entre uma dorsal sobre a Europa, prolongamento da alta dos Açôres, e os anticiclones do Atlântico Sul e Índico. O *trough* médio que os separa, sobre a África meridional, vem mergulhar na depressão do Saara.

Para esta última sopra geralmente, durante o verão, a monção de SW, a qual impele a FIT até o deserto, acarretando a produção de fortes chuvas na Guiné.

Quanto ao ciclone das Aleutas, apresenta um centro de pressão mínima (1 010) a 175° W, em longitude idêntica à do mar de Ross, no Antártico, onde também existe uma baixa semipermanente, segundo as cartas BJERKNES.

Nota-se igualmente que entre os meridianos limítrofes da baixa do Tibete fica localizada, no hemisfério sul, a alta do Índico, em geral dupla; pois a 85° E, no meridiano de Ceilão permanece uma frente polar semipermanente, à qual se vem adaptar o *trough* da depressão da Ásia. Além disso, dorsais do anticiclone do Índico avançam para norte nos meridianos de 70° E e 100° E, cortando a baixa da monção, cujo centro (1 000) está situado a 30° N e 75° E. Neste último se origina, aliás, a terceira "frente de alísios" do hemisfério, adiante transformada em frente polar pacífica.

A separação entre aquela baixa e a do Saara, a 30° E, corresponde a uma dorsal para o equador da alta do Índico Sul, já no continente africano. Outra cunha se estende também na mesma direção ao longo do Mediterrâneo, emitida pelo centro dos Açôres.

f) Finalmente, em torno ao pólo Norte, situa-se uma alta cujas dorsais avançam para sul, a 20° W e 125° W. O núcleo de maior pressão (1 017,5) se encontra a 83° N e 160° W. A sul desta alta, sobre o norte da Sibéria, localizam-se os ciclones da frente ártica de verão.

g) Antes de encerramos tal descrição, convém não esquecer o *trough* equatorial, por onde passa a FIT, e que alcança nesta época maior latitude setentrional na Ásia, sob a monção de SW, já descrita. Ele se localiza mais próximo ao equador nos oceanos Atlântico e Pací-

fico oriental. A pressão só se torna muito baixa, porém no continente asiático.

Como vemos, os sistemas isobáricos estão todos orientados num sentido SW-NE, indispensável, segundo JEFFREYS, ao transporte para o pólo do excesso de momento angular de W, ganho pela atmosfera na zona equatorial. Vejamos agora a situação normal no hemisfério sul, tal como a descrevem os mapas de SHAW: Além de uma baixa em torno do Antártico, cujos *troughs* apontam para norte nas longitudes de 170° W, 100° W, 40° W, 20° E, 100° E, duas frentes antárticas se salientam, nos mares de Ross e Weddell.

No trópico, após a primeira frente de alísios, que se transforma ao sul (na FPP) em frente polar pacífica, temos a alta do Pacífico Sul, entre 140° W — 80° W, com máximo de 1 020 a 95° W. Seguem-se um *trough* a sotavento dos Andes (70° a 60° W), onde nasce a segunda “frente de alísios”, logo adiante transformada em frente polar do Atlântico Sul. Depois, neste oceano, o centro de ação, desde 60° W até 15° E, com máximo a 5° W. Por último, novo *trough* na África, sede da terceira frente de alísios, e que adiante se transforma em frente polar do Índico.

O centro de alta dêste oceano se estende de 25° E a 100° E, mas não termina em “frente de alísios” na Austrália, por falta de uma cadeia de montanhas no sentido norte-sul. Sômente um efeito orográfico, como sabemos, permitiria manter a separação dos núcleos. Assim, o de alta da Austrália se conserva depois até 175° E. Daí para o meridiano de 140° W a pressão é baixa, não havendo centro de ação.

Resumindo, vemos que as frentes polares no hemisfério sul se localizam a oeste dos centros de ação, originando-se nas frentes de alísios, ao longo dos *troughs* entre as altas dinâmicas. Há, assim, pelo menos três frentes polares: a do Pacífico, por vêzes dupla e situada a oeste da alta do Chile, a do Atlântico, que começa no Rio da Prata, e a do Índico, sôbre a África do Sul. Tôdas se alongam para SE, sofrendo ondulações conforme a teoria clássica de BJERKNES.

Por outro lado, simetricamente ao que se observa no hemisfério norte, e pelo princípio de JEFFREYS, a orientação dos sistemas de alta e baixa é agora SE-NW.

Do exposto se depreenderia, à primeira vista, que a distribuição dos continentes determina, de modo soberano, a localização das baixas térmicas, e, portanto, sôbre os mares, a dos centros de alta e *troughs* do ciclone polar. Não haverá assim maior simetria entre os dois hemisférios.

Mas pode-se observar o seguinte: No Atlântico, os centros de ação se confrontam a norte e sul do equador; no Pacífico, duas altas do hemisfério sul estão localizadas em frente às bordas da alta do Havaí, enquanto à cunha central desta última corresponde uma zona de baixas pressões no hemisfério sul.

Já a baixa do Tibete, na Ásia, confronta a alta do Índico, aí devendo ocorrer, portanto, um reajuste contínuo, adaptando-se os anticiclones do Índico ou Pacífico Norte às baixas da Ásia, ou às frentes meridionais do Pacífico Sul. Ao passo que no Atlântico se notará apenas uma aproximação maior ou menor entre as altas de ambos os hemisférios.

Não precisamos justificar o fato de se encontrarem todos os centros do hemisfério setentrional em altas latitudes, nesta época. Realmente, a circulação geral acompanha o movimento do Sol, iniciando junho a estação do verão norte. Por isto mesmo, o conjunto dos núcleos estará mais perto do equador no hemisfério sul, agora sob inverno.

Pelo contrário, no verão antártico, em janeiro, todo o conjunto circulatório recuará para sul com o movimento solar, localizando-se os centros de ação mais perto do Antártico.

HAURWITZ já acentuara, aliás, que no inverno meridional, em julho, os valores da pressão eram simultaneamente mais elevados nos anticiclones subtropicais de *ambos* os hemisférios; e mais baixos em janeiro, no verão sul. Tal fato nos autoriza a pensar numa simetria da circulação em torno do equador, mesmo porque a diferença de pressão julho-janeiro é de 3 mb (Atlântico Norte), 5 mb (Pacífico Norte), 3 mb (centros do Pacífico e Atlântico Sul), e 5 mb (centro do Índico).

O mesmo se verifica com as baixas circumpolares, mais profundas em janeiro em ambos os hemisférios, e menos intensas em julho. Assim, a diferença julho-janeiro é de 13 mb no ciclone da Islândia, indefinida no das Aleutas (que quase não se forma em julho), e de 7 mb nas baixas polares do Atlântico, Pacífico e Índico Sul.

Daí resulta que o gradiente da pressão entre os centros de ação e as baixas subpolares, responsável pela circulação secundária, será sempre mais intenso em janeiro (1,1 mb/1° em ambos os hemisférios) e menos acentuado em julho (0,8 mb/1°).

É compreensível que em janeiro, mês de inverno do hemisfério norte, a circulação aí se apresente mais ativa. Mas que também o seja no meridional, de temperatura bastante uniformizada no verão, é menos fácil de compreender, e só explicável mediante uma decisiva simetria de comportamento. É o que procuraremos demonstrar, à intensa circulação setentrional devendo corresponder outra igualmente forte no hemisfério austral, embora sob latitudes mais elevadas, devido ao verão.

É sabido também que na estação quente, em julho, as frentes polares do hemisfério norte se deslocam na direção do Ártico, onde produzem ciclones fracos, que resultam nas pressões mais elevadas já citadas. A simetria fará com que também as depressões do hemisfério sul, agora no inverno, além de situadas mais próximo do equador, sejam menos profundas. Também para as baixas térmicas tal aspecto se confirma: assim a do Chaco, a 60° W na América do Sul, se encontra em longitude idêntica a do *trough* da Islândia, no seu núcleo mais intenso.

Ora, é no verão sul (janeiro) que fica mais profunda aquela depressão, por simetria o mesmo se verificando com a da Islândia, de tudo resultando o enfraquecimento do centro dos Açores. A baixa das Aleutas se reforçará, porém, durante o inverno setentrional, tal como ocorrerá com a da Islândia.

Já no verão norte (julho) esta última se torna menos profunda, e simultaneamente, reforçando-se o centro dos Açores, a baixa do Chaco se atenua. Quanto à depressão das Aleutas, quase não aparece.

### *Julho*

Em relação ao mês de junho, somente pequenas diferenças aparecem nas isóbaras do hemisfério sul, conforme os mapas de SHAW.

O centro de alta da Austrália está mais nítido, ficando a isolinha de 1 015 mb limitada ao meridiano 170° E. Dêste até o de 135° W há uma zona de baixas da frente polar pacífica, mais acentuada que no outro mês. O centro de alta do Chile começa a 135° W, enquanto o do Atlântico domina até 50° W. O do Índico é mais forte que em junho, limitando-se à faixa 100°-120° E sua zona de menor pressão, correspondente à baixa do Tibete. Assim, a circulação secundária é menos acentuada que na época anterior.

No hemisfério norte, segundo as cartas do W. BUREAU, os centros de ação se apresentam mais intensos, e com pressões agora mais elevadas.

A alta do Havaí, estendida desde 120° W até 135° E, tem o núcleo de 1 025 mb a 150° W, com suas bordas nas mesmas longitudes que os centros da Austrália e Chile, confrontando a dorsal com a baixa já citada do Pacífico Sul.

A depressão do sudoeste norte-americano é mais nítida (1 005 mb), e localizada a 115°-105° W, devendo corresponder a uma intensificação da frente meridional, ao largo do Chile.

Já a alta dos Açores, de 95° W a 0°, apresenta uma isóbara central mais extensa que em junho.

O mesmo se poderá dizer da baixa da Ásia, entre 125° E e 25° E, cujo núcleo central, com 1 000 mb, se alonga de 45° a 90° E, enquanto a depressão do Saara alcança até 15° E.

Finalmente, o ciclone da Islândia, mais profundo (1 007,5) que em junho, se estende de 100° W até 0°, com o mínimo barométrico a 60° W, no meridiano da baixa do Chaco.

A alta do Ártico é mais fraca que no mês anterior, dado o maior aquecimento (1 012,5), avançando suas dorsais a 150° W, e de 30° W até 20° E, em frente às altas do Pacífico e Açores.

Entre os dois hemisférios se estende a baixa do *doldrum*, que somente na África, sob a monção de SW, forma uma verdadeira FIT, como o provou GODSKE. Isto porque a descontinuidade aí se agrava no litoral, entre o ar frio de SW e o quente de NE.

*Agosto*

Neste mês, a alta dos Açores se estende desde a Europa, a 35° E, até os Estados Unidos, a 105° W, sendo pois mais alongada que em julho. Mas o seu centro revela pressões menores, sendo a isóbara de 1 025, a 35° N e 35° W, bastante reduzida. A dorsal alcança mais baixas latitudes no paralelo 12°, entre 40° e 45° W.

A alta do Pacífico ocupa a faixa de 115° W a 145° E, portanto na mesma posição que em julho. Sua isóbara mais equatorial, a 13° N, segue de 125° W a 170° E, enquanto a central, de 1 025 mb, se apresenta, tal como a dos Açores, mais fraca que no mês transacto, com máximo a 37° N e 150° W.

Entre os dois centros de ação forma-se a baixa termal dos Estados Unidos, agora menos profunda, com 1 010 mb, que no mês anterior, e centrada na longitude 112° W. A extensa depressão da Ásia, entre 140° E e 10° W, pouco difere da época precedente, pois dois núcleos de 1 000 mb, a 55° E e 75° E, no paralelo 30° N, substituem a formação de julho. No Saara está mais reduzida a pressão, com um centro de 1 007,5 mb a 10° E e 20° N. Aquela baixa se prolonga para NE, no Pacífico, como ciclone das Aleutas até 160 W, sempre a norte da alta do Havai. Prossegue depois, já como baixa da Islândia, agora menos profunda que em julho (1 010 mb), entre os meridianos de 100° W e 0°, ao norte do centro dos Açores.

Finalmente, a alta polar é mais extensa que no mês anterior, com dorsais a 50° E, 20° W, e desde 150° W até 120° E.

De tudo se depreende que a circulação secundária se apresenta menos intensa, sendo agosto mesmo a época de menor atividade na América do Sul.

As cartas de SHAW para o hemisfério meridional diferem em alguns pontos das de julho; assim, os centros de alta do Atlântico e Índico se estendem de 50° W até 20° E, e daí para 100° E, respectivamente. *Troughs*, mas não baixas fechadas, existem na África do Sul e Chaco; êste último separa o anticiclone do Atlântico da alta do Chile, agora alongada de 70° W até 145° W.

A isóbara externa da alta do Índico, após um *trough* a 120° E, dá origem a uma alta na Austrália, menos intensa que em julho, em virtude de maior aquecimento, mas que se estende para E até 165° W. Daí resulta que a baixa entre os centros da Austrália e Chile é muito menos alongada que no mês anterior, ocupando o setor 165° W — 145° W.

A baixa circumpolar pouco difere da de julho, apontando seus *troughs* para norte a 110° E, 170° E e 10° W.

## CAMPO DE PRESSÃO DIÁRIA

As condições médias antes descritas já pareciam indicar algum sincronismo ou simetria nas situações isobáricas dos dois hemisférios. É

o que um exame das cartas diárias veio confirmar, através dos seguintes fatos, que o mais elementar raciocínio já permitiria prever:

A pressão é um elemento contínuo e, assim, se ela se encontra bastante elevada, por ex., num ponto a  $5^{\circ}$  de latitude sul e  $30^{\circ}$  de longitude W, terá de ser elevada, forçosamente, não só no paralelo  $0^{\circ}$ , como também a  $5^{\circ}$  de latitude norte, *no mesmo meridiano*. Isto porque no equador, dada a fraqueza do vetor de Coriolis, não se podem formar gradientes isobáricos intensos. Vice-versa, pressões baixas no hemisfério sul, a  $5^{\circ}$  S, acarretarão a existência de pressões também baixas a  $5^{\circ}$  N, na mesma longitude.

Ora, para que a pressão seja alta naquelas coordenadas do nosso hemisfério, é necessário que o centro de ação do Atlântico Sul, ou uma dorsal do mesmo, haja se aproximado da linha equatorial. E, como vimos, fenômeno idêntico terá que suceder ao centro dos Açores, cuja dorsal se aproximará igualmente do paralelo  $0^{\circ}$ , num ponto simétrico. Já pressões baixas de ambos os lados do equador significam afastamento para os pólos dos dois centros de ação (norte e sul), com maior aprofundamento da zona de convergência intertropical.

Esta, aliás, só poderá apresentar gradientes mais intensos a  $25^{\circ}$  ou  $30^{\circ}$  de latitude, nas regiões de baixas térmicas continentais situadas entre os anticiclones do trópico. Tais baixas, ao se agravarem num hemisfério, provocam o recuo simultâneo, para leste e oeste, dos centros de alta que as cercam, o que logo se reflete, como veremos, no outro hemisfério.

Se, contudo, como sucede no Índico, a norte do centro de ação se localizar uma depressão (do Tibete), o progresso para o equador do primeiro deverá traduzir uma subida geral do barômetro na baixa, enquanto um recuo para o sul do centro de alta provocará o aparecimento de novas isóbaras no interior da depressão, com maior aprofundamento desta última. Isto porque qualquer refôrço ou enfraquecimento da alta do Índico, dadas sua proximidade do equador e a fraqueza correspondente do vetor de Coriolis, logo se traduzem em correntes mais ou menos intensas no sentido do gradiente bórico, e que irão encher ou esvaziar a baixa do Tibete. Fenômenos idênticos se verificam entre o anticiclone dos Açores e a depressão do Chaco. No entanto, como demonstrou WALKER, a relação entre a alta dos Açores e o ciclone da Islândia era diferente, intensificando-se ambos ou enfraquecendo simultaneamente, dado o vetor de Coriolis que já atua nas latitudes elevadas e impede a passagem direta das correntes entre as duas formações.

No Pacífico Norte a situação é semelhante à do Índico, o avanço para o equador, ou a intensificação do anticiclone do Havaí devendo corresponder a uma subida do barômetro na baixa tropical do hemisfério sul, entre  $175^{\circ}$  E e  $140^{\circ}$  W. Daí vem a resultar uma aproximação entre os dois centros de alta do Chile e da Austrália.

Se, porém, a pressão declinar no Pacífico Norte, cairá também no Pacífico Sul, cujos centros de alta irão se afastar, ficando, assim, aquelas longitudes dominadas por frentes meridionais ou ciclones tropicais.

Ora, já parece finalmente aceito em meteorologia que a circulação equatorial não é nem elaborada ao acaso, nem independente das ondulações da frente polar. Antes e como sempre afirmamos pelas nossas observações na América do Sul, função única das perturbações ciclônicas das altas latitudes afastando-se os centros de ação ou transformando-se face aos avanços finais de ar frio para o equador que terminam as sucessivas "famílias". O mecanismo de propagação aos trópicos das perturbações polares foi por nós descrito, aliás, nos livros *Circulação Superior*, *Previsão do Tempo*, *Meteorologia do Nordeste* e *Meteorologia Equatorial*.

Assim, demonstrado como ficou o sincronismo de movimentos dos centros de ação em ambos os hemisférios, teremos de concluir por uma correlação estreitíssima entre as circulações subpolares e das altas latitudes norte e sul, fazendo com que as previsões do tempo elaboradas para um hemisfério tenham relação acentuada com as do outro hemisfério, e vice-versa.

Tais fatos, que a simples lógica apontava e o exame das cartas veio comprovar, jamais foram citados na literatura meteorológica, e dêsse modo procuraremos documentar o que ficou comprovado numa análise do verão de 1954 (junho, julho e agosto).

## AMÉRICA DO SUL

Para melhor compreensão dos acontecimentos, vamos partir da situação normal de inverno em nosso continente.

Como demonstram as cartas médias, não existe nesta época propriamente uma repressão semifixa no Chaco, mas sim um *trough* de origem parte orográfica e parte térmica, e que só se aprofundará em baixa por uma ação frontogenética na FPA do Rio da Prata.

Aquêlê *trough* separa normalmente os dois centros de ação do Pacífico e Atlântico Sul, ficando assim seu ramo equatorial ocupado pela "frente de alísios" e o polar pela FPA, enquanto sua longitude é a mesma (60° W) que a da extremidade meridional da baixa da Islândia.

### *Perturbações da FPP*

De início, convém recordar que a formação dos ciclones no sul do Chile provém sempre da terminação de atividade na frente polar Pacífica. Seja, com efeito, uma onda iniciada ao largo de Taiti, no ramo oeste da FPP. Ela se move para sueste, acabando por ocluir próximo à Patagônia, sob a forma de enorme depressão que passa ao sul da Terra do Fogo para o mar de Weddell, onde estaciona e enche. Aquela onda é seguida por dois a seis ciclones análogos, cuja oclusão final vai reforçando a citada depressão de Weddell. Trata-se do quadro mais frequente nas situações de *high-index*, em que os centros de ação ficam bem acentuados.

Suponhamos agora que a alta do Chile se mantenha estacionária por alguns dias, com centro na latitude  $110^{\circ}$  W e dominando desde  $140^{\circ}$  W até próximo ao litoral, a  $80^{\circ}$  W. Ela se encontra, neste caso, limitada a oeste por uma FM (a nova FPP, recém-formada) e a leste, sobre a costa, pela frente oclusa já descrita, evolução final da FPP anterior, a base da oclusão mergulhando num ciclone estacionário do oceano Antártico. Enquanto isso, a nova FPP, que prolonga a FM de oeste, se estende zonalmente, muito ao sul da alta do Pacífico.

Nestas condições, o Chaco permanece sob o *trough* da frente oclusa litorânea, mas nenhum aprofundamento ocorre. Isto porque o centro de alta do Chile se mantém intenso, mas estacionário, outro tanto se verificando com o anticiclone do Atlântico Sul, que vai sendo, contudo, lentamente atraído para oeste, até o *trough*.

Este movimento acarreta aumento gradual da pressão e sobretudo da temperatura no Brasil meridional, onde o tempo se conserva seco e firme, sem chuvas, pela entrada de massa Tm. Tal situação permanece na média de quatro a cinco dias, sendo tanto mais duradoura quanto mais intensa e extensa for a alta do Chile, por este fato estacionária. O mesmo quadro se verifica no anticiclone do Atlântico, as FP tendendo assim a evoluir num sentido zonal e em latitudes elevadas, com circulação recuada para o pólo, como no verão. Trata-se, como já foi dito, de um panorama característico de *high-index*.

Melhor pormenorizando o que ocorre no continente, verifica-se que a Patagônia permanece sob as pressões baixas da cinta deprecionária circumpolar. Enquanto isso, com a gradual aproximação dos centros de ação, o do Atlântico recuando para oeste, dá-se um aumento geral das pressões entre as latitudes de  $15^{\circ}$  e  $40^{\circ}$  S, elevando-se igualmente o barômetro no *trough* do Chaco e no Chile central. Nesta última região as chuvas vão cessando, pois ciclones e frentes percorrem agora trajetórias muito ao Sul dos Andes, já nas latitudes da Terra do Fogo.

Ora, aquêles gradual deslocamento para sul das altas provoca um declínio da pressão entre o paralelo de  $15^{\circ}$  e o equador, caracterizado não somente pelo recuo já citado dos centros de ação para o pólo, como pelo aprofundamento da zona de convergência equatorial, escavando-se as baixas do Amazonas e declinando o barômetro no litoral norte do continente sul-americano.

Em conseqüência, e dada a simetria já demonstrada, a pressão irá cair igualmente no Atlântico e Pacífico Norte equatoriais, cujos centros de ação recuam também para o pólo. Como o do Atlântico Sul se reforçou, o mesmo acontece ao dos Açores, a pressão subindo portanto nas latitudes a norte de  $15^{\circ}$  N. Ocorre dêsse modo uma estabilidade acentuada, propagando-se a situação de *high-index* lentamente ao hemisfério norte, onde fica representada por uma intensa dorsal de alta nas Antilhas e Estados Unidos, sobre as longitudes correspondentes ao anticiclone do Chile. Enquanto isto, outra dorsal vai-se reforçando a leste de  $50^{\circ}$  W (nas longitudes da alta do Atlântico Sul). A PFA norte

permanece neste caso recuada para o pólo, sôbre a fronteira Canadá-Estados Unidos.

No hemisfério sul, devido ao já citado recuo das FP para o pólo, agora estendidas zonalmente, a estabilidade alcança por fim a própria alta do Índico, que fica estacionária. Ela seguirá, porém, para leste quando a situação se modificar na América do Sul.

Antes de prosseguirmos, convirá pormenorizar melhor a ação simultânea nos centros do Atlântico: Como acentuamos, o sincronismo ocorre nas mesmas longitudes, a norte e a sul do equador, e assim, seja qual fôr o movimento isobárico, êle deverá se reproduzir no outro hemisfério.

Ora, a estrutura do anticiclone dos Açores é mais ou menos a seguinte: (Fig. 1).

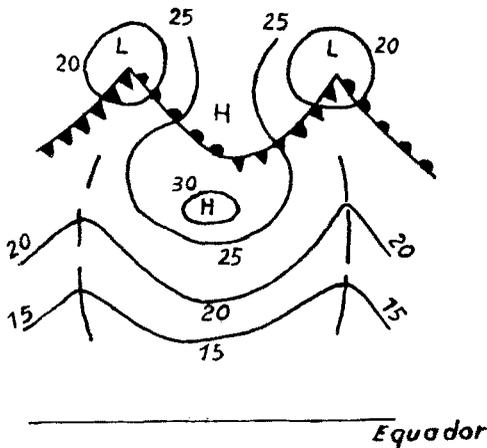


Fig. 1

várias FM em que ela se decompõe, devem corresponder, na mesma longitude, baixas polares no hemisfério norte, na sua própria PFA.

Tal simetria se verifica apesar da interposição dos centros de ação, que atuam como zonas de amortecimento, sem impedir, porém, o sincronismo, antes o assegurando, através do mecanismo que já descrevemos no livro *Circulação Superior*.

Julgamos conveniente, antes de passar às modificações dêste quadro normal, estudar o caso, aliás pouco freqüente, em que a estabilidade se acentua de modo extraordinário, dando origem, no hemisfério norte, às situações chamadas *blocking*.

## BLOQUEIO

Os casos de bloqueio, quando ocorrem nas latitudes médias, se traduzem por um crescimento anormal das pressões e centros de alta dos Açores (ou do Pacífico), ficando as frentes polares situadas ao noroeste de tais centros, com uma direção em grande parte meridional,

assim se interrompendo a passagem das discontinuidades para a Europa ou América do Norte.

Ora, o exame das cartas revela, neste caso, que a um tal aumento de pressão nos Açores corresponde sempre elevação idêntica nos centros de ação do hemisfério sul, cujas altas se estendem num sentido W-E, tôdas bastante intensas e não mais recortadas pelas costumeiras frentes meridionais; estas devem aliás cessar, pois não existem depressões no hemisfério norte, nas mesmas longitudes.

Como as frentes polares do hemisfério sul perderam sua habitual orientação meridional, ganhando outra zona W-E, ficam dificultados os avanços de ar frio para o equador, os continentes permanecendo sob forte sêca, com intenso domínio dos centros de ação. As FPA, FPP e FPI ganham assim latitudes elevadas, próximas do Antártico, e o aquecimento domina as zonas tropicais. O índice zonal torna-se, conseqüentemente muito alto no Atlântico Sul. (Fig. 2).

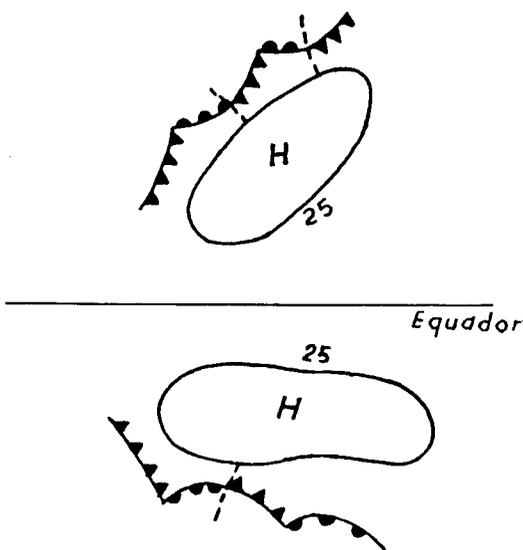


Fig. 2

cussões simultâneas nos dois hemisférios.

Note-se que o referido bloqueio nos Açores favorece a distribuição zonal das FP no Antártico, pois nos oceanos, a leste, não há mais ciclones no hemisfério boreal, dissolvendo-se assim as várias FM do meridional. Já nos mares ocidentais, onde, contidos pelo bloqueio, se localizaram as depressões do hemisfério norte, se estendem zonalmente as FP do austral.

Veremos agora, em maior minúcia, de que modo as perturbações ondulatórias logram modificar o quadro descrito, bem como as suas repercussões simultâneas nos dois hemisférios.

### PASSAGEM DE DORSAIS

A configuração normal já descrita será menos estável se a alta do Chile, de menores dimensões, tiver o seu centro a  $90^{\circ}$  W, mais perto do litoral, com a FM de oeste igualmente mais próxima, em torno a  $110^{\circ}$  W, por ex.

Nestas condições, verifica-se que dentro de um a dois dias, e previda por tal FM, a alta do Chile penetra na América do Sul, sob a forma de pequena dorsal. Esta última desloca para leste a FPA e nela origina um movimento ondulatório, cuja frente fria, embora fraca, avança até o Brasil meridional. A perturbação é rápida porém, cedo tudo voltando à situação inicial. Trata-se ainda de uma característica de *high-index*, com passagem para o Atlântico das dorsais do Pacífico.

## PERTURBAÇÕES DA FPA

Como demonstram as cartas do hemisfério sul, a formação da baixa do Chaco é sempre causada pela aproximação, proveniente de oeste, de um ciclone das FM ou da FPP. *Enquanto nada vier do ocidente* aquela baixa não se pode aprofundar, e a circulação na América se mantém, ou normal, sob o centro de ação do Atlântico, como acabamos de descrever, ou ainda perturbada, sob os ciclones da FPA e avanços de altas polares que iremos pormenorizar adiante.

Nas situações mais freqüentes, que são as de *low-index*, as FP ficam múltiplas, sob a forma de várias FM que atravessam a alta do Chile, resultando em passagens contínuas de ar frio para o equador, na vanguarda dos anticiclones móveis. Assim, vão-se sucedendo os ciclones oclusos ao largo daquele país, modificando-se o aspecto só quando as oscilações da FPP se aproximam do litoral.

Neste caso, a queda de pressão logo se reflete nas longitudes correspondentes do hemisfério norte, através de formações de baixa no México ou nos Estados Unidos, de 95° a 105° W, ou ainda mediante depressões dinâmicas ou térmicas no Canadá, que vão progredindo para leste. Enquanto isto, os ciclones profundos do Pacífico Sul atingem a costa, onde geralmente sofrem uma oclusão forçada de origem orográfica, avançando a descontinuidade sobre os Andes, como frente superior.

Mas o importante é que tal situação depressionária logo se propaga ao *trough* do Chaco, o qual escava profundamente, um ciclone aí se caracterizando cada vez mais intenso, por vezes com 996 mb, e cujas isóbaras vão provocando um recuo para leste nas do centro de alta do Atlântico. Trata-se de um fenômeno de divergência, provocado pela maior intensidade dos gradientes perto do centro.

Tal depressão, cuja formação inicial aparecia a 80° W, na costa do Chile, se propaga para leste até 60° W, enquanto a baixa polar do Pacífico passa ao Antártico como ciclone ocluso, do qual parte um *trough* frontal NS na Patagônia, ocupado por uma frente oclusa ou superior.

Na América do Sul, agora sob a situação criada pelo aprofundamento depressionário do Chaco, tem então início a frontogênese na FPA e a pressão vai diminuindo rapidamente. Por outro lado, forte onda de calor ocorre ao sul do trópico, proveniente de massa Tc, e que mais agrava o aquecimento causado pela massa Tm desde a situação anterior.

Já agora, com o alargamento e intensificação da baixa do Chaco, a alta do Atlântico, embora recuando para leste no sul do Brasil, avança para noroeste entre o paralelo 15° S e o equador, na região a leste do meridiano 40° W; isto porque o centro de ação tem sempre que se ajustar à baixa interior.

Esta última vai adquirindo maiores dimensões e invade por fim a bacia amazônica, englobando as pequenas depressões equatoriais da

situação normal. A pressão, que subira como vimos no litoral leste cai desse modo na costa norte, donde o centro dos Açôres também se afasta, o barômetro declinando em tôda a região a oeste de  $40^{\circ}$  W.

Nestas condições, as baixas equatoriais da FIT têm sua área aumentada, caindo a pressão nas longitudes em tôrno de  $60^{\circ}$  W, como a Colômbia, e igualmente nas Antilhas nos mesmos meridianos, o que significa muitas vêzes um forte avanço, para sul, da FPA no Atlântico Norte. Por outro lado, nota-se simultâneamente declínio barométrico nos Estados Unidos, com o agravamento da frontogênese nos ciclones em tôrno de  $60^{\circ}$  W, enquanto o centro dos Açôres se afasta para norte, desde  $40^{\circ}$  W até  $90^{\circ}$  W.

Êste recuo dos Açôres pode corresponder a um grande anticiclone polar formado à retaguarda da FPA norte, o qual adquire as isóbaras de alta, ficando as mais baixas com o centro de ação. Nem sempre ocorre, porém, a formação simétrica de um ciclone nos Estados Unidos, tudo se limitando em certos casos, ao já citado enfraquecimento da dorsal sôbre as Antilhas, nas mesmas longitudes em que se virifica o aprofundamento da baixa do Chaco.

Um quadro diferente se apresenta a leste de  $40^{\circ}$  W, onde, como vimos, o centro do Atlântico Sul avançava para o equador, com aumento local da pressão. Aí o dos Açôres caminha igualmente para as baixas latitudes, acarretando subida do barômetro. Tal movimento pode corresponder a um progresso frontal no Atlântico Norte, seguido de anticiclone polar, ou a uma dorsal fria entre dois ciclones da PFA. Como podia traduzir a simples intensificação da alta dos Açôres, embora sempre associada aos movimentos da respectiva FPA.

Logo depois, quando começam a se mover para E ou SE as depressões do hemisfério sul, oriundas de FG na FPA do Rio da Prata, mover-se-ão igualmente para E ou NE, e de mesmo percurso longitudinal, os ciclones do hemisfério norte. Assim, por ex., à baixa térmica do Chaco poderá corresponder uma baixa dinâmica na Groenlândia; ou então, simêtricamente ao avanço para NE de um ciclone frontal no Atlântico Norte, aquêle que se encontrava a  $65^{\circ}$  W, como depressão do Chaco, caminhará para  $60^{\circ}$  W, sob a forma de baixa polar do Uruguai, onde se aprofunda.

À situação descrita segue-se geralmente a entrada de ar frio sob a forma de anticiclone polar na Patagônia, e que iremos pormenorizar no capítulo seguinte.

Em outros casos, porém, depois de produzir escavamento na do Chaco, a baixa ciclônica da FPP se fasta para SW, no Pacífico Sul, e a alta ou dorsal do centro de ação do Chile retorna de norte. Nestas condições cessa o aprofundamento da depressão do Chaco, voltando o centro do Atlântico para oeste. A pressão aumenta de nôvo em todo o Brasil, crescendo igualmente nas longitudes correspondentes da alta dos Açôres, por ex. de  $60^{\circ}$  a  $80^{\circ}$  W em ambos os hemisférios.

Dissemos que a alta do Chile vinha para sul; tal fato acarreta queda de pressão no equador, de 75° W a 110° W, embora houvesse aumento no litoral chileno; àquela queda do barômetro corresponde idêntico declínio no México. Se porém a alta do Chile avançar para norte, observar-se-á um aumento de pressão nos Estados Unidos, nas mesmas longitudes antes citadas.

### ALTA POLAR

Como explicou BJERKNES, após a oclusão final da família na grande baixa, uma extensa frente fria caminha para E ou NE no Pacífico Sul, seguida de poderosa alta polar que irá substituir o centro do Atlântico. Posteriormente, e ao se derramar neste oceano, o ar frio sofrerá aquecimento, entrando a FPA em frontólise sob a ação do calor superficial e da subsidência em altitude. Por fim, já no trópico, a frente desaparece e o ar polar se transforma em tropical.

Vejamos em minúcia a situação na América do Sul: Logo que uma dorsal de massa Pm invade a Patagônia, a baixa do Chaco enfraquece e um ciclone inicial da FPA começa a progredir para SE. Cessadas a ação de divergência e frontogênese naquela baixa, o centro do Atlântico Sul, que antes estivera recuando para o oceano, volta ao litoral. Assim, a pressão se eleva no equador, a oeste do meridiano 20° W, subindo também, ou estacionando, na costa oriental do Brasil. Pela simetria já demonstrada, o centro dos Açôres avança para sul desde 20° W até 60° W, por ex., de maneira idêntica à descrita no capítulo inicial.

Ao mesmo tempo, com o enfraquecimento da depressão do Chaco e avanço progressivo da FPA para norte, a pressão vai-se elevando na bacia Amazônica, agora dominada por pequenas altas de massa Ec ou Tc, enquanto suas baixas se reduzem. O barômetro, que viera declinando na situação anterior, volta a subir rapidamente, sem que haja porém passagem frontal ou entrada de ar polar, tanto que a temperatura não desce localmente. Trata-se apenas de um fenômeno de convergência, produzido pela terminação da intensa frontogênese na FPA e conseqüente enfraquecimento dos gradientes isobáricos norte-sul dirigido para a baixa do Chaco. Tal subida de pressão no Amazonas corresponde, aliás, ao já citado avanço para o equador, da alta dos Açôres.

A seguir, dado o acúmulo de ar polar atrás da FPP, o anticiclone frio penetra, geralmente pelo sudoeste do continente, zona em que os Andes vão morrendo na Patagônia, e avança para menores latitudes, impelindo a "frente de alísios", ou a FPA, na mesma direção. A massa polar caminha então para N ou NE, e por vezes para E, *sempre e enquanto não se aproximar do Chile outro ciclone de nova EPP*, isto é enquanto a pressão continuar a subir na Patagônia.

Aqui devemos lembrar que à referida entrada do anticiclone do Chile (ou da FPP) na América do Sul, corresponde o avanço de uma dorsal da alta do Pacífico Norte para os Estados Unidos. Se de-

pois esta última recuar ou desaparecer, com a formação de uma baixa térmica no oeste norte-americano, tal fato traduzirá sempre nova FG e o aprofundamento da depressão do Chaco.

No inverno, o percurso geralmente seguido pelas massas polares é através da Argentina. No verão, contudo, são também frequentes as trajetórias pelo litoral do Chile (suradas), até o Peru. Em todos os casos o progresso do anticiclone dá-se no fim de uma família da FPP ou da FPA, cujas depressões vão evoluindo para SE, sempre mantendo a indispensável correlação com o outro hemisfério. Assim, estacionada, por ex. uma baixa oclusa sobre o Rio da Prata ou o Uruguai, a  $55^{\circ}$  W, logo outra baixa, na mesma longitude, permanece igualmente imobilizada na Terra Nova. Tal simetria perdura dias seguidos, localizando-se as depressões de ambos os hemisférios nos mesmos meridianos, o que permitiria, como dissemos, prever pela análise do Atlântico Norte o campo isobárico no hemisfério sul, ou vice-versa.

O citado avanço de massa polar na América do Sul pode corresponder ao refôço da alta dos Açôres nos meridianos de  $90^{\circ}$  a  $100^{\circ}$  W, a sul da dorsal fria dos Estados Unidos, ou à formação de anticiclone no Canadá. Isto porque os movimentos do ar frio em nosso continente sempre encontram sincronismo no hemisfério norte. Assim, ao entrar uma daquelas altas na Patagônia, vinha de oeste, o mesmo se dará nos Estados Unidos, onde o sistema caminha de NW para S ou SE. E quando a alta na Argentina progride para leste e estaciona, a dorsal fria dos Estados Unidos avança também para E, estacionando na Terra Nova. Em todos os casos a simetria frontal vai-se conservando, como se uma descontinuidade fôsse a imagem da outra num espelho equatorial.

Como o avanço da alta polar, a pressão se eleva na Patagônia e depois no interior do Brasil, de  $50^{\circ}$  W a  $70^{\circ}$  W. Esta nova e mais intensa subida do barômetro é agora diretamente causada pela passagem frontal, declinando a temperatura assim bastante (friagem).

O percurso final do ar polar se orienta mais freqüentemente para NE, até o litoral do Estado do Rio ou mesmo da Bahia, e geralmente na cauda de uma depressão colocada no oceano, a frente fria produzindo chuvas no seu trajeto. A pressão cai então sob o aprofundamento dos ciclones, voltando a subir na passagem frontal. Êste trajeto se verifica quando, no Atlântico Norte, com a formação de uma baixa na Terra Nova, a alta dos Açôres é impelida para E, o mesmo ocorrendo, por simetria, com o anticiclone térmico do Brasil.

Em outros casos, a massa polar avança pelo interior da América do Sul, onde acarreta uma onda de frio com intensa estabilidade. Nestas condições, o gradiente da pressão torna-se intenso, mas não há, de início, maior aprofundamento da baixa equatorial, que até se enfraquece. Depois, porém, com a aproximação da FPA, sua forte ação de FG intensifica as depressões da FIT no Amazonas, tudo se refletindo na Colômbia e Venezuela através de uma queda barométrica que alcança até as Antilhas. A alta dos Açôres recua dêsse modo para norte, pelo menos entre os meridianos  $45^{\circ}$  a  $75^{\circ}$  W, ao mesmo tempo que enfraquece

e alonga zonalmente, com a FIT ocupada por extensa baixa. Tal recuo corresponde, aliás, ao progresso de uma dorsal fria da FPA no Atlântico Norte, simétrica do avanço frontal no Brasil.

A seguir, com a chegada posterior do ar polar à bacia Amazônica e a FL da FPA, a pressão se eleva na zona prefrontal, com enfraquecimento e contração das baixas equatoriais. O fato se traduz, no hemisfério norte, por novo progresso para sul da alta dos Açores ou uma extensão, para SW, da sua dorsal, sob um avanço de frente fria ao Golfo do México.

Realmente, a orientação SW-NE da FPA no litoral dos Estados Unidos, entre a Flórida e Terra Nova, coloca também num eixo SW-NE o centro dos Açores, cuja dorsal caminha para sul. As condições de simetria exigem elevação do barômetro no litoral norte do Brasil, subindo a pressão em ambos os hemisférios, o que corresponde, aliás, ao aumento bórico no interior, pelo avanço da friagem. Trata-se de um caso em que o centro do Atlântico Sul ultrapassa o equador, impelindo seu avanço para norte a alta dos Açores.

Já no litoral leste do país, sob o domínio direto do "centro de ação", a pressão só declina quando a frente polar ultrapassa o trópico; se a mesma estacionar no sul, o barômetro voltará a subir. Pode também baixar ligeiramente na passagem de um *trough* ou onda de leste, elevando-se logo em seguida. Se porém a KF vier se aproximando, a pressão cairá na zona prefrontal, onde se verificará limpeza e aquecimento, voltando a crescer sob a dorsal de massa Pm.

### DISSOLUÇÃO DA ALTA

Como dissemos antes, para que seja possível o avanço da alta polar pelo interior da América do Sul é necessário que não se tenha aproximado, vinda de oeste, nova baixa nas costas do Chile; pois sua presença, reforçando outra vez o campo de frontogênese da FPA no Chaco, logo dissolveria o anticiclone polar anterior, que já se encontrava mais ao norte, no Brasil. Isto acontece quando, no seu avanço para sul, a FPA dos Estados Unidos, ao chegar à Flórida, reduz ou expulsa a dorsal dos Açores sediada no Golfo do México. Por simetria, no meridiano 70° W a pressão cairá no Chile, sob as baixas de nova FPP.

Realmente, enquanto perduram os avanços de ar frio pelo interior da América do Sul ou para o litoral leste, os ciclones da FPP evoluem sempre longe do Chile. A alta do Pacífico se localiza também muito ao largo, entre os meridianos 105°-140° W, por ex., limitada no último por nova FM. Esta apresenta uma orientação geral N-S ou NW-SE, contrariamente à zonal W-E que caracterizava a fase de *high-index* e seca descrita no capítulo inicial.

Quando a FPP atinge por fim, com suas depressões, o litoral chileno, nova formação de baixa, originada do ciclone a oeste, se verifica no Chaco. Cortado o suprimento de ar polar, dissolve-se o anticiclone frio anterior sob a forte queda de pressão no seu setor ocidental, res-

tabelecendo-se assim a FPA no Rio da Prata. A nova alta do Chile se situa então desde 80° W até 120° W, entre a referida FPA e uma FM a oeste.

Nestas condições, a baixa equatorial da FIT é atraída para sul, o que naturalmente, e em virtude de o aprofundamento se produzir em torno do paralelo 35° S, permite, de início, uma descida para o equador da dorsal dos Açores, nas longitudes 60°-70° W (as mesmas da depressão do Chaco). Isto porque a formação desta baixa dá-se a sul do trópico, só ocorrendo a divergência de 35° a 20° S. Mais a norte, cessada a FG da frente fria, a convergência reinante, com subida da pressão, justifica aquêlo avanço do anticiclone dos Açores para sul.

Devemos frisar, por fim, que com a dissolução da alta polar no Brasil Meridional, sob a ação de FG no Chaco, também desaparece, ou recua para NW, no Canadá, a alta fria nos Estados Unidos.

### ATLÂNTICO SUL

Com a destruição do anticiclone polar no Brasil, ou sua incorporação ao centro do Atlântico, este último retorna para oeste, reajustando-se na posição normal, à espera da nova série de perturbações.

Mas enquanto isto, a família de ciclones da FPA, resultante da perturbação anterior, vai progredindo para E ou SE, com frentes mais meridionais que zonais, as quais atravessam o oceano.

Sob situação de *high-index* e centro de ação bem definido, o ciclone que costuma se formar no Rio da Prata é o primeiro de uma família constituída de 2 a 6 membros, que evoluem para SE. Como de praxe, êles acabam por ocluir sob a forma de depressões nos mares antárticos a sul da África, entre as longitudes de 30° a 40° E. Trata-se ainda do modelo clássico, revelado por BJERKNIS para o desenvolvimento normal das frentes polares.

Mais freqüentemente, porém, a FPA fica subdividida em várias FM, com seus sistemas particulares de um a dois ciclones, os quais evoluem num sentido NW-SE, enquanto as próprias FM caminham de W para E. Tal o aspecto comumente encontrado nas épocas de *low* e médio *index*, segundo as cartas do hemisfério sul.

Como dissemos, uma simetria vai-se registrando naquele percurso, correspondendo os ciclones do nosso hemisfério geralmente aos do setentrional, até que as ondulações atingem a costa da África.

Na sua evolução, as referidas frentes dividem o centro do Atlântico Sul em vários anticiclones, com os seguintes aspectos:

a) Se existirem duas altas, ladeando uma FM a 20° W, esta corresponderá a um ciclone ao sul da Islândia; enquanto isso, o anticiclone de oeste, mais perto da América, enfrenta o dos Açores, ao passo que o de leste, próximo à África, confronta uma dorsal de alta sobre a Europa. Neste caso, a FPA do Atlântico Setentrional permanece muito recuada para norte.

b) Havendo duas FM, e portanto três altas no Atlântico Sul, aquelas corresponderão a ciclones situados na Groenlândia e Inglaterra, com a FPA agora mais descida para sul, sôbre o Atlântico Norte.

c) Quando porém o centro do Atlântico Sul se apresentar único e extenso, tal fato traduzirá forte avanço da FPA para o equador no hemisfério norte, com estreitamento zonal da alta dos Açôres, que assim se alonga num sentido longitudinal.

d) Se o centro do Atlântico Sul se deslocar para SW, sôbre o litoral argentino, não ocorrerá mais simetria e sim paralelismo, pois o dos Açôres também se encaminha para SW (e não para NW), a FPA descendo ao Gôlfo do México.

e) Se o centro do Atlântico Sul avançar para SE, no Cabo, persiste a simetria e o núcleo dos Açôres, ou uma dorsal fria de massa polar, segue para NE, sôbre as Canárias.

Isto porque, com a atração para o pólo da borda oriental do centro de ação (pelos ciclones da FPA no Atlântico Sul), a pressão cai no equador, de 25° W a 0°. Simétrica e simultâneamente, o centro dos Açôres caminha para N nestas mesmas longitudes, correspondendo tal recuo geralmente à frontólise numa dorsal polar ao largo da Irlanda ou sul da Islândia, e cujo ar frio já vem se incorporando ao centro de ação.

Por outro lado, o retôrno para oeste da alta do Atlântico Sul só se verifica após a evolução dos últimos ciclones da frente polar anterior, a 20° W, assim progredindo simultâneamente, de 20° para 10° W, por ex., não só uma depressão sôbre a Irlanda, como o *trough* da baixa termal do Saara, na mesma longitude. Dá-se logo em seguida a FG na FPI, notando-se um *trough* que aponta para norte, sôbre Angola, e corresponde ao avanço para oeste da baixa do Saara, já no meridiano 10° E.

Por fim, cessada tôda a atividade no lado oriental do Atlântico Sul, o respectivo centro de ação se reforça, subindo a pressão inclusive na baixa do Saara. Neste caso o barômetro se eleva igualmente na alta dos Açôres, sôbre as costas de Portugal, o que permitirá prever maior avanço, para o equador, da frente fria ou de uma dorsal térmica da FPA (norte). Casos existem, por último, em que o centro do Atlântico Sul avança para além da linha equatorial, atingindo suas isóbaras o próprio hemisfério norte.

Então, contràriamente ao que se verificara em outras situações, a pressão cresce na zona da FIT, sob a alta do sul, mas o centro dos Açôres se *afasta para norte*, permanecendo a baixa equatorial entre os dois núcleos anticiclônicos. Trata-se de situação análoga, mas com troca de hemisférios, à que foi descrita (no item d).

Vejamos, finalmente, como poderão ser utilizados, para fins de previsão, os movimentos das isóbaras tropicais até agora descritos:

a) No meridiano em que se produziu grande avanço para o equador de uma dorsal dos Açôres, forma-se (ou se intensifica) um ciclone FPA do hemisfério norte. Isto porque com o aprofundamento daquela

depressão, suas isóbaras tendem a expulsar as da alta tropical, que assim caminham para sul.

b) Nas longitudes em que houve recuo para o pólo da alta dos Açôres, caindo assim a pressão no equador, deverá ocorrer enfraquecimento na baixa polar da FPA, surgindo na mesma longitude uma dorsal fria. Realmente, as isóbaras desta última se fundem com as do centro de ação, que assim se afasta do equador.

c) No meridiano em que se localizar (hoje) um *trough* na isóbara mais equatorial do centro dos Açôres, deverá existir amanhã, e nas altas latitudes, uma depressão da FPA, no Atlântico Norte; ou então um ciclone tropical, em torno dos paralelos 10<sup>o</sup>-15<sup>o</sup>. Se existirem dois *troughs*, para os respectivos meridianos se encaminharão duas baixas da FPA.

É necessário, porém, que o *trough* se limite à isóbara equatorial; se êle se prolongar até a isolinha de retôrno, mais a norte, trata-se apenas de uma "onda de leste", que caminhará para oeste sem maior significado para a FPA.

d) No meridiano em que está situada (hoje) uma dorsal do centro dos Açôres, é provável que exista amanhã, sôbre a frente polar, uma cunha fria. Contudo, o extremo sul da dorsal mais equatorial, no centro de ação, indica o aparecimento posterior, na mesma longitude, de uma baixa polar.

e) Com a formação de um ciclone tropical as isóbaras da alta dos Açôres devem recuar para norte, declinando a pressão no equador, o que permite associar tais ciclones a um afastamento, para sul ou leste, dos centros de ação do hemisfério meridional.

f) Quando o ciclone tropical se dissolve, a pressão volta a subir no equador, caminhando a alta dos Açôres para sudoeste. Neste caso ocorre em geral o enchimento de uma baixa polar nos Estados Unidos, com progresso para sul das dorsais frias, notando-se igualmente um avanço para oeste da alta do Atlântico Sul.

g) Em outras ocasiões, é na zona indefinida e depressionária da FIT que se forma o ciclone tropical; então a isóbara externa da baixa adquire menores dimensões, pois tais ciclones são sempre pouco extensos e de forte gradiente. O barômetro se eleva rapidamente nas bordas daquela baixa, acarretando descida da alta dos Açôres para o equador, com avanço simultâneo, na direção norte, das altas do Chile e Atlântico Sul.

h) Das nossas observações se deduz que os ciclones tropicais se formam, no México e Pacífico, nas fases de FG na baixa do Chaco; surgem no Atlântico, ao sul da Flórida, nos períodos de anticiclone frio em Mato Grosso.

i) Por outro lado, tais furações mantêm simetria com uma depressão da FPP no Chile, e enquanto esta última permanecer estacionária, o mesmo se verificará com o ciclone tropical. Logo porém que a baixa no Pacífico Sul ultrapassa os Andes, aquêlê ciclone segue para NE, com orientação simétrica à FPP.

## ÁFRICA

A FP da África Meridional se comporta de modo análogo ao já demonstrado para a América do Sul, e que não precisará ser repetido. Normalmente, o seu *trough* não é tão profundo como o do Chaco, e uma lenta aproximação se verifica entre os anticiclones do Atlântico e Índico. Tão cedo, porém, um ciclone vem de oeste, proveniente das oscilações da FPA, produz-se escavamento da baixa central. Tal fato logo se reflete na do Saara, mais a norte, onde a pressão também cai, aparecendo um *trough* a 10° E.

Os ciclones da FPI evoluem a seguir, todos praticamente sobre o oceano, até que, com a oclusão da família na grande baixa antártica, um anticiclone avança para E ou NE, invadindo sua frente fria a África do Sul, para renovar posteriormente o centro de ação do Índico.

No estudo da simetria com o hemisfério norte cabe, porém, lembrar os seguintes fatos:

Os ciclones da FPA do Atlântico Norte evoluem em latitudes elevadas no verão, freqüentemente ocluindo na Inglaterra. São desse modo os da FA, entre a Islândia e Noruega setentrional, que irão, pelas suas ondulações, influenciar os movimentos da baixa do Saara. Veremos adiante como eles acabam propagando-se a Ásia, onde atuam igualmente na baixa do Tibete. Apresentam-se porém mais fracos que no inverno, tendendo freqüentemente a desaparecer em terra.

Por outro lado, dada a orientação para NE do *trough* da Islândia, as depressões seguem nesta direção, deixando o sul da Europa sob o domínio de dorsais dos Açores, mesmo porque não existe no continente uma baixa termal como nos Estados Unidos, soprando os ventos desse modo para a depressão do Saara.

Esta última baixa se apresenta aliás mais profunda e extensa, avançando para norte e oeste quando os ciclones da FPA ou FA descem à Europa Meridional, pois a queda de pressão frontal favorece o processo para norte das baixas do Saara e do Tibete. Neste caso se desagregam as altas polares ou tropicais que separam a FA da depressão saariana, caminhando esta última ao encontro daquela frente.

Simultaneamente, o centro dos Açores se afasta da África, e o mesmo sucede ao do Atlântico Sul, agora enfraquecido e recortado por várias FM, cujo avanço para E, trazendo queda de pressão, justifica o aprofundamento da baixa do Saara. Continua-se a notar, aliás, a perfeita simetria entre os ciclones da FA na Europa e das FM na África do Sul.

Pelo contrário, a depressão do Saara tapa parcialmente e sua área se reduz, quando avança de norte uma alta polar, ou de oeste a alta dos Açores. Tais fatos coincidem com um progresso para o equador do centro do Atlântico Sul, cuja pressão aumenta, as FM adquirindo um sentido mais zonal, e recuando para o pólo como FPA. Neste caso, a pressão sobe na África Ocidental Francesa, e se apresentam simétri-

cas, com a mesma longitude, uma alta fria (ou quente) sôbre a Alemanha ou Itália e a dorsal de alta sôbre a África do Sul, ocorrendo um quadro análogo no meridiano 30° E.

Note-se que a formação (ou avanço) da alta para o Mediterrâneo, na Europa, coincide com a intensificação dos ciclones mais a norte, na FA ou na FPA do hemisfério norte. Isto porque a *formação* dos setores quentes faz deslocar para sul as isóbaras de alta, crescendo a pressão no lado equatorial do centro dos Açôres.

Finalmente, em situações de bloqueio, e dado o *trough* localizado na África do Sul entre os centros do Atlântico e Índico, o recuo daquelas altas para o pólo fará cair a pressão gradualmente na baixa do Saara, para o que contribui igualmente o deslocamento, na direção norte, do centro dos Açôres. Na verdade, a queda de pressão é fraca, afastando-se as isóbaras apenas para sul e norte, com alargamento da baixa. Isto porém só ocorrerá, simultaneamente com o aprofundamento na América do Sul, se a situação de *blocking* fôr muito persistente. De outro modo, o centro de alta do Atlântico se mantém recortado por frentes móveis, e o fenômeno de intensificação da baixa do Saara, embora freqüente nos períodos de *high-index* na África do Sul, não será sincrônico com o do continente sul-americano.

## ÍNDICO E ÁSIA

Antes de prosseguirmos, convirá recordar algo sôbre as ondulações frontais da Ásia. Nesta época, e muito ao norte da grande baixa do Tibete, evoluem as depressões da frente ártica, oriundas de FG entre o ar quente da Sibéria, no verão, e o mais frio oceânico, modificado sôbre os gelos fundentes do Ártico. Tais ciclones se movem para leste e, embora pouco intensos, dão chuvas provenientes do escasso vapor existente, estendendo-se a FA assim através do nordeste da Ásia. Nos setores quentes penetram os *troughs* da baixa do Tibete, enquanto as cunhas frias, ou anticiclones polares, formam dorsais naquela baixa.

Não é preciso acrescentar que as ondulações da FA provêm, em última análise, das finais da FPA. Além disso, os ciclones mais velhos da FA, já a leste, acabam por dar origem às novas perturbações da FP do Pacífico Norte (FPP) que, como sabemos, principia na zona nordeste da China, propagando-se suas ondas na direção das Aleutas.

Não existem, no verão, depressões provenientes da frente mediterrânea, mas ainda se formam furacões no Pacífico ou no Índico, cuja influência na circulação será adiante descrita.

Na África do Sul, quando a FPI ondula, com seus ciclones evoluindo para SE, a pressão sobe primeiramente na dorsal quente, localizada entre 20° e 30° E. Daí decorre um deslocamento da baixa de monção do Tibete para sul, resultando em quedas de pressão na Índia até 990 mb, a 30° N. Dá-se então nas mesmas longitudes, de 20° a 30° E, o avanço para menores latitudes de um anticiclone frio sôbre a Ale-

manha, enquanto a alta do Índico se adapta à nova conformação da baixa do Saara.

Se, em resultado das oscilações na FPI, o centro de ação do Índico avançar para o equador, a pressão aí se elevará, mas o gradiente pouco reforça, pois a baixa da Ásia não se aprofunda. Antes, ela recua para norte, dando entrada às isóbaras anticiclônicas no sul, ou simplesmente sofre aumento de pressão no centro, ficando menos intensa.

Neste caso a baixa do Tibete se comporta como as da FIT e assim, à subida barométrica no Índico deverá corresponder um aumento de pressão na Sibéria e oceano Ártico, ao longo da FA, significando progresso, para o trópico, das suas dorsais frias.

Pelo contrário, quando a FA avança para sul, na Rússia e Sibéria, a baixa do Tibete recua também para o equador, onde a pressão cai. Mas neste caso o barômetro sobe nas altas do hemisfério sul, cujas FPI se tornam mais zonais e menos meridionais. Isto porque o aumento de pressão destrói as FM e as expulsa para sul, como FPI zonal. Os ciclones desta última se conservam simétricos aos da FA.

Também a formação de um anticlone na Europa Oriental afasta para sul a baixa do Tibete, ou melhor para sudoeste, pois as isóbaras de alta impelem as de baixa. Forma-se então uma FM no Índico, permanecendo a alta do hemisfério sul simétrica da localizada na Europa. Vice-versa, um declínio de pressão na baixa da Índia traduz intensificação nos ciclones da FA e queda do barômetro no centro de ação do Índico. De modo análogo, depressões simétricas e na mesma longitude deverão ocorrer na FPI e na FA.

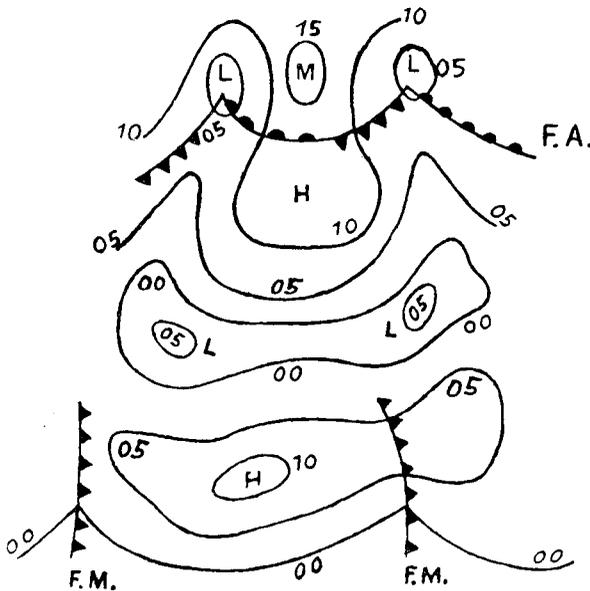


Fig. 3

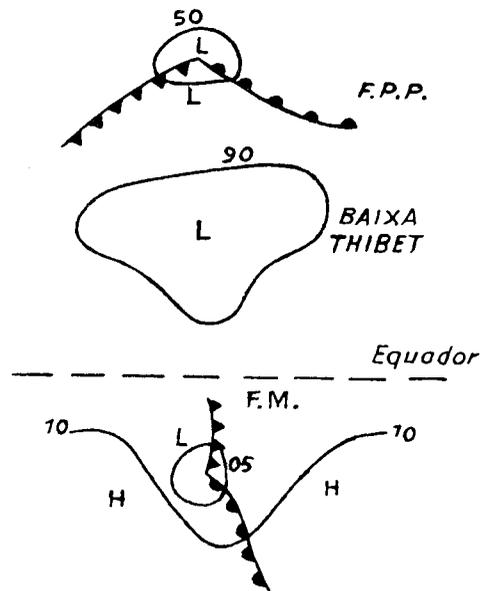


Fig. 4

Nota-se aliás que a baixa do Tibete se adapta sempre aos ciclones da FA na Sibéria, tal como a baixa do Chaco se adaptava à FPA ou às depressões da FPP no Chile (Fig. 3).

Também a baixa da Índia apresenta nas cartas diárias um *trough* apontando para sul, no Ceilão, ao qual corresponde uma FM no Índico meridional, cuja repetição acarreta, na média, o *trough* entre as várias altas dêste oceano, adiante descritas (Fig. 4).

Em virtude das oscilações ciclônicas, a pressão vai caindo no Índico Sul entre 50° e 100° E, escavando-se uma baixa frontal a oeste da Austrália; concomitantemente, se agravam e aprofundam os *troughs* da depressão do Tibete, na Índia e Sião. Aliás, desde as cartas de SHAW já se podia notar que o centro de ação do Índico se apresentava menos intenso entre os meridianos de 80° e 120° E, correspondentes à baixa do Tibete. Assim, nas cartas diárias examinadas sempre aparecem dois centros de alta mais nítidos, um do litoral africano até 60° ou 80° E, e outro de 120° E até a Austrália; entre ambos fica situado um núcleo de alta mais fraco, de 80° a 120° E.

Cabe ter em mente as seguintes observações, levando em conta que as frentes caminham sempre para leste, de 5° a 10° por dia:

a) Se a orientação das FM fôr NW-SE, as altas entre as mesmas permanecem fracas e estendidas N-S. As FM correspondem aos ciclones da FA na Sibéria, que evoluem no litoral do Ártico.

b) Se as FM se alongam na direção WNW-ESE, evoluem para o tipo FPI, de sentido zonal. Neste caso as altas se tornam muito extensas, com direção W-E, tudo correspondendo a um maior avanço da FA para sul, na Sibéria.

c) Pode ocorrer que todos os centros se reduzam a uma única e poderosa alta do Índico, desde 20° E até 100° E, com a FPI alongada em orientação zonal. Então, além da FA que oscila a norte da Sibéria, também aparecem mais para o sul, e desde a Manchúria, ciclones da FPP evoluindo para NE. Trata-se, portanto, de uma situação com dupla frente na Ásia.

d) Em outros períodos aparecem duas altas no Índico, separadas por uma FM. Corresponde êste caso ao avanço da FA até a Sibéria e China, com frentes em sentido meridional. A FA se divide então em extensas frentes frias, de orientação N-S, entre as quais progridem vários anticiclones para a China. Quando se rompem estas altas polares o Índico volta ao normal.

Em tôdas as situações permanecem simétricos os ciclones da FPI e da FA, bem como as altas do Índico e Sibéria.

## ÍNDICO ORIENTAL E AUSTRÁLIA

As oscilações da FPI vão acarretando, tal como nas demais FP, o progresso para sueste dos ciclones iniciados na região do Cabo, e que se agrupam em famílias de dois a seis membros. Aquêles, porém, quando ocluem finalmente no Índico Sul, ao invés de permanecerem estacionários, como sucede no Atlântico e Pacífico, prosseguem no seu movimento para E, passando ao sul da Austrália e Nova Zelândia. Tais

depressões dão origem aos *troughs* em V que separam, como FM, as grandes altas situadas mais ao norte, e progredindo igualmente de W para E.

As altas em questão, pelo menos no Índico, se originam do acúmulo de ar polar atrás da grande frente fria, no fim da família de ciclones. Elas avançam para o equador, mas ao invés de se incorporarem simplesmente ao centro de ação oriental, e talvez porque êste não exista, conservam sua individualidade, como veremos.

Realmente, do Índico para o Pacífico os anticiclones são menos polares do que dinâmicos (ou aquecidos), apresentando um movimento contínuo W-E, com a velocidade média de 30 km/hora no inverno, característica da região. Assim, após percorrerem o Índico, precedidos e seguidos por FM (frentes meridionais), tais anticiclones alcançam a Austrália, onde se reforçam nesta época pelo resfriamento do continente, originando a alta média aí observada nas cartas normais. (Na América ou África os anticiclones quentes quase não atravessam o continente).

No inverno, a FP média corta a Austrália de NW para SE, ficando separada, por uma alta, da FPI do Índico, muito a oeste. Mas trata-se apenas do aspecto médio, passando as frentes na realidade, como dissemos, continuamente através daquele continente.

De qualquer modo, os ciclones sempre se reforçam na FP australiana, seguindo depois para sueste, sobre a Nova Zelândia. E como foi dito antes, os *troughs* em V que prolongam o setor norte de tais depressões ficam ocupados por FM.

Estas, pela sua natureza especial, não importam ar polar à retaguarda, e assim o contraste frontal se verifica apenas entre a massa proveniente de N (a leste do *trough*) e a originária de S (a leste do mesmo).

Tais FM separam anticiclones, geralmente em número de três, entre a alta do Índico e a do Pacífico Sul, e que caminham para leste, em média 10° de longitude por dia.

Estudemos agora o centro de alta da Austrália: tem êle contacto a NE com a alta do Pacífico, a NW com a baixa do Tibete, e a N com a baixa da FPP, sobre o mar da China. Como já foi dito antes, se a FM de leste enfraquecer a pressão crescerá no anticiclone continental, de 140° E a 160° W, o que acarreta idêntica subida de pressão na parte equatorial da cunha de alta do Pacífico Norte. O conseqüente avanço de isóbaras para o sul corresponderá à formação de uma dorsal fria na FPP setentrional, ou à rutura desta última e incorporação do anticiclone polar ao dinâmico, podendo dar-se ainda o caso de um recuo daquela FPP para o Ártico (Fig. 5).

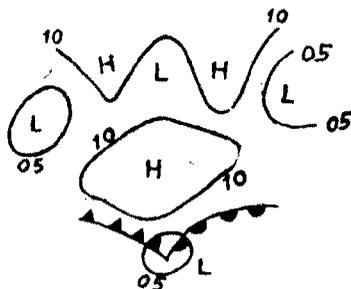


Fig. 5

Assim, crescendo a pressão na alta da Austrália, cujas isóbaras avançam para o equador, ela subirá também no anticiclone do Havaí, cujas isolinhas descem a sul, tudo pela impossibilidade de se formarem, na zona equatorial, baixas profundas e de gradiente forte. Se, por ex., a pressão aumentar entre  $135^{\circ}$  e  $155^{\circ}$  E no Pacífico Sul, crescerá igualmente nas mesmas longitudes no Pacífico Norte, devido em geral a um avanço de alta fria da FPP para sul, no Japão.

Por outro lado, sabemos que os setores quentes das depressões da FPI são formados por massas Tc ou Tm, da Austrália e Índico. Dêsse modo, enquanto jovens e pouco profundos, tais setores ficam tomados pelas dorsais do anticiclone australiano. Nota-se ainda que tão cedo uma alta, locada entre a Austrália e Nova Zelândia, avança para o hemisfério setentrional, ela provoca afastamento para norte da baixa do Tibete.

Também os ciclones tropicais, no mar da China, coincidem com um *trough* na alta da Austrália; e à proporção que tais ciclones vão para oeste, o centro do Havaí avança, na sua retarguada, para a mesma direção, outro tanto ocorrendo no hemisfério sul com o anticiclone da Austrália.

#### PACÍFICO SUL E NORTE

Como se verifica nas cartas sinóticas, toda FM deriva historicamente de uma oclusão na frente polar do anticiclone quente localizado a oeste, convindo recordar que as frentes do tipo frio ocupam o *trough* em V da depressão polar migratória situada mais ao sul.

Em geral tais FM caminham de oeste para leste sem nova instabilidade, como frentes singelas, mas podem produzir outra onda, que avança sobre a Nova Zelândia formando um grande ciclone. Ao se aproximarem da alta do Chile, aquelas descontinuidades e seus anticiclones anexos costumam sofrer uma das seguintes transformações:

a) A alta móvel de leste se reduz e desaparece, enfraquecendo a FM; então as duas altas se fundem, reforçando a FPP, numa situação típica de *high-index*.

b) ou então é o anticiclone de oeste que se reforça, importando ar polar de sul. Neste caso a FM se transforma na nova FPP, enquanto a alta de leste substitui a do Chile. A frente polar anterior vai-se movendo para leste, onde permanece como um *trough* fraco, embora também possa se conservar, de tudo resultando duas FPP. A substituição ora descrita é mais típica de *low-index*.

A FM vão caminhando para E no Pacífico Sul, caindo assim a pressão de  $140^{\circ}$  a  $120^{\circ}$  W, por ex., já como oscilações iniciais da FPP, ao largo das ilhas Taiti. Logo declina simultaneamente o barômetro em longitudes idênticas na alta do Pacífico Norte e assim, por ex. a uma baixa a  $105^{\circ}$  W, no Pacífico Sul, corresponderá outro ciclone na frente polar do Pacífico Norte, também a  $105^{\circ}$  W. Esta última FPP, como sa-

bemos, se estende pelo *trough* da Baixa das Aleutas, entre a Sibéria Nordeste e o Alaska.

A simetria é tão nítida que, se em cartas sucessivas os vértices dos ciclones forem encontrados num dia a  $135^{\circ}$  W, no outro a  $120^{\circ}$  W, no terceiro a  $105^{\circ}$  W, tudo na FP do Pacífico Norte, também a FM no hemisfério austral se encontrará a  $135^{\circ}$ - $120^{\circ}$ - $105^{\circ}$  W, nos mesmos dias.

Como já fôra visto para o centro dos Açores, o extremo sul das dorsais do Pacífico prognostica a formação de uma baixa polar amanhã na mesma longitude, sôbre a FPP nas Aleutas.

Outras vêzes a pressão cai na região da Nova Zelândia, onde se forma uma grande baixa, de  $155^{\circ}$  a  $180^{\circ}$  E; logo a alta do Havai também enfraquece nestas longitudes, aí aparecendo um *trough*.

Tal queda de pressão no Pacífico Norte corresponde geralmente a uma frontogênese na sua própria FPP, com ciclones oclusos profundos que caminham para NE, em longitudes idênticas à da baixa a leste da Austrália. Após ocluírem no Alaska, aquêles induzem novas ondulações, já agora na FPA, ao longo do limite Canadá-Estados Unidos. Também próximo ao litoral norte americano, a uma queda de pressão no centro do Pacífico Norte corresponderá a intensificação de uma baixa na mesma longitude, sôbre o hemisfério austral. Por fim, ciclones e FM no Pacífico Sul seguem para leste, agravando-se, como vimos, no meridiano corespondente à baixa termal de verão nos Estados Unidos. Atingem dêsse modo a costa do Chile, completando o sistema de perturbações um giro de  $360^{\circ}$  na Terra. Daí em diante o respectivo percurso já ficou descrito no capítulo inicial, permanecendo a FM estacionária (*high-index*) ou avançando para o Chile (*low index*), conforme o caso.

Note-se que as FP do hemisfério norte são geralmente zonais, enquanto as do hemisfério sul se apresentam meridionais. A situação conjunta pode ser assim resumida, para a faixa situada entre os meridianos  $150^{\circ}$  E e  $130^{\circ}$  W:

a) Enquanto tal zona, a leste da Austrália, permanecer sob baixas cortadas por duas ou três FM, e sem qualquer alta móvel, a FPP oscilará ao norte do Japão, tendo como seu setor quente mais ao sul, nas Filipinas, a segunda alta subtropical do Pacífico Norte.

b) Quando, nesta região, as altas começarem a provir de W, ou seja da Austrália, já se notará maior avanço da FPP para sul do Japão, ficando afastada para leste a segunda alta do Pacífico Setentrional.

c) Finalmente, quando aquela zona, no Pacífico Sul, ficar dominada por extensa alta, tal fato coincidirá com o avanço máximo da FPP boreal para o equador, e a formação de um anticiclone frio na Sibéria, simétrico da alta do Pacífico Sul.

d) Se, contudo, o rompimento daquela FPP ocorrer mais para leste, com uma alta fria centrada a  $175^{\circ}$  E no Pacífico Norte, esta última corresponderá a um anticiclone que retorna de leste no Pacífico Sul, originado de um reajuste das FM.

e) A volta à situação depressionária no Pacífico Meridional corresponderá a um recuo da FPP para norte, no Japão, formando-se de novo a segunda alta do hemisfério setentrional, a oeste.

### PACÍFICO E AMÉRICA DO NORTE

a) Quando a alta do Haváí recua para oeste ou noroeste vai cedendo lugar, no ocidente dos Estados Unidos, a depressões térmicas ou polares que logo se aprofundam, dando origem a ciclones na FPA. Esta última permanece porém ao norte dos Estados Unidos, e como o anticiclone do Pacífico se afastou para oeste, o mesmo se dará com as altas do hemisfério sul. No meridiano  $120^{\circ}$  W, onde se encontram as baixas norte-americanas, surgirão portanto depressões e FM no Pacífico Sul, com apenas uma dorsal anticiclônica de  $120^{\circ}$  a  $80^{\circ}$  W, junto ao Chile.

b) Quando a alta do Pacífico Norte se afasta decididamente do litoral, seguindo para W, forma-se um anticiclone frio no Canadá e, simetricamente, uma alta no Pacífico Sul. Note-se porém que esta última se apresenta mais recuada para o Antártico, pois a do Canadá também o está para o norte.

Enquanto isso, a baixa equatorial correspondente ao citado recuo da alta do Chile, conserva simetria com a depressão localizada no litoral da Califórnia.

c) Se a FPA caminhar em direção setentrional para o Canadá, deixando os Estados Unidos sob a invasão da alta dos Açores ou de massa tropical, então o anticiclone do Chile se definirá melhor, com apenas uma FM no litoral da América do Sul. Esta última alta será intensa, do tipo *high-index*, evoluindo suas FPP zonalmente ao sul, enquanto a subida do barômetro corresponde à dorsal dos Açores, sobre as Antilhas.

Como foi dito, as FM a  $120^{\circ}$  W confrontam geralmente a baixa de sudoeste dos Estados Unidos, enquanto as depressões da FPP, junto ao litoral sul-americano, correspondem, a  $75^{\circ}$  W, a *troughs* na dorsal dos Açores ou frentes frias mais a norte.

d) Se a FPA se deslocar novamente para sul, na fronteira Canadá-Estados Unidos, ficando este último país sob a baixa pressão dos ciclones frontais, a situação se refletirá no Pacífico Meridional, mediante FM situadas nas mesmas longitudes daqueles ciclones e que corram o oceano a oeste do Chile.

Assim, por ex., com depressões nos Estados Unidos a  $80^{\circ}$  W e  $120^{\circ}$  W, as FM ficarão localizadas no litoral do Chile e a  $120^{\circ}$  W no Pacífico, encontrando-se entre elas anticiclone subtropical.

e) Se, porém, a alta do Pacífico Norte avançar para leste ou sudeste, sobre a Califórnia, então se enfraquecerá a baixa ocidental da América do Norte. Com efeito, a FPA e seus ciclones se deslocaram para o Golfo do México, daí expulsando a dorsal dos Açores para formar uma alta fria no centro dos Estados Unidos. Logo, e simultânea-

mente, as FM passam a percorrer a faixa de  $120^{\circ}$  W a  $80^{\circ}$  W no Pacífico Sul, ficando a alta do Chile recortada por tais frentes e simétrica do anticiclone norte-americano; as várias depressões continuam igualmente a se corresponder. O avanço final da FPP na Patagônia acarreta, aliás, idêntico progresso da FPA nos Estados Unidos.

Nota-se então perfeita simetria entre uma FP em São Paulo e a FPA no Atlântico Norte, bem como, mais a oeste, entre a FPP no Chile e a FPA no Canadá (Fig. 6).

Procuraremos agora definir melhor a correlação entre os índices de circulação nos Estados Unidos e América do Sul: No verão é freqüente o domínio, naquele país, da alta superior (Reed) que, quando muito intensa, pode mesma se refletir pelo aquecimento na superfície, enfraquecendo a dorsal dos Açores.

De qualquer forma, a FPA varre muitas vezes a região, e onde as massas frias penetram as temperaturas ficam mais baixas, enquanto as zonas de setor quente ou massas tropicais resultam em calor intenso. As chuvas, produzidas pela ação frontal, se distribuem sobretudo a norte das discontinuidades, ficando as regiões sob massa dos Açores no domínio da sêca.

a) Ora, nota-se desde logo que se os avanços de ar frio atingem o sueste dos Estados Unidos, declinando a temperatura em todo o país, também os derrames de altas polares chegam até quase o trópico no Brasil Meridional, que fica frio e chuvoso. Como já vimos, tais avanços se correspondem nos dois hemisférios, o progresso das altas polares nos Estados Unidos permitindo o caminho da friagem pelo interior sul-americano até o Amazonas.

Realmente, a orientação SW-NE da FPA, entre a Flórida e Terra Nova, coloca numa direção semelhante a dorsal dos Açores; segue-se aumento de pressão no litoral norte do Brasil, pelo avanço do ar frio de Sul.

b) Se, contudo, a dorsal dos Açores dominar o sul dos Estados Unidos, detidos no Canadá a FPA e os ciclones polares, os percursos de altas frias se apresentarão limitados até o paralelo  $30^{\circ}$  S e também pouco intensos no Brasil, que permanece sob o centro do Atlântico Sul. Ocorre então frontogênese no Chaco, sobre a FPA do Prata.

c) Quando as altas polares avançam unicamente pelo Canadá Oriental, através da Terra Nova e Atlântico Norte, a  $45^{\circ}$  W, os anticiclones frios penetram pela Argentina, mas logo se dirigem para o sueste brasileiro, no litoral a alta setentrional fica então simétrica de uma dorsal naquele meridiano, a sul da Argentina.

d) Se depois a referida alta, no hemisfério norte, se desviar para SW, passando da Terra Nova à costa leste dos Estados Unidos, desvio idêntico, mas para NW, ocorrerá no Brasil, o ar polar invadindo Mato Grosso.

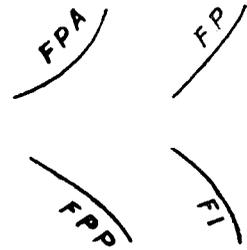


Fig. 6

e) Se ocorrer, porém, um recuo para o Ártico, ou frontólise no Atlântico Norte, a massa polar a princípio estaciona e a seguir se dissolve no sueste brasileiro, sob a ação de nova frontogênese no Chaco. Esta se deve, aliás, ao progresso de uma segunda alta vinda de oeste nos Estados Unidos, simétrica de outro avanço anticiclônico no Chile, que é o causador da referida frontogênese.

Finalmente, se mesmo existindo uma FPA no Golfo do México, nova baixa frontal vier a se formar no Canadá, a alta fria no Brasil logo se dissolverá sob a intensa FG que surge no Chaco, simetricamente àquela baixa.

## CAMPO DE PRESSÃO NORMAL

### *Janeiro*

No *hemisfério norte* a carta média de pressões ao nível do mar apresenta o seguinte aspecto:

a) O centro de alta dos Açores (bem menos desenvolvido que no verão, em julho) se alonga num sentido zonal, o progresso do Sol para o outro hemisfério deslocando os sistemas para mais baixas latitudes (entre 10° N e 40° N). Mas, devido ao efeito de resfriamento, com a maior frequência de altas polares nos continentes, tal centro se estende mais em longitude que no verão, ou seja de 10° E a 105° W. Isto se descontarmos a pequena bôlha de alta a oeste das Rochosas entre 105° e 125° W, proveniente da estagnação de massa Pm; no *trough* (105° W) passa aliás a FPA.

A isóbara central (1 022,5) revela pressão inferior à de julho, com centro a 30° W e 30° N.

A isóbara externa alcança sua menor latitude (10°) no meridiano de 45° W, que é aproximadamente o da costa oriental do Brasil e também o do centro de baixa da Islândia.

Parece ser isto um resultado médio da regra sinótica, válida para as cartas diárias, de que um aprofundamento de ciclone expulsa para menores latitudes as isóbaras da alta tropical.

A extensão do Centro à Espanha e Argélia, prolongando-se a formação de alta até o Egito, pela cadeia do Atlas e Saara Setentrional, corresponde à formação dinâmica, com uma circulação de W (a norte) e E (a sul), significando fonte de massa Tc. Servem tais correntes para causar a frontogênese na frente mediterrânea.

Note-se aliás que na carta de 3 quilômetros (ou 700 mb) a “frente de alísios” superior aparece em tórno de 10° E, separando os núcleos de alta dos Açores e do Saara. Este é bem menos intenso que no verão (julho), sendo a citada frente, pois, menos nítida.

Outras “frentes de alísios” aparecem pouco a oeste do México, e no mar da Indochina, bem como no Pacífico, a 165° W.

Deve-se observar a zona de *trough*, ou melhor, de menor pressão entre os dois núcleos de alta (1 022,5), e que se estende de 65° W a 75° W, coincidindo com a longitude da baixa do Chaco, na América do Sul, o que traduz a influência desta última pela lei de simetria.

Nas cartas diárias do hemisfério norte, tal *trough* indica a divisão freqüente do centro dos Açôres em dois núcleos (influência da baixa do Chaco?) e a formação, entre os mesmos, de nova frente polar atlântica, a leste da normal e mais fraca, por ser o contraste apenas entre massas marítimas.

Note-se, aliás, que na América do Sul, a zona de menor pressão, entre os anticiclones do Atlântico e Chile, se estende de 40° W a 75° W, e corresponde ao *trough* no centro dos Açôres, bem como à parte ocidental da baixa da Islândia. O *trough* médio circumpolar na América do Sul está a 45° W nas cartas de SHAW (correspondendo ao centro de baixa da Islândia).

b) A alta do Pacífico Norte é muito mais fraca que no verão, e deslocada para leste. A bem dizer se localiza entre os meridianos de 115° W e 165° W, ou seja em latitudes muito inferiores às do verão, sob valor central de 1 020 mb. A isóbara externa alcança menor latitude no meridiano de 135° W, exatamente ao sul do centro, situado a 30° N.

Ora, em comparação ao Pacífico Sul, o centro de alta do Chile, a 90° W, corresponde ao setor oeste da alta dos Açôres, sobre os Estados Unidos oriental.

Embora as cartas de SHAW não o revelem, o *trough* da frente de alísios no México, a 110° W, deve corresponder a um *trough* análogo no centro do Chile. Este último, aliás, ocorre a 150° W, e corresponde assim à alta do Pacífico Norte.

c) Entre as duas altas, dos Açôres e Pacífico, não se nota uma baixa (como no verão), mas apenas um *trough* a 110° W, sobre o México, onde nasce a frente de alísios, depois transformada em frente polar atlântica, e que se estende até a Europa, com seus ciclones.

Resta saber se as cartas sinóticas revelam uma frente meridional comumente no Pacífico Sul, em tal longitude.

A FPA, oriunda de frontogênese entre o ar quente do centro dos Açôres e as massas frias do anticiclone canadense, se localiza a norte da alta dos Açôres. Seus ciclones apresentam oclusão normal a NE, na baixa da Islândia, deslocando-se a frente porém para sul sob as invasões finais de ar frio para os trópicos, onde ocorre frontólise no campo de divergência anticiclônica.

d) Ao norte da alta dos Açôres estende-se a grande baixa da Islândia, muito mais profunda que no verão (995 mb), de centro a 40° W e 62° N, e que ocupa uma faixa de 40° N até o pólo, e de 135° E até 110° W, além da Nova Zembla.

Tal baixa resulta da posição média das grandes secundárias dos ciclones da FPA, formados mais ao sul, o seu *trough* para NE corres-

pondendo à frente ártica do Atlântico, que parte do centro de baixa e segue até além da Nova Zembla. Já vimos sua correspondência com o *trough* polar do hemisfério sul.

Como era de esperar, ela se situa quase inteiramente no oceano mas aquecido de inverno, e assim uma dorsal procura se formar sobre a Groenlândia, dada a superfície gelada desta grande ilha. É, aliás, o contraste entre o ar gelado da Groenlândia e o mais aquecido do Atlântico e Mar do Norte, a causa da sua formação. Ela é mais intensa quando deslocada para E, que na posição normal, a W.

e) A norte e oeste da alta do Pacífico estende-se a grande baixa das Aleutas, que no verão estava reduzida a um *trough* da baixa de monção da Ásia, mas agora se apresenta individualizada e intensa. Ela se estende sobre o Pacífico Setentrional, de 115° W até 140° E, descendo até o paralelo 27° N (a 165° E), enquanto o centro (1 000 mb) fica localizado a 50° N e 175° E.

Tal baixa resulta das secundárias dos ciclones da frente polar pacífica, que evoluem mais ao sul, sempre a norte do centro de Alta do Pacífico. Do núcleo de baixa para NE, e até os Grandes Lagos dos Estados Unidos, se estende a FA do Pacífico, formada entre o ar mais quente deste oceano e o frio do Canadá, Alasca ou Rochosas.

No hemisfério sul, as longitudes correspondentes, de 140° E a 150° W, estão ocupadas por uma zona de baixas pressões, resultantes das ondulações da frente polar da Austrália. E observa-se mais uma vez que o centro de baixa das Aleutas é simétrico da baía de Ross, no Antártico.

Convém lembrar que muitas vezes duas frentes polares pacíficas são formadas: a de oeste mais intensa, entre o anticiclone da Sibéria e uma célula tropical, indo ocluir seus ciclones na baixa das Aleutas. A forte estabilidade da alta da Sibéria afasta a FPP da costa.

A segunda frente, mais a leste ocorre entre duas altas tropicais e é portanto mais fraca.

f) Entre as duas baixas, da Islândia e Aleutas, uma alta se estende de 60° N até o pólo, mas com reduzida extensão longitudinal (120° W a 160° E), penetrando pelo Canadá Ocidental, onde traduz avanço médio de massas árticas para sul. Trata-se de uma formação proveniente do grande frio continental, análogamente ao descrito adiante, para a Ásia.

O pólo norte não é centro, apenas borda de alta.

g) Resta citarmos o grande anticiclone da Ásia, que se estende desde as Filipinas, a 140° E, até os Bálcãs, a 20° E, e de 75° N, na Sibéria Oriental, até 20° ou 30° N.

O centro de pressão máxima (1 035) ocorre a 50° N e 100° E, a sul do lago Baical.

Pela sua posição, tal anticiclone é simétrico do centro de ação do Índico, este de 30° E a 110° E, com um *trough* a 80° E, cujo prolongamento para norte corta o Ceilão, e se estende até *trough* análogo, no Tibete.

Os dois núcleos de alta de 1 020, no Índico, cercam uma frente meridional semi-fixa.

Ora, as dorsais da alta da Sibéria, a  $115^{\circ}$  E- $125^{\circ}$  E e  $60^{\circ}$  E, correspondem à baixa da Austrália e ao setor ocidental da alta do Índico, respectivamente.

Como é sabido, aquêles anticiclone se mantém isolado pelas cadeias do Himaláia e Urais. Seus ventos sopram de SW, para o Ártico gelado, e de NE para a Índia, onde formam a monção de inverno, mais fraca aliás que a de verão. Tais ventos, que prosseguem até o hemisfério sul com a direção agora de NW, são atraídos para a baixa termal da Austrália, o que explica o avanço da dorsal da Sibéria.

A outra dorsal, a  $60^{\circ}$  E, atraída pela ponta leste da frente mediterrânea, que produz as chuvas de inverno do Paquistão.

h) Por fim, no Mediterrâneo Oriental, e entre as altas da Ásia e dos Açores, notam-se baixas de 1 017,5 constitutivas da frente mediterrânea, a  $35^{\circ}$  N —  $35^{\circ}$  E e  $40^{\circ}$  N —  $10^{\circ}$  E (ciclone de Gênova). A sul da mesma nota-se na África do Sul, entre as altas do Atlântico e Índico.

Como é sabido, ela se origina do contraste entre o ar frio da Europa e o mais quente da África, sendo, porém, menos intensa que a FPA.

Os seus ciclones atingem até a Pérsia e o Paquistão, ao qual levam chuvas de inverno. Como afirma GODSKE, o extremo leste da frente mediterrânea corresponde às ondulações finais de uma frente polar asiática, que, embora fixada no Himalaia, se origina do contraste entre o ar Pc da alta da Sibéria, e o Tm ou do centro dos Açores ou do Saara.

Vejamos agora a situação normal no hemisfério sul, segundo os mapas de SHAW: Abstraindo do Antártico, para o qual aquêles autor não fornece indicações, o anel de baixas pressões se estende entre os paralelos de  $45^{\circ}$  S e  $65^{\circ}$  S, com um *trough* nítido no meridiano de  $45^{\circ}$  W, sôbre o Rio da Prata, devendo existir outros a  $30^{\circ}$  E e  $170^{\circ}$  W; sôbre os mesmos ocorrem as frentes antárticas, aliás pouco conhecidas e menos intensas no verão, HAURWITZ desenha uma só, na posição do mapa.

Os centros de alta estão assim localizados: o primeiro no Atlântico, com máxima de 1 020 a  $0^{\circ}$  de longitude e  $28^{\circ}$  S, e se estendendo de  $15^{\circ}$  E a  $35^{\circ}$  W. O segundo no Pacífico, de  $75^{\circ}$  W a  $150^{\circ}$  W, com máxima de 1 020 a  $90^{\circ}$  W e  $32^{\circ}$  S. O terceiro no Índico, com dois núcleos de 1 020 a  $37^{\circ}$  S e nos meridianos de  $70^{\circ}$  E e  $90^{\circ}$  E, a isóbara externa se estendendo de  $35^{\circ}$  E a  $115^{\circ}$  E.

Entre tais sistemas se encontram as baixas termais, centradas nos continentes a  $60^{\circ}$  W (América do Sul),  $30^{\circ}$  E (África) e  $130^{\circ}$  E (Austrália), esta última tendo um núcleo de 1 005 mb.

A zona de baixa se estende aliás muito para leste, e ocupa toda a faixa de  $115^{\circ}$  E até  $150^{\circ}$  W, entre os centros de ação do Índico e Chile. É ela ocupada, como vimos, pelas frentes polar da Austrália e polar pacífica, e se apresenta simétrica da baixa das Aleutas.

A baixa termal da Austrália é oriunda em parte das elevadas temperaturas de verão aí reinantes, e em parte do fato de as altas móveis do Índico, que no inverno cruzavam o continente, terem se deslocado agora para maiores latitudes, em média 37° S.

A frente polar da Austrália passa então pelo interior da baixa térmica, através do continente, e não mais a oeste dêste, como sucedia no inverno. Suas ondulações morrem a SE da Nova Zelândia, e dão origem a nova atividade na frente polar do Pacífico, situada a oeste da célula do Chile.

Tais baixas são sede das diversas frentes de alísios, que mais ao sul se transformam em frentes polares. Já descrevemos a do Pacífico, a oeste da alta do Chile. Seguem-se a frente polar do Atlântico Sul, e a frente polar do Índico, a SE da América do Sul e África, respectivamente.

Segundo GODSKE, apenas na América do Sul e na África as cadeias de montanhas Norte Sul permitem a formação de frentes de alísios, o que não ocorre na Austrália, de pouca orografia. Mas existe uma frente de alísios no Pacífico Sul, longe de continentes.

Quanto ao anticiclone do Antártico, seu centro de alta está mais deslocado para o Índico, havendo baixas ou *troughs* sobre os mares de Ross e Weddell.

Como sabemos, os núcleos tendem a caminhar para sul no verão, acompanhando o Sol.

Não necessitamos repetir o que foi dito no estudo anterior: isto é, que as baixas termais e circumpolares são mais profundas em janeiro no hemisfério sul (por simetria com as baixas dinâmicas do hemisfério norte, na Islândia e Aleutas). Também os centros de ação se apresentam menos intensos durante janeiro, em ambos os hemisférios. As pressões caem conjuntamente, o que enfraquece as altas e intensifica as baixas.

As cartas médias de janeiro continuam, como vemos, a confirmar o princípio de simetria por nós estabelecido no artigo anterior. Claro está que êle não consegue aparecer claramente nas normais, pela total assimetria dos fatores geográficos (distribuição das terras e mares), que tende a colocar em meridianos diferentes os sistemas de pressão dos dois hemisférios. Mas êle se afirma nos casos sinóticos, e igualmente nas médias, quando os fatores geográficos se assemelham.

Restou-nos pormenorizar a parte equatorial da circulação: Na África não mais existe, como no inverno, a grande baixa do Saara, que era ligada à do Tibete. Apenas uma reduzida baixa continental, que mal atinge 10° N, e se estende para o sul, forma-se entre as altas do Atlântico e Índico. Para a mesma afluência o alísio de SE do Atlântico, que se desvia como monção de SW. A linha de convergência intertropical se estende, difusa, ao longo do *trough* equatorial, penetrando mais para sul nos continentes aquecidos, até as baixas termais.

Ela apresenta aliás uma interrupção no Pacífico equatorial, a 170° E. Como já dissemos, sua posição depende em parte da do Sol, e em parte da compensação indispensável entre as circulações hemisféricas. Assim, em janeiro, a “convergência intertropical” se encontra na sua posição extrema sul do Índico, impelida pela monção de inverno da Ásia, agora no máximo de intensidade. Contudo, só em março a ITC alcançará sua posição mais meridional no Atlântico e Pacífico, época aliás em que é máxima a diferença de temperatura entre os dois hemisférios.

Segundo GODSKE, tal ITC somente na África Ocidental merece o nome de FIT, por existir aí não apenas uma convergência, mas uma descontinuidade entre o ar mais fresco do oceano e o quente continental. Esta FIT, que produzia as grandes chuvas de monção na Guiné, em julho, agora se apresenta seca, em janeiro.

### AMÉRICA DO NORTE

A FPP se apresenta geralmente dupla, no inverno, dada a freqüente formação de duas altas subtropicais no Pacífico Norte.

A FPP de oeste é a mais ativa, por estar situada entre a Sibéria fria e o Pacífico. Seus ciclones vão ocluir na baixa das Aleutas, a NE, donde podem depois se regenerar, atravessando o Canadá, mas com pouco escavamento, dados o fraco contraste de temperatura e o escasso vapor existente em zonas tão frias. Já a FPP de leste é mais fraca, por estar situada entre as duas altas tropicais.

Seus ciclones ocluem no litoral dos Estados Unidos, ou Colômbia Britânica, e podem se regenerar, cruzando por vezes, como frente superior, as Rochosas, de onde seguem então para leste.

Como sabemos, as Montanhas Rochosas barram o avanço das massas Pc para oeste, permitindo à costa do Pacífico um clima ameno, embora bastante chuvoso mais ao norte, sob os ciclones da FPP, cujo setor quente e formado pela massa Tm do centro de alta do Havai.

A frente ártica (FA) ocorre no *trough* das Aleutas, entre o ar mais quente do Pacífico e o mais frio do Canadá.

No inverno, o resfriamento produz anticiclones térmicos no noroeste do Canadá e Estados Unidos, os quais são fonte da massa Ps. Esta, em contraste com a massa Tm situada no Golfo do México e oriunda do enfraquecido centro dos Açores, resulta em ciclones ao longo da FP atlântica.

A FG desta última forma-se no eixo de dilatação entre as altas dos Açores e do Canadá, seja entre água quente e terra fria, sendo, pois, máxima quando ocorre no litoral.

Seus ciclones podem ser jovens, com trajetória para NE, ou então oriundos da renovação dos ciclones da FPP. De qualquer modo, e sobretudo pelas suas oclusões, resultam na baixa da Islândia, cujo *trough* atinge, em média, o nordeste da América do Norte.

Sempre ao fim da evolução das famílias, altas frias de massa Pc varrem os Estados Unidos ou Canadá, caminhando até as Antilhas na direção de sul. Veremos adiante a atuação que as mesmas exercem nas perturbações da América do Sul.

### AMÉRICA DO SUL

Devemos recordar que durante o verão (janeiro), os centros de ação aparecem, nas cartas médias, mais recuados para o pólo, acompanhando o movimento do Sol. Assim, estão centrados a 28° S o núcleo de alta do Atlântico, e a 32° S o do Pacífico, ambos com valores de pressão menores que no inverno (julho), para manter a simetria com os valores mais baixos (de inverno, nesta época) das altas tropicais do hemisfério norte.

Também a baixa circumpolar e a do Chaco se apresentam mais profundas agora no verão, por simetria com a intensa baixa (de inverno) da Islândia.

Um exame cuidadoso das cartas diárias confirma totalmente o princípio de simetria, cujos exemplos estenderemos em ampla faixa de meridianos. Assim, por ex., baixas da FPA no Atlântico Sul a 40° W, 25° W e 10° E, corresponderão a baixas nas mesmas longitudes, respectivamente no Atlântico Ocidental, ao sul da Islândia, e sobre a Noruega.

Por seu lado, ciclones da FPP, a 75° W e 20° W, correspondem, o último à já citada depressão da Islândia, e o primeiro a uma grande baixa no Labrador.

As frentes meridionais (FM) no Pacífico Sul, a 90° W e 105° W, correspondem a depressões nos Estados Unidos e no Novo México, sobre aqueles meridianos. Por fim, com outra FM, uma grande baixa de 140° W a 130° W no Pacífico Sul corresponde à baixa das Aleutas.

Claro que no seu progresso normal para E, a simetria vai-se conservando através de posições correspondentes das perturbações.

Na América do Sul, a zona de baixa no Chaco corresponde à depressão situada ao sul da Terra Nova, a qual geralmente separa duas dorsais dos Açores.

Há também uma tendência para se dar a simetria em latitudes semelhantes: por ex., as baixas do Ártico correspondem às do Antártico, e as do Atlântico ou Pacífico Norte às dos mesmos oceanos no hemisfério meridional, ressaltando a simetria dos continentes. De modo análogo, há correspondência das altas: um anticiclone estendido de 10° E a 40° E no Atlântico Sul, será simétrico da grande alta dos Açores, e quando esta avança para SW, a pressão crescerá na dorsal do centro de ação situada na costa leste do Brasil; enquanto uma alta na Argentina, de 35° a 60° W, será simétrica de dorsal na FPA (norte).

Quanto à alta do Chile, se ela se estende, por ex., de 70° a 115° W, apresenta simetria com uma alta dos Açores de 70° a 100° e outra alta polar nos Estados Unidos, de 100° a 115° W. Entre as duas nota-se uma baixa a 100° W, simétrica da FM que corta a alta do Chile.

A simetria se estende às dorsais polares dos dois hemisférios em latitudes semelhantes, uma alta na Terra de Baffin sendo simétrica de outra na Patagônia, etc.

O mesmo princípio se aplicará assim às variações de pressão. Se, em resultado dos movimentos da FPA, a alta do Atlântico Sul se estender zonalmente, fazendo declinar a pressão no equador, de 20° W a 10° E, mas subir de 30° a 35° W, o mesmo sucederá na alta dos Açores, onde a pressão se eleva próximo ao equador, de 30° a 45° W, caindo no centro (1 030 a 1 025), cujo caráter zonal se acentua.

Se também crescer a pressão no Pacífico Sul perto do equador, de 70° a 100° W, o mesmo ocorrerá no hemisfério norte, a alta do Havai progredindo para o equador. Por fim, uma grande queda de pressão a 60° W, na baixa a sul da Terra Nova, se propagará mediante um *trough* que abre em duas altas a formação dos Açores; por simetria, no hemisfério sul, ocorre o escavamento da baixa do Chaco.

### FRENTE POLAR ATLÂNTICA

*Início da FG* — Normalmente, é lenta a ação da FG no eixo de dilatação da FPA, o que permite um gradual aumento das pressão por convergência em Mato Grosso e no Amazonas, onde entra mais ar das altas (dos Açores e Atlântico Sul) do que sai para a baixa do Chaco. Há realmente uma passagem euleriana dos ventos no equador através das isóbaras, ainda não compensada mais ao sul, onde as direções já são geostróficas, em tórno de uma depressão inicialmente pouco intensa.

Dessa forma, sob o aumento da pressão no seu ramo interior a oeste (São Paulo e Mato Grosso), sofre frontólise a SL (*shear line*) velha, situada no trópico. Contudo, seu ramo leste, no litoral, ainda continua ativo, avançando com chuvas até o Espírito Santo. Por ser paralela à FP, demos-lhe o nome de FR (frente reflexa).

Logo porém que aquêle gradual aumento de pressão, com o retórno para oeste do centro de ação, se faz sentir também na costa leste, a frontólise (EL) na SL se acentua. E sob o avanço, para oeste, do centro de ação, as chuvas da massa Ec vão recuando para o interior.

No litoral pode se formar contudo um IT meridional, típico das chuvas de inverno. O quadro geral, apesar do calor, vai, aliás, se assemelhando ao de inverno, com a gradual FG na FPA, pois se dissolveu a alta formada de ar polar velho no sul do Brasil, e o centro de ação penetra fazendo recuar até Goiás as chuvas continentais. Veremos como se explica a subida de pressão no Amazonas: quando a alta dos Açores, premida pela orientação NNE-SSW da FPA, tem seu eixo orientado nesta direção, penetrando na Venezuela, ela impede a FIT e o *doldrum* até o Piauí, onde chove.

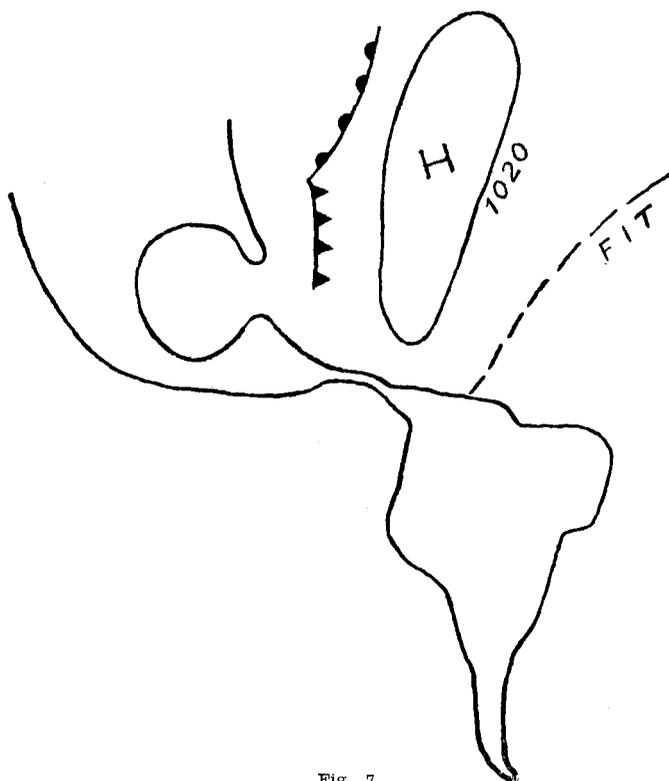


Fig. 7

Estados Unidos que produz a expulsão das isóbaras de alta dos Açores para SE. Em nosso hemisfério, aquêl avanço de isóbaras dos Açores para sul, corresponde a uma fase de evolução da FPP no extremo da Patagônia, sem baixa do Chaco definida. Ou então a um avanço da FPA para NE e pequena baixa do Chaco, formada no mesmo dia (caso de anticiclone polar, adiante descrito).

Por fim, o avanço decisivo e final da alta dos Açores para sul corresponde ao início de formação de uma nova baixa do Chaco, que ainda não se aprofundou, contudo.

É o caso que iremos descrever adiante, de acentuação da FG no Chaco.

Vejamos agora em que circunstâncias, no Pacífico Sul, êste quadro se estabelece: Para que a FG se vá acentuando lentamente no Chaco, com aumento gradual da temperatura, é necessário que a FPP adquira orientação zonal, com posição média nas altas latitudes.

Fica a mesma ao sul da alta do Chile, orientada W-E, e alongando-se de  $130^{\circ}$  W (ou  $160^{\circ}$  W) até  $70^{\circ}$  W. As ondulações da FPP vão assim passando pelo extremo sul da Patagônia sem afetarem a baixa do Chaco. Aliás, os ciclones oclusos aprofundam esta baixa do Chaco, mas não deixam por isto mesmo penetrar a dorsal do Chile para E; não se verifica, pois, qualquer avanço frontal na Argentina.

Pode também a FPP se apresentar não zonal, mas orientada NW-SE e muito extensa, desde  $150^{\circ}$  W até  $80^{\circ}$  W, como frente única, do

Neste caso, com o centro dos Açores se deslocando até a América do Sul, suas isóbaras atingem as Guianas e o Pará. A pressão cresce então na bacia Amazônica.

O mesmo acontece quando chega de W, dos Estados Unidos, a uma alta polar, que expulsa para SW a dorsal dos Açores, cuja ponta toca a costa da América do Sul.

Em todos os casos, e cinemáticamente, é a formação de uma baixa da FPA nos Es-

tipo. FM. Neste caso tal FM separa uma alta do Chile (a NE) de outra alta em torno das ilhas Taiti (a SW).

A alta do Chile, orientada NW-SE, é simétrica da alta dos Açores ou de uma alta polar nas Antilhas que *não avança mais*, esta orientada N-S.

A alta de Taiti é simétrica da alta tropical do Pacífico Norte. Quanto aos ciclones da FPP são simétricos de outros de nova FPA (norte) localizada na fronteira USA-Canadá, e que aí se mantém estacionária, enquanto perdurar a situação de FG no Chaco, sem avanços frontais para NE.

Note-se que tal aspecto não se constitui apenas a oeste do Chile, antes êle se vem observando desde a Nova Zelândia. Se aí a FPP se orienta zonalmente, pode-se contar que a situação irá se propagar para E (bloqueio?) e afetará dentro de 4 ou 5 dias a América do Sul, onde cessarão quaisquer penetrações polares para o Brasil, tudo se limitando à breve passagens de dorsais na Patagônia.

#### *Acentuação final da FG*

Logo que principia o acúmulo de ar polar na Patagônia, com a entrada de uma alta fria, a FG se acentua nitidamente na FPA. Da sua atividade resulta acentuado declínio de pressão no Chaco, cuja baixa se intensifica, acompanhada por forte onda de calor prefrontal. A divergência cada vez mais acentuada, com ventos que vão aumentando de velocidade do equador para sul, sob a gradual intensificação daquela baixa, faz cair a pressão na bacia Amazônica, onde as isóbaras do centro dos Açores se retraem, recuando para norte, e também para o oceano, a leste.

O fato se explica pela passagem da FPA (norte) para E, com seu sistema de baixas, a pressão declinando, pois, no Amazonas e Guianas. Com a presença das baixas polares no Atlântico Norte (ou *trough*) entre 50° W-60° W, as isóbaras de alta recuam assim para as Antilhas.

Tal situação, de pressão caindo no Amazonas, traduz a agravação da baixa do Chaco, que aumenta de dimensões, enquanto a FPA (sul) avança até o Rio da Prata.

Note-se que então a entrada "euleriana" de ar no equador é menor que a saída "geostrofica" na forte baixa do Chaco. O centro de alta do Atlântico Sul recua também para o mar no Brasil sueste, onde a pressão vai caindo pelo domínio da baixa. Desta última, executando a isóbara mais seca central, partem a princípio vários IT orientados para N e NE, os quais produzem chuvas, pela convergência de Shear.

Quando, porém, a pressão declina muito na baixa do Chaco, a subsidência afetaré os IT, que irão se dissolvendo através do aqueci-

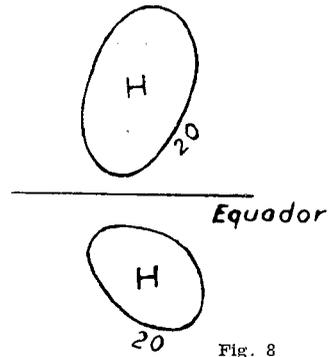


Fig. 8

mento superior. O domínio da sêca se estende então em maior área, até o Amazonas.

Tal situação ocorre quando, no Pacífico Sul, a FPP se aproxima do litoral chileno, e o seu ciclone ocluso atinge a Patagônia e Terra do Fogo. O campo isalobárico negativo contamina então a região do Chaco, onde a baixa se escava, reorientando-se para a mesma os ventos do Brasil sul, isto faz estacionar as KF aí existentes, que logo depois recuam como WF ou se dissolvem.

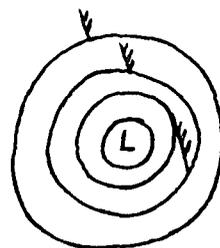


Fig. 9

Tal condição de FG no Chaco, que dissipa a alta polar anterior no Brasil, é sempre previsível pela formação simétrica, a sul da Terra Nova, de uma grande baixa polar.

Quando tal fase de FG no Chaco perdura dias seguidos, os ciclones se conservam intensos a  $60^{\circ}$  W, no Atlântico Norte, a FPA (norte) permanecendo a oeste daquele meridiano é com uma orientação SW-NE, mas sem qualquer avanço para E.

Correspondendo à dissolução da alta polar velha no sul do Brasil, sob a FG a oeste, também se dissolve a massa Pm no Atlântico Norte, refazendo-se a baixa ao sul da Terra Nova.

Logo, porém, que a FPP norte segue para E, também avançará para NE a alta polar no Uruguai e Rio Grande do Sul, entrando-se no caso seguinte. Se, porém, fôr muito fraca a dorsal de massa Pm na Patagônia, a FPA não se intensificará, antes sofrerá FL, subindo a pressão de nôvo no Chaco, pois retorna de leste o centro de ação.

#### *Avanço de anticiclone polar*

A entrada de um anticiclone frio de massa Pp ocorre na Patagônia após os primeiros ciclones da FPA terem evoluído para SE, no Atlântico Sul.

A pressão, que viera baixando com a intensificação da depressão do Chaco, atinge o mínimo no momento em que a FP avança para norte, e logo se eleva sob o ar polar, cuja penetração acarreta queda de temperatura e chuvas frontais, sob o rápido progresso da frente fria para norte.

Êste avanço da FPA para norte faz terminar a divergência produzida na situação anterior pelo escavamento da baixa do Chaco, agora substituída pela alta polar. A convergência resultante, agora bem mais acentuada que na situação inicial de frontogênese, permite assim um aumento de pressão prefrontal, em zonas muito ao norte da EPA, e esta talvez nem irá atingir. Sobe assim o barômetro em tôda a bacia Amazônica e no leste e nordeste do Brasil, a alta dos Açores devendo pois retornar à costa norte. Quanto ao centro de ação do Atlântico Sul, agora penetra decididamente, destruindo a antiga FP ou SL no trópico, e tornando sêca tôda a região a leste de  $4^{\circ}$  W.

As dorsais prefrontais, fonte da massa Ec, agravadas pelo aumento da pressão, deslocam-se agora para sul, trazendo mais chuvas prefrontais ao Amazonas e Mato Grosso. Salvo nos anos muito secos, em que pelo forte domínio do centro de ação as frentes polares não ultrapassam o Rio Grande do Sul (onde chove intensamente), elas, via de regra, atingem até o trópico, deixando sêco o sueste brasileiro, sob centro da alta polar. Geralmente, portanto, a FPA, embora com menor gradiente de temperatura pelo aquecimento e advecção, mantém-se no trópico, como SL que produzem chuvas, e em cujas extremidades norte, em Mato Grosso, sul de Goiás e Minas Gerais, vai-se delimitando nova SL ou FR, também com chuvas. Sua formação exige, porém, relativa inatividade da verdadeira FPA, que se mantém estacionária no Sul. Daí decorre aumento prefrontal da pressão por convergência, e com isto, a formação da FR ao norte.

O mesmo fenômeno se repete agora perto do equador. Naquela SL ou FR formam-se então pequenas depressões (sêcas) das quais partem novos IT que atingem o Amazonas, sul do Pará e Bahia, com chuvas e trovoadas. Tais IT vão progredindo de W para E até a costa, à proporção que a FPA oriental avança até o Estado do Rio, onde geralmente se dissolve no verão.

Vejamos agora as condições gerais que permitem tal situação, começando pelo hemisfério norte.

#### *Avanços de anticiclone polar*

a) Pelo princípio de simetria, o IT que, partindo de uma baixa polar no Atlântico Norte, situada entre duas dorsais dos Açores, tem o seu prolongamento atingindo o equador, apresentará como simétrico outro IT na América do Sul, o qual determina a posição extrema da FPA no seu avanço pelo Brasil. Ainda pela simetria as baixas da FPA no Atlântico Norte e da FPA no Brasil estarão no mesmo meridiano. Assim, um *trough* ou zona de baixas desde 35°W a 50°W, entre duas altas (dos Açores e polar), será simétrico da zona de baixas pressões de 35° a 50°W na América do Sul; esta, ocupada pela FPA, fica situada entre o centro de ação do Atlântico Sul e o novo anticiclone polar que surge na Patagônia. Tal zona de baixas na América do Sul é ocupada pelo sistema frontal da FPA, e pode se colocar também, por ex., a 50° W — 75°W, aí correspondendo à grande baixa nas Bermudas.

b) Quando novo IT se forma a oeste, no Atlântico Norte, seu simétrico e prolongamento traduz a formação do nova FPA a Oeste, no Chaco. E se o *trough* de W fica fixo no Atlântico Norte, barra a passagem de novas perturbações, o que permite ao anticiclone do Brasil caminhar para NE livremente.

c) Assim, as dorsais da alta dos Açores, localizadas entre aqueles IT, são simétricas dos anticiclones móveis na América do Sul, e que caminham de SW para NE; portanto são simétricas também da baixa do Chaco (agora menos ativa) que está a N daquela alta polar. Em

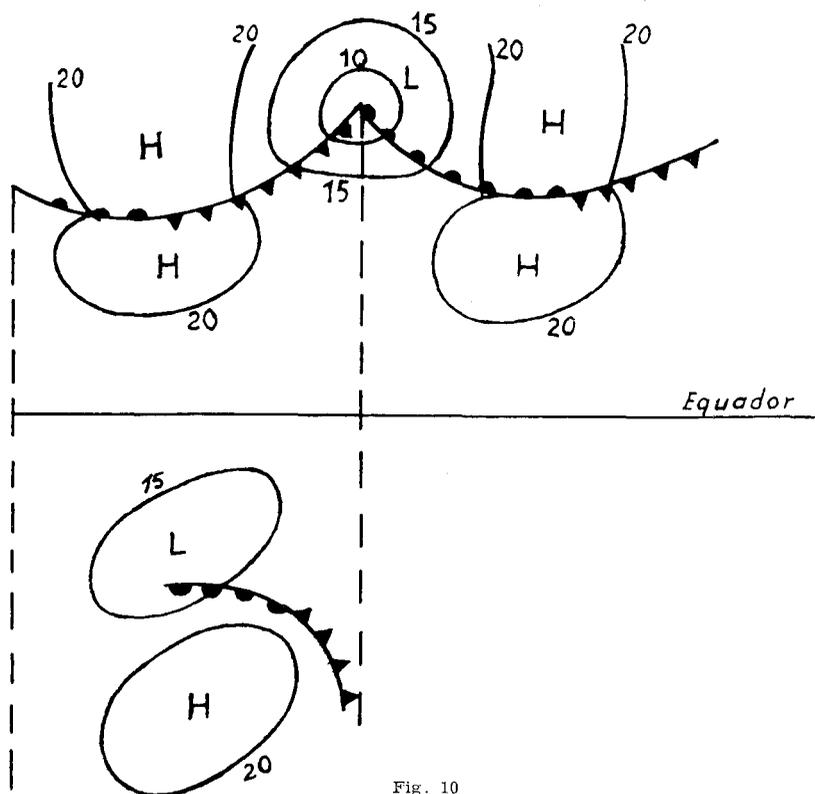


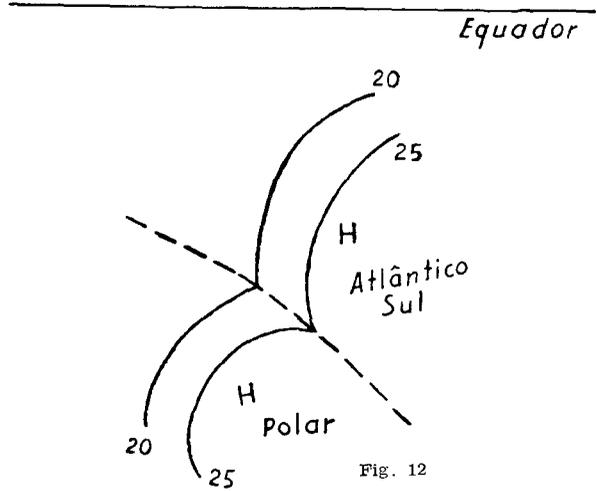
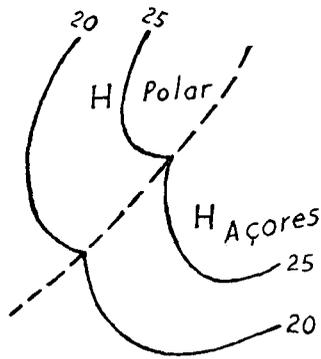
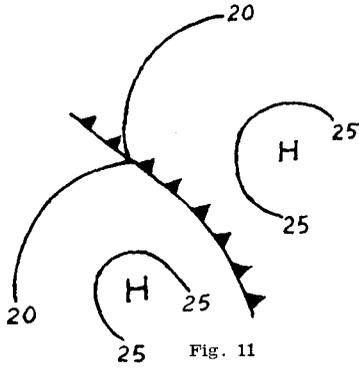
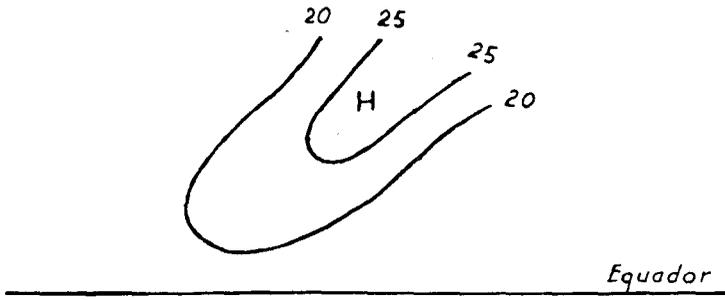
Fig. 10

particular, são simétricas altas polares no Atlântico Norte e altas frias no Brasil. Mas, em geral o centro de ação dos Açores, propriamente dito, é simétrico da alta tropical no Atlântico Sul, ambos terminando no mesmo meridiano.

Como já dissemos, caminham em simetria, para NE a alta fria no Brasil, e para SE a alta fria no Atlântico Norte; ambas por fim se incorporam aos centros de ação, a E. O centro dos Açores, reforçado, se entende para W, ficando sua ponta simétrica da alta fria no Rio Grande do Sul, que está separado, por um SL, da alta do Atlântico sul.

Tais fases, de avanço para NE da FPA no sul do Brasil, correspondem a avanços da FPA para baixas latitudes (30°N) no Atlântico Norte, esta FPA apresentando uma orientação W-E.

Passando agora ao hemisfério sul, são, como sabemos, as ondulações finas da FPP que vem atuar na baixa do Chaco e provocar avanços, para NE, sobre o Brasil meridional, da FPA e respectivos anticiclones móveis posteriores. Assim, enquanto os ciclones recém-formados da FPP se encontram muito longe da costa, no Pacífico, não há novo escavamento da baixa do Chaco, e a FPA anterior pode continuar progredindo para o Brasil. O mesmo se verifica com a passagem de dorsais da FPA na Patagônia, que também não escavam a referida baixa, e assim pouco perturbam o avanço das frentes no Brasil e Uruguai.



*Casos especiais*

No avanço para NE das frentes frias, sôbre o Brasil meridional, pode a descontinuidade estacionar e enfraquecer. Tal caso corresponde ao seguinte quadro no Atlântico Norte:

A FPA (norte) se estende W-E, a FIT ficando também W-E sôbre a Venezuela, e não descendo ao Brasil.

A pressão permanece então estacionária no Amazonas; são situações em que a alta fria já passou para E, dominando o sueste do Brasil.

d) Quando, porém, se verifica a entrada de alta polar pelo Brasil oeste, em Mato Grosso (a friagem), a simetria não ocorre com outro anticiclone polar no Atlântico Norte.

Antes, é a alta dos Açôres que deixa de se apresentar bi-partida e se estende bem para W, até o Gôlfo do México, como simétrica da "friagem". O mesmo ocorre com a alta polar ainda na Argentina, como vimos.

Neste caso, é claro, a FPA do Atlântico Norte está bem recuada para o pólo, a 40° N. Há, pois, frio na América do Sul e calor no hemisfério norte, na mesma latitude.

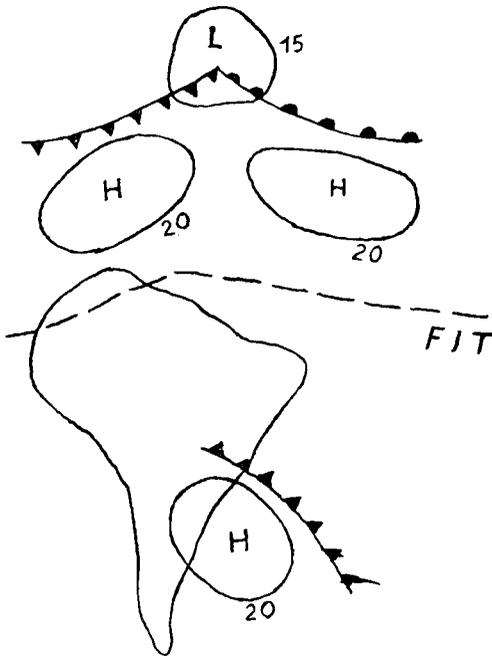


Fig. 13

*Formação de Ciclone*

A frente fria avança rapidamente para norte, dando trovoadas e aguaceiros, mas, como no verão os anticiclones frios são fracos, ela em geral estaciona no Rio Grande do Sul, podendo aí dar origem a novo ciclone, o qual fará declinar novamente a pressão antes da frente.

Se o ciclone fôr muito intenso (caso do outono), a FPA fica estacionária, e a pressão torna a cair na bacia Amazônica, voltando a se configurar a baixa do Chaco, o que repele para norte as altas de Ec.

A pressão sobe então na costa leste, onde o centro de ação penetra, expulsando para oeste as chuvas de Ec.

Pela simetria, deve o centro dos Açôres avançar para o equador, entre 20° e 60° W.

### *Invasões sucessivas*

Quando intensa e repetida, a ação frontogenética na FPA produz forte deslocamento dos sistemas e do centro de ação para sul; uma SL ou FPR logo se salienta no trópico, separando uma dorsal de PM velha, no sul do Brasil, da alta do centro de ação.

A pressão sobe, assim, no SE do Brasil, onde as frentes velhas sofrem FL e recuam. A pressão cai, porém, da Bahia até o Ceará, e a FIT penetra no Nordeste, trazendo-lhe chuvas de *doldrum*, elevando a pressão norte da FIT com a chegada de uma dorsal dos Açores.

As fases de *sucessivas passagens frontais* no Rio da Prata, com FG repetidas no Chaco, correspondem a verdadeiras FM no Pacífico Sul, quase orientadas N-S, com anticiclones intermediários que vêm progredindo desde a Nova Zelândia para E; o aspecto da alta do Chile é quase meridional.

Tal situação vem, aliás, se propagando desde a Nova Zelândia; se a leste desta região a FPP adquire aspecto de FM, podemos ter certeza de que em breves dias (3-4) este quadro atingirá a América do Sul, recomeçando os avanços da FPA para NE, no Brasil.

Ao que parece, só uma FM de orientação quase N-S permite orientar a alta do Chile para seu futuro progresso como alta fria.

### *Fim da perturbação*

Esta ocorre quando nova baixa da FPP se aproxima do Chaco, aí fazendo cair a pressão.

Sob a intensa atração dos sistemas para sul, logo se dissolve a perturbação anterior no sueste brasileiro; dá-se pois, de início, uma descida para o equador da alta dos Açores, já descrita no caso de FG rápida no Chaco, e que traz a FIT e suas chuvas ao Nordeste.

Caímos então no caso de FR no trópico, já descrito.

### *Atlântico Sul e Norte*

No seu progresso normal, a FPA do Atlântico Norte, a princípio zonal, ou estendida WSW-ENE, vai tendo o seu setor oeste impelido para sul, tomando orientações desde SW-NE até SSW-NNE. Ao fim de 4 ou 5 dias, quando a frente rompe e dissolve outra FPA se refaz a norte, para percorrer o mesmo trajeto, em seguida.

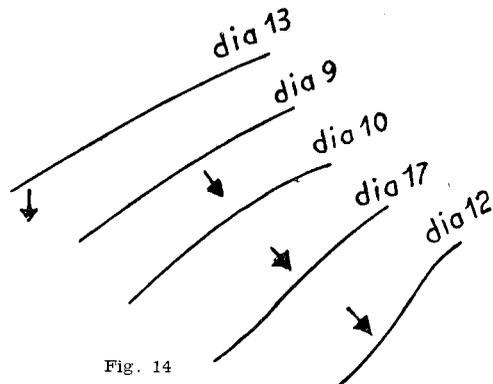


Fig. 14

a) Quanto aos elementos de prognóstico: das regras antes expostas (para julho) é agora pouco exata, em janeiro, a de que “no meri-

diano onde se produziu avanço para sul da isóbara mais equatorial de alta dos Açores forma-se uma baixa polar”.

b) É, porém, mais exata a de que “no meridiano em que se produziu recuo para o pólo, da isóbara mais equatorial da mesma alta, se forma uma alta polar”.

São bastante seguras as duas regras seguintes:

c) No meridiano em que ocorre hoje um *trough* na isóbara mais equatorial forma-se uma baixa polar amanhã.

d) No meridiano em que se forma hoje uma dorsal na isóbara mais equatorial forma-se amanhã uma alta polar.

e) De modo nítido, se as ondulações da FPA ou da FPP apresentam grande comprimento de onda e pequena amplitude, as altas tropicais se estendem em longitude, mas estreitam zonalmente. Neste caso a pressão diminui no equador.

f) Se, pelo contrário, as frentes polares têm ondas de maior amplitude e menor comprimento, as altas tropicais se tornam mais circulares com maior espessura zonal.

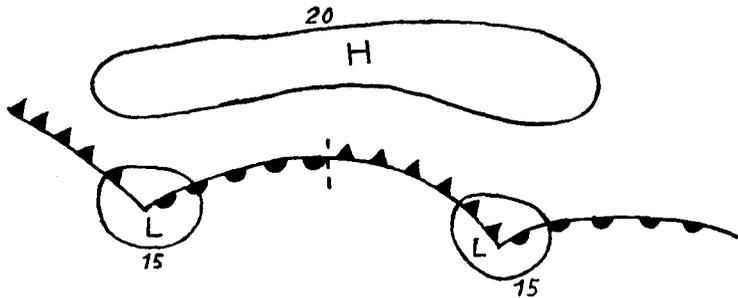


Fig. 15

Neste caso, a pressão crescerá no equador, sendo as frentes geralmente do tipo FM.

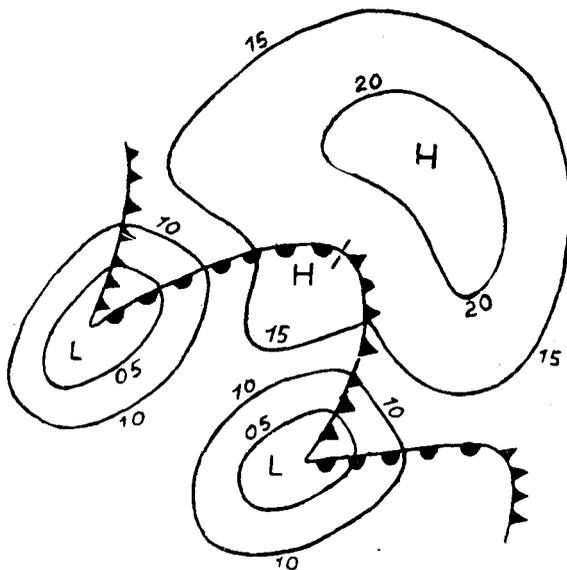


Fig. 16

Uma comparação das situações nos dois hemisférios conduz aos resultados seguintes:

g) Quando no Atlântico Sul existe apenas um centro de alta extenso, com a FPA alongada zonalmente, entre 20° S no Brasil e 40° S na África, por simetria, a alta dos Açores tenderá a se apresentar intensa, podendo mesmo se estender para W, cobrindo o Golfo do México. Isto não impede que haja antigas frentes em dissolução no Atlântico Norte.

Dêsse modo, a FPA (norte) fica mais para leste, perto da Europa, evoluindo em latitudes elevadas. As frentes frias atingem neste caso a latitude de 20°, no Brasil leste.

h) Quando existem duas altas no Atlântico Sul, com uma FM em tórno de 20° W, a situação é de FPA já bastante avançada para o equador, no Atlântico Norte, uma invasão fria polar ultrapassando mesmo as Bermudas.

Neste caso as frentes frias se localizam no Brasil Sul, sôbre o Rio Grande do Sul e Paraná, com o centro de alta fria na Argentina.

A baixa do Chaco é então extensa, e uma dorsal do Pacífico começa a penetrar no continente.

i) Quando a FPA do Atlântico Norte, já rompida, alcança sua menor latitude, próximo ao equador, a situação no Atlântico Sul continua a ser em duas altas separadas por uma FM, mas esta se deslocou mais para E, em tórno da longitude 0°.

No Brasil, as frentes se mantêm a sul do trópico, mas tomando caráter de WF, e recuando para sul.

Novo sistema da FPP atravessa então a Patagônia.

### *Europa*

Como sabemos, o fluxo geral se apresenta de SW no inverno, dada a existência de dorsais do anticiclone da Sibéria, no sueste, e dos Açôres, a oeste, bem como da extensão, até a Nova Zembla, da baixa da Islândia.

No inverno, a FPA é muito intensa, como vimos, no Atlântico Ocidental, onde ela separa massas Pc no Canadá, de Tm originada nos Açôres. Seus ciclones, iniciados na América do Norte, vão ocluindo e enfraquecendo para a Europa, da sua oclusão normal na Islândia resultando a respectiva baixa. O SW da Islândia, bem como o Mar do Norte e Skagerak são pois zonas de máximo de ciclones. Aliás, o caminho geral é dos ciclones passarem a SE da Groenlândia, cujos planaltos evitam, e se aprofundarem a W da Islândia, próximo à FA. Eles vão tapando depois para E, não ultrapassando 75° N. Passam continuamente na Europa entre os paralelos 45°-70° N, cabendo à frente ártica as secundárias daqueles ciclones, já em maiores latitudes.

Os da FPA evoluem com facilidade para leste, por serem de orientação W-E as cadeias elevadas dos Alpes; sômente na Escandinávia, montanhas N-S barram as correntes de W, produzindo chuvas. O centro dos Açôres pode-se separar em dois núcleos (quando se intensifica a baixa do Chaco) e então aparece uma nova FPA a leste, mais fraca, porém. Quanto à frente ártica do Atlântico, está situada no próprio *trough* da Islândia, até a Nova Zembla e se origina do contraste entre o ar frio ártico, e o ar mais quente situado ao sul, ambos de origem marítima.

O primeiro é o polar genuíno ou ártico, o segundo o polar transformado, que já desceu para sul, e retorna agora no setor quente dos ciclones.

A referida FAA será mais ativa quando a baixa da Islândia estiver bem para leste, a frontogênese se acentuando devido ao ar marítimo e quente, de SW.

A FAA se dissolve, porém, quando o ar Pc e a alta da Sibéria avançam para oeste, uma vez que os setores norte e sul da FAA adquirem a mesma temperatura, ambos frios, tudo resultando em Frontólise.

Frentes secundárias ocorrem sobretudo a oeste da Europa, entre massa Pc a norte, e Pm a sul.

No Mediterrâneo, oceano mais aquecido no inverno, corre a FM, e se estabelece uma depressão média, entre a Espanha e Arábia a qual produz ventos de E no sul da Europa, e de W na África do Norte. Êstes correspondem, aliás, à alta de inverno no Saara, antes dinâmica, como fonte de massa Tc quente.

Em tal depressão se localiza a frente mediterrânea (FMe.), originada do contraste entre o ar frio da Europa e o ar quente da África, sempre menos intensa que a FPA.

Seu máximo de ciclones ocorre no Golfo de Gênova; em particular, os ciclones produzidos mais ao sul, na FMe., são barrados pelos Alpes e assim se deslocam para E, chegando à Pérsia e ao Paquistão, onde causam as chuvas de inverno.

### *África*

No inverno, uma dorsal da alta dos Açores se estabelece ao norte no Saara Setentrional, cobrindo a cadeia do Atlas. A costa fica sob a baixa do Mediterrâneo e ciclones da respectiva frente, cuja penetração no Saara é dificultada pela referida cadeia de montanhas.

Contrariamente ao período de verão, em que baixa do Saara, bastante extensa, era ligada à do Tibete, já agora apenas uma baixa continental, que mal atinge 10° N e se estende para sul até o Cabo, se observa entre as altas do Índico e Atlântico Sul; para a mesma aflui o alísio de SE do Atlântico, que se desvia como monção de SW.

Quanto às frentes, além da FMe, que como vimos, pouco afeta a África, salvo por alguns ciclones mais a leste, nota-se apenas a FIT, que se estende difusa ao longo do *trough* equatorial; mais ao sul a FPI, cujos ciclones produzem chuvas na África do Sul.

Ciclones tropicais ocorrem na costa leste, varrendo Madagascar de janeiro a abril.

### *Europa e África*

Pelo "princípio de simetria" se compreenderá facilmente o comportamento da circulação secundária:

a) Quando, após a evolução dos ciclones da FPA (norte) um grande ciclone ocluso domina a Europa Central, o mesmo se reflete,

através de um *trough* no Saara, até a FPI na África Meridional. Nesta se formarão baixas nas mesmas longitudes ( $20^{\circ}$  a  $40^{\circ}$  E), em latitudes mais elevadas ocorrendo os grandes ciclones oclusos da evolução final da FPA (sul), esta agora zonal, ao largo do Cabo.

O *trough* já citado separa, na África, a alta dos Açôres da alta da Sibéria. Ora, a primeira conserva simetria com a alta do Atlântico Sul, junto à África, que atinge até  $10^{\circ}$  E. Contudo, a dorsal da alta da Sibéria sobre a Arábia ( $50^{\circ}$  E), corresponde a um *trough* da FPI, em torno de Madagascar.

Isto porque, embora na Ásia a alta da Sibéria tenha simetria com o centro de alta do Índico, quando aquela recua para oeste sua dorsal na Arábia torna-se simétrica de uma alta polar da FPI, no hemisfério sul; enquanto isso, a FMe se encontra muito ao norte, sobre a Europa Meridional. Isto permite um deslocamento até baixas latitudes, a  $15^{\circ}$  S das frentes frias no Brasil, cuja zona sudeste permanece sob alta polar.

Quando, depois, a alta da Sibéria vai-se enfraquecendo, substituída a oeste pelos ciclones da FMe, a alta do Índico também se desloca para E, ficando substituída, a oeste, pelos *troughs* de grandes baixas sulinas, da FPI.

b) À proporção que a grande baixa da Europa progride para E, vão progredindo simetricamente para leste os ciclones da FPI, sobre Madagascar e o Índico, atingindo até o meridiano  $50^{\circ}$  E.

A alta dos Açôres avança então igualmente para leste, na retaguarda do *trough* do Saara, o mesmo ocorrendo, por simetria, com a alta do Atlântico Sul, ambas alcançando até  $20^{\circ}$  ou  $30^{\circ}$  E.

Este progresso logo se interrompe, porém, quando um ciclone da FPA (sul), atingindo o meridiano  $10^{\circ}$  W, induz por simetria novo *trough* nesta longitude, a sul da baixa da Europa, o qual separa em dois núcleos a alta dos Açôres.

c) Quando muito intensa, a alta dos Açôres invade a África do Norte e a Europa, progredindo para NE. A simetria ocorre neste caso através de um avanço análogo da alta do Atlântico Sul, mas sob a forma de alta polar da FPI, que caminha para NE. A simetria aparece, aliás, entre esta alta e a da Europa Central.

Como sempre, o *trough* entre as altas dos Açôres e Sibéria, situado  $40^{\circ}$  —  $50^{\circ}$  E, corresponde à FMe, sobre o Mar Vermelho, e tem simetria com a FPI, de aspecto FM ao largo de Madagascar.

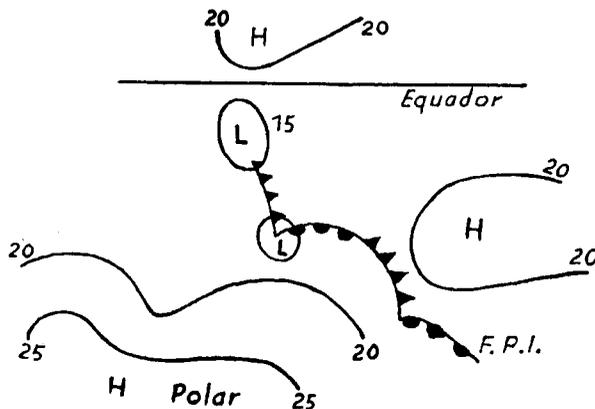


Fig. 17

Este caso é simultâneo, na América do Sul, com um progresso de alta polar na Argentina, estando as frentes ativas apenas no sul do Brasil (até Santa Catarina).

d) Se a alta dos Açores progride para SE, através da África do Norte, levando a FMe e seus ciclones para sul, até o Saara, forma-se por simetria, uma dorsal no Cabo. Isto porque a alta do Atlântico Sul recua para o pólo, ficando sua FPA alongada zonalmente, e muito ao sul da África.

A Europa Setentrional está então dominada por extensas baixas que apresentam simetria com a baixa central, na África do Sul.

A FMe, na Arábia, corresponde então a uma FPI, do tipo FM localizada no Índico. Neste caso, o sul do Brasil permanece quente e seco, pois a FPA passa no Prata, e a FPP está na Patagônia, muito ao sul. Concluimos que o avanço da FMe ao Saara traz seca ao Brasil, pelo domínio do centro de ação.

e) À proporção que a FMe progride para E e vai-se dissolvendo no Saara, a FPA (sul) vai avançando para norte até alcançar o Cabo, o que sucede quando a grande baixa da Europa divide a alta dos Açores em dois núcleos, por simetria com a FPI situada na União Sul Africana.

f) Por fim, a baixa da Europa pode mesmo avançar para sul, cobrindo a Argélia e Tunísia. Tal depressão tem por simétrica a zona de baixa central da África do Sul, onde nasce a FPI, crescendo a área de baixa aí, portanto, enquanto as FPA e FPI ficam junto à costa, a FPA dominando o Cabo.

A alta dos Açores recua então para oeste.

#### *Ásia e oceano Índico*

O extraordinário resfriamento do inverno acarreta a formação da grande alta da Sibéria, cuja isóbara central, de 1 035 mb, está a sul do lago Baical. O ar seco e frio Pc, originado da intensa radiação, aí se acumula, isolado pelas montanhas que correm ao sul e a oeste (Urais e Himalaia), impedindo assim a entrada de massas úmidas do Índico ou da Europa.

A rotação anticiclônica origina correntes de NE que constituem a "monção de inverno" na Índia, mais fraca aliás que o do verão (velocidade 7 mph). Os ventos sopram também de N para a baixa das Aleutas, e de SW para o Ártico, agora gelado.

A monção do Índico gira para NW já no hemisfério sul, e penetra por fim na baixa termal da Austrália (agora no verão), que a atrai. A FA (frente ártica), que prolonga o *trough* existente sobre água quente a oeste, é uma continuação da baixa da Islândia, entre a Noruega e I. Spitzbergen. Ela só se ativa, porém, na Ásia quando aquela

baixa está sobre a Sibéria, formando-se a FA entre a massa marítima Pm de SW, e a Pc de NE, da alta fria. Suas chuvas são fracas, dado o escasso vapor existente, mas a nebulosidade, é acentuada.

Na Ásia ainda existe um resto da FMe, sobre a baixa térmica do Golfo Pérsico, para a qual sopra a monção de NE. Aquela FMe atinge no máximo 50° E, e assim produz ciclones até o Paquistão, aí dando origem às chuvas de inverno (outubro a maio). Sendo estável a alta da Sibéria, os ciclones raramente a destróem, passando antes pelo oceano Ártico a norte, ou sobre o Pacífico.

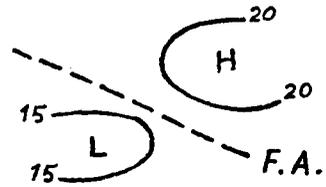


Fig. 18

Neste, porém, as depressões da FPP ficam longe da costa, pois, a forte estabilidade da alta continental assim o exige. Aquela FPP está situada entre a alta da Sibéria e a do Pacífico Norte, ocorrendo as chuvas principais, porém, mais para leste, nas Aleutas e América do Norte.

Tal como já explicamos para junho-agosto, existe em janeiro um intercâmbio direto de ar entre os dois hemisférios, mas num sentido oposto e através da “monção de inverno”, que tem direção geral de NE.

Os fenômenos são, diferentes dos ocorridos no Pacífico e Atlântico, onde o princípio de simetria explicava a adveção simultânea de massas para o equador, nos dois hemisférios.

Já mostramos no trabalho anterior a “correspondência” entre as formações isobáricas e os motivos teóricos que a justificam nas longitudes do oceano Índico. Assim, resta apenas salientar, mediante algumas figuras, que o “princípio de simetria” e o de “correspondência” não se contradizem, antes se confirmam.

Na figura retro vemos que duas altas do Índico, separadas por uma FM a 75°, correspondem a duas dorsais da alta da Sibéria, a E e W. Há “simetria” entre as duas altas de ambos os hemisférios, ou as baixas; mas há também justaposição, as extremidades ou dorsais de alta apontando para as baixas, e os *troughs* destas apontando para as altas.

As altas do Índico se adaptam pois às baixas (da FPP) ou ao *trough* entre as altas da Sibéria e do Pacífico. Já as baixas no Índico se justapõem às penetrações da alta da Sibéria, a leste ou oeste.

a) Dêsse modo, se a alta da Sibéria avança para o equador, os ciclones da FPP (norte) se deslocam na mesma direção, por isso aumentando a área e o domínio de baixas na Austrália e Índico.

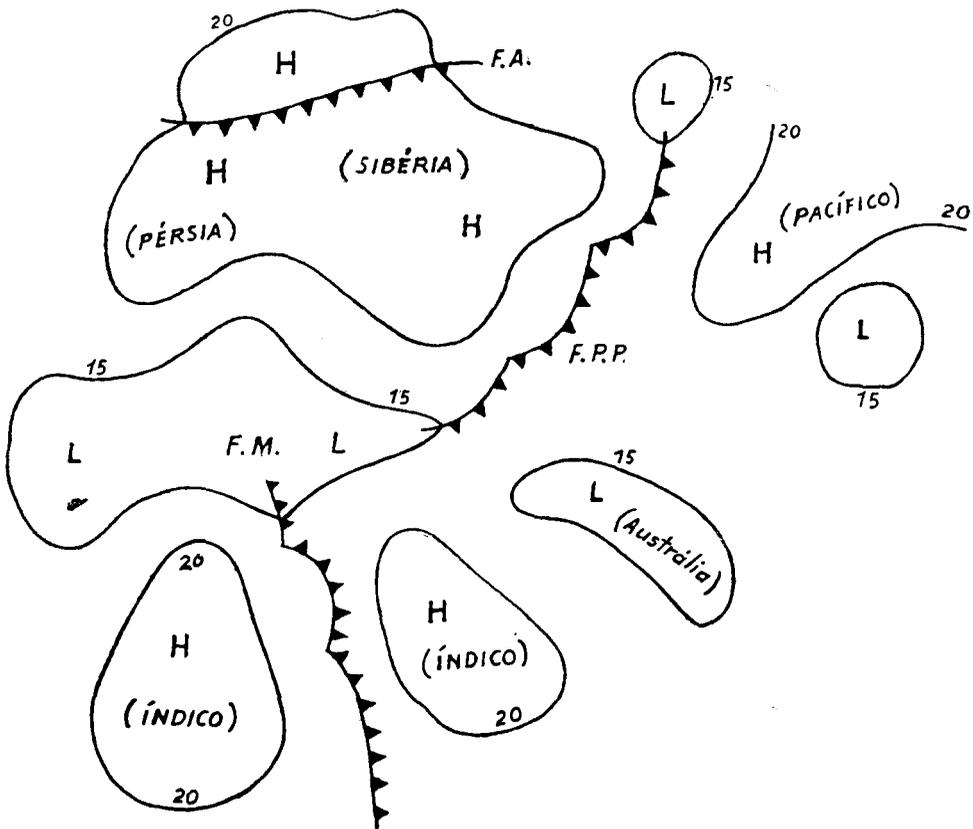


Fig. 19

Ora, tal aprofundamento da baixa da Austrália traduz a formação, no hemisfério sul, de uma FP.

b) Também, à proporção que a alta da Sibéria consegue avançar para a Indochina, a alta do Índico vai perdendo seu caráter meridional para se tornar zonal, com centro a  $85^{\circ}$  E, e se apresenta única e extensa (para conservar a simetria).

c) Se a alta da Sibéria recuar para norte, a baixa correspondente também recuará, avançando a alta do Índico logo também para norte, em justaposição.

d) Se, porém, a alta da Sibéria se estender para NE, até o Estreito de Bhering, a alta do Índico ficará zonalmente alongada, numa faixa latitudinal estreita, com centro a  $90^{\circ}$  E.

e) Se, por último, a dorsal de alta sobre a Pérsia e Arábia recuar, a alta do Índico avançará para o equador, ficando orientada de norte para sul, agora meridional, e não mais alongada W-E, como de hábito.

Pssando agora a um estudo comparativo entre os dois hemisférios, concluimos o seguinte:

f) À proporção que a alta da Sibéria avança para SE, sobre a Indochina, sempre impelindo para o equador a FPP, a alta do Índico, por "justaposição" recua para NW, cobrindo a região de *trough* nor-

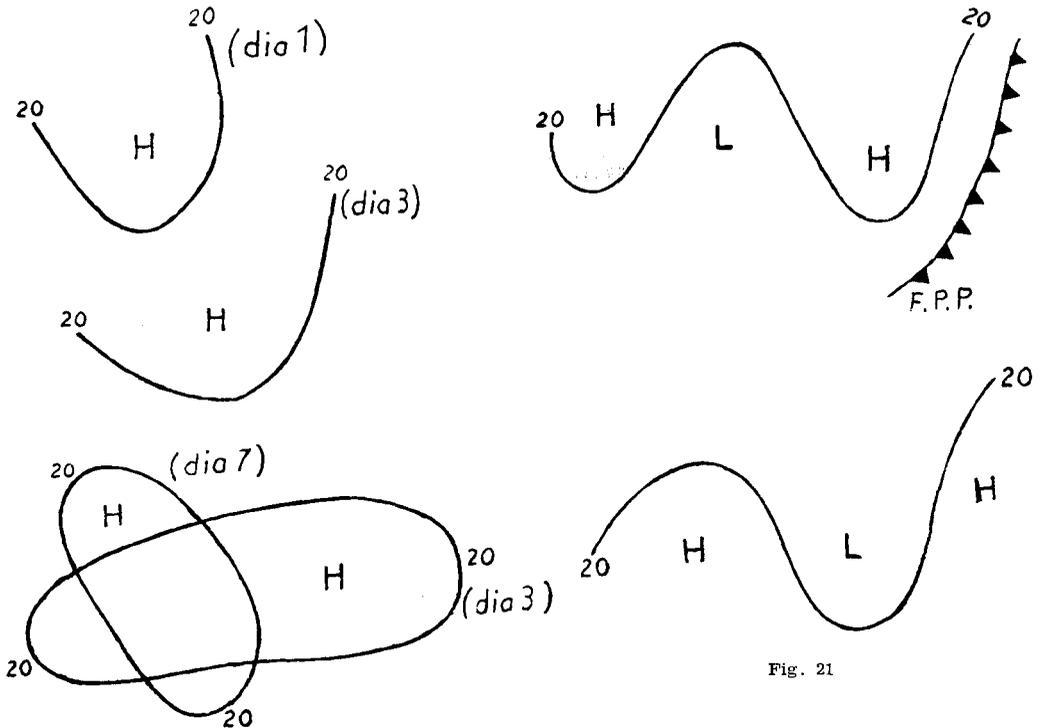


Fig. 20

Fig. 21

malmente existente sôbre a Índia. Com tal recuo, o setor SE desta alta fica ocupado pela baixa na Austrália, correspondente à FPP do Pacífico Norte.

Nesta fase, as FM do Índico tendem a se aproximar do equador, o que também ocorrerá com a FA e a FPP do hemisfério norte.

Assim se conserva a simetria a oeste, dado o maior avanço para sul, no Paquistão, da FMe, enquanto a FPI domina Madagascar.

g) Quando a FA e a FPP do hemisfério setentrional recuam para norte, também a FPI, no Índico, recua para sul, adquirindo caráter mais zonal.

h) Quando um forte avanço da FA traz a massa ártica ao próprio centro da Sibéria, a alta do Índico vai ficando extensa e zonal, o mesmo se verificando com a FPI. Logo que a FA atinge a China, uma FM se forma no Índico, separando em duas altas o centro anticiclônico do oceano.

i) Se a FM se tornar profunda no Índico, a  $80^{\circ}$  E, duas altas afastadas vão aparecer sôbre Madagascar e a Austrália. À primeira corresponderá a FMe na Pérsia, e à segunda uma alta no Japão.

### *Austrália e Pacífico*

No verão (dezembro a fevereiro) a carta média apresenta uma baixa termal na Austrália. Realmente, as cadeias de montanhas leste barram o alísio, o que acarreta para o interior máximas elevadas. Por

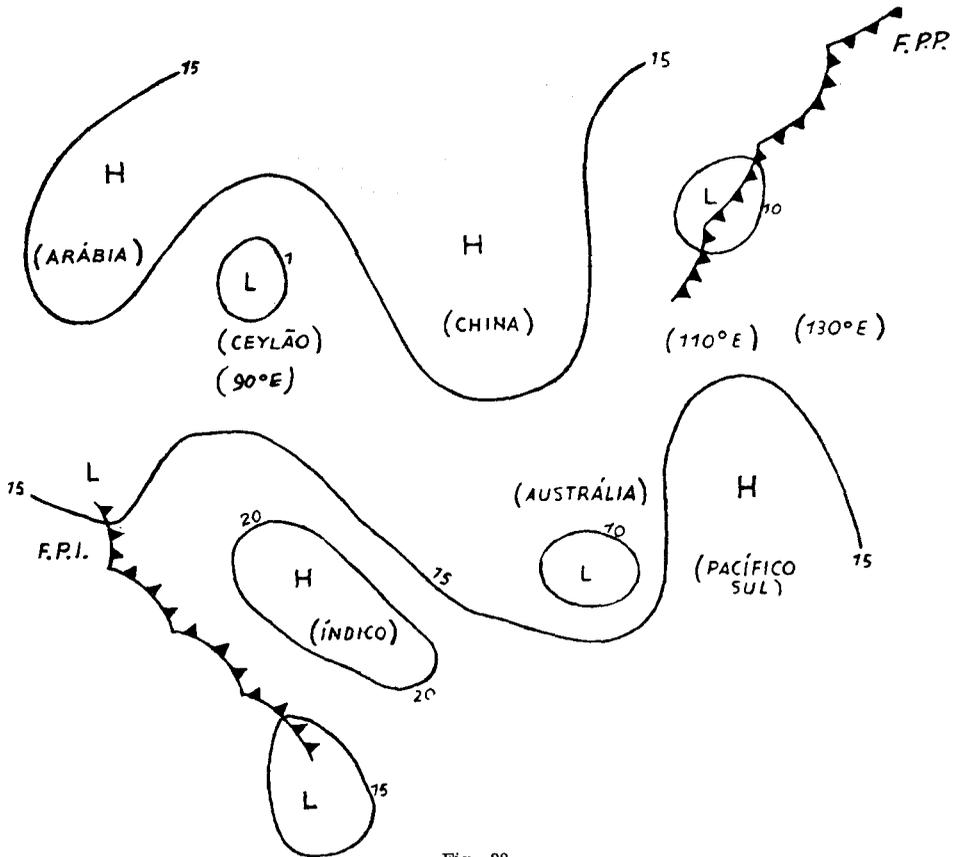


Fig. 22

outro lado, as altas móveis do Índico, que no inverno cruzavam o continente livremente, por falta de uma cadeia de montanhas norte-sul, agora no verão se deslocaram para mais altas latitudes, em média  $37^{\circ}$  S. Aí progredem com uma velocidade de 23 milhas/hora, mais forte que no inverno, por ser, como sabemos, *mais intensa a circulação de verão* do hemisfério sul.

Tal como foi dito para as altas, as depressões da FPI evoluem agora muito ao sul, enquanto a FP da Austrália, que estavam um pouco a oeste da região no inverno, se transforma, no verão, em frente de alísios, ao longo do *trough* da baixa térmica continental, daí se orientando para SE.

Seus ciclones evoluem nesta mesma direção, muitos cruzando depois a Nova Zelândia.

Furacões tropicais também ocorrem nesta época, provindos sobretudo de norte.

Como já fôra dito no capítulo sôbre as médias, há no Pacífico Norte em geral duas altas: a oriental, entre o Havá e a Califórnia, e

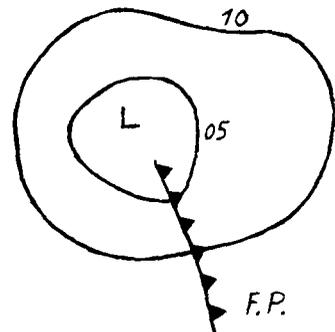


Fig. 23

a ocidental, ao largo das Filipinas. Entre ambas fica situado o *trough* ou baixa das Aleutas, em tórno ao meridiano 180°, o qual se prolonga até o equador e o hemisfério sul.

Aí se origina então a grande FPP (sul) sediada entre as altas do Chile e da Nova Zelândia, e cuja "simetria média" não pode ser observada com as altas correspondentes do Pacífico Norte, devido à junção dos continentes (América do Norte e Ásia) para o Estreito de Bhering.

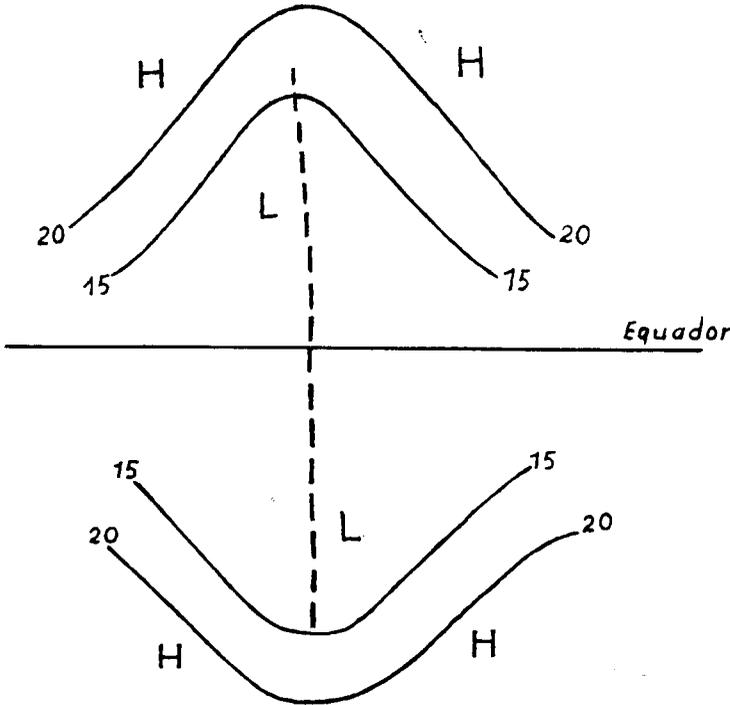


Fig. 24

Por isto mesmo, muito embora a correspondência nas *variações* de pressão, a simetria nas cartas diárias é mais rara, a alta no Pacífico Norte podendo corresponder FM ou *troughs* no Pacífico Sul.

As variações são porém semelhantes, na longitude em que caiu (ou subiu) a pressão no Pacífico Norte, o mesmo se verificando no Pacífico Sul.

Como regra de previsão, o extremo da dorsal equatorial prognostica uma baixa para o dia imediato, na mesma longitude (no hemisfério norte). Podemos verificar as seguintes regras de correspondência:

a) Havendo três FM no Pacífico Sul, e que separam altas situadas sobre a Austrália Oriental (estando pois a FP australiana muito a sul), a 160° W, e a 130° W, e existindo um *trough* na Nova Zelândia, a 170° E, tal situação corresponderá a *duas* altas no Pacífico Norte, a *FPP de oeste* evoluindo com suas depressões no Japão e Aleutas, portanto em latitudes elevadas.

b) O caso anterior evolui depois para uma grande alta zonal no Pacífico Sul, ainda cortada por três FM, uma das quais sobre a Aus-

trália, e provinda do Índico. Entre a Austrália e a Nova Zelândia situa-se uma alta simétrica do anticiclone da Sibéria que agora avança sobre o Japão.

No Pacífico Norte, todo o conjunto se deslocou para leste, inclusive as altas, enquanto a FPP avança mais para o equador.

c) A situação pode evoluir então para um grande *trough* na Nova Zelândia, com extensa alta a leste, desde  $170^{\circ}$  W até  $110^{\circ}$  W. Então também a alta do Pacífico Norte aumenta de dimensões, alongando-se de  $180^{\circ}$  até  $110^{\circ}$  W, no litoral dos Estados Unidos. Quando esta última alta avança para o equador, todos os sistemas do hemisfério sul recuam para mais altas latitudes.

d) À proporção que a FPP setentrional vai atingindo sua posição extrema sul, próximo ao equador, a situação evolui no Pacífico Norte para uma grande baixa central a  $180^{\circ}$ , e que separa duas altas. A de oeste, no Japão, é simétrica de um anticiclone entre a Austrália e Nova Zelândia até  $130^{\circ}$  W. Há depois mais duas altas: uma da Nova Zelândia até  $130^{\circ}$  W, outra daí até o litoral do Chile.

e) A situação anterior pode-se agravar com a formação de um sistema de FM no Pacífico Norte a  $160^{\circ}$  E, entre duas altas: uma que se alonga da Sibéria até aquela FM, outra daí para os Estados Unidos.

A FPP está neste caso muito para sul, traduzindo-se a simetria por extensas baixas na Oceânia e Austrália, desde  $110^{\circ}$  E até  $180^{\circ}$ .

f) Por fim, aquela baixa do Pacífico Norte se reforça, ainda separando as mesmas duas altas. Mas a de oeste é mais intensa, e simétrica do grande anticiclone do Índico, que acaba por cobrir a Austrália.

A alta do Chile se estende então nítida e zonal, com uma FPP também zonal, em latitudes elevadas. Dêsse modo, o período de FG na baixa do Chaco, na América do Sul, e que decorre entradas frontais, corresponde àquela situação de FM a  $180^{\circ}$ , no Pacífico Norte.

g) Depois que a referida FM se dissolve, através da formação de grandes baixas isoladas no Pacífico Norte, surgem por simetria várias FM no Pacífico Sul, o que já irá permitir a passagem de novas frentes através do Chile, até o Brasil meridional.

### *Chuvas do Nordeste*

Quando, após dois ou três dias de intensificação no Rio da Prata, a EPA inicia o seu movimento para o trópico, varrendo o sul do Brasil, observa-se o seguinte:

1.º) Sendo a orientação da frente NW-SE, mas com movimento para NE, o litoral sueste se comporta de forma diversa do interior.

a) Naquele, enquanto a descontinuidade caminha entre o Rio da Prata e o trópico, a pressão declina antes da frente, notando-se giro dos ventos para N a NW e aquecimento. O barômetro sobe porém, após a passagem frontal, que é geralmente acompanhada por chuvas, de-

clínio da temperatura e ventos de SE-S, provenientes do anticiclone polar que segue a descontinuidade.

b) Enquanto isso, na faixa latitudinal 15° S-25° S, o declínio da pressão significa um retraimento do centro de ação para norte. A temperatura diminui, cessam as precipitações litorâneas, e o alísio gira para N a NW.

c) Na zona equatorial, porém, simultâneamente com aquêl movimento frontal para o trópico, observa-se um aumento da pressão, que se traduz no interior pelo refôrço das pequenas altas, fontes de massa Ec, nas quais a convergência provoca maiores chuvas (clima A, de KÖPPEN).

d) No litoral, porém, aquela subida da pressão corresponde a um avanço para NW da dorsal do centro de ação. Esta logo cobre o Nordeste do Brasil, onde dominam os alísios de ESE, e do qual as chuvas se retiram, ficando sêco todo o interior (no litoral de leste prosseguem as precipitações). De modo geral, há simetria entre a baixa prefrontal da FPA, para o equador, na América do Sul, e um grande ciclone da FPA setentrional, no Atlântico Norte.

Já a alta dos Açôres é simétrica do centro do Atlântico Sul, enquanto o setor ocidental daquela alta, ou um anticiclone de massa Pc (em transformação para Pm nos Estados Unidos e no ocean), conservam simetria com as altas de massa Ec no Brasil, ou com a alta polar que provém da Argentina.

Note-se que as isóbaras dos Açôres ondulam em função das perturbações da nova FPA que se encontra a norte; onde esta forma um ciclone (por ex., na Terra Nova) a isóbara de 1 015 avançará para sul, agravando as chuvas no meridiano correspondente da América do Sul. Onde, porém, passa uma dorsal da FPA (por ex., na junção KF-WF de ciclones sucessivos) a isóbara de 1 015 recua e a pressão cai, trazendo sêca à mesma longitude, no Brasil. Veremos adiante como isto faz recuar a isóbara de alta no equador, a FIT voltando para norte, o que traz sêca ao Nordeste.

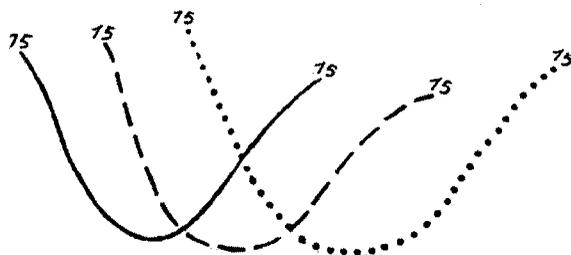


Fig. 25

Esta ocorrerá igualmente se a baixa da Islândia enfraquecer ou recuar para o pólo, o que acarreta idêntico recuo para norte, da isóbara 1 015; de igual modo, se a FPA sofrer FL, o gradiente reduz, as isóbaras se afastam e a pressão vem a crescer na América do Sul, pela entrada do centro de ação.

De modo geral, nota-se o seguinte:

e) Enquanto os ciclones da FPA estão a norte da dorsal a pressão se mantém alta, chovendo nas Guianas e Pará. A FPA caminha a seguir para SE com uma orientação N-S, e a pressão cai no Pará, onde chove.

f) Depois, com a passagem daquela FM para E, é a dorsal de Pc-Pm da alta de oeste que passa, trazendo sêca ao Pará. Isto porque a FIT já avançou para E, atingindo o Ceará e Piauí.

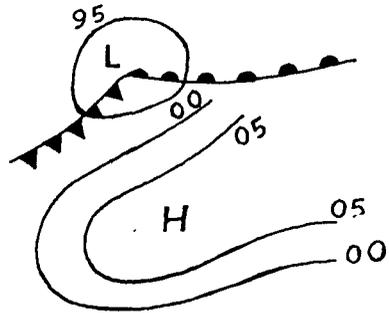


Fig. 26

Logo que a frente fria alcança o trópico na América do Sul, o progresso de W para E do IT que lhe está associado, bem como a ação de convergência, trazem de volta ao vale do São Francisco (onde chove no mínimo de pressão) e ao Nordeste as chuvas interiores de massa Ec. Isto porque a pressão logo declina no Nordeste, com o recuo do centro de ação para o Atlântico. Tal fase permanece enquanto a frente fôr progredindo ao longo do litoral, até a Bahia, e a pressão se manter elevada no interior.

Vejamos em minúcia a simetria com o hemisfério norte. O caso de avanço das chuvas de Ec para o Ceará corresponde a um maior progresso para leste do anticiclone polar de massa Pc, o qual segue o já referido avanço da FPA (norte) para o trópico, no Atlântico Setentrional.

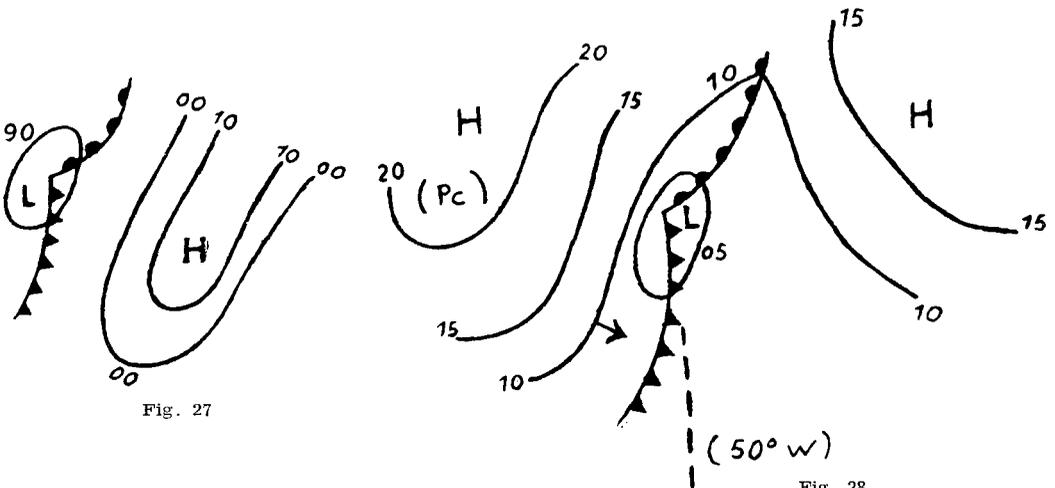


Fig. 27

Fig. 28

Aquela alta vai progredindo para SE, sua isóbara 1 015 caminhando assim até a Venezuela. A pressão cresce por simetria no vale do Amazonas, o que traduz convergência, avançando as chuvas para leste, até o Ceará. Acabam cessando, porém, no Pará, uma vez que a FIT já avançou muito para sul.

No seu progresso para SE, aquela FM no Atlântico Norte conserva simetria com a PFA que avança para NE, no Brasil. Ambas sofrem FL simultaneamente, de modo geral, à proporção que avançam para o equador.

O duplo avanço das frentes acarreta queda de pressão na zona equatorial, caindo o barômetro no Nordeste do Brasil, enquanto as isóbaras da alta dos Açores recuam para norte.

Enquanto fôr ativa, porém, tal FM formará ciclones que, embora causem queda de pressão no meridiano do *trough*, impelem para SE as isóbaras, tanto da dorsal dos Açores quanto do anticiclone frio de massa Pc. A pressão cresce assim no Brasil equatorial, o que confirma, simetricamente, a agravação das chuvas continentais, pela subida dos barômetros.

Geralmente, porém, nova FPA volta a se formar no Rio da Prata, e a baixa do Chaco se reforça, mediante um dos processos seguintes:

1.º) Com a nova intensificação desta baixa do Chaco, e sob a intensa radiação do verão, o ramo ocidental da descontinuidade anterior, agora na Bahia, evolui para frente quente e se dissolve. Então as chuvas de massa Ec recuam para W, e a pressão vai declinando no interior, enquanto a frente antiga ainda progride no litoral, até Pernambuco.

Por vêzes, ela dá origem a uma "onda de leste" que depois caminha para W, até o Pará, produzindo chuvas no seu trajeto. Este quadro é mais comum no outono.

O Nordeste sofre então seca, dado que as chuvas ficam confinadas a oeste de 50 W. Por simetria, sofre FL a FM no Atlântico Norte, e as duas altas (de Pc e Tm) se fundem, recuando as isóbaras dos Açores para o pólo. A pressão declina assim na zona equatorial da América do Sul, o que traduz aliás nova formação de baixa no Chaco, ao oeste, simétrica por sua vez de outra depressão a 70-80° W, formada em uma nova FPA (norte).

Quando ocorrem os avanços da FPA para o trópico, no Atlântico Norte, várias hipóteses podem se realizar:

I) Se a descontinuidade chega muito intensa, com forte gradiente bórico, as isóbaras equatoriais são atraídas para norte, e a pressão cai na América do Sul, onde as chuvas se reduzem.

II) Quando a FPA dissolve na Irlanda e Inglaterra, a alta dos Açores tende a voltar à sua posição normal mais a norte, e a FIT recua, deixando seco o Nordeste. Assim, pressões mais altas na Inglaterra são indício de pouca chuva no Nordeste.

Neste caso a pressão declina na África do Norte, agora sob o domínio ciclônico da FMe.

2.º) Sendo a nova FPA no Chaco de formação muito lenta, ocorre a princípio uma penetração geral do centro de ação, sobretudo em fases de *high-index*. A pressão vai crescendo, tanto no litoral como no interior, recuando as chuvas continentais até o Pará e Amazonas.

Sendo, porém, rápida a renovação da FPA na Argentina, o centro de ação é atraído para as altas latitudes. A pressão cresce assim ao sul de 20°, mas cai de 5 a 20°, o que permite o avanço através do Nordeste, e de N para S, da frente intertropical. Esta vai assim trazendo as chuvas de *doldrum* ao interior nordestino. A pressão primeiro declina a um mínimo na passagem da FIT, com o recuo do centro do Atlântico. Aumenta, porém, logo em seguida, com a chegada da dorsal dos Açores que segue aquela descontinuidade. As chuvas entram então de N e W, agravando-se nas serras do sul; enquanto isso, Pará e Amazonas, evacuados pela FIT, ficam secos. É aí também que ocorrem mais chuvas no litoral leste.

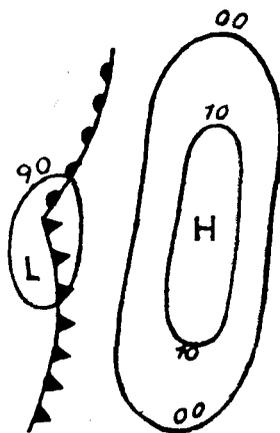


Fig. 29

Simetricamente, no Atlântico Norte, a FM vai-se dissolvendo, e a dorsal dos Açores pode avançar para sul, impelindo a FIT, o que traz chuvas ao Nordeste.

Não é preciso que passem sobre o meridiano do Ceará a FM ou a alta de Pc, pois a chuva *doldrum*, no Nordeste, é trazida pela FIT; e esta é sempre impelida pelo avanço para sul da dorsal dos Açores, *pre-frontal* à FPA.

O que sobretudo favorece este avanço da dorsal dos Açores para sul (logo as chuvas de *doldrum*, no Nordeste) é a formação, na ponta norte daquela alta, de um ciclone da FPA. Dêsse modo, em janeiro, as chuvas nordestinas correspondem, em geral, a pressões baixas sobre a Inglaterra e Mar do Norte. Já de fevereiro em diante a FM é mais rara, mas os ciclones da FPA têm a mesma atuação, impelindo a FIT até o Nordeste.

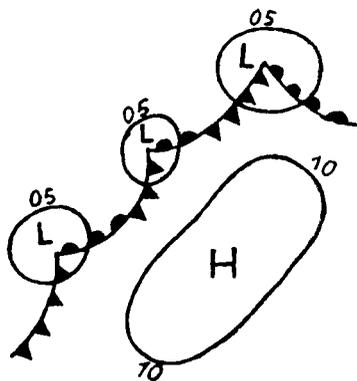


Fig. 30

Do caso a) se conclui pelo avanço da alta dos Açores sobre o Nordeste, com a formação de ciclone na Inglaterra; isto desde que haja uma FM a oeste, para conter aquela alta. É um caso, portanto, de rigor do inverno, em janeiro. À proporção que avança a estação, tais FM vão-se tornando raras, com domínio acentuado de extenso centro dos Açores.

Dêsse modo, uma previsão a longo prazo das chuvas nordestinas para janeiro, exigiria simultaneamente: pressão baixa e frio na Inglaterra, pressão baixa no *trough* (45-50° W), e pressão alta na África Ocidental.

3.º) Vejamos agora o que ocorre com avanços da FPA (sul) pelo oceano, conservando uma orientação geral SW-NE (maior progresso

no mar e menor no interior). Tal situação é análoga à de 2.<sup>a</sup> e faz também recuar para W as chuvas de Ec, ficando o Nordeste sêco.

A FIT igualmente recua para o Maranhão, assumindo uma direção paralela à da FPA, o que deixa Pará e Amazonas sob uma dorsal com bom tempo. Tal situação se traduz sempre no Atlântico Norte por uma grande baixa não frontal, sediada entre o equador e o trópico de Câncer, em torno do meridiano 40°, e que deixa sêco o Nordeste.

É necessário distinguir bem os dois casos: se apenas uma ponta da isóbara 1015 desce para o equador ela aí impele a FIT para sul e que traz chuvas ao Nordeste.

Se, porém, toda a isóbara 1015 avançar para sul, junto com o centro dos Açores, a FIT se manterá mais ao norte (como em julho), havendo sêca no Nordeste, onde por simetria penetra o centro do Atlântico Sul. O mesmo ocorre quando a FPA

no Atlântico Norte, já com uma orientação N-S de FM, sofre ciclogênese. Isto faz recuar para norte as isóbaras da dorsal dos Açores situada antes da FM, e a FIT também recua para N, deixando sêco o Nordeste. Por simetria, forte ciclone se forma na FP situada na América do Sul.

4.<sup>o</sup>) Nos casos, bem mais raros no verão, de avanço da "friagem", com forte anticiclone polar pelo interior, a queda de pressão no Nordeste acarreta sêca. Pois a frente é intensa, produzindo acentuado declínio barométrico prefrontal. Como já vimos, só fracas, ou em dissolução, acarretam os aumentos prefrontal da pressão que permitem a queda de chuvas.

A grande alta da friagem em Mato Grosso é então simétrica da dorsal dos Açores, e de uma alta polar formada na junção WF-KF da FPA, esta agora *sempre situada em altas latitudes*, no Atlântico Norte.

As fases de sêca generalizada no Nordeste correspondem a centro dos Açores extenso, com FPA zonal, em torno de 40°-50°. A FIT ocupa neste caso sua posição de julho, e o Nordeste fica sêco, crescendo aliás a pressão no Saara e África do Norte.

Veremos que este quadro, raro em janeiro e fevereiro, vai-se acentuando em março e abril, embora chova ainda no Nordeste.

Por outro lado, são freqüentes nos anos muito sêcos as grandes depressões na FPA (norte), e que praticamente eliminam o centro dos Açores, ocupado por extensa zona de pântano barométrico. Não há,

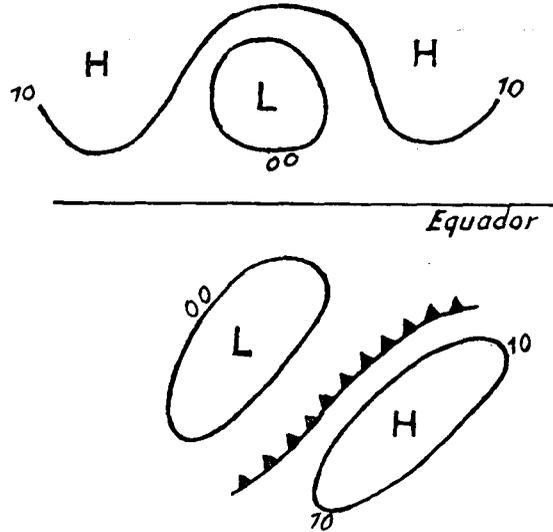


Fig. 31

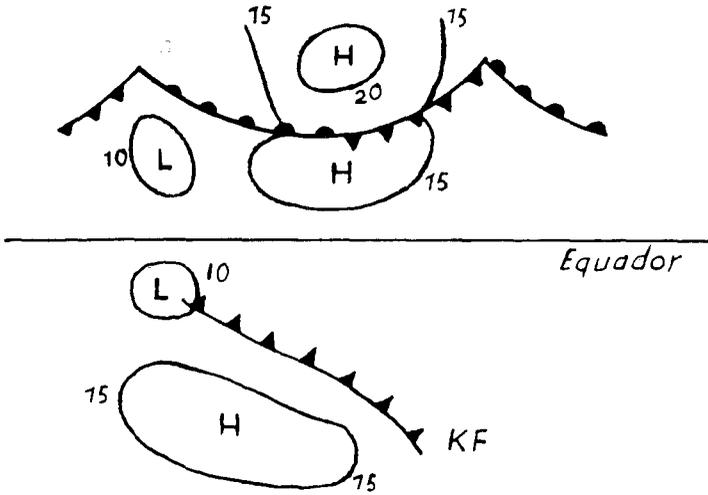


Fig. 32

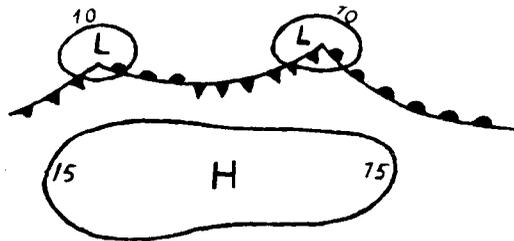


Fig. 33

como vimos, passagens de FM. Tal caso ainda produz maior seca que o de centro dos Açores forte e intenso.

Em contraste, os anos úmidos apresentam maior número de FM, que avançam até baixas latitudes. O centro dos Açores pode ter maior pressão e grande número de isóbaras, que logram atingir o equador, impelindo a FIT sobre o Nordeste.

Nos anos secos, mesmo em janeiro os avanços da FPA (norte), de tipo FM, são francos e permanecem limitados ao trópico ( $20^{\circ}$  N), não atingindo até  $10^{\circ}$  N como nos anos de grandes chuvas nordestinas.

Outrossim, tais FM não costumam destacar duas altas (a polar, a oeste e a tropical, a leste). Antes elas mergulham em grande e extensa alta única dos Açores, o que mantém a FIT ao norte do equador, com o Nordeste seco.

Por isto mesmo, a função da FM se limita, nos anos secos, a deslocar até o Nordeste Brasileiro as precipitações de Ec, mas raramente provoca as chuvas seguintes, do *doldrum*. Tais chuvas da FIT podem ocorrer nos anos secos, mas sempre fracas.

Como nas épocas úmidas, elas são provocadas pelo deslocamento para sul de uma dorsal dos Açores, limitada geralmente a poucos graus de latitude, sob ação de uma FM fraca. Não se nota destaque, apenas deslocamento para SE da alta dos Açores, impelindo a FIT até o equa-

dor. Por vêzes, a FM assume o seu caráter nítido; em outras, a FIT é somente impelida por um ciclone da FPA, situado ao norte.

Nos anos sêcos, dada a colocação muito *setentrional* da FPA (hemisfério norte), os raros avanços de friagem no Brasil são simétricos de uma intensa alta dos Açôres.

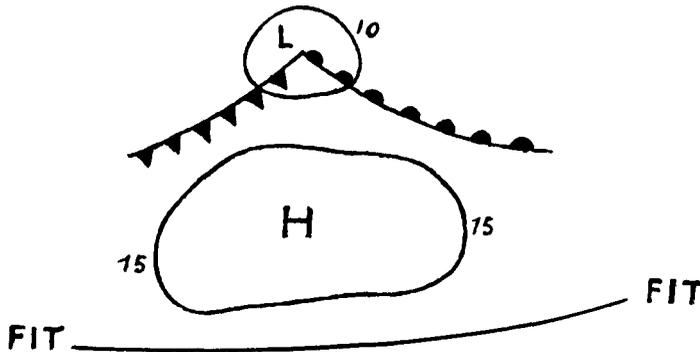


Fig. 34

Um estudo da sêca de 1915 mostrou que a princípio (janeiro), o centro dos Açôres era forte e nítido, mas as FM passavam muito ao norte, em grandes ciclones. Em fevereiro, elas principiaram a estacionar

na longitude das Bermudas, o que permitiu breves avanços da dorsal dos Açôres, dando chuvas no litoral nordestino.

Já em março, o centro de alta praticamente desapareceu, dado o enorme domínio das depressões. Como na sêca de 1958, o vórtex polar deve ter descido a baixas latitudes, na superfície de 700 mb.

Tais depressões no Atlântico comprimem a alta dos Açôres sobre a Inglaterra e África, a sêca sendo pois total no Nordeste, e igualmente grave no Pará. Por outro lado, aquelas depressões no Atlântico Norte apresentam simetria com uma grande baixa no Chaco, e a FP (sul) fica estacionada na Argeitna, sem avançar até o Brasil.

Convém acentuar serem inteiramente desprovidas de frentes, no Atlântico Norte, as depressões que o percorrem. Quando, porém, acompanhadas de uma FM, elas correspondem a frentes retidas nas latitudes de 20 a 25° S, sobre a América do Sul.

As grandes chuvas (1917-24-12) confirmaram intensas passagens de FM no Atlântico Norte, sempre impelindo a dorsal dos Açôres. Confirmaram ainda que a FM é simétrica de uma KF que avança até o Rio. Já a FPA (norte), retida em altas latitudes, é simétrica de uma FPA estacionária na Argentina.

Em 1924, as FM foram tão intensas que acarretaram um *trough* médio no meridiano 50° W sobre o Atlântico Norte, bem visível nas médias do "Record".

#### A sêca de 1958

Segundo os mapas publicados pela *M. W. Review*, esta sêca foi causada por uma grande expansão, a baixas latitudes, do vórtex polar, é 700mb, o jato primário, que se encontrava em dezembro de 1957 a 45° N veio até 30° N em fevereiro de 1958, permanecendo nesta latitude durante março e abril, para só em maio voltar a 45° N. Avançou portanto em média 10° de latitude mais ao sul que o normal (40° N em

fevereiro). A média de velocidade dos ventos W a 700 mb era de 16 m.p.s. a 32° N (vórtex polar expandido tem ventos mais fortes). Enquanto isto, o índice de circulação (obtido pela diferença: pressão a 35° N — pressão a 55° N) caía para 4 m.p.s. em fevereiro.

Tudo isto correspondeu, no nível do mar, a fracas alísios de E-NE, altas dos Açores e Havaí muito fracas, e intenso domínio de grandes depressões sem frentes no Atlântico Norte (o pior sinal de seca nordestina, como já vimos). É pois uma situação de *low-index*: altas tropicais quase inexistentes e, a suas expensas, altas polares intensas, com fortes ventos de E entre 55° e 90° N.

Houve pois dois *blockings*, com alta fria na Groenlândia e no Ártico, cercando um *trough* intenso, a 700 mb, sobre o leste do Canadá e Estados Unidos. Em resultado, o *jet-stream* a 200 mb desceu até o paralelo 25° N.

Resumindo: surgiram poucas frentes (5 num mês) no leste dos Estados Unidos, bastante frio, e muitas frentes (até 25 num mês) no noroeste dos Estados Unidos e Canadá, mais quente. Por simetria, a maior atividade frontal deve ter se limitado à longitude de J. FERNANDEZ, no Pacífico Sul. A baixa da Islândia se deslocou assim até a Terra Nova.

— :: —

#### SUMMARY

##### THE PRINCIPLE OF SYMMETRY

The author begins by describing the general circulation from July through August in both hemispheres. He shows that it is possible to deduce therefrom a "Law of Symmetry", subsequently confirmed by a careful examination of the daily pressure fields.

He then describes the evolution of cyclones and fronts, starting with South America where the advances of the polar anticyclone are studied in detail.

From there he proceeds to a study of the disturbances over the South Atlantic, Africa, the Indian Ocean and the Pacific, tracing in each case the symmetry and synchronism observable between isobaric variations in the southern hemisphere and those occurring along the same longitude in the northern hemisphere.

In the second part the disturbance in the month of January are analysed, following the same trajectory from west to east with a greater profusion of detail over the South Atlantic. The isobaric evolutions are then examined in the order Atlantic, Europe, Africa, Asia, Indian and finally Pacific Ocean, evidence being revealed in each case of the "Law of Symmetry".

The study ends with a detailed examination of the circulation over the North Atlantic and its repercussion on rainfall in the Brazilian Northeast; the great drought of 1958 and others preceding it are discussed, and an account is given of all the major floods recorded in this zone since the beginning of the century.

#### RESUMÉ

##### LE PRINCIPE DE SYMÉTRIE

L'auteur commence par décrire la circulation générale de juillet à août dans les deux hémisphères. Il montre qu'il est possible d'en déduire une "Loi de symétrie"; ce qui fut confirmé par la suite dans un examen minutieux des zones de pression diurnes.

Il décrit alors l'évolution des cyclones et des fronts qui commencent par l'Amérique du Sud où les avances de l'anticyclone polaire sont étudiées en détail.

La description continue par l'étude des perturbations dans l'Atlantique Sud, Afrique, Océan Indien et Pacifique, démontrant toutes, la symétrie et le synchronisme entre les variations isobariques observées dans l'hémisphère sud et celles qui se rencontrent sur la même longitude dans l'hémisphère nord.

Dans une seconde partie les perturbations du mois de janvier sont observées, suivant la même trajectoire de l'ouest vers l'est et avec plus de détails sur l'Amérique du Sud: On observe que les évolutions isobariques se présentent en Atlantique, Europe, Asie, Océan Indien et pour finir en Pacifique, démontrant toujours une "Loi de Symétrie".

L'étude se termine par un examen détaillé de la circulation sur l'Atlantique nord et de sa répercussion sur les pluies du nord-est brésilien; la grande sécheresse de 1958 et d'autres antérieures sont également étudiées ainsi que les inondations qui ont eu lieu depuis le début du siècle.