

severo decorrente^{5/}.

Os dois índices, Showalter e K, foram calculados, a partir de dados de radiossondagens do Galeão (SBGL) e Brasília (SBBR) e plotados juntamente com a curva de precipitação de Viçosa, para os meses de janeiro e julho, dos anos de 1974, 1975 e 1976 (Figuras 16 e 17). Os dados de precipitação em Viçosa, tomados como base, estão no Quadro 9A.

A sistemática de interpretação de análises conjuntas do Galeão e Brasília, para o mesmo mês, será adotada com objetivo de associá-las, sempre que possível, às condições de escala sinótica, tentando obter relações com a precipitação ocorrida em Viçosa.

As Figuras 16a e 16b mostram os índices K (em linha superior contínua) e IS (linha média tracejada) plotados, a partir das radiossondagens do Galeão e Brasília, respectivamente, para o mês de janeiro de 1974. Segundo os critérios estabelecidos, o índice K passa a ser um indicador de possibilidade de instabilidade de massa, a partir do valor numérico 20, enquanto para o IS com valor igual ou inferior a três. O fator K apresentou em 26 dias, valores sugestivos de instabilidade para o Galeão (83,8% dos dias do mês), enquanto Brasília mostrou essa condição em 30 dos 31 dias (96,7%) em janeiro de 1974, conforme mostram os Quadros 10A e 11A. O IS, por seu turno, apresentou-se para o mesmo mês, com 75% dos registros com valores menores ou iguais a três para o Galeão, e 100% dos mesmos para Brasília. As curvas de IS, para Galeão e Brasília, mostraram-se onduladas com tendências inversas às curvas de K, isto é, um aumento de K corresponde

5/ VIOLA, P.E. - TASA - Comunicação Pessoal.

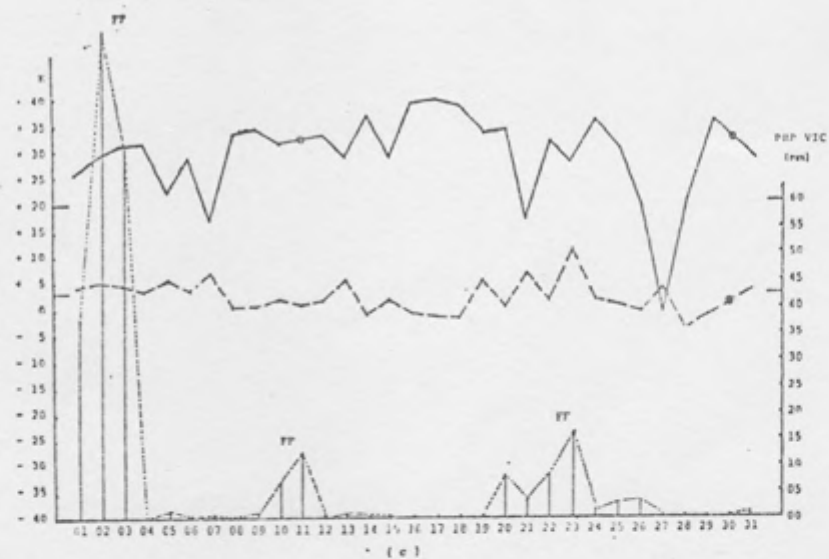
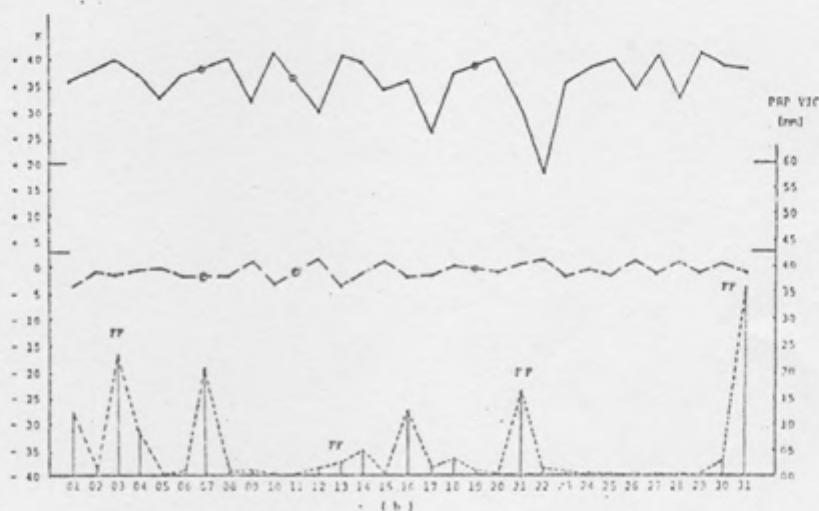
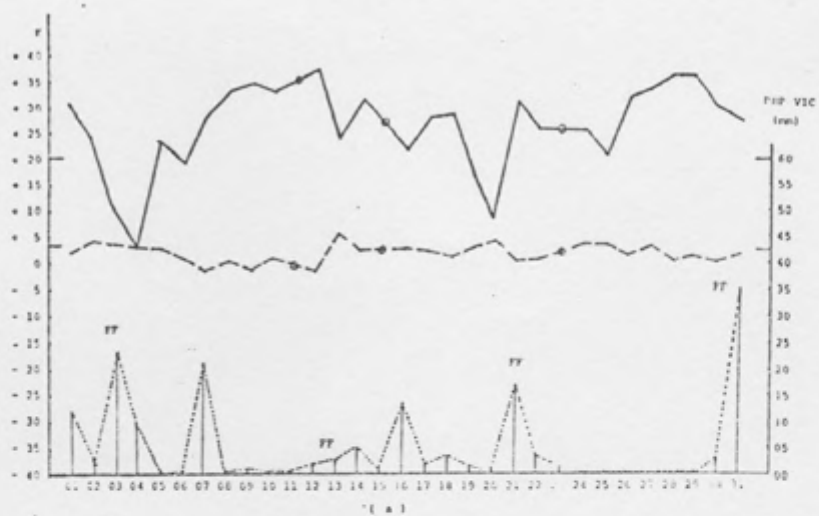


FIGURA 16 - Variação Temporal do Índice de Estabilidade de Showalter (Linha Traçada) e do Fator K (Linha Contínua) para as Estações do Galeão (GL) e Brasília (BR), para Janeiro dos Anos de 1974, 1975 e 1976. a) GL - 74; b) BR - 74; c) GL - 75; d) BR - 75; e) GL - 76 e f) BR - 76. FF indica Precipitação em Viçosa (PRP VIC) Devido à Frente Fria.

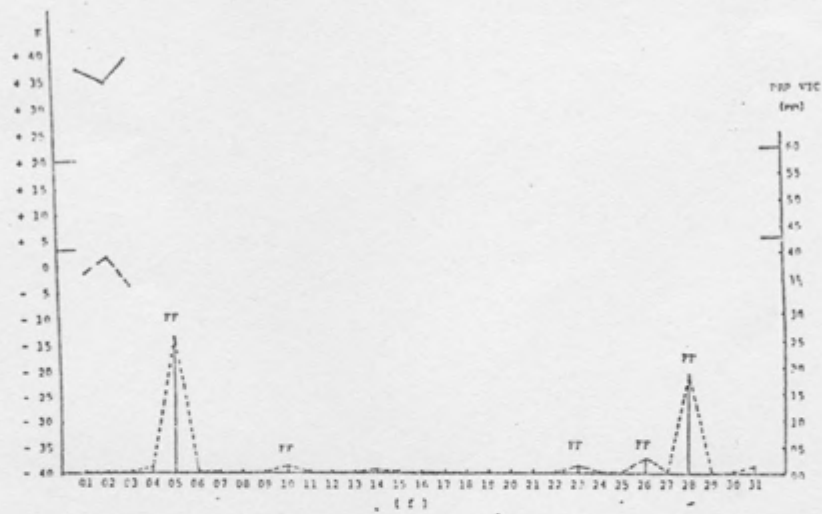
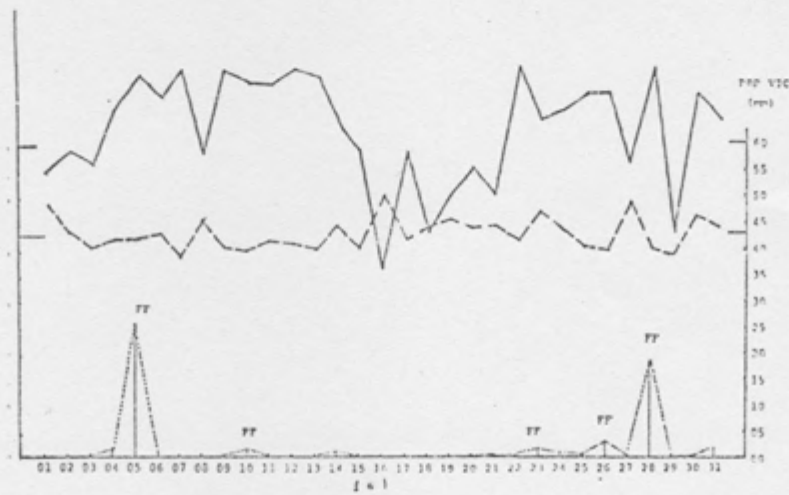
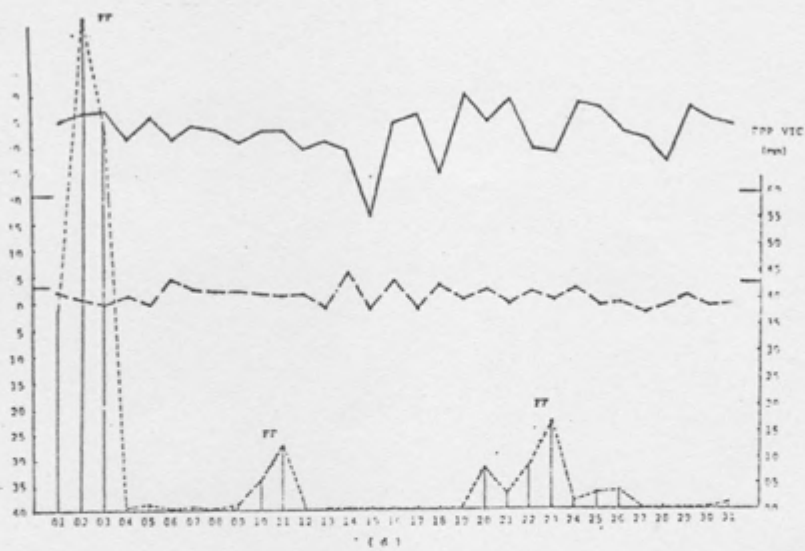


FIGURA 16 -- Cont.

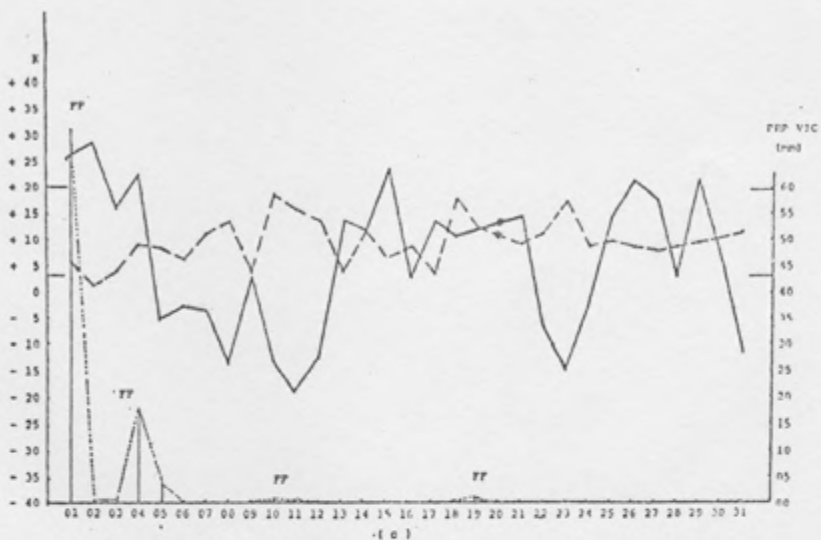
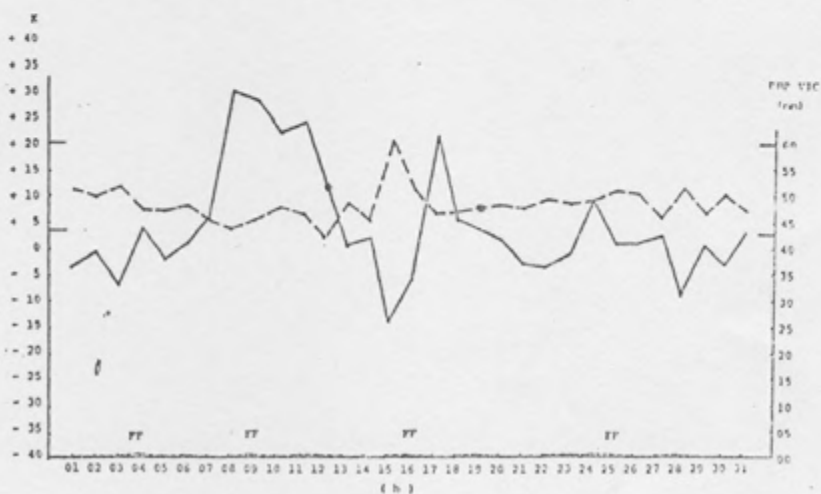
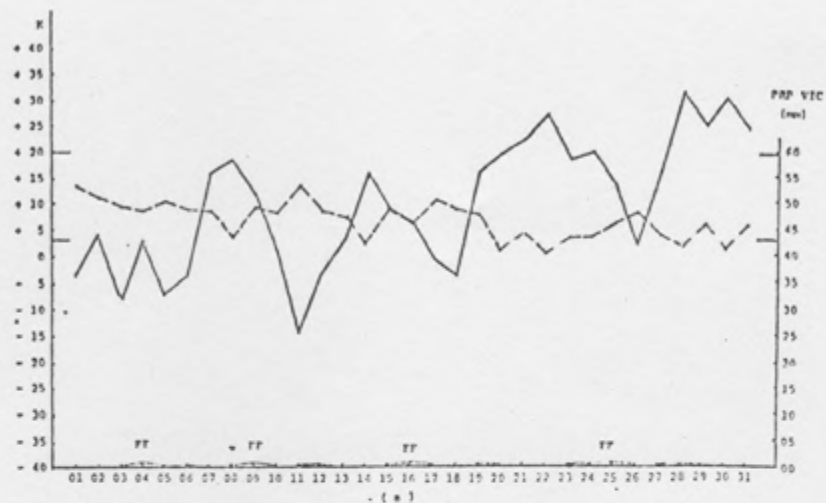


FIGURA 17 - Variação Temporal do Índice de Estabilidade de Showalter (Linha Tracejada) e do Fator K (Linha Contínua) para as Estações do Galeão (GL) e Brasília (BR), para Julho dos Anos de 1974, 1975 e 1976. a) GL-74; b) BR - 74; c) GL - 75; d) BR-75; e) GL 76 e f) BR - 76. FF Índice Precipitação em Viçosa (PRP VIC) Devido à Frente Fria.

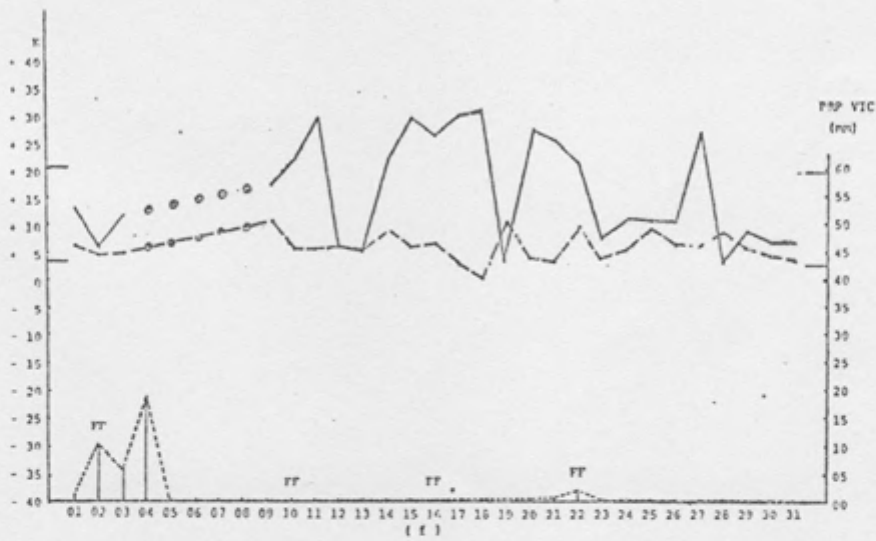
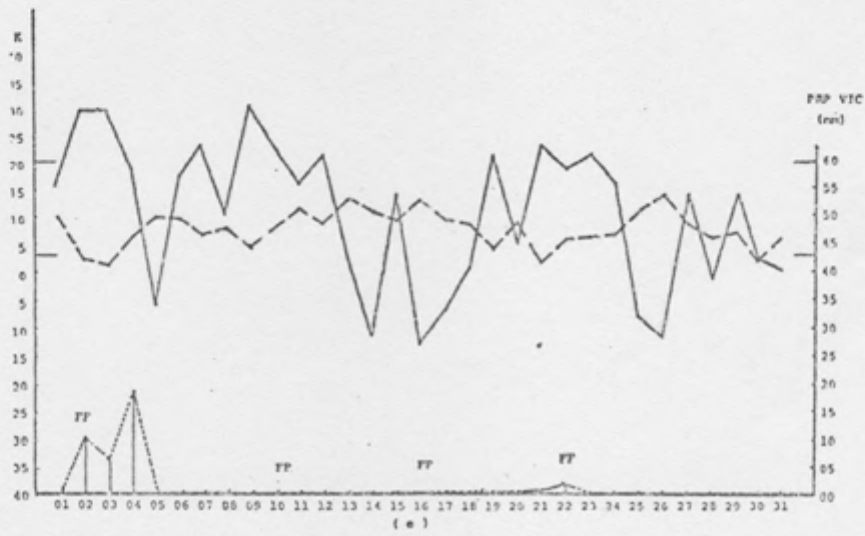
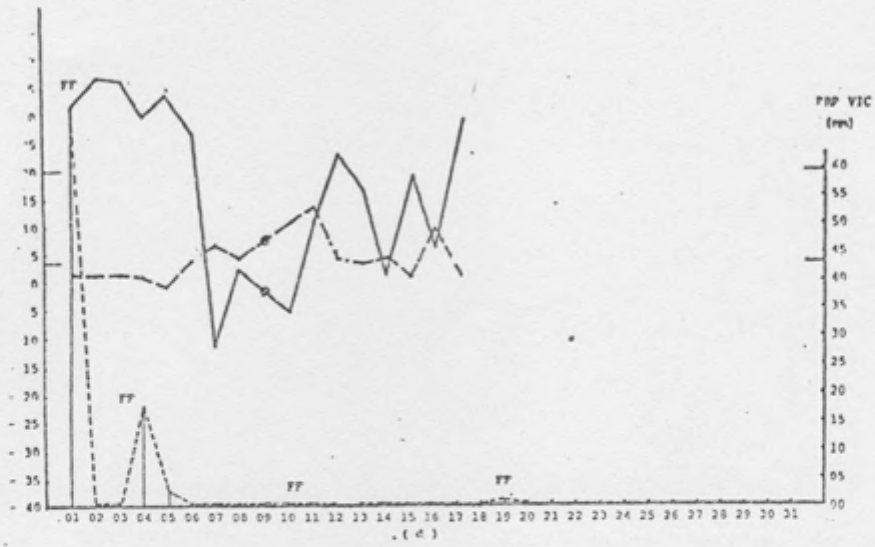


FIGURA 17 - Cont.

para o mesmo dia, a uma diminuição de IS.

A análise qualitativa do Galeão e Brasília, mostrada no Quadro 6, indicava que a condição de estabilidade, para os meses de janeiro e julho, sugeria uma influência de continentalidade. Essa hipótese tem apoio quando se verifica nas Figuras 16a e 16b, que associada a uma precipitação do tipo frontal (frente fria - FF) em Viçosa, ocorreu uma elevação acentuada do Índice de K no Galeão (SBGL), culminando com o seu valor máximo no próprio dia de ocorrência de precipitação em Viçosa ou com um ou dois dias de antecedência. Após a passagem da frente, com a entrada do ar polar, a curva do Índice K sofreu uma queda também acentuada; em superfície a precipitação cessa. O IS não é tão claro como o Índice K, talvez pela faixa de variação de seu índice, para casos de instabilidade, ser menor. As curvas de K e IS de Brasília são mais suaves, só apresentando uma acentuada queda em K e um concomitante relativo aumento em IS quando da passagem de uma frente fria sobre Brasília, que se dá em condições de penetração continental da banda frontal; cabe lembrar que esse fato é mais comum no inverno, já que no verão as frentes, além de serem menos intensas, adquirem uma trajetória preferencial sobre o Oceano Atlântico, atuando próximo ao litoral, eventualmente atingindo regiões localizadas a alguns quilômetros para o interior do continente.

Para janeiro de 1975, as Figuras 16c e 16d mostram a variação temporal dos Índices K e IS, para Galeão e Brasília, respectivamente, sugerindo interpretação idêntica àquela para janeiro de 1974. Um detalhe merecedor de destaque é o elevado

índice de precipitação pluviométrica registrado em Viçosa nos dias 1, 2 e 3 do referido mês, associado a uma frente fria que permaneceu semi-estacionária por alguns dias sobre o Espírito Santo, penetrando sobre o continente para o interior, atingindo Viçosa, e daí, estendendo-se para Noroeste. Em 27 dos 31 dias do período, ou 87,1%, no Galeão, o índice K apresentou valores superiores a 20, enquanto para Brasília esse índice era 96,7% dos dias significativos para ocorrência de trovoadas. O IS apresentou-se superior a três durante cerca de 56% (90,3%) dos dias de observações no Galeão (Brasília), para o mês de janeiro de 1975.

O mês de janeiro de 1976 apresentou-se praticamente sem dados para a estação de Brasília. Isso ocorre muito na prática devido a pane nos equipamentos. As séries do Galeão para o índice K e o IS são coerentes com os argumentos, até então apresentados, de que a um pico de precipitação associa-se um pico no fator K e uma depressão no IS. Esses índices, tal como a própria atmosfera, não se mantêm constantes em 24 horas, sofrendo oscilações de grande período acompanhadas de oscilações de períodos inferiores, que constituem os "ruídos" (Figuras 16e e 16f). Com relação ao índice de estabilidade significativo para o Galeão em 90,3% (51,6%) dos dias K (IS) apresentou-se com valor igual ou superior (inferior) a 20 (3). No mês de julho, como não houve dados suficientes, essa análise não se efetivou.

Passando para os gráficos do mês de julho (Figura 17), pode-se constatar, numa primeira observação, que as curvas de K e IS apresentaram picos e depressões em maior número e

mais acentuadas do que para janeiro. A figura mostra, ainda, nas suas partes *a* e *b*, essas ondulações para o Galeão e para Brasília, respectivamente, no mês de julho de 1974. Note-se que esse mês é caracteristicamente seco ou muito pouco chuvoso em Viçosa, daí a dificuldade de se comparar a curva de precipitação com a variação temporal dos índices K e IS, de modo a se tentar determinar alguma relação entre eles. O fator K, para esse período, encontra-se em 19,3% dos dias com valor superior a 20, no Galeão, enquanto para Brasília, em 16,1%. O índice de Showalter apresenta-se para esse mesmo período em 16,1% dos dias com valor igual ou inferior a três para o Galeão; para Brasília, em apenas 3,2% dos dias do período. A estabilidade em julho é marcante tanto para o Galeão como para Brasília, podendo-se interpolar essa característica para Viçosa.

Para o mês de julho do ano de 1975 tem-se semelhante problema ao ocorrido com os dados de Brasília para janeiro de 1976, i.e., ausência dos mesmos, dessa feita, a partir do dia 18. A série do Galeão apresentou-se completa.

A atmosfera encontra-se mais estável em julho, tendo em vista o domínio do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, abrangendo as estações originárias das séries em estudo. Assim sendo, é de se esperar baixos valores de K e elevados valores de IS. Consultando os Quadros 12A e 13A, verifica-se que K (IS) apresentou-se em 19,3% (3,33%) dos dias de observações, para o Galeão, com valores iguais ou superiores (inferiores) a 20 (3). Para Brasília o índice K (Showalter) está presente em 43,7% (37,5%) dos 16 dias, com valores

indicativos de instabilidade. Contudo, devido ao baixo número de dias com informações, esses resultados tornam-se sem representatividade.

A Figura 17c mostra as séries temporais dos índices K e Showalter para o Galeão, e apresenta ainda a curva de precipitação para Viçosa. Estando o mês de julho contido no período seco do ano, o elevado índice de precipitação registrado no início do mês caracteriza uma situação anômala. Esse alto índice pluviométrico teve como origem a penetração de um sistema frontal bastante intenso, com sua trajetória continental associada à Atlântica.

O período de estabilidade do dia 2 ao dia 3, por exemplo, com decrescentes índices de K e ascendentes de IS na sondagem do Galeão, sugere o domínio do Anticiclone Polar Migratório que trouxera, na sua vanguarda, a frente fria que originou a intensa precipitação do dia 1. Após uma segunda penetração frontal no dia 4, houve uma precedente elevação do índice K, e uma posterior queda abrupta do mesmo, mantendo um elevado grau de estabilidade atmosférico por alguns dias, até a aproximação de uma nova frente.

A curva de Brasília, para julho, mostra maior número de oscilações que para o mês de janeiro, denotando uma tendência de estabilidade (depressões na curva de K) que não se manteve constante ao longo do tempo, devido a passagem de ondas perturbadas, atuando como uma força restauradora. Na Figura 17d o índice K que se manteve elevado do dia 1 ao 5, devido as perturbações da frente fria que atuara em Viçosa dias antes, decresceu bruscamente e se manteve baixo por mais quatro

dias, face a estabilização causada pelo ar polar advectado para a região. Para o mês de julho de 1976, o índice K (IS) do Galeão apresentou-se em 29,0% (16,1%) dos 31 dias de observação, indicando instabilidade com possibilidades de trovoadas. As radiossondagens efetuadas por Brasília resultaram na seguinte estatística: 35,5% (0%) dos 31 (25) dias de observações indicaram instabilidade pelo índice K (IS).

4.5. *Análise de Correlações de Séries Temporais*

A seguir são descritas as análises de correlação de séries temporais, buscando interpretá-las à luz da climatologia da dinâmica da circulação sobre o continente sulamericano. Para algumas delas a série de Viçosa (Quadro 9A) foi tomada como de referência.

4.5.1. *Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlações da Série "Componente u - Viçosa - 500 hPa" com a Série "Componente u - Grade - 500 hPa", para o Mês de Janeiro de 1974/1975/1976*

A Figura 18 mostra os campos resultantes da correlação linear entre a componente zonal (u) de Viçosa, interpolada, como já foi dito, a partir dos dados nos quatro pontos de grade vizinhos, e a componente zonal (u) em cada um dos 165 pontos de grade do campo de estudo, que é de 20°W a 90°W e 5°S a 48,1°S. O mês estudado nesse caso foi o de janeiro dos anos de 1974, 1975 e 1976, constituindo então uma série contínua de 93 informações estatisticamente significantes.

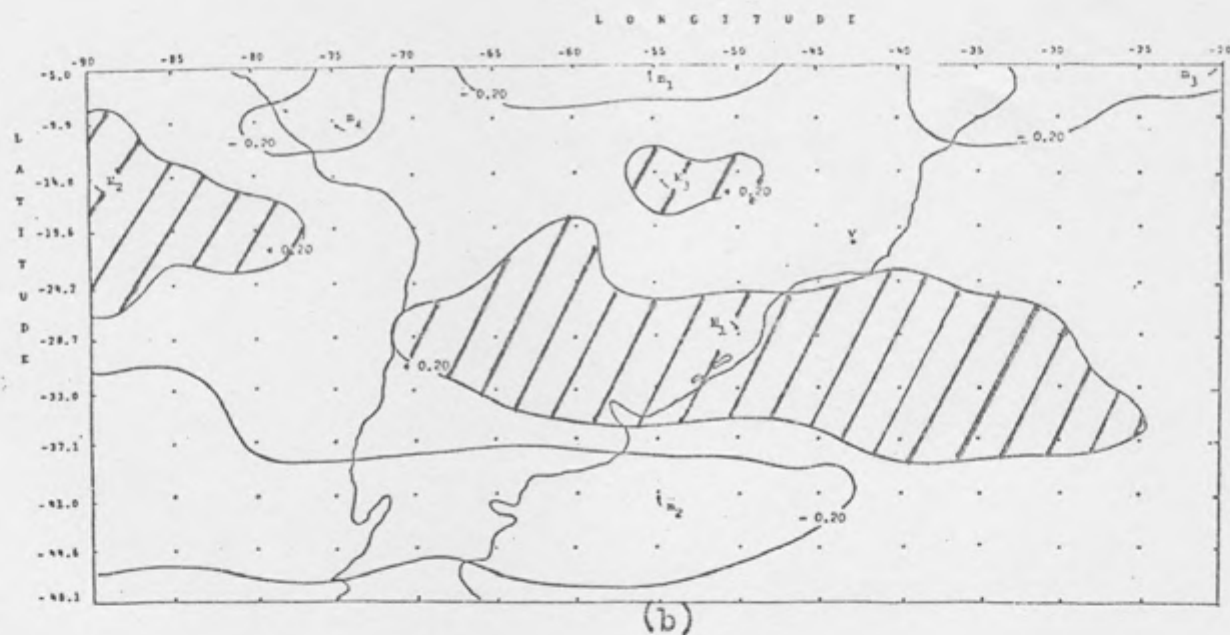
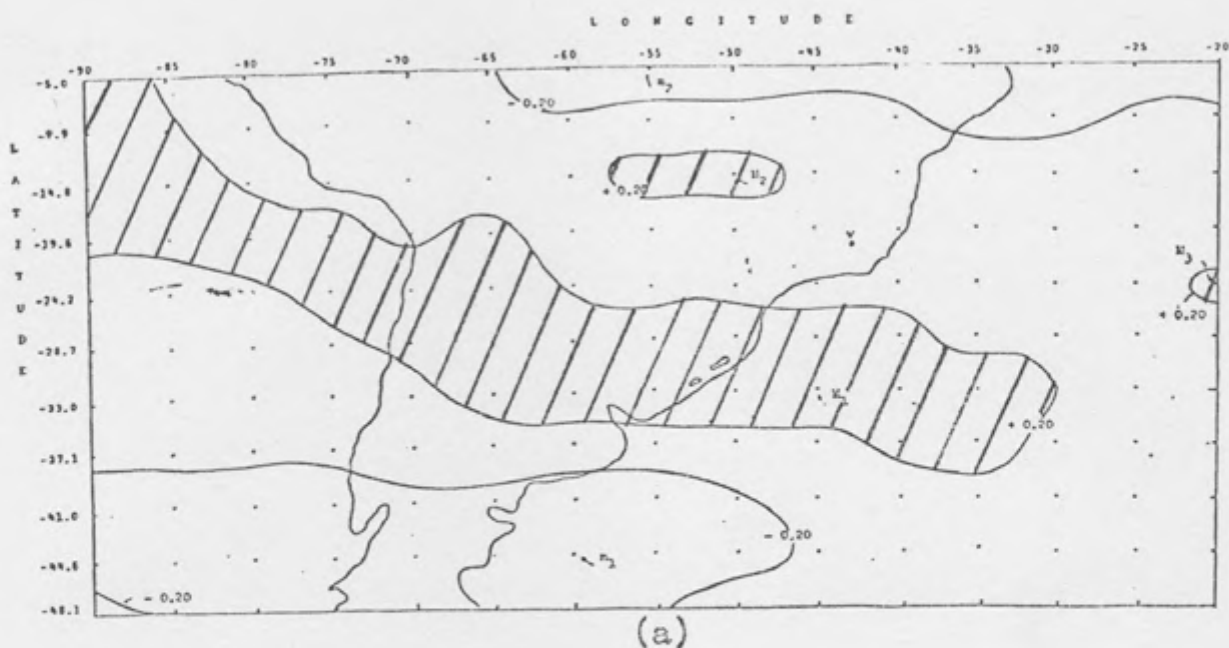


FIGURA 18 - Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlações da Série "Componente u - Viçosa - 500 hPa" com a Série "Componente u - Grade - 500 hPa", para Janeiro, dos Anos de 1974, 1975 e 1976. De fasagens (em Dias): a) -5, b) -4 c) -3, d) -2, e) -1 e f) Zero.

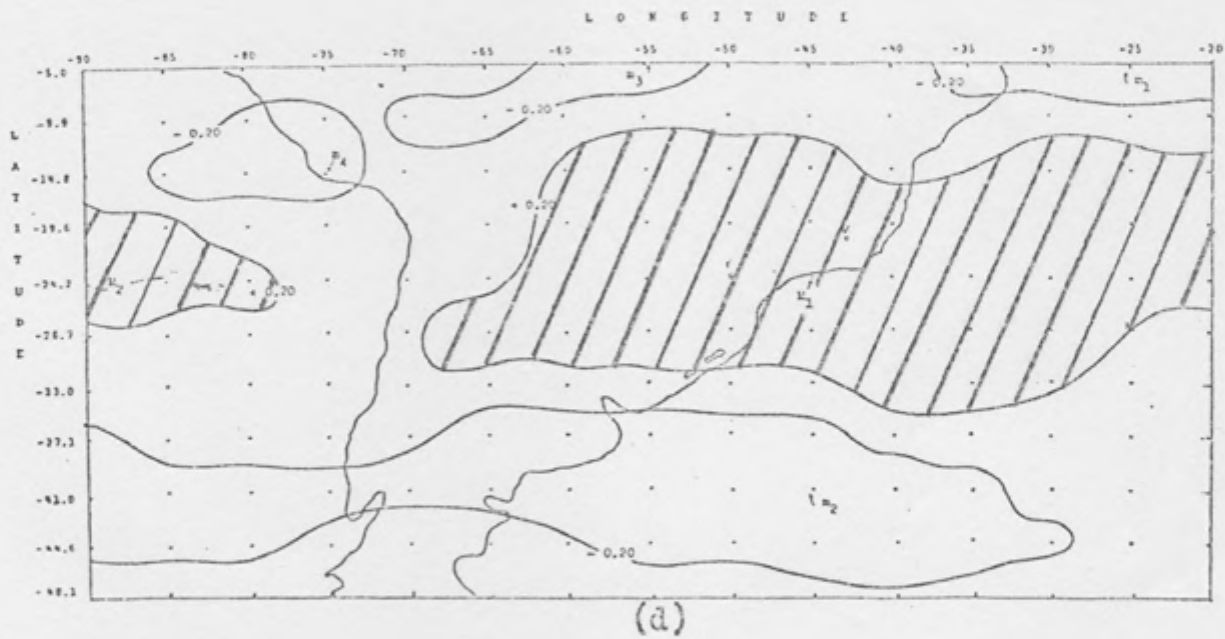
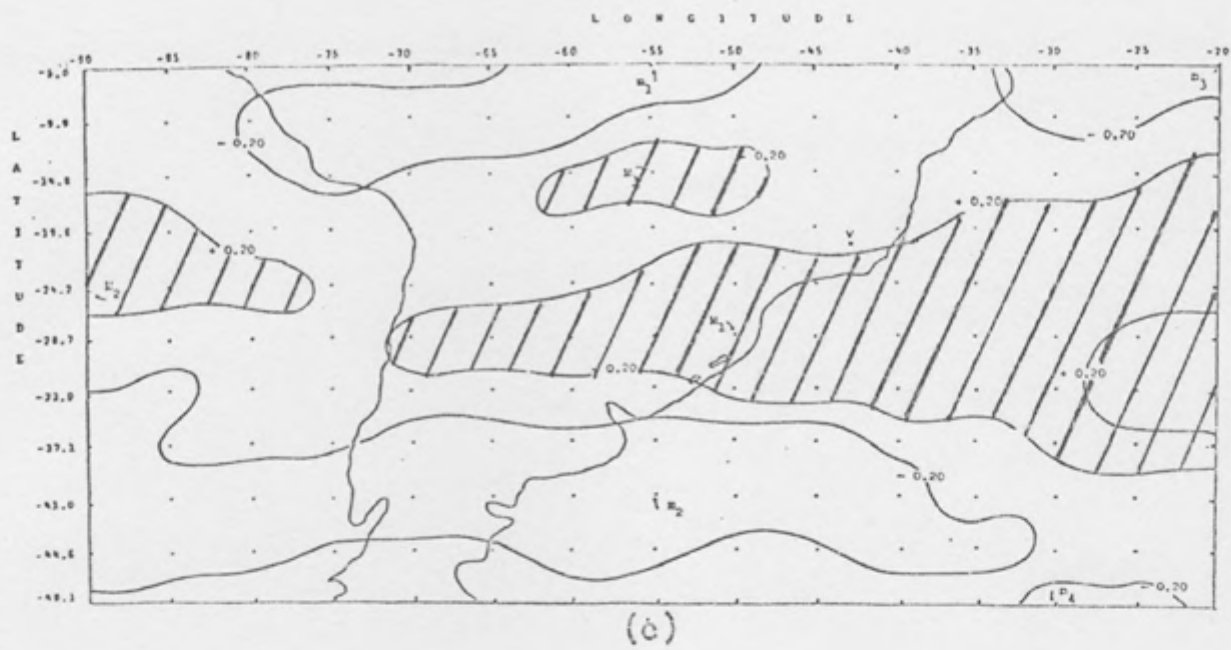


FIGURA 18 - Cont.

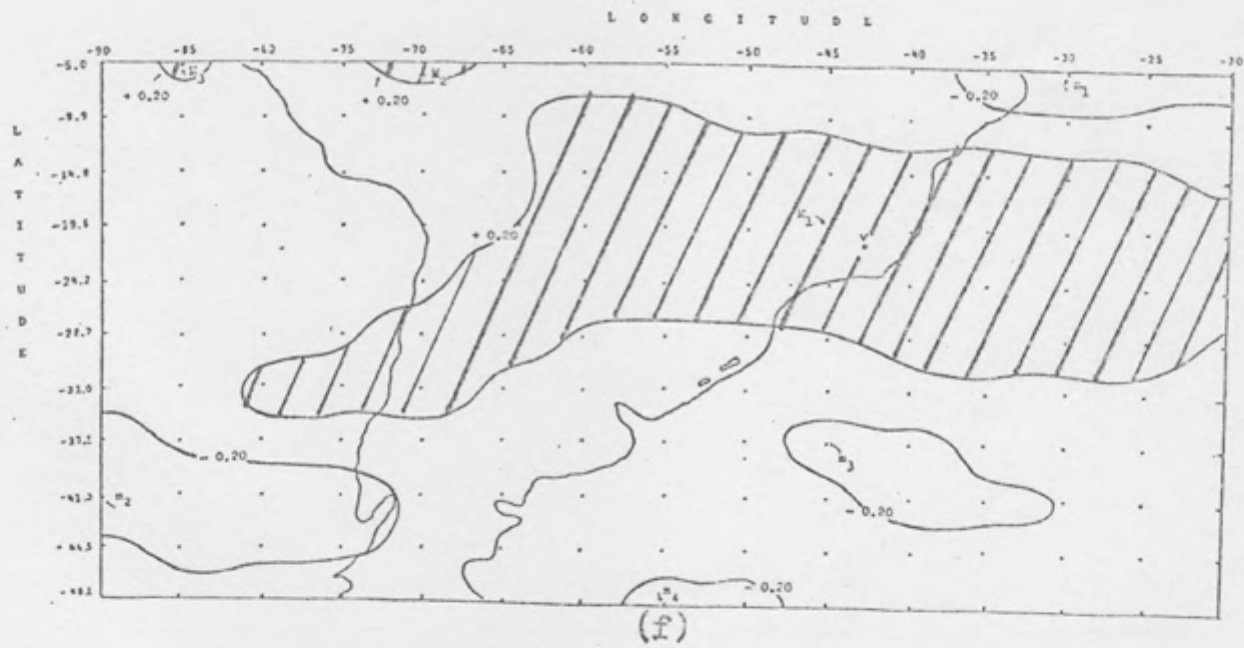
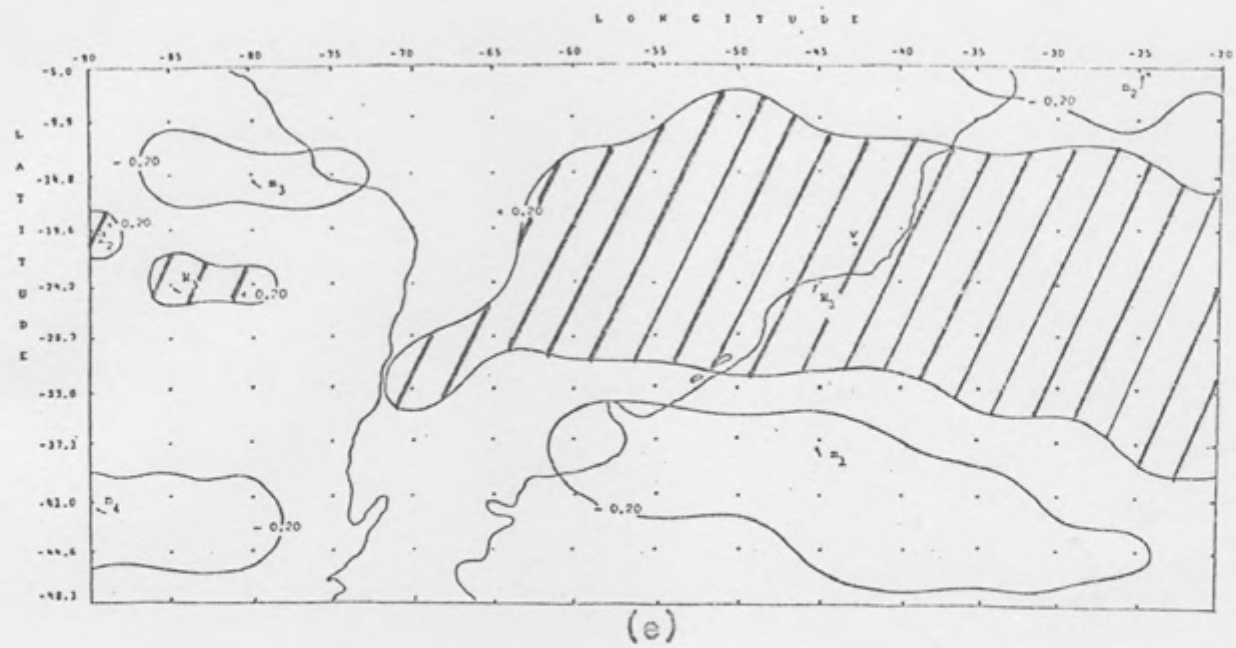


FIGURA 18 - Cont.

O Quadro 7 mostra, numa visão geral, a tendência normal do ICSTP em aumentar, à medida que se dirige para a defasagem zero, visto haver um aumento significativo no coeficiente de correlação positivo máximo, principalmente, quando se tende à defasagem de zero dia. Uma leve queda no referido Índice foi observada na defasagem de -3 dias, retomando a tendência de aumento, a partir da defasagem de -2 dias.

QUADRO 7 - Valores dos Índices de Contraste Subtropical-Polar-ICSTP para Correlações da Série da Componente u de Viçosa com a Componente u nos Pontos de Grade do Campo de Estudo, no Nível de 500 hPa, para Janeiro de 1974/1975/1976

Defasagem	Mínimo Polar (m)	Máximo Sub-Tropical (M)	ICSTP= $ m + M $
-5	-0,459	0,397	0,856
-4	-0,471	0,470	0,941
-3	-0,427	0,456	0,883
-2	-0,384	0,501	0,885
-1	-0,375	0,597	0,972
0	-0,266	0,972	1,238

Para a defasagem de -5 dias (Figura 18a) observa-se uma destacada faixa de correlações positivas acima de +0,20 estendendo-se de NW para SE, do Pacífico Leste Tropical, atingindo 28,7°S/65W, daí estendendo-se para E/SE, passando pelo Rio Grande do Sul e Uruguai, limitando-se a Leste no meridiano 30°W. A máxima correlação M_1 , na figura, apresenta-se sobre

o ponto de grade de número 100, localizado em $33^{\circ}\text{S}/45^{\circ}\text{W}$, cujo coeficiente de correlação é 0,397. Outra área que apresenta correlação positiva está localizada entre $14,8^{\circ}\text{S}/57^{\circ}\text{W}$ e $14,8^{\circ}\text{S}/47^{\circ}\text{W}$ e apresenta máximo de correlação ($M_2 = +0,246$) no ponto 39, i.e., $14,8^{\circ}\text{S}/50^{\circ}\text{W}$. Continuando a análise das áreas de correlação positiva, chega-se também na que contém o ponto M_3 , coeficiente de correlação máximo de +0,202, localizado nas coordenadas $24,2^{\circ}\text{S}/20^{\circ}\text{W}$. Esses três pontos de máxima correlação, incluindo suas respectivas áreas, significam que quando essas áreas encontram-se com determinado comportamento do parâmetro componente u do vento, denotando aumento ou diminuição do mesmo, semelhante característica é observada qualitativamente em Viçosa, ou por que não dizer, sobre o Estado de Minas Gerais, cinco dias após. Pelo conhecimento climático do ar superior, pode-se pensar que a faixa, cujo ponto de correlação máxima é M_1 parece estar associada a fortes correntes de Oeste ligadas ao jato subtropical, cuja presença é mais perfeitamente distinguida em 200 hPa.

A Figura 18a apresenta, ainda, zonas de correlações negativas, onde uma delas está situada acima dos 38° de latitude Sul, abrangendo parte do Oceano Pacífico, a faixa continental até cerca de 50°S , e se prolongando para o Atlântico até próximo a 47° de longitude Oeste. O valor mínimo, m_1 , de correlação nessa faixa encontra-se localizado em $44,6^{\circ}\text{S}/60^{\circ}\text{W}$, sobre o oceano, e parece estar relacionado a componente de Leste dos ventos da borda Norte do Anticiclone Polar Migratório.

Já a segunda faixa de correlações negativas ($r \leq -0,20$)

está situada na faixa próxima ao Equador, atingindo em torno da latitude de 10°S . Essa faixa, no entanto, apresenta-se limitada no continente próximo a longitude de 65°W , parecendo estar associada, em parte, aos ventos de Leste, decorrentes dos alíseos e também à Zona Intertropical de Convergência.

Torna-se importante ressaltar que a faixa que contém a correlação máxima M_1 , na Figura 18a, principalmente, do interior do continente em direção ao Atlântico, nessa defasagem de -5 dias, coincide plenamente com o centro e um cavado de anomalias negativas da pressão atmosférica normal, para o mês de janeiro, significando que nessa região há uma tendência normal para que as frentes polares mantenham-se semi-estacionárias, exceto, é claro, em anos anormais (36); O ICSTP apresenta valor de 0,856.

Para a defasagem de -4 dias, pode-se observar que as configurações fechadas, tanto de correlações positivas como negativas, ambas significantes estatisticamente, apresentam-se de modo análogo às configurações para a defasagem de -5 dias, ocorrendo apenas algumas deformações e "rupturas" de sistemas fechados de isocorrelações. Observa-se que o sistema que continha a máxima correlação positiva, $M_1 = +0,397$ na defasagem -5 dias, sofreu um estreitamento ou uma "ruptura" longitudinal, desmembrando-se em duas zonas positivas de correlação: a primeira com máxima correlação (M_1) de +0,470, no ponto 84 ($28,7^{\circ}\text{S}/50^{\circ}\text{W}$) e a segunda (M_2) de +0,398, no ponto 31 ($14,8^{\circ}\text{S}/90^{\circ}\text{W}$) ou a Oeste deste. Esse seccionamento, ocorrido com quatro dias de antecedência ao dia de ocorrência sobre Viçosa, denota as intensificações ou enfraquecimento

ocorridos no jato subtropical, estando esse mais intenso, possivelmente, desde próximo de 70°W até 25°W , passando sobre a região Sul do Brasil. Um terceiro ponto (M_3) de máxima correlação, $r = +0,302$, localiza-se no ponto 38, ou em $14,8^{\circ}\text{S}/55^{\circ}\text{W}$.

Já as regiões de mínima correlação, destacadamente as que contêm os pontos m_1 , m_2 , m_3 , m_4 e m_5 , apresentam coeficientes de correlação menores ou iguais a $-0,20$. A primeira delas, ou a que apresenta maior correlação negativa, situa-se em 5°S , ou ao Norte desse, a 55° de longitude Oeste. É uma faixa que esteve presente na defasagem de -5 dias e que parece estar associada às linhas de instabilidade que se formam na costa Atlântica da Guiana, Amapá e Pará, propagando-se para Oeste como uma linha de cumulonimbos, conforme pode-se associar, comparando as partes a, b, c e d da Figura 16. Essas linhas parecem originar-se em associação à brisa marítima, evidentemente sendo formadas no período da tarde. Em termos de influência sobre Minas Gerais esse sistema não o exerce, restringindo-se apenas a região Norte do País. A zona de correlação negativa que contém o ponto mínimo m_2 ($r = -0,471$), localizado em $41^{\circ}\text{S}/55^{\circ}\text{W}$, sugere associação com os ventos oriundos da borda Norte do Anticiclone Polar, visto estar deslocado para Nordeste em relação ao dia anterior (defasagem = -5 dias), direção essa preferencial dos sistemas anticiclônicos polares, bem como de suas frentes polares, apresentando uma trajetória marítima Atlântica que é típica desses anticiclones no verão do Hemisfério Sul. O ponto m_3 ($r = -0,413$), localizado em $5^{\circ}\text{S}/20^{\circ}\text{W}$, ou nas vizinhanças desse e

fora do campo em estudo, parece estar associado nitidamente, em parte, aos alísios e também à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O ponto m_4 , bem como a área que ele está contido, por seu turno, parece estar associado a faixa do ponto m_1 , tendo a mesma interpretação física. Com relação ao ICSTP para a defasagem de -4 dias mostra um aumento de 0,085 em relação ao mesmo índice para a defasagem de -5 dias, induzindo a interpretação de um ligeiro movimento das máximas e mínimas correlações dos sistemas subtropical e polar, respectivamente, em direção ao Norte.

A parte c da Figura 18, que apresenta configurações para defasagens de -3 dias em relação a Viçosa, mostra, em linhas gerais, semelhança àquelas exibidas nas partes a e b, destacando-se as distorções nas configurações e pequenos deslocamentos para Norte. Apesar de manter a mesma localização que a parte b, o ponto M_1 ($r = 0,456$) apresentou máxima correlação menor que para a defasagem de -4 dias, face a um enfraquecimento da região ou, meteorologicamente, o enfraquecimento dos Oestes, que agora são deslocados para Norte conforme se percebe na configuração em torno desse ponto. O ponto M_2 , por sua vez, sugere que o jato subtropical que se deslocava de forma contínua para Leste sobre o continente sulamericano, apresenta um enfraquecimento identificado pelo valor numérico de seu ponto de máxima correlação, $r = 0,478$, em $24,2^{\circ}\text{S}/90^{\circ}\text{W}$, que para a defasagem de -4 dias era $r = 0,398$; portanto, uma queda de 0,020 no seu coeficiente de correlação com a série de Viçosa. O ponto M_3 ($r = 0,341$), localizado em $14,8^{\circ}\text{S}/55^{\circ}\text{W}$, não sofreu alteração de posição em relação

a defasagem de -4 dias, ou em relação ao dia anterior. No entanto, algebricamente, ele sofreu um acréscimo de 0,039, significando uma intensificação dos Oestes. Ora, essa configuração atual que se apresenta com máximo M_3 , se comparada com as das partes a e b dessa Figura, dá a entender que está associada ao escoamento de retorno, ou seja, da borda Oeste do Anticiclone Tropical Continental que é característico dessa época do ano. Pode-se destacar, ainda, nessa figura, que o aumento em M_3 está associado ao deslocamento para Norte das configurações que contêm M_1 e m_2 , significando que, consubstanciados nas interpretações das partes a e b, pode-se concluir pela presença de sistemas polares se deslocando para Nordeste, arrastando consigo os jatos polares, que, de certo, entrarão em associação com o subtropical, intensificando-o.

As faixas que contêm os pontos mínimos negativos de correlação apresentam idêntica interpretação àquelas formuladas nas partes a e b, destacando-se o surgimento do ponto m_4 ($r = -0,427$), localizado em 48°S (ou ao Sul deste) e 30°W . Esse ponto m_4 , juntamente com a configuração de seus mínimos, parece estar associado também a borda Nordeste do Anticiclone Polar Migratório ou ao setor Sudoeste de um possível ciclone extratropical. Pode-se destacar, até então, uma intensificação no gradiente do sistema que contém M_1 , com o sistema que contém m_2 , ambos para a defasagem de -3 dias.

Considerando as partes a, b e c da Figura 18, observa-se que o valor de correlação máxima para o sistema subtropical, com defasagem de -4 dias, sofreu uma diminuição de 0,014, enquanto o valor da correlação mínima para o sistema polar

durante esse período, mostrou um aumento de 0,044.

Pela posição do ponto de máxima correlação do sistema chamado subtropical, identificado como M_1 na Figura 18c, parece surgir a interpretação de que tal configuração está associada a um processo de frontogênese próximo à Florianópolis, que ocorre cerca de três dias de antecedência do sistema mais intenso dos Oestes, à 500 hPa, atingir Minas Gerais. Essa associação de diminuição do ICSTP na região citada, com o processo de frontogênese, se confirmada na prática, poderá vir a estabelecer um auxílio na previsão da intensificação e deslocamento de sistemas frontais de origem polar sobre o Brasil.

Analisando a parte d da Figura 18, correspondente a -2 dias de defasagem em relação a série de Viçosa, observa-se a manutenção dos sistemas subtropical e polar como um todo. No entanto, alterações na forma e posição são percebidas e interpretadas à luz da climatologia dinâmica.

A configuração que contém o ponto de máxima correlação M_1 ($r = +0,501$, em $24,2^{\circ}\text{S}/45^{\circ}\text{W}$) sofreu um deslocamento para Norte/Nordeste, sendo mais nítido esse deslocamento ao se comparar o deslocamento sofrido pelo ponto M_1 da defasagem -3 dias para a defasagem -2 dias, que apresenta uma protuberância em sua borda Noroeste, englobando a configuração que contém M_3 da Figura 18c, significando que o sistema polar forçou o sistema subtropical a se deslocar para Norte. Em termos da configuração que contém o ponto M_2 ($r = 0,323$, em $24,2^{\circ}\text{S}/90^{\circ}\text{W}$) apresenta-se pouco retraída na sua borda Leste com coeficiente de correlação reduzido em 0,055, significando

um enfraquecimento dos Oestes para essa defasagem.

Com relação aos sistemas de mínima correlação surge o mínimo, m_1 ($r = -0,393$, em $5^\circ\text{S}/25^\circ\text{W}$) deslocado de 5° para Oeste, em relação a defasagem de -3 dias, podendo significar um deslocamento de ondas de Leste. O mínimo m_2 , por seu turno, está deslocado de 10° para Leste, em relação a defasagem daquela configuração para a defasagem de -3 dias. Isso mostra claramente a tendência dos sistemas polares se deslocarem para as baixas latitudes, percorrendo uma trajetória SW/NE sobre o oceano, que é uma característica para o verão no Hemisfério Sul. Enquanto isso, as mínimas correlações m_3 ($r = -0,372$, em $5^\circ\text{S}/55^\circ\text{W}$) e m_4 ($r = 0,319$, em $14,8^\circ\text{S}/75^\circ\text{W}$) parecem constituir-se num deslocamento do sistema apresentado na defasagem anterior, ou seja, -3 dias. Conforme descrito anteriormente, essa ruptura de sistema parece estar ligada a um pulso de ventos de Leste, que naquela região deve estar associado a brisa marítima que se origina na parte costeira, atingindo a Amazônia ocidental, em média, em dois dias. Realmente, esse fato pode ser comprovado pelas análises presentes quando se compara as referidas configurações para as defasagens de -5 e -4 dias e para -3 e -2 dias.

Quanto ao ICSTP, apresenta-se com valor numérico maior que o para a defasagem de -3 dias, corroborando para a interpretação de que os sistemas reiniciaram seus deslocamentos, conforme é constatado, comparando-se as posições de M_1 e m_2 , para as partes c e d da Figura 18.

Para a defasagem de -1 dia, observa-se, em linhas gerais, a manutenção do sistema, que associou-se à borda Sul/

Sudoeste do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, cujo valor de máxima correlação está localizado no ponto M_1 ($r = 0,597$, em $24,2^\circ\text{S}/45^\circ\text{W}$). A configuração, onde foi associado o sistema polar, apresenta-se deslocada para Norte com uma diminuição de $0,009$ no coeficiente de correlação, mantendo-se, pois, na tendência de diminuir seu valor à medida que a defasagem temporal se reduz. O segundo e o terceiro máximos de correlação, ou seja, M_2 ($r = 0,260$, em $19,6^\circ\text{S}/90^\circ\text{W}$) e M_3 ($r = 0,249$, em $24,2^\circ\text{S}/85^\circ\text{W}$), respectivamente, sugerem um desmembramento em relação ao sistema que contém M_2 (Figura 18d) que fisicamente significa um enfraquecimento dos sistemas de Oeste no nível de 500 hPa. A configuração que contém o ponto de mínima correlação m_2 ($r = -0,362$, em $5^\circ\text{S}/25^\circ\text{W}$) apresenta grande semelhança com a da Figura 18d, referente à defasagem de -2 dias, denotando influência dos alíseos e da própria ZCIT. O sistema que contém m_3 ($r = -0,335$, em $14,8^\circ\text{S}/80^\circ\text{W}$) mostrou nítido estreitamento e deslocamento para Oeste. A configuração que contém o ponto m_4 ($r = -0,276$, em $41^\circ\text{S}/90^\circ\text{W}$) parece estar associada a um cavado nos níveis médios.

O Índice de Contraste Subtropical/Polar para o caso da defasagem de -1 dia aumentou $0,087$, mantendo a tendência crescente e, por conseguinte, de deslocamento dos sistemas polar e subtropical.

Por fim, a defasagem zero apresenta uma configuração maior associada ao sistema Oestes/borda Sul/Sudoeste do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, cujo ponto de máxima correlação M_1 ($r = 0,972$, em $19,6^\circ\text{S}/45^\circ\text{W}$) deslocou-se para Norte em relação a configuração para -1 dia, aproximando-se

ao máximo de Viçosa; essa situação denota influência direta dos Oestes sobre Minas Gerais. Os pontos M_2 ($r = 0,257$, em $5^{\circ}\text{S}/70^{\circ}\text{W}$) e M_3 ($r = 0,201$, em $5^{\circ}\text{S}/85^{\circ}\text{W}$) estão associados às circulações de procedência quase-equatorial que comumente ocorrem naquelas regiões. A correlação m_1 ($r = -0,357$, em $5^{\circ}\text{S}/30^{\circ}\text{W}$) mostra a persistência no sistema alíseos/ZCIT sobre o Nordeste do Brasil. O ponto m_2 apresenta-se estacionário em $41,0^{\circ}\text{S}/90^{\circ}\text{W}$, enquanto sua configuração envolvente apresenta-se deslocada para Leste, atingindo a costa ocidental do continente sulamericano, na altura do Chile. Os pontos m_3 ($r = -0,266$, em $37,1^{\circ}\text{S}/45^{\circ}\text{W}$) e m_4 ($r = -0,242$, em $48,1^{\circ}\text{S}/55^{\circ}\text{W}$) denotam correlações de Leste, podendo estar associados a anticiclones polares, sendo que m_3 já em transição para subtropical.

O ICSTP apresentou valor de 1,238, maior 0,266 em relação ao mesmo índice para a defasagem -1 dia. Esse alto e crescente valor significa deslocamento (observa-se o deslocamento de M_1 para Norte) e mais proximidade de Viçosa.

Essa análise para as várias defasagens serviu para se tentar desenvolver um modelo estatístico previsor, baseado nas correlações de séries temporais da componente u do vento, mas, também, interpretá-las sob a luz da climatologia dinâmica sobre o continente Sulamericano, em especial sobre o Estado de Minas Gerais. Como se tratava de campos médios, baseados em séries de três anos consecutivos, era de se esperar o surgimento dos principais sistemas atmosféricos, como de fato surgiu, e seus deslocamentos. Cabe ressaltar as constantes deformações apresentadas na borda Oeste das

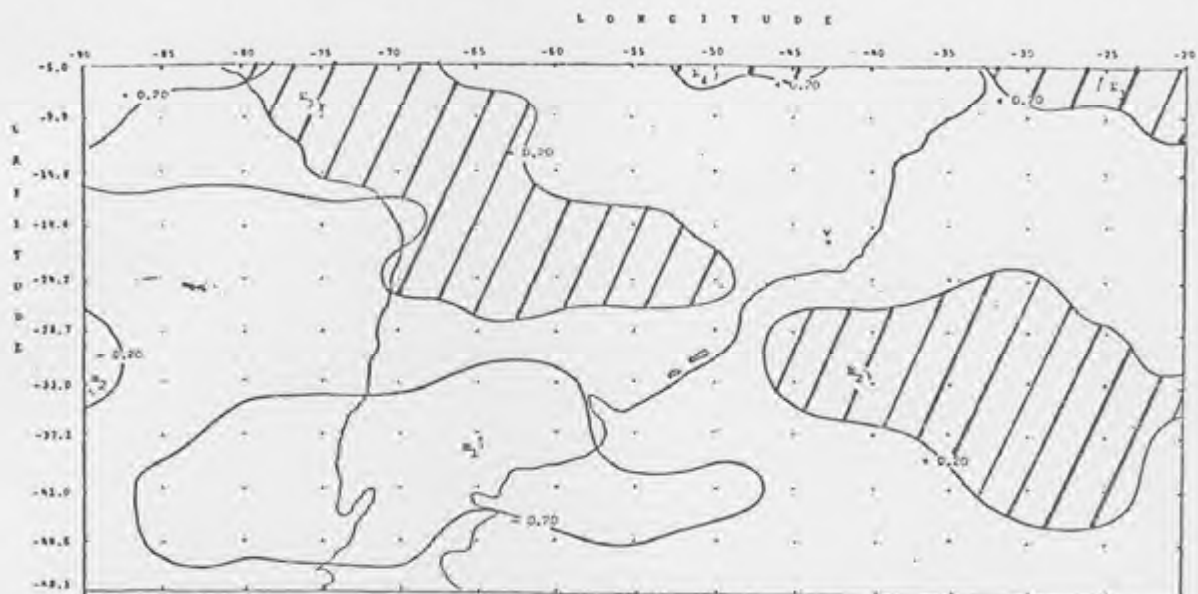
configurações associadas com o sistema principal (Oestes/borda Sul/Sudoeste do Anticiclone Subtropical), devidas a presença, já em 500 hPa, do sistema gerado da convecção profunda no interior do continente, que nos altos níveis é chamado de "Alta da Bolívia".

4.5.2. *Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlações da Série "Componente u - Viçosa - 500 hPa" com a Série "Componente u - Grade - 500 hPa", para o Mês de Julho de 1974/1975/1976*

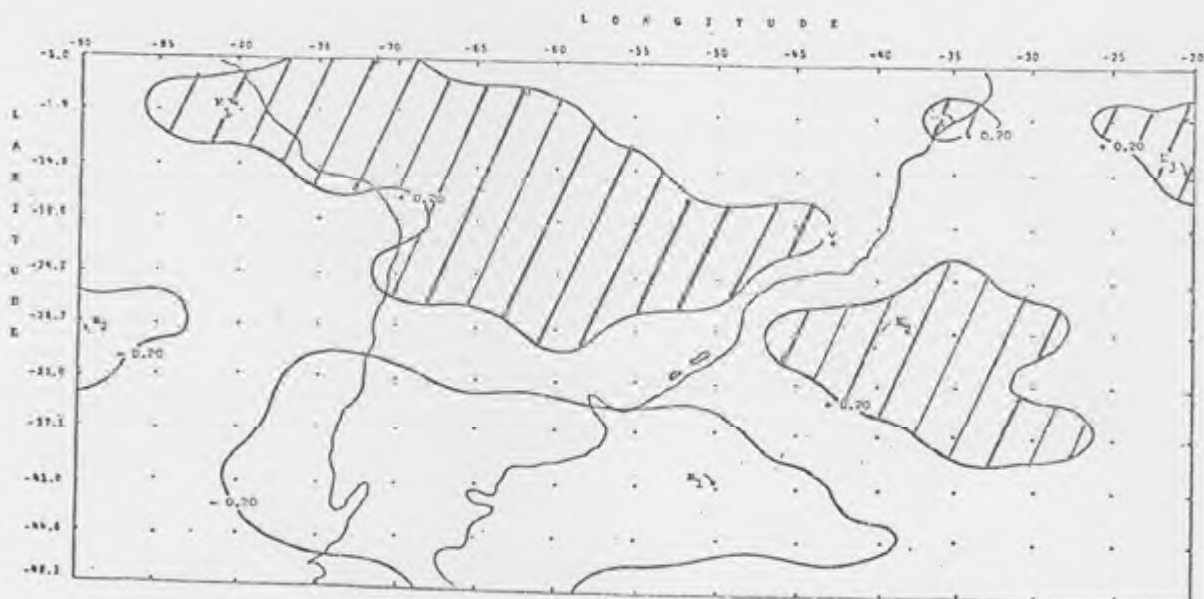
A Figura 19 mostra os campos de isolinhas de correlação linear entre a série de componente zonal (u) ao nível de 500 hPa, para todos os pontos de grade, com a série da componente zonal (u) para Viçosa.

Uma análise geral do "Índice de Contraste Subtropical-Polar", ICSTP, pode ser feita, inicialmente, pela observação do Quadro 8. Observa-se, então, uma tendência bem definida de aumento do ICSTP à medida que a análise se aproxima da defasagem de zero dia, o que parece razoável, visto esse tipo de análise retratar o suposto comportamento médio dos sistemas sinóticos que atuam sobre Minas Gerais, onde está localizada a série de referência, que é a de Viçosa.

A parte a da Figura 19 mostra em primeiro plano uma configuração fechada de valor $-0,20$ e duas zonas, também fechadas, cuja isolinha tem valor $+0,20$, e com valores máximos absolutos de coeficiente de correlação linear r , igual a $-0,324$, em $37,1^{\circ}\text{S}/65^{\circ}\text{W}$, para o ponto M_1 , com $r = +0,360$, no ponto M_2 , em $33^{\circ}\text{S}/40^{\circ}\text{W}$ e $r = +0,437$, em $9,9^{\circ}\text{S}/75^{\circ}\text{W}$. As



(a)



(b)

FIGURA 19 - Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlações da Série "Componente u - Viçosa - 500 hPa" com a Série "Componente u - Grade - 500 hPa", para Julho dos Anos de 1974/1975 e 1976. Defasagens (em Dias): a) -5, b) -4, c) -3, d) -2, e) -1 e f) Zero.

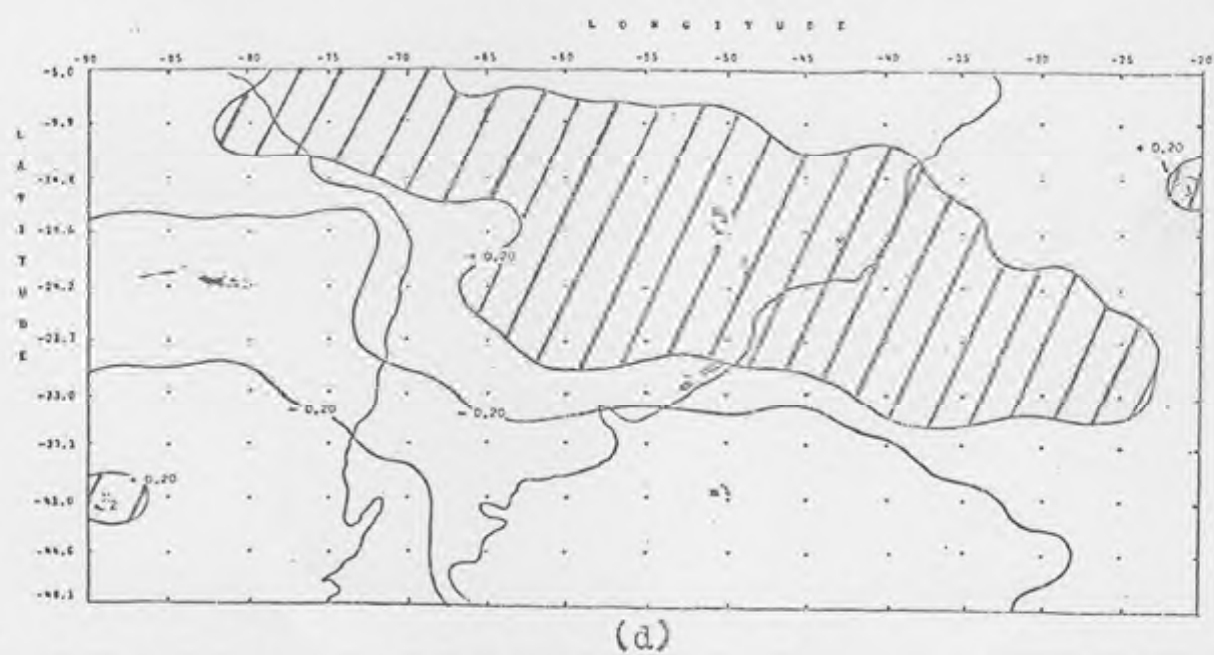
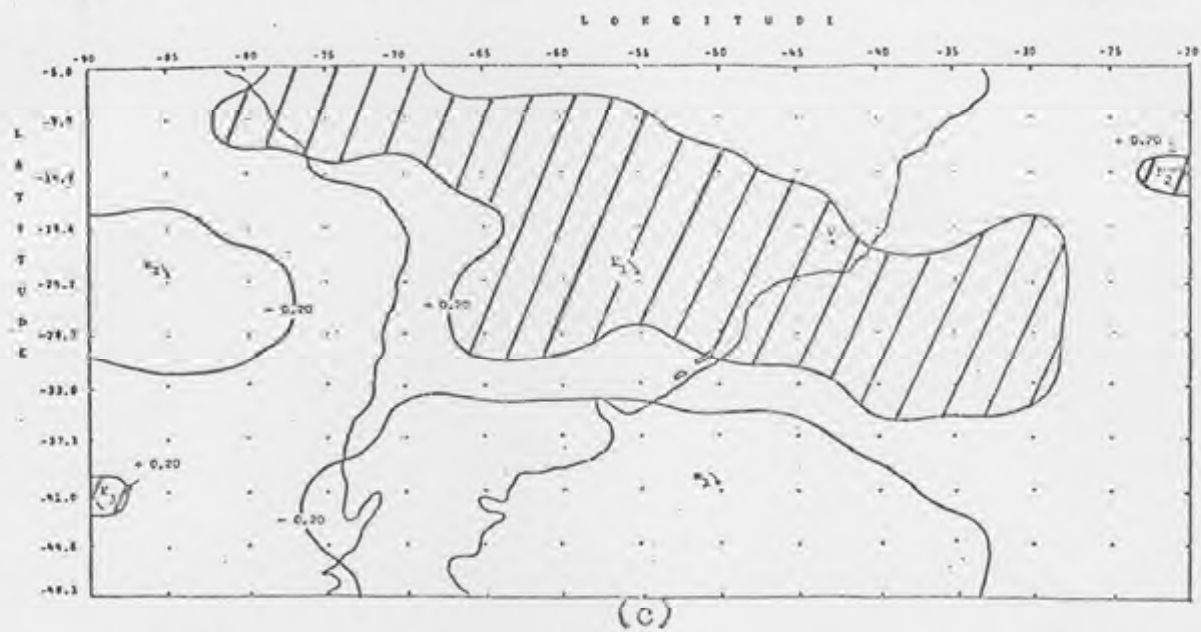
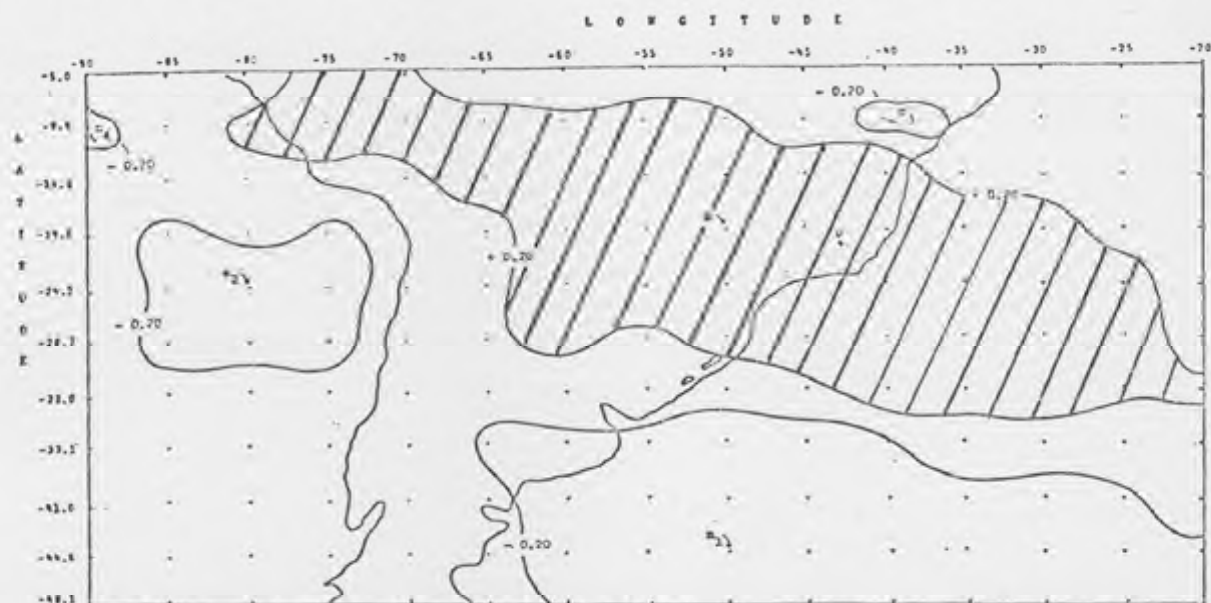
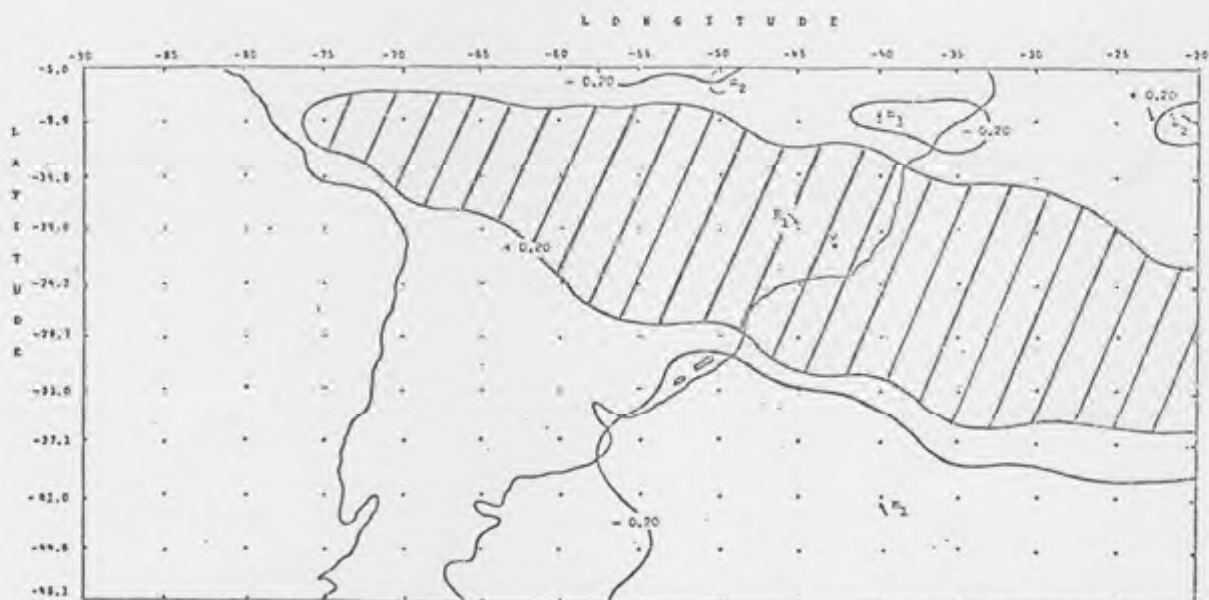


FIGURA 19 - Cont.



(e)



(f)

FIGURA 19 - Cont.

Comparando, ainda, as situações de janeiro e julho, para a defasagem de -5 dias, observa-se que as configurações que envolvem M_1 e M_2 estariam localizadas de maneira análoga se não fosse a ruptura sobre a Serra do Mar, denotando uma certa influência desse sistema orográfico no escoamento em 500 hPa. No Pacífico surge uma parte de configuração, talvez

configurações onde estão contidos os pontos M_2 e M_1 parecem pertencer a um único sistema, que por algum motivo foi rompido no litoral do Paraná e Santa Catarina. A configuração que envolve o ponto localizado em $37,1^{\circ}\text{S}/65^{\circ}\text{W}$ apresenta-se mais a Noroeste do que a situação para a mesma defasagem, para o mês de janeiro. Isso parece mostrar o que, de fato, ocorre em termos de penetrações polares no continente sulamericano, ou seja, no mês de julho, pleno inverno no Hemisfério Sul, as invasões de ar polar se dão mais pela parte Oeste do continente, conseqüentemente as frentes frias adquirem uma trajetória pelo pacífica ou pelo interior do referido continente. A configuração que contém m_1 representa a borda Norte/Nordeste do Anticiclone Polar Migratório, enquanto as que contém os pontos M_1 e M_2 parecem estar associadas ao Anticiclone Subtropical do Atlântico que invade o continente no inverno.

QUADRO 8 - Valores dos Índices de Contraste Subtropical - Polar - ICSTP para Correlações da Série da Componente u de Viçosa com a Componente u nos Pontos de Grade do Campo de Estudo, no Nível de 500 hPa, para Julho de 1974/1975/1976

Defasagem	Mínimo Polar (m)	Máximo Subtropical (M)	ICSTP = $ M + m $
-5	-0,324	0,360	0,684
-4	-0,404	0,293	0,697
-3	-0,568	0,493	1,061
-2	-0,646	0,648	1,294
-1	-0,621	0,735	1,356
0	-0,573	0,982	1,555

fechada mais a Oeste, de correlações negativas, parecendo associada aos efeitos de penetrações de anticiclones polares pela trajetória do Pacífico Sul, situação pouco comum em janeiro.

Outras duas configurações que se apresentam são as que contêm os pontos M_3 ($r = 0,303$) e M_4 ($r = 0,275$), localizadas em $5^{\circ}\text{S}/25^{\circ}\text{W}$ e $5^{\circ}\text{S}/50^{\circ}\text{W}$, respectivamente. O ICSTP apresentou valor de 0,684.

A Figura 19b, correspondente a defasagem de -4 dias, apresenta o mesmo número de sistemas, no entanto, modificados em sua forma e posição em relação a defasagem de -5 dias. Destacam-se na figura, novamente, os sistemas que contêm os pontos M_1 , M_2 e m_1 . O sistema que contém M_2 , associado ao jato subtropical e à borda Sul/Sudoeste do Anticiclone do Atlântico Sul, foi deslocado para Norte, mostrando a atuação da massa polar no sentido de migrar para as latitudes mais baixas. No entanto, apesar do deslocamento do ponto M_2 , ou local de máxima correlação com a série de Viçosa para a defasagem de -4 dias, seu valor sofreu uma redução de 0,067, enquanto o sistema associado a borda Norte/Nordeste do Anticiclone Polar que contém o ponto m_1 sofreu uma diminuição de -0,080 e, além disso, um grande deslocamento para Leste, mostrando uma tendência do sistema polar em se deslocar para aquela direção.

Comparando as partes a e b, da Figura 19, observa-se que sobre o litoral de Santa Catarina foi mantida a "ruptura", indicando influência do sistema orográfico abaixo localizado. Quanto ao sistema que abriga o ponto M_1 apresenta sua borda

Oeste mais deslocada para Leste, enquanto o ponto de máxima correlação deslocado para Oeste. O sistema que contém o ponto m_2 ($r = -0,274$, em $28,7^\circ\text{S}/90^\circ\text{W}$) apresenta-se, por sua vez, deslocado para Norte, indicando a presença de massa polar com trajetória pelo Oceano Pacífico. Os sistemas M_3 ($r = 0,253$, em $14,8^\circ\text{S}/20^\circ\text{W}$) e M_4 ($r = 0,203$, em $9,9^\circ\text{S}/35^\circ\text{W}$) mostram-se reduzidos em dimensão e numericamente, tendo ocorrido no entanto um deslocamento para Este-Sudeste (ESE).

Com relação ao ICSTP, verificou-se que o comportamento foi normal, destacando-se um pequeno aumento em valor quando se passou da defasagem de -5 para -4 dias, associado a uma diminuição no valor de M_2 . Isso pode significar que a invasão polar ainda não se deu por completo.

Pela análise do campo de correlações da Figura 19, parte c, observou-se união dos sistemas que continham os pontos M_1 e M_2 na defasagem anterior, significando uma intensificação desse novo sistema face a forçante exercida pelo sistema polar. Analisando pelo valor de máxima correlação, observa-se que este valor, para a defasagem de -4 dias, sofrera uma diminuição em relação à de -5 dias, enquanto para a defasagem de -3 dias, houve uma retomada de sinal, ou seja, voltou a aumentar. O ICSTP mostrou também um aumento significativo.

A configuração que enbloca o ponto m_1 , associada à borda Norte do Anticiclone Polar, apresenta-se intensificada, haja vista a variação de seu valor que passou de -0,404 (defasagem de -4 dias) para -0,568. O sistema de correlações negativas sobre o Pacífico ocupa mais o campo de estudo, mostrando um deslocamento de seu mínimo para Nordeste, retratando,

contudo, a presença do Anticiclone Polar de trajetória pelo Pacífico. Um pequeno núcleo contendo M_3 ($r = 0,213$, em $41,0^\circ\text{S}/90^\circ\text{W}$) surge abaixo do sistema que contém m_2 , deixando nítida a presença do Anticiclone Polar com trajetória do Pacífico. Um outro sistema localizado nas baixas latitudes apresenta no ponto M_2 ($r = 0,321$, em $14,8^\circ\text{S}/20^\circ\text{W}$) seu valor de máxima correlação.

À medida que a análise vai se aproximando da defasagem zero, observa-se uma redução no número de sistemas, ficando em destaque apenas as duas grandes configurações, como pode ser constatado na parte d da Figura 19. O sistema associado com o ponto M_1 ($r = 0,648$, em $19,6^\circ\text{S}/50^\circ\text{W}$) mostra-se cobrindo grande parte do território brasileiro com eixo aparentemente dirigido de Oeste-Noroeste para Este-Sudeste, passando pelo Amazonas, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro, daí, estendendo-se para o Oceano Atlântico até cerca de 23° de longitude Oeste. O sistema de mínima correlação que contém m ($r = -0,646$, em $41^\circ\text{S}/50^\circ\text{W}$) resulta da união dos dois sistemas identificados por m_1 e m_2 , na defasagem de -3 dias (parte c). Essa união, interessante notar, se deu sobre os Andes exatamente onde esse apresenta características simplificadas, destacando-se, no entanto, formações isoladas que se elevam cerca de 1.700 a 2.400 metros acima dos altos vales, tais como Mercedario (7.300 m), Aconcágua (7.600 m) e Tupungato (7.400 m), todas localizadas entre 32°S e 34°S . Ao Norte de 28°S , os Andes já se tornam um sistema mais complexo e, praticamente, não se observa correlação significativa na figura em discussão. A

configuração identificada por M_2 ($r = +0,239$, em $41^{\circ}\text{S}/90^{\circ}\text{W}$) denota a borda Sul do Anticiclone Polar, enquanto a M_3 ($r = 0,207$, em $14,8^{\circ}\text{S}/20^{\circ}\text{W}$) denota uma eventual intensificação dos Oestes, o que naquela região é pouco comum, o que faz parecer uma configuração espúria.

O Índice de Contraste Subtropical-Polar (ICSTP) mostrou um valor superior em $0,233$ ao mesmo índice para a defasagem interior, denotando movimentação dos sistemas envolvidos.

A análise do campo de correlações para a defasagem de -1 dia (parte e) mostra, praticamente, a manutenção das situações da figura anterior, com algumas alterações. Observa-se o ressurgimento de dois sistemas identificados por m_1 ($r = -0,621$, em $44,6^{\circ}\text{S}/50^{\circ}\text{W}$) e m_2 ($r = -0,382$, em $24,2^{\circ}\text{S}/80^{\circ}\text{W}$), que na defasagem de -2 dias, apresentavam-se unidos, formando um único sistema. A interpretação para tal seria a identificação dos sistemas polares migratórios com trajetória tanto do Pacífico como do Atlântico, conforme já fora caracterizado em figuras anteriores para o mês de julho. O ponto m_1 de mínima correlação, conforme pode-se observar, sofreu um deslocamento para Sul, não categoricamente, indicando uma situação de bloqueio por parte do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, que tem no outono a ocorrência de máximo de dias com essa situação, muito embora, possa ser indicativo, pois no inverno, bem como na primavera, podem ocorrer mínimos dessas situações na região da América do Sul, conforme foi constatado por CASARIN (4), ao fazer um estudo observacional sobre os bloqueios no Hemisfério Sul. A configuração que

contêm o ponto M ($r = 0,735$, em $19,6^{\circ}\text{S}/50^{\circ}\text{W}$), única com coeficiente de correlação positiva na Figura 19e, apresenta-se dominando uma vasta região no Brasil, que abrange também o Estado de Minas Gerais, mostrando um ajustamento bastante significativo do escoamento de Oeste nessa região, com o escoamento zonal de Oeste no Município de Viçosa. Uma pequena configuração ao Norte da Bahia, tangenciando o litoral na sua extremidade direita, surge com valor negativo mínimo m_3 , de coeficiente de correlação ($r = -0,257$, em $9,9^{\circ}\text{S}/40^{\circ}\text{W}$), tornando nítida a idéia de que, havendo um domínio dos Oestes sobre Viçosa, associado a borda Sul/Sudoeste do Anticiclone do Atlântico Sul, forçado que está sendo pela invasão de um sistema polar associado aos jatos, deve haver também um escoamento contrário mais ao Norte, oriundo da borda Norte/Noroeste do mesmo anticiclone subtropical; portanto, aparecendo este sistema como um todo, a partir dessa defasagem de -1 dia. O ponto m_4 ($r = -0,218$, em $9,9^{\circ}\text{S}/90^{\circ}\text{W}$), por estar numa das bordas do campo de estudo, traz uma certa dificuldade na interpretação do sistema meteorológico a que está associado. Sem, contudo, deixar de dar alguma idéia sobre aquela configuração, essa pode estar associada à convergência do escoamento de ar superior, devido ao Anticiclone Polar Migratório (configuração que contém o ponto m_2), que ao se deslocar em direção às baixas latitudes, encontram ventos de Leste, resultando num sistema mais intenso. Esse comportamento para Oeste é característico da faixa equatorial.

No que se refere ao ICSTP, apresenta-se com valor 1,356, maior 0,062 do que para a defasagem de -2 dias, mostrando que o deslocamento dos sistemas em que se baseia não sofreu

grandes alterações (observe-se a posição do ponto M_1 na defasagem -2 dias e do ponto M na defasagem de - 1 dia).

Por fim, a Figura 19f mostra o campo de correlações da componente u , 500 hPa, para a defasagem de zero dia. Essa situação indica o que ocorre em Viçosa e em toda área de estudo, simultaneamente. Observa-se que as configurações que contêm os pontos M_1 ($r = 0,982$, em $19,6^{\circ}S/45^{\circ}W$) e m_1 ($r = -0,573$, em $41^{\circ}S/40^{\circ}W$) apresentam-se dominando as partes continentais, no setor tropical e atlântica, respectivamente.

Observando-se os Quadros 7 e 8, na coluna referente ao mínimo polar (m), constata-se um aumento no módulo do coeficiente de correlação à medida que se vai da defasagem -5 para zero dia para janeiro, enquanto ocorre uma diminuição do módulo do coeficiente de correlação para julho. Este comportamento inverso deve-se ao fato de, no verão, o sistema polar deslocar-se com trajetória Atlântica de menos intensidade, ficando cada vez mais descaracterizado. Por seu turno, tais sistemas apresentam-se mais intensificados no inverno do que no verão, e por adquirirem uma trajetória mista continental/Atlântica atuam mais significativamente sobre o ponto de referência. Com isso, pode ser levantada a hipótese de que ocorre um efeito amortecedor da camada horizontal de fluxo atmosférico, compreendido entre o ponto de mínima correlação, chamado polar, e o de máxima correlação, designado por tropical, tal qual um efeito de inércia do fluido; a densidade desse fluido também sugere jogar um papel importante nas perturbações do campo, entre as duas correlações. O sistema identificado por M_1 apresenta máxima correlação com Viçosa,

estando, praticamente, bem delineado na direção Oeste/Noroeste - Este/Sudeste. Por sua vez, o que contém m_1 apresenta-se mais deslocado para Nordeste, mostrando a tendência do deslocamento preferencial dos sistemas polares de trajetória atlântica. De maneira análoga à figura anterior, o sistema que contém m_3 ($r = -0,260$, em $9,9^\circ\text{S}/40^\circ\text{W}$) mantém-se, porém, um pouco mais alongado para Leste, denotando uma intensificação da componente Leste-Oeste, face ao desbalanceamento entre os sistemas subtropical e polar, bem como pela confluência do escoamento da borda Norte/Noroeste do sistema de alta subtropical com os alíseos. O sistema que contém o ponto m_2 ($r = -0,313$, em $5^\circ\text{S}/50^\circ\text{W}$) sugere sua expansão para Norte, de modo a englobar o litoral do Pará e a Ilha de Marajó, região com fluxo de ar induzido para Oeste, devido ao fenômeno da brisa marítima e que dá origem aos sistemas de meso-escala denominados linhas de instabilidade, que por sua vez são embudados nesse escoamento até atingirem a parte ocidental da Amazônia.

No que tange ao ICSTP, para a defasagem nula, este adquire o valor máximo de 1,555, superior em 0,199, ao mesmo índice para a defasagem anterior.

STRANG (36), estudando as anomalias da pressão atmosférica normal mensal para a faixa tropical atlântica e o continente sulamericano, chegou à resultados bastante parecidos dos, até então, apresentados, deixando claro que embora, empregando metodologias distintas os movimentos da escala sinótica são nitidamente percebidos.

4.5.3. *Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlações da Série "Desvio de Precipitação - Viçosa" com a Série "Desvio da Componente u - Grade - 500 hPa", para o Mês de Janeiro de 1974/1975/1976*

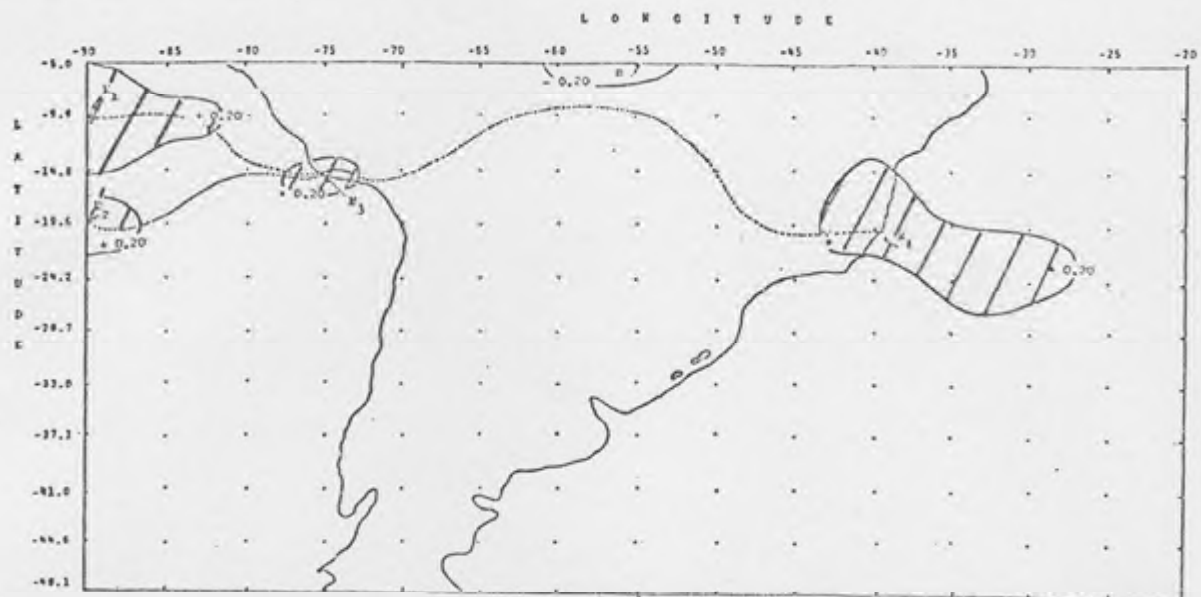
Após análise da correlação das séries temporais da componente u , em cada ponto de grade com a série de Viçosa, passou-se a investigar a influência dessa componente zonal sobre a precipitação em Viçosa. Assim, considerou-se seus desvios onde um desvio positivo significa para a correlação u uma intensificação dos Oestes, em 500 hPa, possivelmente associada ao jato subtropical localizado mais acima (próximo ao nível de 200 hPa) ou à uma confluência de ar ao nível em questão. Um desvio negativo pode significar um enfraquecimento do jato ou uma difluência de ar no nível de 500 hPa.

Analisando as características de precipitação, verifica-se que o trimestre mais chuvoso para Viçosa é o de novembro/dezembro/janeiro, que apresenta uma altura média total de precipitação de 699,1 mm. Este valor, é claro, pode ser maior ou menor, dependendo das anomalias que estejam ocorrendo na atmosfera. O mês de janeiro, o segundo mais chuvoso do ano, sendo superado somente por dezembro, tem uma altura de precipitação pluviométrica de 232,7 mm. Por outro lado, o trimestre menos chuvoso é o de junho/julho/agosto, caracterizando, portanto, um inverno seco, pelas causas já discutidas. O mês de julho, em destaque nas presentes análises, apresenta uma altura média do total de precipitação de 11,6 mm, sendo, praticamente, idêntico ao de agosto (11,5 mm), segundo mostram as normais climatológicas de Viçosa do período

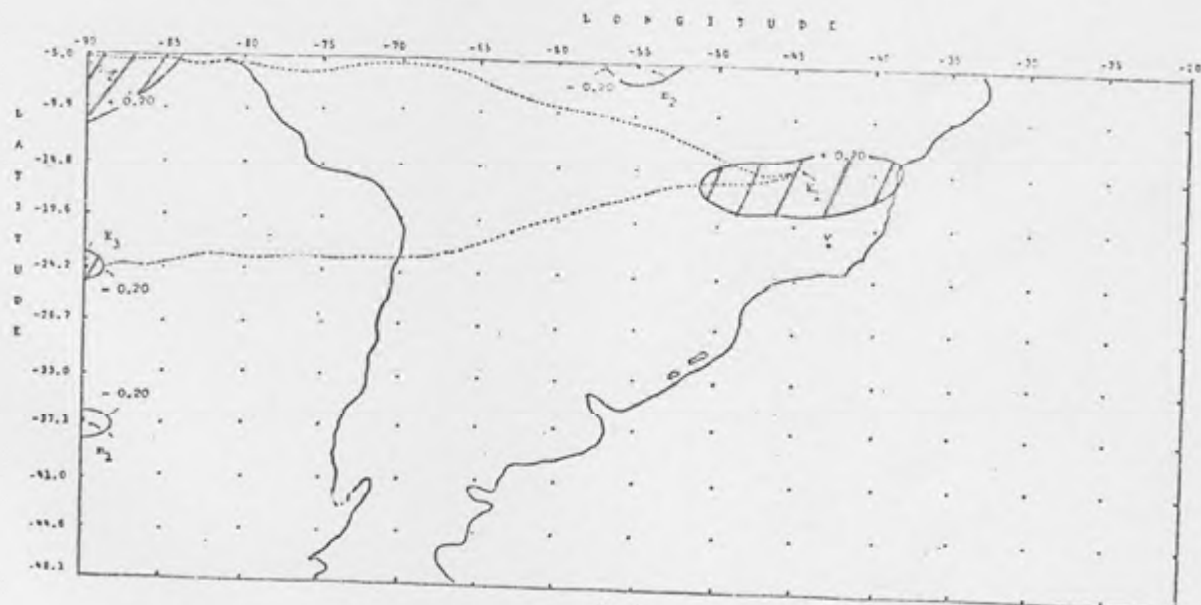
de 1931 a 1960. Em virtude dos índices de precipitação do mês de julho, nos anos de 1974, 1975 e 1976, anos do presente estudo, terem tido a média de 44,41 mm (32,81 mm acima da média 11,6 mm), aparentemente anômala para o período, procedeu-se a análise de correlações somente para o mês de janeiro, que apresentou média do total de precipitação de 242,0 mm, superior somente em 9,3 mm à normal de 232,7 mm.

A Figura 20 mostra a correlação da série "desvio de precipitação de Viçosa" com a série "desvio da componente μ -500 hPa - Grade", para o mês de janeiro dos anos de 1974, 1975 e 1976, mantendo a série de Viçosa fixa e defasando as demais para: a) -5 dias, b) -4 dias, c) -3 dias, d) -2 dias, e) -1 dia e f) zero, conforme mostram as várias partes indicadas pelas letras citadas.

A Figura 20a mostra em destaque a configuração cujo ponto M_4 ($r = +0,223$) está localizado em $19,6^{\circ}\text{S}/40^{\circ}\text{W}$. Apesar desse ponto não ter maior valor de coeficiente de correlação é o único que se apresenta, para essa defasagem, próximo ao ponto de referência-Viçosa. Na parte b da mesma figura, esse ponto, agora denotado por M_1 , desloca-se para NW e aumenta o seu coeficiente de correlação para 0,283. Na parte c, para a defasagem de -3 dias, essa configuração apresenta-se bastante prolongada, com o ponto de máxima correlação M_1 ($r = 0,306$, em $19,6^{\circ}\text{S}/55^{\circ}\text{W}$), tendo se deslocado para Sudoeste. Até a defasagem de -3 dias, o ponto de máxima correlação próximo à Viçosa apresentou uma mudança de orientação de NW/SE para W/E, daí para SW/NE, parecendo denotar a passagem de uma onda de Oeste para Este, ou um cavado em altos níveis, associado

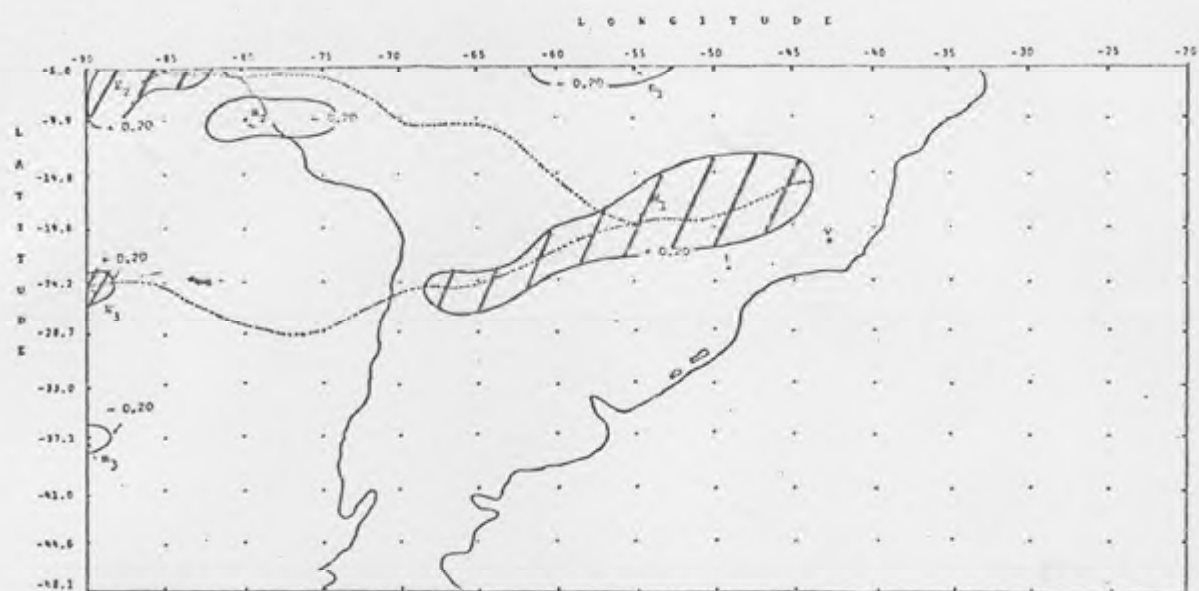


(a)

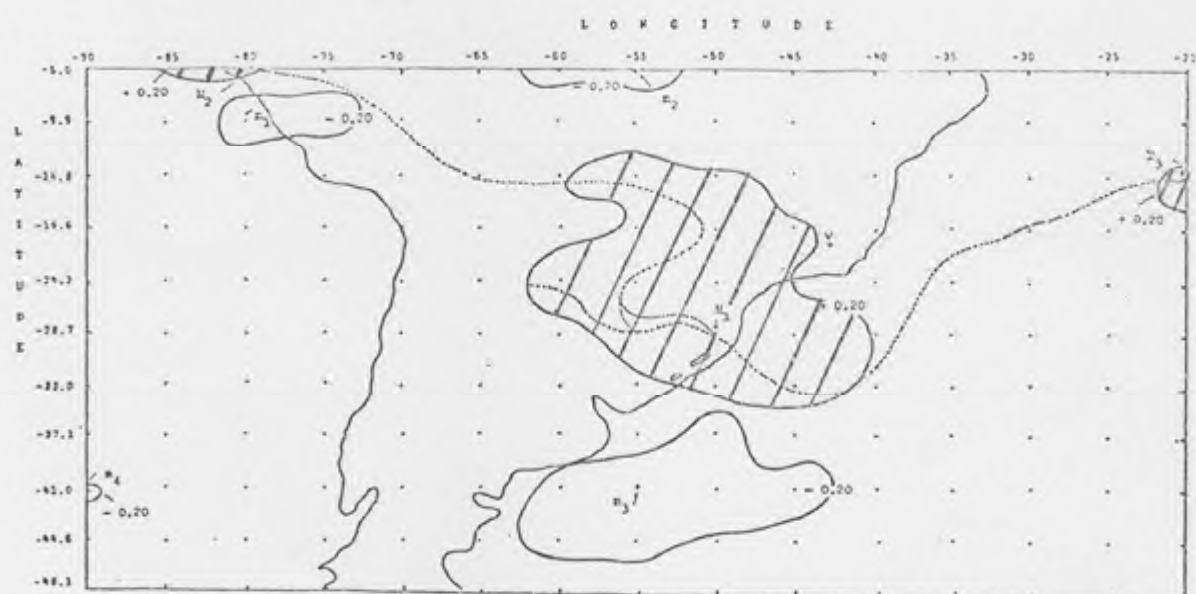


(b)

FIGURA 20 - Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlações da Série "Desvio de Precipitação - Viçosa" com a Série "Desvio da Componente w - 500 hPa", para Janeiro dos Anos de 1974, 1975 e 1976. Defasagens (em Dias): a) -5, b) -4, c) -3, d) -2, e) -1 e f) Zero.



(c)



(d)

FIGURA 20 - Cont.

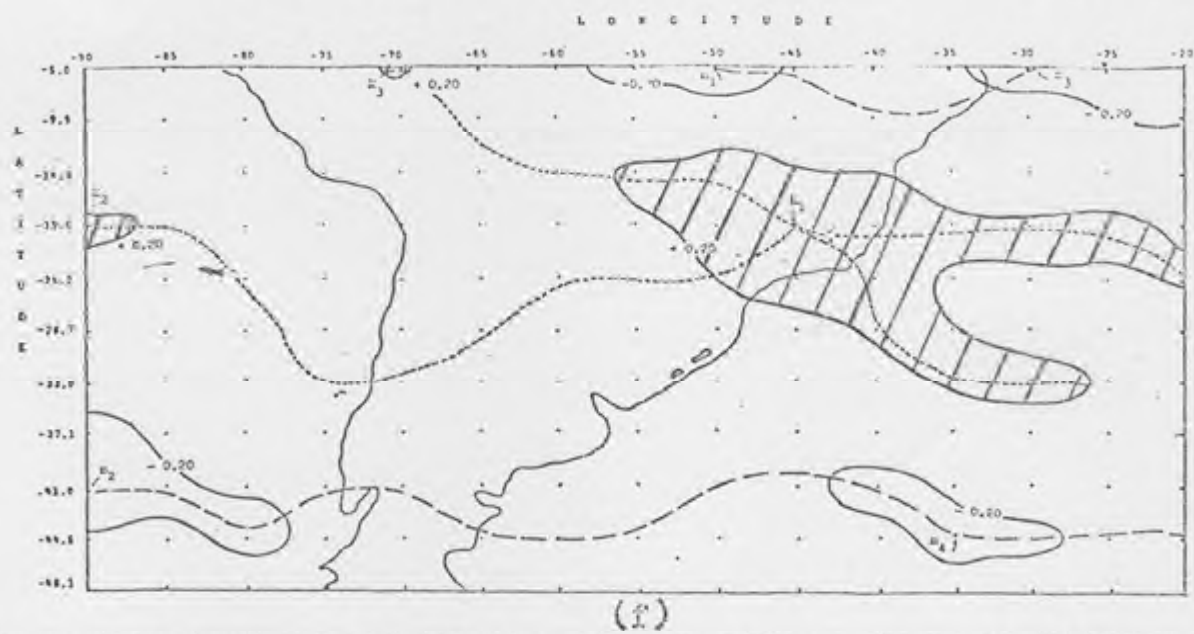
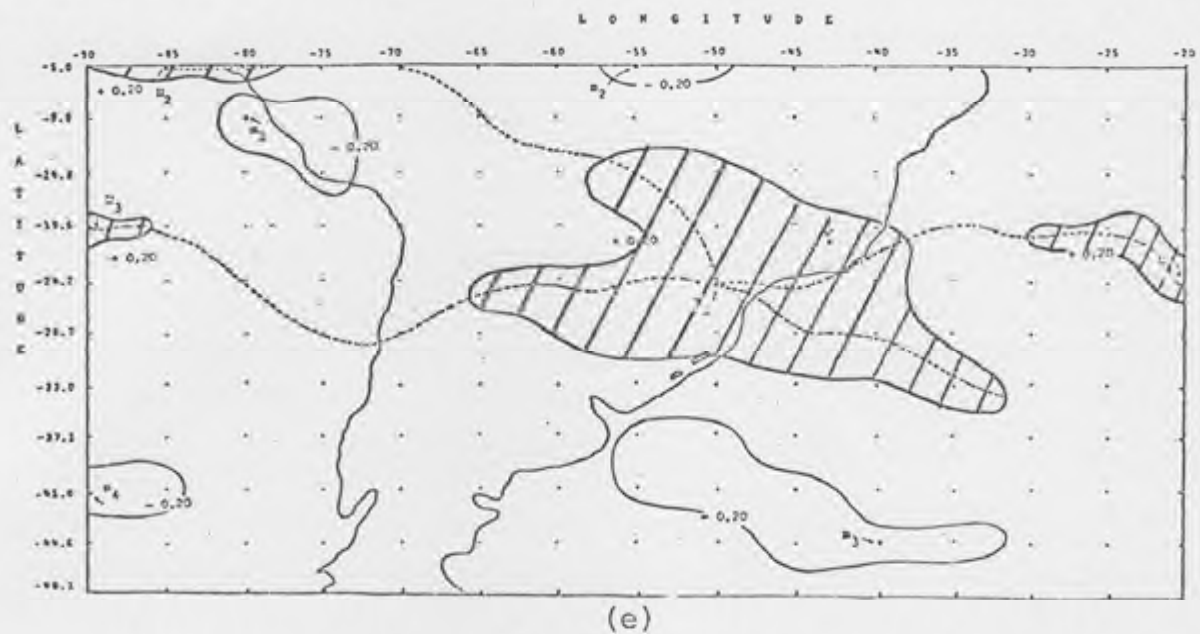


FIGURA 20 - Cont.

a uma superfície frontal, concomitantemente à uma possível intensificação da "Baixa do Chaco" em superfície. O jato subtropical não é percebido nas latitudes mais elevadas, de 25 a 30°S, devido a um amplo domínio do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Confirmando a análise, verifica-se na Figura 20d, agora sim, a presença de um pulso do jato subtropical e de outro pulso contrário, associado à presença de uma baixa em superfície. A configuração que contém o ponto M_1 ($r = 0,352$, em 28,7°S/50°W) apresenta-se como se fosse composta do desvio positivo ou pulso do jato subtropical, sobre o Rio Grande do Sul e dos Oestes, devido à atuação da "Baixa do Chaco", que nesse nível já torna clara a presença da "Alta da Bolívia", contribuindo para a intensificação do escoamento de Oeste. Essa situação de intensificação dos Oestes é por vezes geradora de instabilidade nos baixos níveis, caso haja umidade e calor numa atmosfera condicionalmente estável; um dos sistemas característicos é a chamada linha de instabilidade, que se forma no interior do continente e é arrastada na direção Sudeste por esse escoamento que contém M_1 . Daí a correlação significativa entre o desvio de precipitação em Viçosa e o desvio da componente u . O sistema de correlações negativas que contém o ponto m_3 ($r = -0,321$, em 41°S/55°W) encontra-se sobre o oceano, indicando a posição dos sistemas de baixas pressões, associadas às frentes polares, comuns nessa época do ano. Continuando, verifica-se na Figura 20f, para a defasagem de -1 dia, que o sistema denotado por M_1 ($r = 0,361$, em 24,2°S/60°W) encontra-se mais distendido em sua borda Sul, denotando uma maior área dos

Oestes, que influencia por perturbação do campo, o regime de precipitação em Viçosa. O sistema que compreende o ponto m_3 ($r = -0,261$, em $44,6^{\circ}\text{S}/40^{\circ}\text{W}$) mostra-se mais deslocado para Leste, inclusive o próprio ponto m_3 , conforme pode ser observado na parte e da figura em discussão.

Para a defasagem de zero dia, o sistema identificado pelo ponto m_3 na defasagem anterior, agora rotulado por m_4 ($r = -0,246$, em $44,6^{\circ}\text{S}/35^{\circ}\text{W}$), desloca-se para Leste, dando a entender que esse sistema não exercerá atuação na direção das latitudes mais baixas, o que é característico dos ciclones extra-tropicais que ocorrem na costa do continente sulamericano no verão. O sistema indicado por M_1 ($r = 0,341$, em $19,6^{\circ}\text{S}/45^{\circ}\text{W}$) sofreu um significativo deslocamento para Nordeste e apresenta uma configuração bifurcada sobre o Oceano Atlântico, mostrando uma difluência dos Oestes.

Analisando os outros sistemas, verifica-se, inicialmente, que o sistema identificado por m , na parte a da figura, mantém-se, até a defasagem de zero dia, praticamente com seu ponto de máxima correlação em $5,0^{\circ}\text{S}/55^{\circ}\text{W}$, exceto para a defasagem de zero dia, onde o sistema se desloca 5° para Leste. Seus valores de correlação são: $-0,243$, $-0,218$, $-0,304$, $-0,365$, $-0,297$ e $-0,307$. As demais configurações de correlações, que se localizam na parte Oeste do continente ou sobre o Pacífico, nas defasagens -5 , -4 , -3 , -2 e -1 dia, apesar de significativas estatisticamente, não o são fisicamente. Para a defasagem de zero dia, resta discutir as configurações identificadas pelos pontos m_2 e m_3 , já que o ponto M_2 , pelo seu histórico, e o M_3 foram julgados como não tendo

representatividade física. O ponto m_2 ($r = -0,250$, em $41^\circ\text{S}/90^\circ\text{W}$) pode ser indicativo de um cavado ou de um sistema frontal que se aproxima do continente sulamericano, e que tenha origem no Oceano Pacífico. Surge ainda o sistema que contém o ponto de mínima correlação m_3 ($r = -0,246$, em $5^\circ\text{S}/30^\circ\text{W}$) sem associação física.

Numa análise geral, pode-se dizer, contudo, que apesar das correlações serem baixas, são significantes, permitindo algumas observações com relação aos sistemas transientes sobre a América do Sul, especialmente sobre o Brasil.

4.5.4. *Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlações da Série "Desvio de Precipitação - Viçosa" com a Série "Desvio da Componente u - Grade - 850 hPa", para o Mês de Janeiro de 1974/1975/1976*

Numa tentativa de se atingir maior detalhamento da influência da componente zonal na ocorrência de precipitação, foram traçadas as distribuições geográficas das correlações entre as séries do desvio da componente u no nível de 850 hPa e a série do desvio de precipitação de Viçosa. Tais análises foram feitas somente para o mês de janeiro, tendo em vista o outro mês extremo, o de julho, ter apresentado anômalo, em termos de precipitação para Viçosa, MG.

O nível de 850 hPa foi escolhido por duas razões: primeiro, pela disponibilidade de tais dados e, segundo, por ser um nível próximo à superfície que, além de eliminar grande parte do atrito no escoamento atmosférico, é influenciado diretamente por sistemas de meso-escala que, porventura, venham a ocorrer.

Numa análise geral da Figura 21, observa-se de imediato a existência de cinco partes somente, não existindo a figura correspondente à defasagem de -5 dias, isto porque as correlações feitas foram não significativas ao nível de 5%, que foi o nível de significância adotado. Tal informação é apresentada abaixo da primeira figura. Verifica-se, nas figuras elaboradas, que as configurações cujas dimensões abrangiam uma escala continental, ou até mesmo regional, não estão muito presentes.

Iniciando pela Figura 21a, para a defasagem de -4 dias, pode-se identificar três pontos de correlação positiva com a série de desvio de precipitação em Viçosa. O primeiro deles, M_1 ($r = 0,241$, em $14,8^{\circ}\text{S}/50^{\circ}\text{W}$), localiza-se no interior do continente sobre o Estado de Goiás, dando a entender que sobre aquela região um desvio positivo na componente u , gerado, talvez, por uma formação convectiva local, venha a influenciar positivamente na precipitação pluviométrica sobre Viçosa. Essa intensificação da componente u tem por mecanismo gerador os sistemas convectivos locais que, mantidos pelo fornecimento de umidade e de aquecimento à superfície, liberam calor latente de condensação para a atmosfera, transformando essa energia potencial em energia cinética, para o escoamento zonal, que por sua vez arrasta essas formações curvuliformes em direção ao litoral; são as conhecidas linhas de instabilidade, características do verão, que atingem Minas Gerais, propiciando elevados índices de precipitação em curto período. O sistema que contém o ponto M_2 ($r = 0,209$, em $28,7^{\circ}\text{S}/90^{\circ}\text{W}$) parece ter presença somente nessa análise de

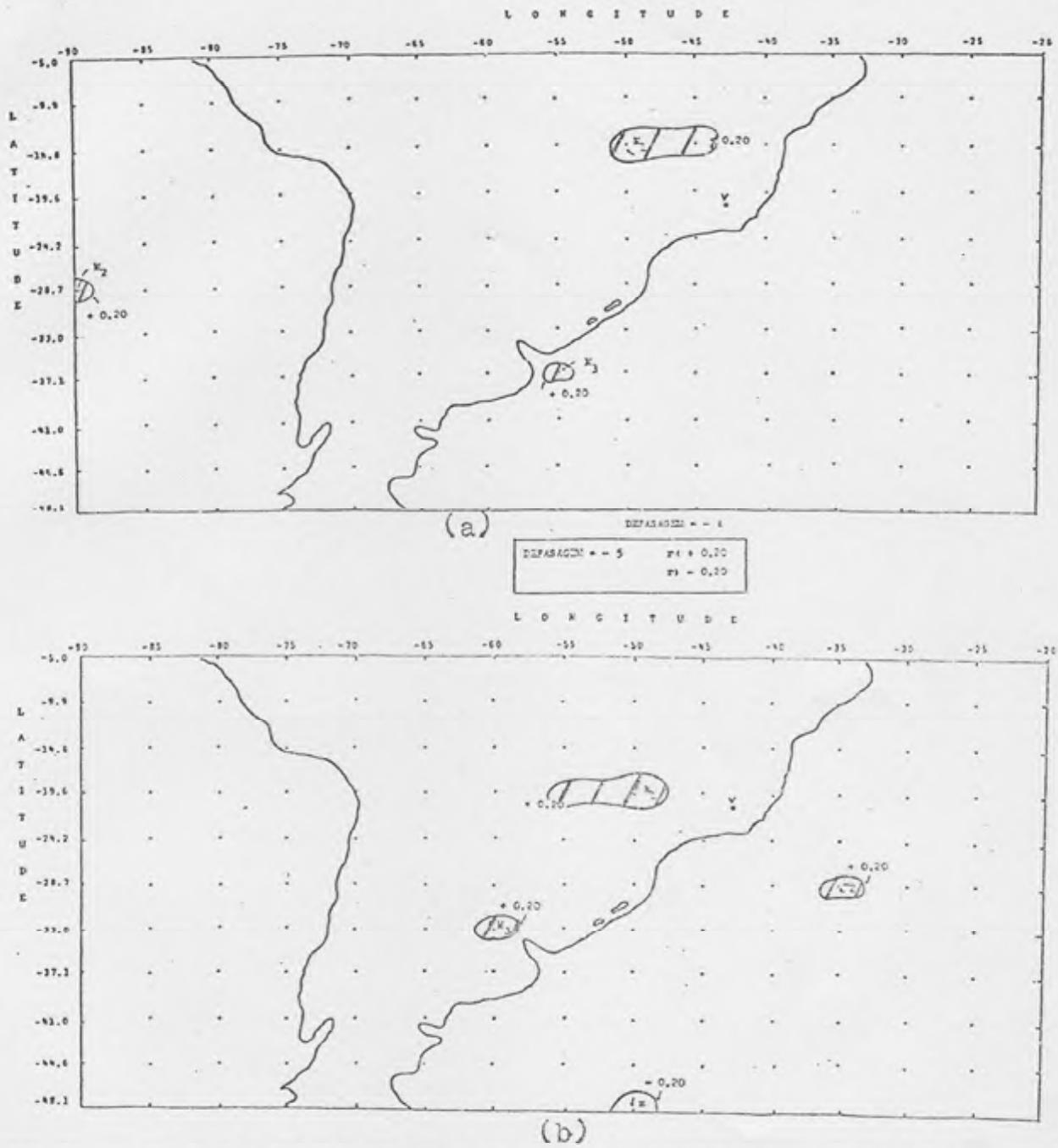
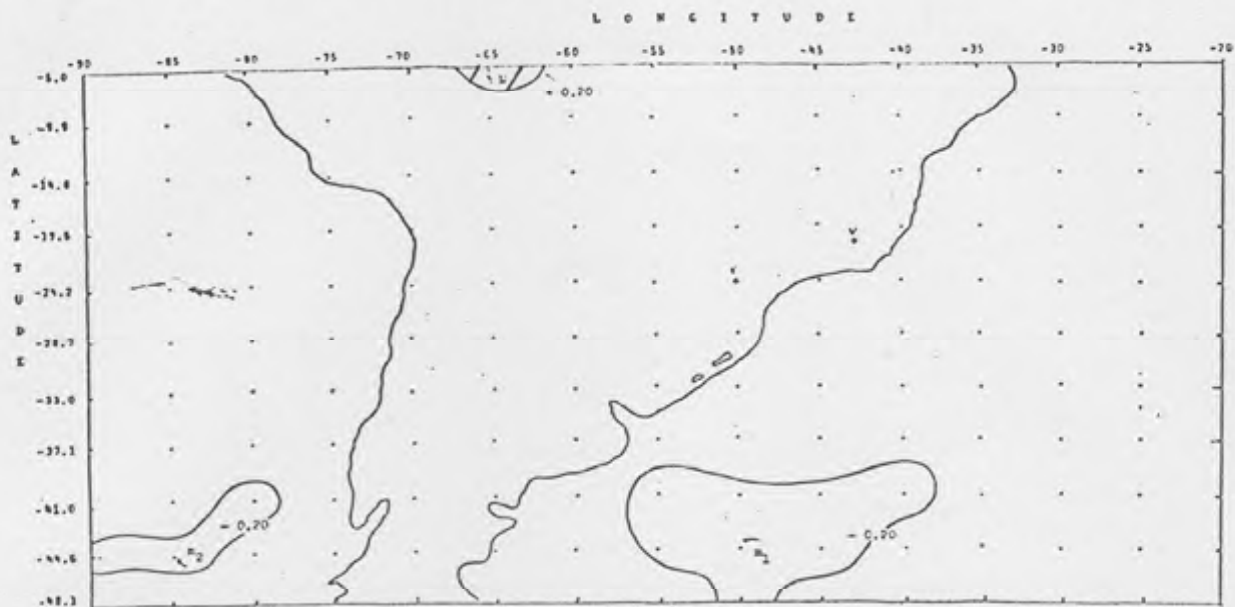
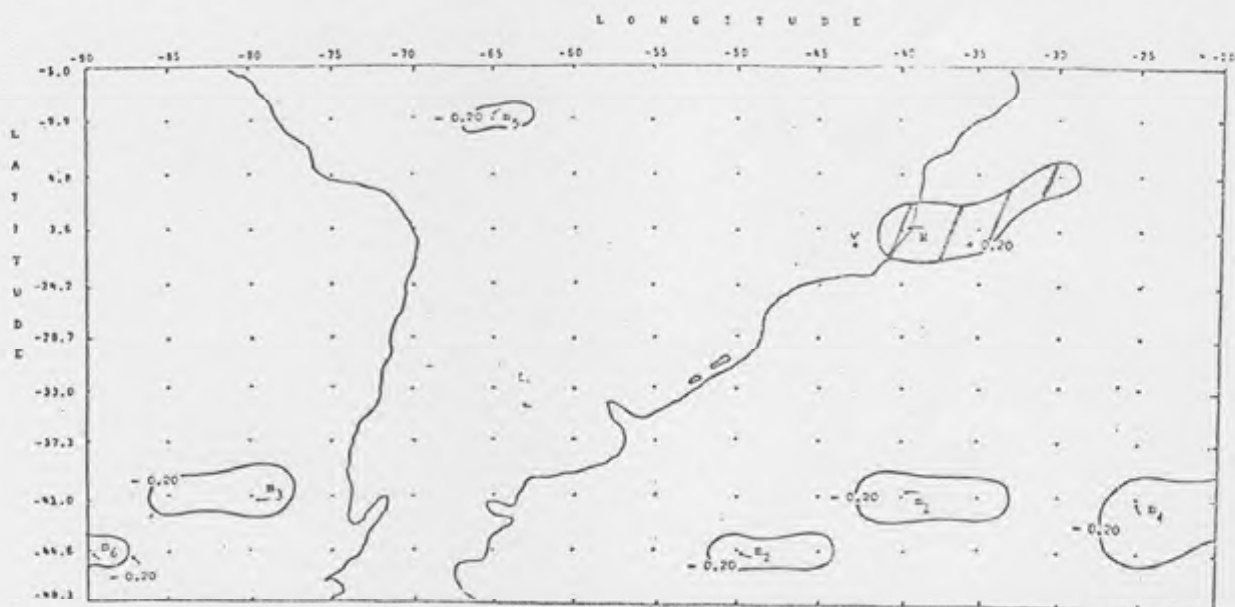


FIGURA 21 - Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlações da Série "Desvio de Precipitação - Viçosa" com a Série "Desvio da Componente u - 850 hPa", para Janeiro dos Anos de 1974, 1975 e 1976. Defasagens (em Dias): a) -4, b) -3, c) -2, d) -1 e e) Zero.



(c)



(d)

FIGURA 21 - Cont.

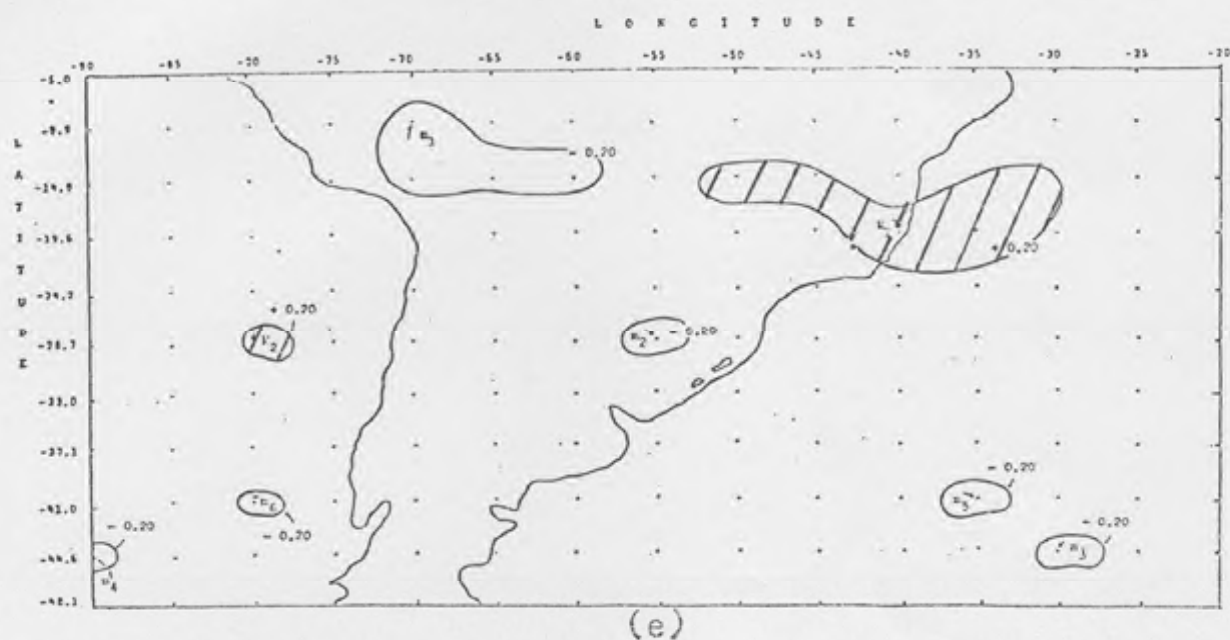


FIGURA 21 - Cont.

defasagem de -4 dias, daí a razão pela sua não discussão. A configuração localizada próximo ao Rio da Prata, sobre o oceano, apresenta máximo de correlação M_3 ($r = 0,209$) em $37,1^\circ S / 55^\circ W$. Sua presença pode estar associada a sistemas de escala sub-sinótica, cuja origem pode estar associada à vértices

ciclônicos ou à presença do jato subtropical, ambos em altos níveis, ou à própria baroclinicidade da atmosfera.

Para a defasagem de -3 dias (Figura 21b) observa-se um deslocamento para Sul do ponto M_1 ($r = 0,276$, em $19,6^{\circ}\text{S}/50^{\circ}\text{W}$), mostrando uma estreita relação com a formação de sistemas convectivos locais que, de uma certa maneira, tem comportamento serial relativamente semelhante ao da precipitação de Viçosa. O sistema identificado por M_2 ($r = 0,206$, em $28,7^{\circ}\text{S}/35^{\circ}\text{W}$) não traz muitos subsídios para análise, parecendo estar associado às instabilidades localizadas, face ao grande aquecimento a que estão submetidas as águas superficiais do oceano, ressaltando-se, também, o fato da atuação da corrente oceânica quente e, ainda, por estar aquela região próxima à borda instável do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. A configuração que contém o ponto M_3 ($r = 0,216$, em $33^{\circ}\text{S}/60^{\circ}\text{W}$) pode estar associada aos sistemas de escala sub-sinótica. O mínimo m ($r = 0,241$, em $48,1^{\circ}\text{S}/50^{\circ}\text{W}$) pode estar associado à uma penetração frontal de trajetória atlântica.

A Figura 21c, relativa à defasagem de -2 dias, mostra nitidamente um avanço do sistema, anteriormente, identificado como frontal. Seu ponto de mínima correlação m_1 ($r = -0,318$, em $44,6^{\circ}\text{S}/50^{\circ}\text{W}$) sofreu um deslocamento para Norte, e sua configuração se expande lateralmente. Um outro ponto, porém de máxima correlação M ($r = 0,236$, em $5^{\circ}\text{S}/65^{\circ}\text{W}$), surge sem histórico. A configuração identificada pelo ponto m_2 ($r = -0,229$, em $44,6^{\circ}\text{S}/85^{\circ}\text{W}$) pode estar associada a uma invasão polar por trajetória Pacífica, o que é pouco comum nessa época do ano.

Na figura seguinte, para a defasagem de -1 dia, pode-

se observar configurações que contêm os pontos m_1 ($r = -0,285$, em $41,0^\circ\text{S}/40^\circ\text{W}$), m_2 ($r = -0,265$, em $44,6^\circ\text{S}/50^\circ\text{W}$) e m_4 ($r = -0,216$, em $41,0^\circ\text{S}/25^\circ\text{W}$), que parecem resultar da configuração maior indicada por m_1 na figura anterior; isso sugere que a possível invasão polar tenha sido bloqueada pelo Anticiclone Subtropical, ou que a própria massa de origem polar não tenha tido intensidade (energia) suficiente para penetrar em latitudes mais baixas, o que é característico no verão. Situação semelhante parece ocorrer com as configurações m_3 ($r = -0,231$, em $41,0^\circ\text{S}/80^\circ\text{W}$) e m_6 ($r = -0,209$, em $44,6^\circ\text{S}/90^\circ\text{W}$). O anticiclone polar com trajetória Pacífica não apresenta energia suficiente para atingir latitudes mais baixas e entra em transição, descaracterizando-se por completo. O pequeno sistema m_5 ($r = -0,209$, em $9,9^\circ\text{S}/65^\circ\text{W}$) surge muito próximo ao local onde, na defasagem anterior, existia uma configuração positiva, caracterizando uma mudança de circulação que não condiz com a dinâmica da região. Ao que parece, o sinal negativo para a referida configuração já era esperado, estando associado às linhas de instabilidade. Uma configuração identificada por M ($r = 0,224$, em $19,6^\circ\text{S}/40^\circ\text{W}$) também surge na Figura 21d, aparentemente de forma repentina. No entanto, pode-se verificar que existe um histórico dessa configuração, ao se observar o referido sistema, nas partes a e b da figura, identificado em ambas, por M_1 . Seguindo esse raciocínio o sistema M_1 , em discussão, passa a dar continuidade à idéia do deslocamento de linhas de instabilidade.

Por fim, a Figura 21, em sua parte e, proporciona as devidas conclusões. O sistema M_1 ($r = 0,374$, em $19,6^\circ\text{S}/40^\circ\text{W}$),

sem dúvida alguma, refere-se à linha de instabilidade que se origina desde Goiás, atravessando Minas Gerais, passando pelo Espírito Santo e Norte do Rio de Janeiro, daí dirigindo-se para o mar. Esse sistema é característico de verão e a sua passagem é caracterizada por intensas precipitações, originadas de intensos cumulonimbus. O aumento na dimensão da configuração, principalmente, de defasagem de -1 dia para a defasagem de zero dia, denota o tempo de duração dessas linhas de instabilidade, que, em média, é de até 24 horas. A configuração identificada por m_1 ($r = -0,267$ em $9,9^\circ\text{S}/70^\circ\text{W}$) indica que toda aquela área do Sul do Amazonas está sujeita à formações convectivas. As pequenas células que contêm os pontos m_5 ($r = -0,214$, em $41,0^\circ\text{S}/35^\circ\text{W}$) e m_3 ($r = -0,241$, em $44,6^\circ\text{S}/30^\circ\text{W}$) são vestígios da pretendida invasão polar, que vem sendo acompanhada desde a defasagem de -2 dias. O ponto m_2 ($r = -0,253$, em $28,7^\circ\text{S}/55^\circ\text{W}$) e sua configuração envolvente podem estar associados a algum sistema de escala sub-sinótica, comum no Sul do Brasil, a partir dessa época do ano. A célula que contém M_2 ($r = 0,212$, em $28,7^\circ\text{S}/80^\circ\text{W}$) não apresenta histórico, sendo, portanto, associada a um eventual sistema. As configurações m_4 ($r = -0,217$, em $44,6^\circ\text{S}/90^\circ\text{W}$) e m_6 ($r = -0,213$, em $41,0^\circ\text{S}/80^\circ\text{W}$) sugerem a ocorrência de instabilidades locais, devido a passagem de cavados em altos níveis.

Cabe, ainda, um outro comentário com relação à ocorrência de configurações, tanto de sinais positivos como negativos, em localizações diversas. Esse fato não assegura que tais sistemas tenham influência direta sobre o regime de precipitação em Viçosa, a não ser que mostrem uma evolução

temporal conectada à distribuição de modo satisfatório.

Por fim, uma observação bastante interessante se faz necessária, no que se refere à consistência vertical, principalmente, das configurações associadas às linhas de instabilidade originadas na região de Goiás, Leste da Bahia e Noroeste de Minas Gerais, julgadas como exercendo influência sobre Viçosa. Pode-se observar, por comparação da Figura 20 com a Figura 21, em suas mesmas defasagens, que as posições das configurações são bastante próximas. Fisicamente essa consistência vertical parece indicar que os sistemas identificados como linhas de instabilidade que atuam sobre Minas Gerais estão presentes na camada 850/500 hPa, portanto, adquirindo relativo desenvolvimento vertical, o que sugere intensa atividade convectiva.

4.5.5. *Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlação da Série "Desvio de Espessura da Camada 850/500 hPa - Viçosa" com a Série "Desvio de Espessura da Camada 850/500 hPa - Grade", para o Mês de Janeiro de 1974/1975/1976*

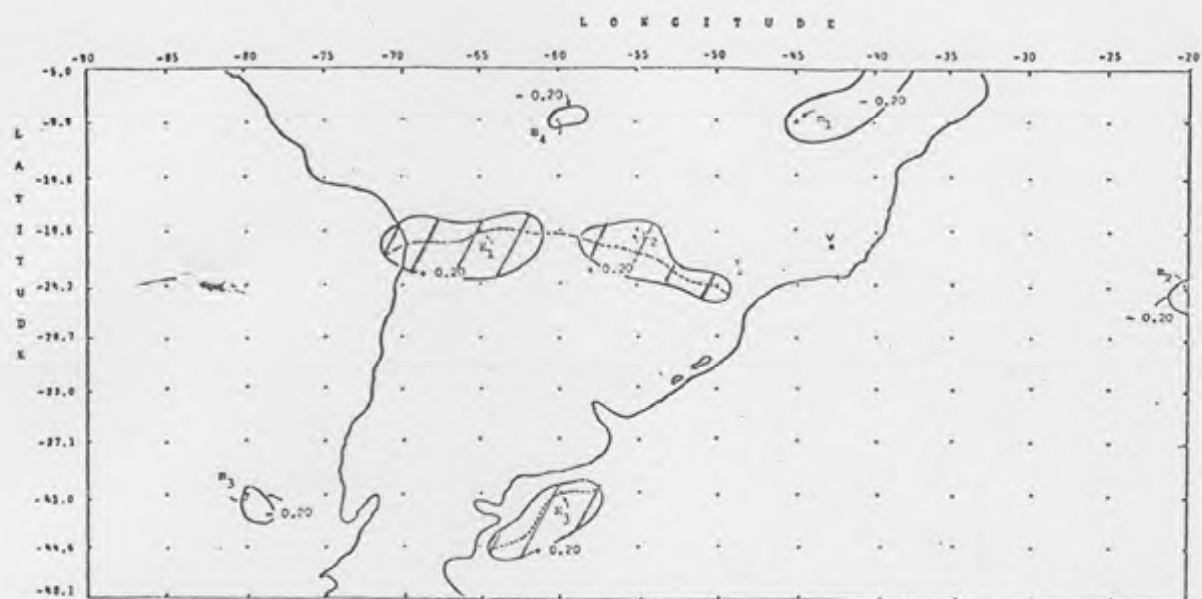
A seguir serão apresentadas as análises da distribuição geográfica das correlações do desvio de espessura da camada 850/500 hPa, para Viçosa, com o desvio de espessura da camada 859/500 hPa, para cada ponto de grade.

A camada 850/500 hPa, ou seja, a diferença entre as alturas dos níveis de pressão de 850 e de 500 hPa, retrata muito bem os sistemas que atuam na faixa tropical da América do Sul, principalmente, aqueles de origem térmica que têm,

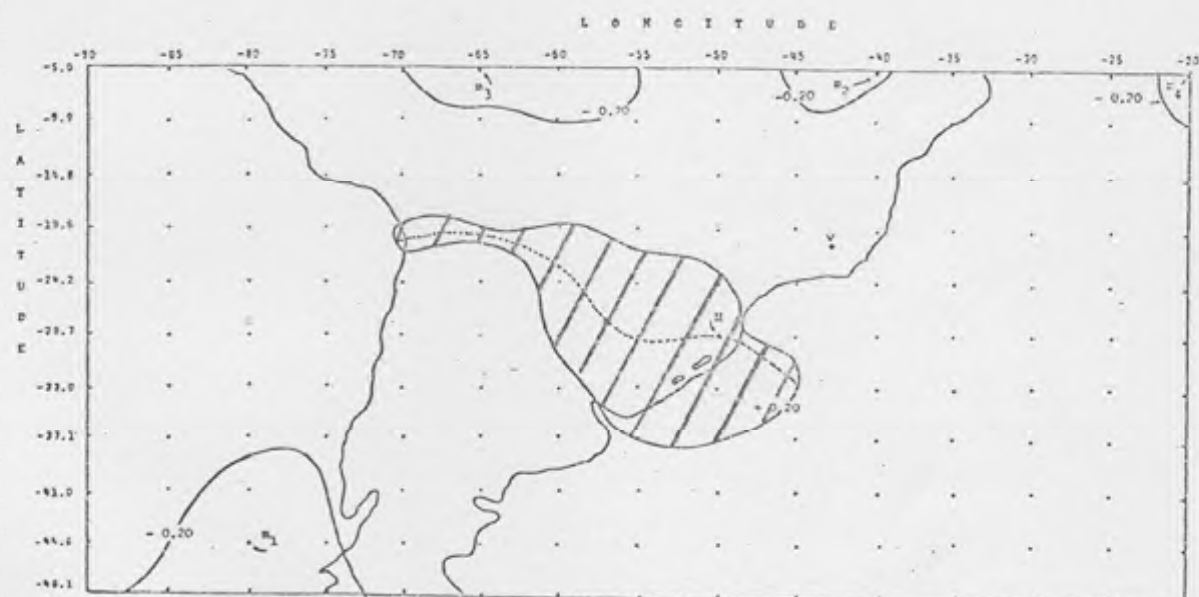
nessa camada, o seu desenvolvimento. Outro motivo para a utilização dessa camada é que as cotas das configurações topográficas do continente, em sua maior parte, apresentam-se abaixo de 1.500 metros, daí os efeitos orográficos serem eliminados.

Numa vista geral da Figura 22, pode-se observar, a partir da parte a, uma expansão de uma configuração fechada de máxima correlação no sentido Sudeste e também para Noroeste, depois Sudoeste (com menor intensidade) à medida que uma outra configuração de correlação negativa surge de Sul, expande-se e desloca-se para Este/Nordeste.

Iniciando a análise pela parte a da Figura 22, nota-se, em destaque no interior do continente, duas células identificadas pelos seus pontos de máxima correlação M_1 ($r = 0,262$, em $19,6^{\circ}S/65^{\circ}W$) e M_2 ($r = 0,252$, em $19,6^{\circ}S/55^{\circ}W$), que se estendem desde a Bolívia, passando pelo Mato Grosso do Sul, Sudoeste de Minas Gerais e Noroeste de São Paulo, significando que toda essa região apresenta-se com características semelhantes à da série de Viçosa. Como essa região recebe bastante radiação solar, conseqüentemente, é uma região de elevadas temperaturas médias; portanto, essa faixa citada, praticamente coincide com a faixa termal média que apresenta maiores valores, conforme pode ser verificado pelas cartas de normais climatológicas (5). Cabe ressaltar que a célula M_1 está inserida numa zona de índice pluviométrico abaixo de 200 mm para janeiro, enquanto a célula M_2 tem associação com uma zona de precipitação entre 200 e 500 mm, para o referido mês. O aumento de espessura sugerido pela localização dos

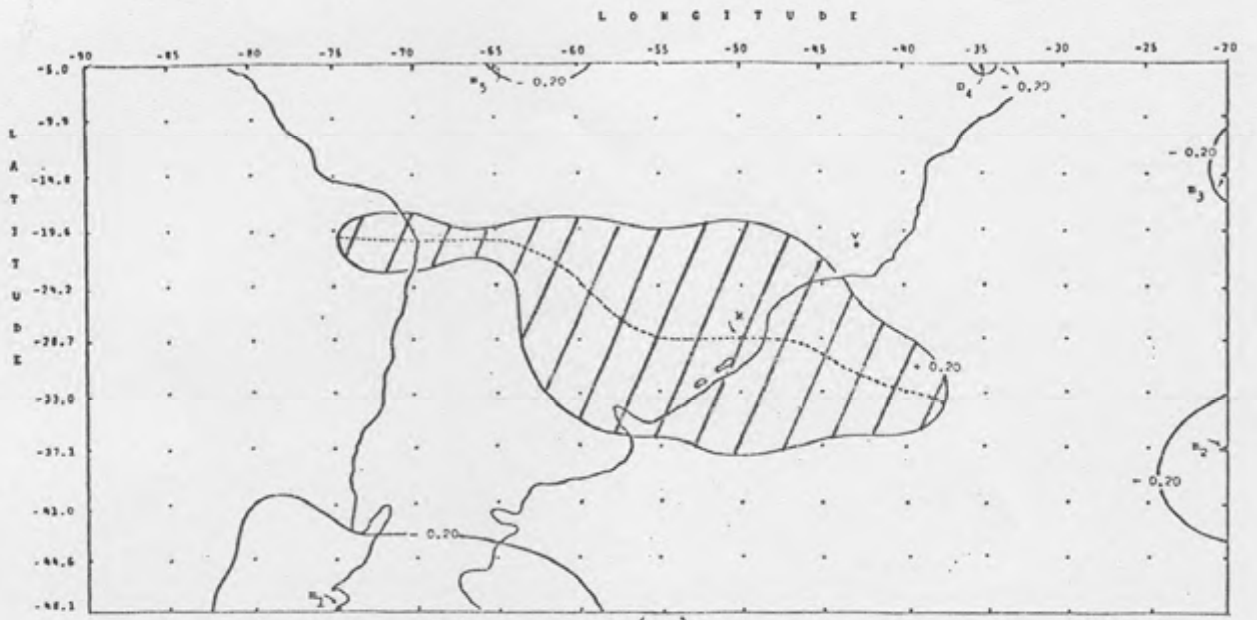


(a)

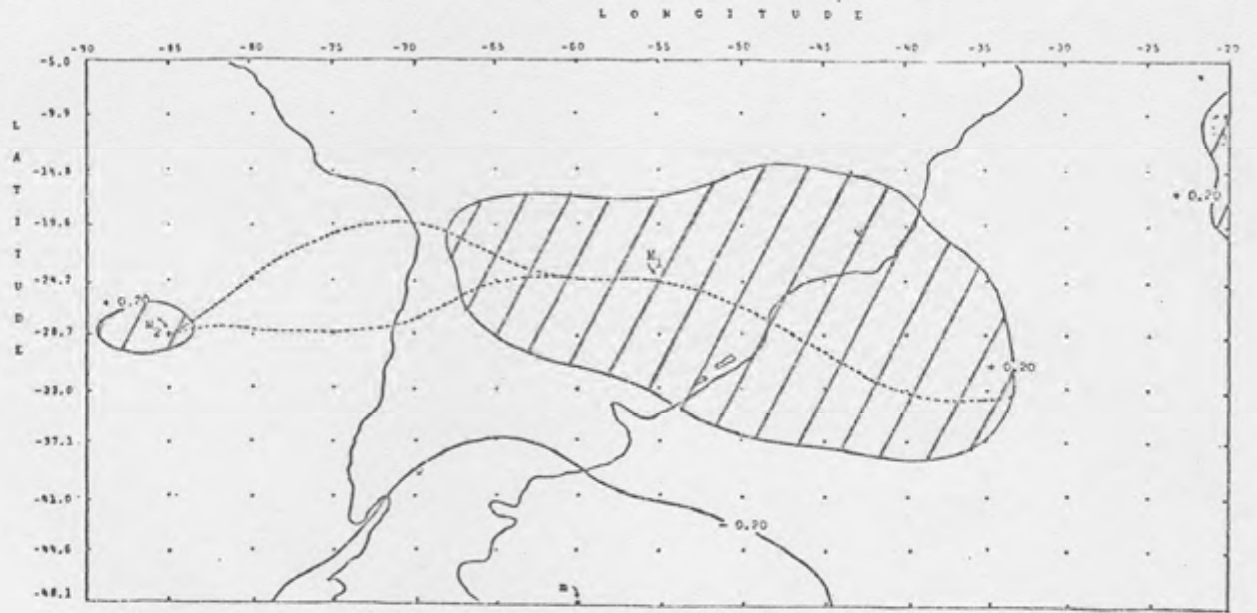


(b)

FIGURA 22 - Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlações da Série "Desvio de Espessura da Cama da 850/500 hPa - Viçosa" com a Série "Desvio de Espessura da Cama da 850/500 hPa - Grade", para Janeiro dos Anos de 1974, 1975 e 1976. Defasagens (em Dias): a) -5, b) -4, c) -3, d) -2, e) -1 e f) Zero.



(c)



(d)

FIGURA 22 - Cont.

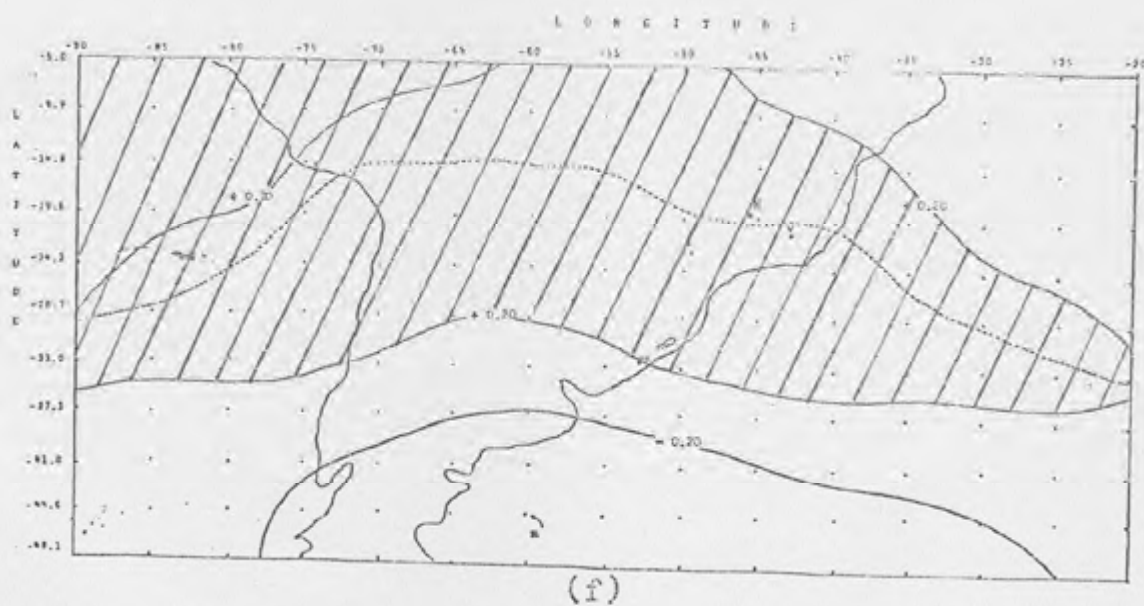
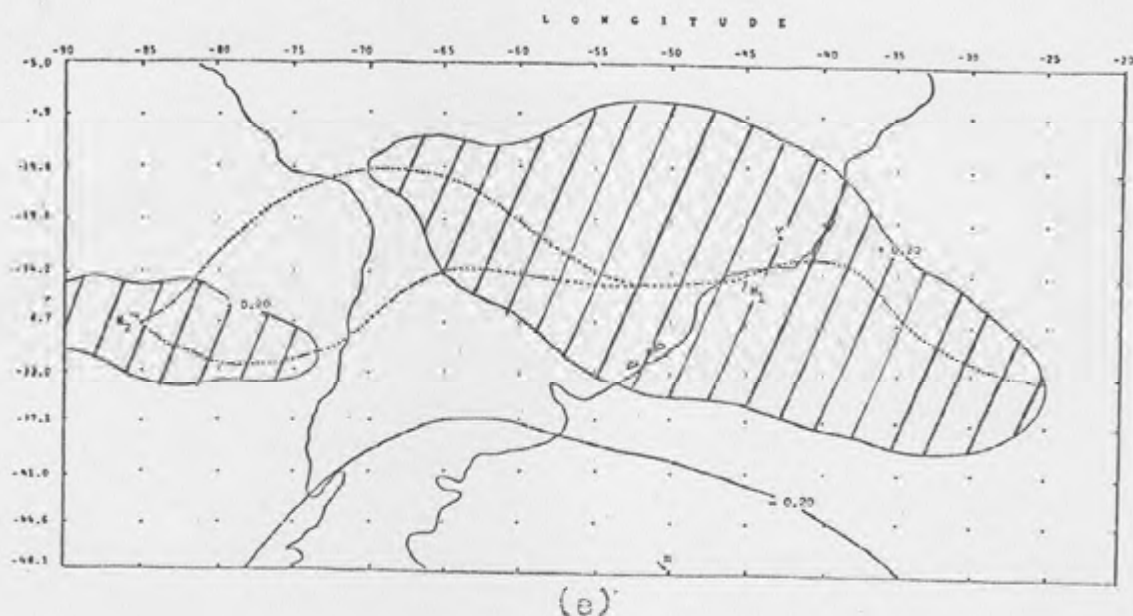


FIGURA 22 - Cont.

núcleos M_1 e M_2 , já que é uma região de intensa incidência de radiação solar no verão, tem associado, portanto, um significativo índice de precipitação, caracterizando a presença de um mecanismo atmosférico eficaz, no sentido de gerar precipitações pluviométricas. Outro detalhe é que o limite

lateral direito da configuração M_2 coincide com a região de máxima precipitação (cerca de 300 mm) à barlavento da Serra da Canastra, em Minas Gerais. A configuração m_1 ($r = -0,235$) apresenta-se orientada de NE para SW, penetrando pelo Estado do Piauí. Esse sistema parece estar associado aos alíseos, carreando ar mais frio, oriundo do Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte, mais intenso nessa época do ano, para o interior do Brasil. A célula tropical identificada por m_4 ($r = -0,201$, em $9,9^\circ\text{S}/60^\circ\text{W}$) surge em decorrência da compensação de outro sistema vizinho. A configuração que comporta o ponto M_3 ($r = +0,217$, em $41,0^\circ\text{S}/60^\circ\text{W}$) surge sobre o oceano, próximo à Bahia Blanca, em região reconhecidamente de intensificação ou formação de sistemas frontais, denominada frontogenética. Nessa região, observa-se características semelhantes com a espessura de Viçosa e com os sistemas M_1 e M_2 , tropicais por natureza, sugerindo convergência em baixos níveis, devido à mecanismos dinâmicos. O ponto m_3 ($r = -0,202$, em $41,0^\circ\text{S}/80^\circ\text{W}$) parece estar associado a um cavado polar que, nos altos níveis, advecta ar frio, atuando, portanto, no sentido de reduzir a espessura da camada 850/500 hPa sobre a região em questão. Como último ponto a ser descrito nessa figura, verifica-se o ponto m_2 ($r = -0,203$, em $24,2^\circ\text{S}/20^\circ\text{W}$) que, climatologicamente, parece estar associado ao centro do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Daí o sinal negativo de correlação em oposição aos sistemas M_1 e M_2 , por exemplo, haja vista a subsidência (correntes verticais descendentes) que é característica dos centros anticiclônicos, inibindo dessa maneira formações de nebulosidade em seu seio.

Empregando novamente o conceito de "Índice de Contraste Subtropical-Polar (ICSTP)", verifica-se que para essa defasagem não estão bem definidos os sistemas subtropical e polar.

A Figura 22b, relativa à defasagem de -4 dias, mostra uma certa expansão do sistema identificado por M ($r = 0,312$, em $28,7^{\circ}\text{S}/50^{\circ}\text{W}$) em direção a Sudeste. Tal configuração sugere um avanço do sistema tropical em direção ao Norte do Paraná, que justifica o motivo pelo qual o regime de precipitação daquele setor é semelhante ao regime do Centro-Oeste do Brasil, diferenciando-se, portanto, do regime bem distribuído anualmente, com ritmo sazonal uniforme, característico da região Sul do Brasil (30). Pelo lado do Pacífico, observa-se uma acentuada expansão do sistema identificado por m_1 ($r = -0,318$, em $44,6^{\circ}\text{S}/80^{\circ}\text{W}$), sugerindo um avanço de massa polar com trajetória sobre aquele oceano. O sistema m_2 ($r = -0,218$, em $5^{\circ}\text{S}/40^{\circ}\text{W}$), de modo análogo ao sistema m_1 da defasagem de -5 dias, parece representar uma invasão de ar mais frio de Hemisfério Norte. A configuração m_3 ($r = -0,217$, em $5^{\circ}\text{S}/65^{\circ}\text{W}$) sugere processo semelhante ao da configuração m_2 . Por fim, o ponto m_4 ($r = -0,217$, em $5^{\circ}\text{S}/20^{\circ}\text{W}$) tem na influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte, sua razão de ser.

Empregando o conceito de ICSTP, tem-se para defasagem de -4 dias, o valor de 0,630, destacando-se o quase balanceamento dos sistemas M ($r = +0,312$) e m_1 ($r = -0,318$).

Para a distribuição geográfica das correlações com defasagem de três dias (Figura 22c), observou-se uma expansão do

sistema identificado por M ($r = 0,408$, em $28,7^{\circ}\text{S}/50^{\circ}\text{W}$) em relação ao mesmo sistema, para a defasagem de -4 dias. O mesmo ocorre para o sistema identificado por m_1 ($r = -0,446$), porém, com maior expansão para Leste. A configuração que contém o ponto m_2 ($r = 0,293$, em $37,1^{\circ}\text{S}/20^{\circ}\text{W}$) aparece somente nessa defasagem de -3 dias, não sendo, portanto, significativa em virtude de não ter história. Por sua vez, a configuração m_3 ($r = -0,218$, em $14,8^{\circ}\text{S}/20^{\circ}\text{W}$) pode estar associada à influência de correntes oceânicas frias, além da proximidade do centro do Anticlone Subtropical do Atlântico Sul, resultando na estabilização do ar sobrejacente àquela região. A configuração que contém o ponto m_4 ($r = -0,202$, em $5^{\circ}\text{S}/35^{\circ}\text{W}$) parece mostrar a influência da circulação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte sobre o Noroeste do Brasil. Por fim, o sistema m_5 parece exercer uma função compensadora de sistemas convectivos da atmosfera, na região vizinha de sua atuação.

O ICSTP apresenta valor de 0,854, superior em 0,224 ao mesmo índice para a defasagem de -4 dias, denotando movimento dos sistemas envolvidos.

Ao analisar a Figura 22d, referente à defasagem de -2 dias das séries nos pontos de grade, em relação à série de Viçosa, nota-se que, à medida que esses dois sistemas principais identificados por M_1 ($r = 0,514$, em $24,2^{\circ}\text{S}/55^{\circ}\text{W}$) e m ($r = -0,461$, em $48,1^{\circ}\text{S}/60^{\circ}\text{W}$) vão se expandindo, as configurações menores vão desaparecendo. O sistema tropical mostrou ter sofrido um deslocamento em seu ponto de máxima correlação, M_1 , para Noroeste, apesar de sua maior expansão para

Nordeste, inclusive abrangendo Viçosa (ponto V, na figura). A configuração envolvente do ponto de mínima correlação, m , apresenta-se deslocada para Leste, denotando que o sistema tropical parece exercer um forte obstáculo ao seu deslocamento para as baixas latitudes. O ponto M_2 ($r = 0,224$, em $28,7^\circ\text{S}/85^\circ\text{W}$), que surgiu nessa defasagem, indica uma possível influência do jato subtropical em altos níveis que, de certo, também deve exercer influência no sistema identificado no ponto M_1 , originando instabilidade nos níveis baixos. A configuração, cujo valor de máxima correlação é o ponto M_3 ($r = 0,206$, em $9,9^\circ\text{S}/20^\circ\text{W}$), parece existir em função da presença de correntes oceânicas frias e/ou da proximidade do centro do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul.

O ICSTP para a defasagem -2 dias é de 0,975, portanto, 0,121 superior ao mesmo índice para a defasagem de -3 dias.

Passando para a distribuição espacial dos coeficientes de correlações de espessura 850/500 hPa para a defasagem de -1 dia, nota-se a presença de somente três sistemas. A configuração que envolve o ponto M_1 ($r = 0,692$, em $24,2^\circ\text{S}/45^\circ\text{W}$) parece semi-estacionária em sua borda Sul sobre o litoral do continente, enquanto as demais bordas apresentam ligeira expansão lateral. O sistema polar, com ponto de mínima correlação m ($r = -0,555$, em $48,1^\circ\text{S}/50^\circ\text{W}$) apresenta-se expandido para Leste, destacando-se a quase estacionariedade das bordas Norte, Noroeste e Oeste, do mesmo. O ponto m sofreu um deslocamento de 10° no sentido longitudinal. A configuração que delimita o ponto M_2 ($r = 0,281$, em $28,7^\circ\text{S}/85^\circ\text{W}$) apresenta-se mais expandida para Leste, parecendo estar associada

ao jato subtropical nos altos níveis, que causa instabilidade e conseqüente aumento na espessura da camada 850/500 hPa.

Com relação ao ICSTP, este apresenta valor de 1,247, superior em 0,272 ao mesmo índice para a defasagem de -2 dias.

Por último, a Figura 22f correspondente à defasagem de zero dia, ou à não defasagem, entre as séries consideradas, mostra dois grandes sistemas: um tropical e outro de origem polar. O sistema considerado tropical tem o máximo valor de correlação no ponto M ($r = 0,981$, em $19,6^{\circ}\text{S}/45^{\circ}\text{W}$) e apresenta-se expandido lateralmente, abrangendo quase toda a área tropical continental e parte dos oceanos circuvizinhos, sujeitos a um aumento na espessura devido, principalmente, à fatores térmicos, sem contudo, deixar-se de lembrar a influência do jato subtropical em altos níveis e das passagens dos sistemas frontais.

NOBRE *et alii* (30) destacaram a importância da penetração de sistemas frontais até as baixas latitudes, que podem atingir o Nordeste até em torno de 13°S , na região de Salvador (Bahia) e ao longo da costa Atlântica, quando os padrões de circulação nas latitudes subtropicais se tornam favoráveis. Enfatizaram, também, que esses sistemas frontais que penetram no Nordeste, durante todo o ano, desempenham papel relevante no máximo de precipitação de novembro a janeiro, atuando, principalmente, no Sul-Sudeste da região, estando também associado, com o aumento da precipitação ao longo da costa, desde 5°S até 18°S (12). Essa argumentação pode ser confirmada pela figura elaborada por KOUSKY (12), quando

comparada com a configuração de correlações para a defasagem de zero dia, destacando o Nordeste, que mostra uma perfeita coincidência do limite de correlações positivas de espessura 850/500 hPa, com o limite da precipitação para dezembro, significando que o sistema que contém o ponto M, denominado tropical, inclui como mecanismo causador do aumento de espessura da camada 850/500 hPa as penetrações frontais de origem polar. Essa comparação pode ser percebida na Figura 23. Então, há de se supor que o limite inferior, sobre o litoral, da configuração de correlação positiva, possa significar também que, a partir da latitude de 33°S , o processo de frontogênese deve ocorrer.

O ICSTP apresenta, para a defasagem de zero dia, o valor de 1,526, superior em 0,279 no mesmo índice para a defasagem de -1 dia.

4.5.6. *Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlações da Série "Desvio de Espessura da Camada 850/500 hPa - Viçosa" com a Série "Desvio de Espessura da Camada 850/500 hPa - Grade", para o Mês de Julho de 1974/1975/1976*

Antes de se proceder a uma análise detalhada da Figura 24, seria interessante uma visão global dos sistemas que se apresentam e de seus comportamentos durante essas cinco defasagens a que foram submetidos. Observa-se que, à medida que a defasagem se dirige para zero, maior predominância de dois sistemas se torna nítida. Um deles, que surge no interior do continente, expande-se gradativamente até dominar

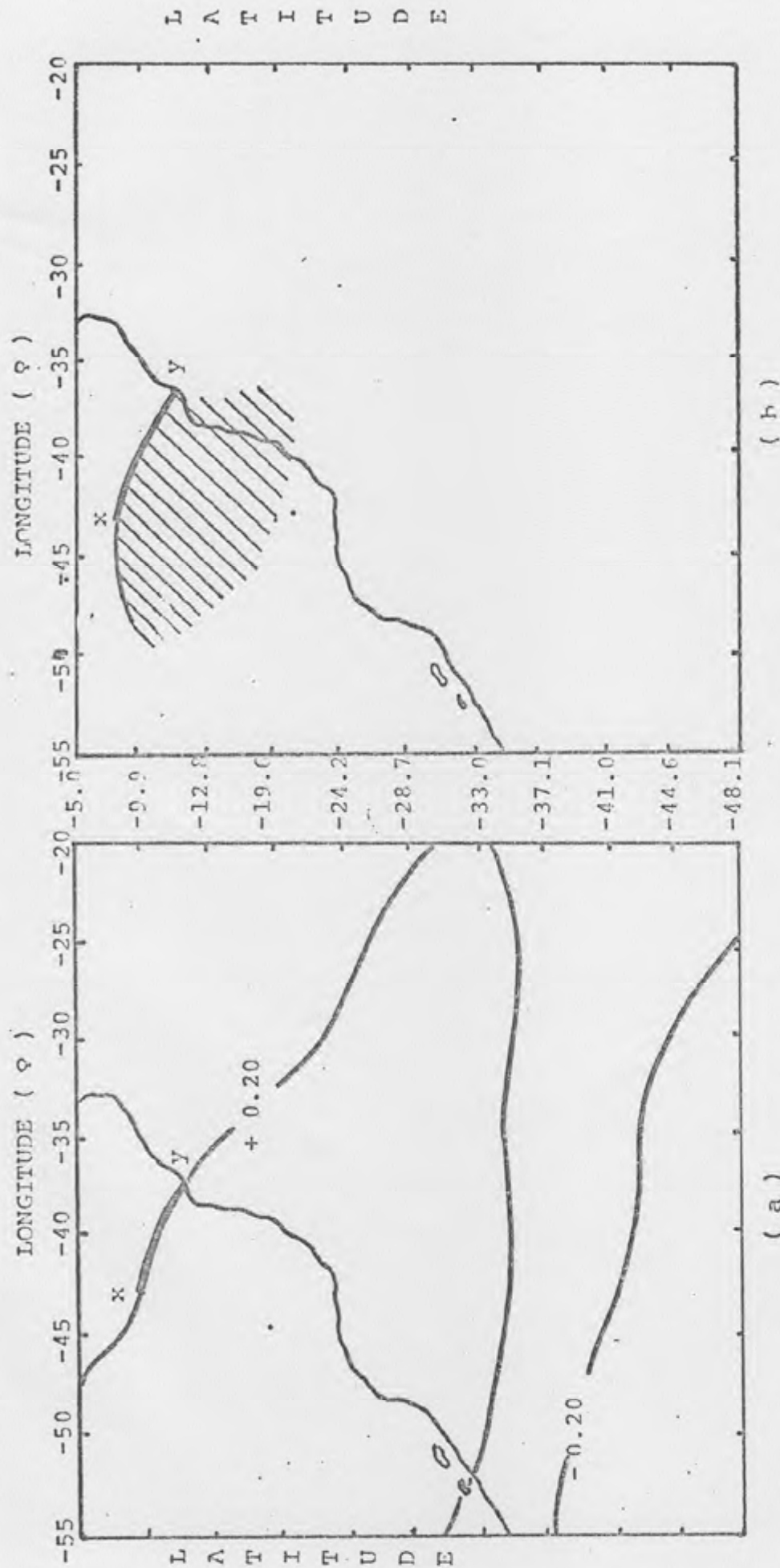
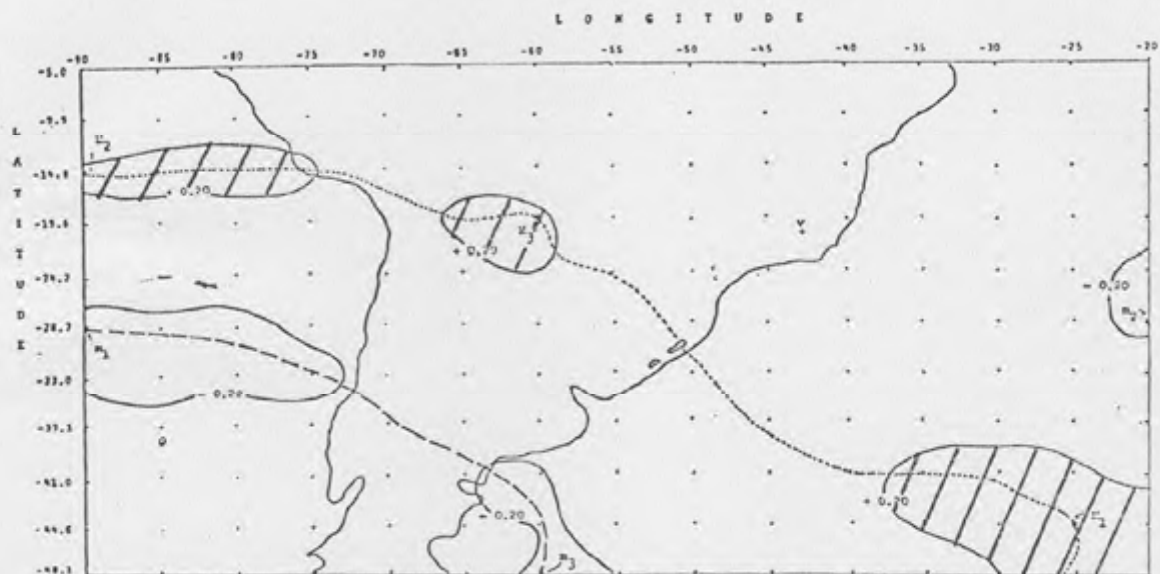
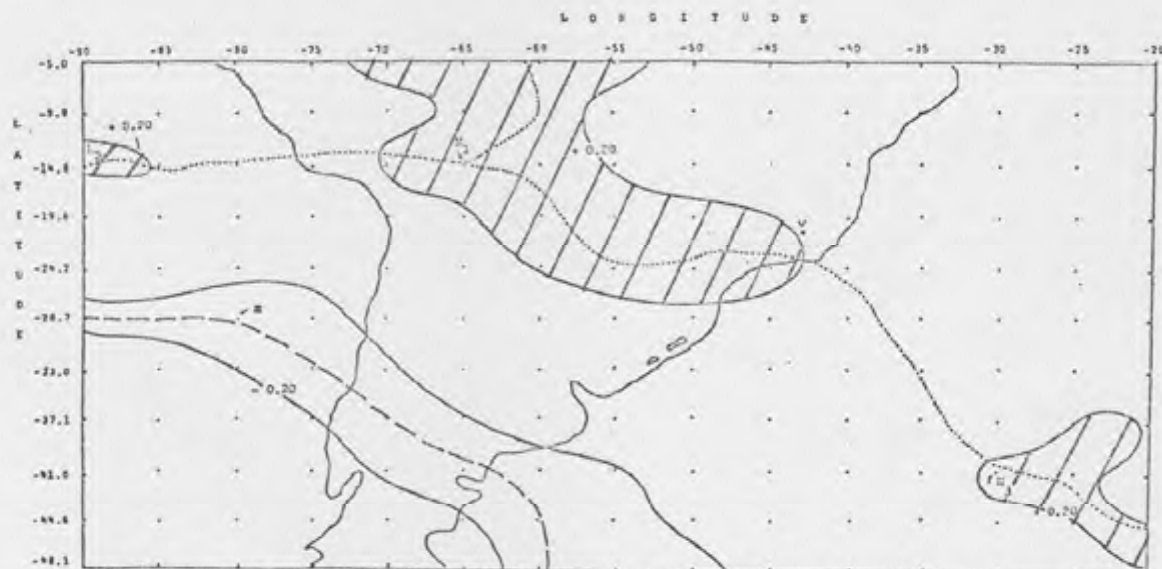


FIGURA 23 - Comparação dos Limites Obtidos pela Distribuição Geográfica das Correlações de Espessura de Camada 850/500 hPa (ver Figura 22), para a Defasagem de Zero (a), com o Limite da Distribuição Geográfica de Máxima Precipitação Média no Nordeste, para o Mês de Dezembro (b). (Adaptada de KOUSKY, 1979). Observe que o Limite Superior do Campo de Correlação, Compreendido entre os Pontos x e y, Coincide com o Limite de Máxima Precipitação no Nordeste.

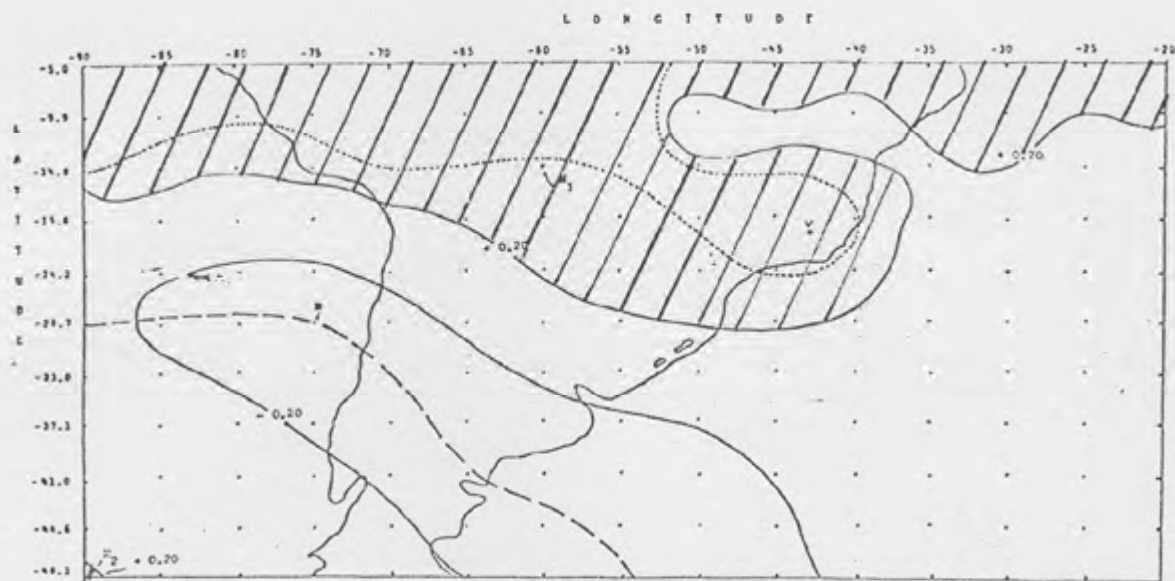


(a)

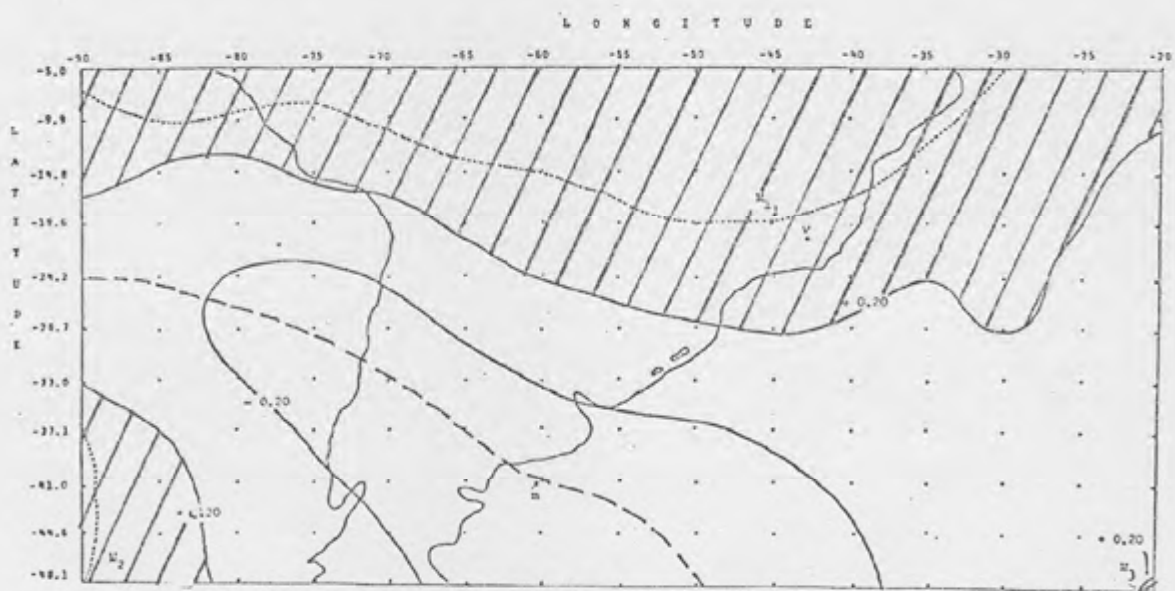


(b)

FIGURA 24 - Distribuição Geográfico-Temporal dos Campos de Correlações da Série "Desvio de Espessura da Camada 850/500 hPa - Viçosa" com a Série "Desvio de Espessura da Camada 850/500 hPa - Grade", para Julho dos Anos de 1974/1976 e 1976. Defasagens (em Dias): a) -5, b) -4, c) -3, d) -2, e) -1 e f) Zero.



(c)



(d)

FIGURA 24 - Cont.

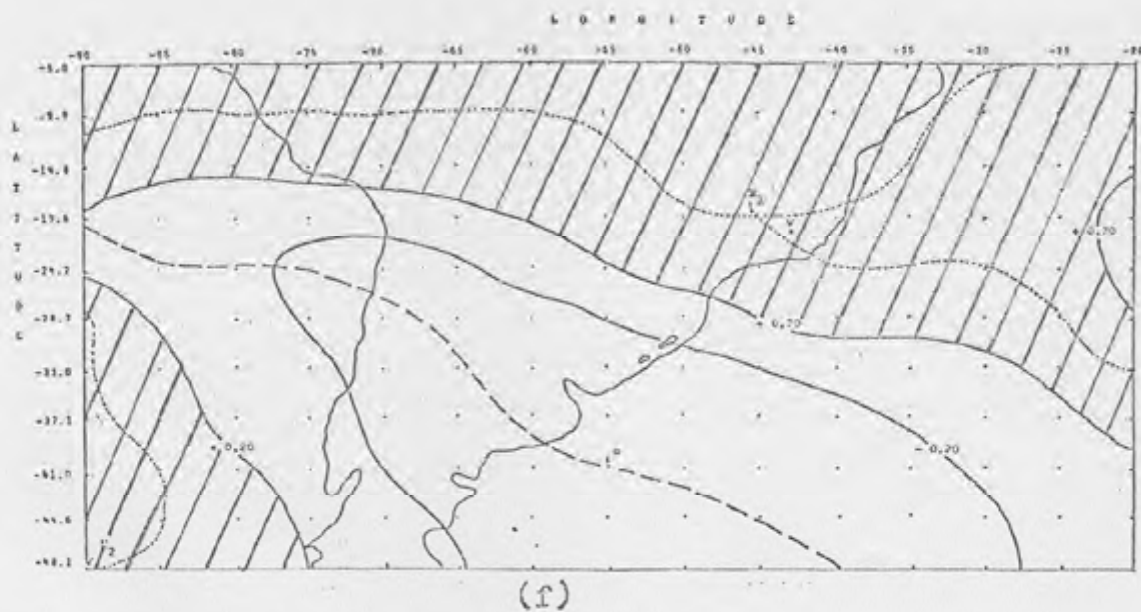
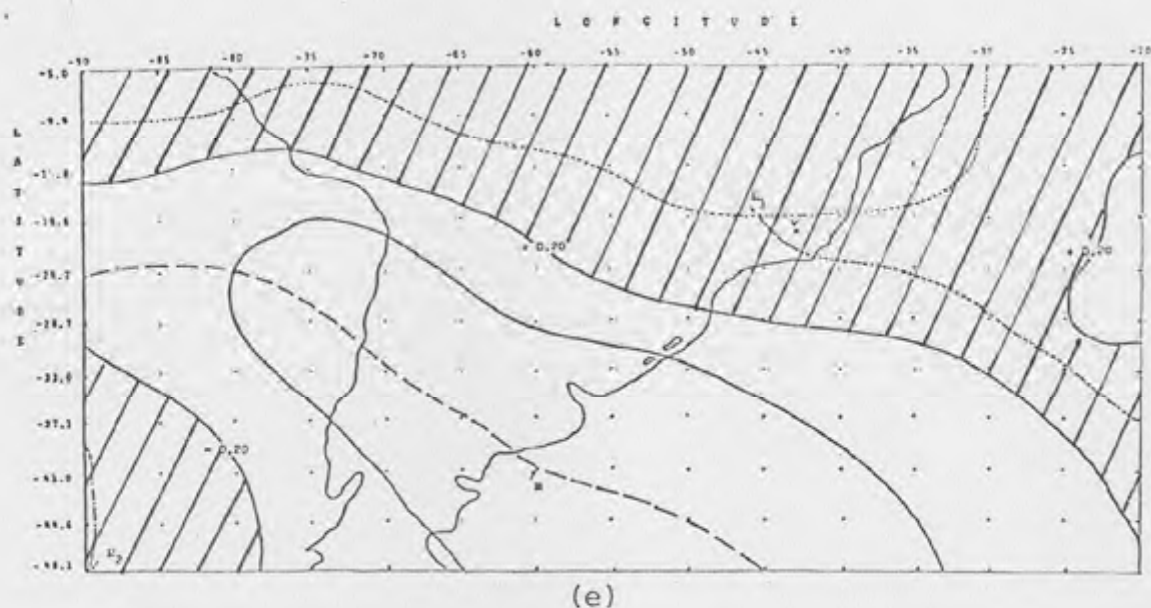


FIGURA 24 - Cont.

amplamente quase todo o Brasil - é o chamado sistema tropical, por apresentar-se caracteristicamente na latitude de 30°S ; o outro em latitudes abaixo da latitude de 30°S . Esse sistema dominante surge transversalmente à figura, na direção NW/SE, sofre expansão e desloca-se em direção NE - pode ser associado às intensas invasões de massas polares no continente sulamericano.

A Figura 24a mostra três campos de correlações positivas e três campos de correlações negativas. Uma primeira configuração a ser discutida é a que contém o ponto M_1 ($r = 0,294$, em $44,6^\circ\text{S}/25^\circ\text{W}$). Em se tratando de correlação de espessura da camada 850-500 hPa, pode-se associar essa configuração a um sistema frontal com trajetória atlântica. As configurações que contêm os pontos M_2 ($r = 0,235$, em $14,8^\circ\text{S}/90^\circ\text{W}$) e M_3 ($r = 0,213$, em $19,6^\circ\text{S}/60^\circ\text{W}$) sugerem a presença em altos níveis de jato subtropical, que nessa época do ano assume posições mais setentrionais, entre 20 e 25°S sobre o continente sulamericano. A configuração que envolve o ponto de mínima correlação m_1 ($r = -0,290$, em $28,7^\circ\text{S}/90^\circ\text{W}$) deve estar associada ao domínio de um anticiclone polar migratório que, na sua frente, arrasta o jato polar caracterizado por intensos, frios e secos, ventos de Oeste. O ponto m_3 ($r = -0,215$, em $48,1^\circ\text{S}/60^\circ\text{W}$) e a configuração que o envolve parecem constituir o mesmo sistema polar, que foi associado à configuração m_1 . Já a isolinha de valor $-0,20$ que envolve o ponto m_2 ($r = 0,226$, em $28,7^\circ\text{S}/20^\circ\text{W}$) surge como indicador da subsidência associada ao centro do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul.

O ICSTP para o caso da correlação de -5 dias está ainda indefinido, face os sistemas envolventes não se apresentam de forma nítida.

Passando para a parte b da Figura 24, observa-se uma expansão do sistema M_1 ($r = 0,316$, em $14,8^\circ\text{S}/65^\circ\text{W}$) em direção aos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, indicando a presença do jato subtropical nos níveis superiores, bem como

a área que está sujeita a aumentos na espessura da camada 850/500 hPa decorrente de zonas de convergência frontais. O núcleo que engloba o ponto M_2 ($r = 0,228$, em $14,8^\circ\text{S}/90^\circ\text{W}$) parece conectar-se com a configuração do interior do continente em sua parte tropical através do jato subtropical. A configuração que contém o ponto M_3 ($r = 0,212$, em $41,0^\circ\text{S}/30^\circ\text{W}$) apresenta-se mais reduzida em relação à defasagem de -5 dias, denotando um enfraquecimento do sistema ao deslocar-se na direção das latitudes mais baixas. O ponto de mínima correlação m ($r = -0,323$, em $28,7^\circ\text{S}/80^\circ\text{W}$) e seu campo envolvente parecem resultar da união das configurações identificadas por m_1 e m_3 na defasagem de -5 dias, formando, na presente defasagem, um único sistema orientado no sentido NW/SE, atuando no Pacífico, passando pelo continente e daí prolongando-se para o Atlântico. Essa configuração está intimamente relacionada com uma intensa massa polar migratória de grande dimensão que atua, simultaneamente, no continente, no Pacífico e no Atlântico. De fato, os sistemas polares que atingem a América do Sul, no inverno, apresentam essas características.

Com relação ao ICSTP, apresenta o valor 0,639.

Em seqüência à análise da Figura 24, a parte c destaca a evolução da configuração associada ao sistema polar, cujo ponto m ($r = -0,403$, em $28,7^\circ\text{S}/75^\circ\text{W}$) sofreu deslocamento para Leste. A configuração associada ao ponto M_1 ($r = 0,461$, em $14,8^\circ\text{S}/60^\circ\text{S}$) apresenta-se invadindo as regiões Sul e Sudeste do Brasil, inclusive parte do Nordeste, além da faixa equatorial dos oceanos Atlântico e Pacífico no campo em estudo, indicando que toda esta área está sujeita ao aumento de

espessura devido a vários mecanismos: convergência e instabilidade devida ao jato subtropical. Um pequeno setor de uma configuração positiva, cujo valor máximo apresentado no campo de estudo é M_2 ($r = 0,210$, em $48,1^{\circ}\text{S}/90^{\circ}\text{W}$), pode ser indício de uma nova invasão polar.

A Figura 24, em sua parte d, mostra os dois sistemas dominantes identificados por M_1 ($r = 0,626$, em $19,6^{\circ}\text{S}/45^{\circ}\text{W}$) e m ($r = 0,597$, em $41,0^{\circ}\text{S}/60^{\circ}\text{W}$). No Pacífico surge uma outra configuração positiva, cujo valor máximo encontra-se em M_2 ($r = 0,379$, em $48,1^{\circ}\text{S}/90^{\circ}\text{W}$), que reforça o raciocínio empregado para a defasagem anterior, de que um novo sistema polar surgia com grande intensidade. Um pequeno setor de correlação positiva aparece no limite inferior direito da figura, tendo no ponto M_3 ($r = 0,201$, em $48,1^{\circ}\text{S}/20^{\circ}\text{W}$) o local de máxima correlação. Sugere esse ponto, se verdadeiro, uma eventual propagação de onda.

Para essa defasagem o ICSTP calculado é de 1,223.

Na Figura 24e, correspondente a defasagem de -1 dia, observa-se que os sistemas que contêm m ($r = -0,654$, em $41,0^{\circ}\text{S}/60^{\circ}\text{W}$) e M_2 ($r = 0,451$, em $48,1^{\circ}\text{S}/90^{\circ}\text{W}$) praticamente não se alteraram em forma, mostrando apenas uma certa expansão na direção Nordeste. A configuração que contém o ponto M_1 ($r = 0,803$, em $19,6^{\circ}\text{S}/45^{\circ}\text{W}$) apresenta diferença, em relação à defasagem de -2 dias, na sua borda Sudeste, mostrando grande expansão.

O ICSTP tem, para a presente defasagem, o valor de 1,457.

Por fim, as configurações contidas na defasagem de

zero dia mostram-se praticamente inalteradas em relação à defasagem de -1 dia. Observa-se a atuação da massa polar com trajetória mista (continental-Oceano Atlântico), cujo ponto de mínima correlação é m ($r = -0,638$, em $41,0^{\circ}\text{S}/55^{\circ}\text{W}$). O sistema chamado tropical, identificado por M_1 ($r = 0,987$, em $19,6^{\circ}\text{S}/45^{\circ}\text{W}$), domina todo o continente acima de 20°S . A configuração identificada por M_2 ($r = 0,432$, em $48,1^{\circ}\text{S}/90^{\circ}\text{W}$) retrata nitidamente, conforme mencionado anteriormente, a massa polar de trajetória Pacífica que se dirige para Nordeste.

O ICSTP apresentou para a defasagem nula o valor máximo de 1,625.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Para o entendimento do regime de precipitação em Minas Gerais, buscou-se entender os mecanismos de circulação desde a larga-escala, representada pelos Anticlones do Atlântico e Pacífico Sul, até de escala local, representada basicamente pelo relevo, visto a interação existente entre eles.

Analisou-se a estrutura vertical dos principais sistemas sinóticos atuantes na América do Sul, o "ASAS" e o "ASPS", desde a superfície até o nível de 150 hPa (aproximadamente 14.000 metros de altitude), onde destacou-se, nessa análise, a presença, a partir de 500 hPa (aproximadamente 5.500 metros), de um sistema divergente, chamado de "Alta da Bolívia", um sistema de origem térmica da "Baixa do Chaco", em superfície, no verão.

No verão caracterizou-se a presença de um vasto corredor de chuvas do Amazonas até São Paulo, resultante da "Baixa do Chaco" em superfície e a circulação Norte/Nordeste do "ASAS", que atua em Minas Gerais, ocasionando o período chuvoso.

No inverno, o "ASAS" apresenta-se mais expandido no interior do continente. Devido ao desaparecimento da "Baixa do Chaco" e a convergência com o "ASAS" não existir mais, ocorre uma estabilização do ar na parte Leste do continente, inibindo as precipitações - é o período seco.

Em suma, climatologicamente, Minas Gerais é atingido mais pelas linhas de instabilidade tropicais do que por frentes frias no verão. No inverno, face os "APM" serem mais desenvolvidos e terem a trajetória continental como preferencial, as frentes frias são os únicos mecanismos responsáveis por precipitação em Minas Gerais. Em situações anômalas, esse quadro pode ser alterado temporariamente.

Demonstrados os reais efeitos de larga-escala do "ASAS" e "ASPS" sobre o continente, passou-se a verificar a climatologia regional de Minas Gerais, levando em conta os efeitos topográficos e a climatologia de Viçosa, considerando as séries de precipitação no período de estudo, bem como as normais climatológicas. Essas análises foram feitas sempre associando as condições ocorridas com os sistemas de larga-escala e transientes. As condições meteorológicas gerais ocorridas no Sul e Sudeste do Brasil, no período de estudo, complementou essa análise, no que diz respeito à precipitação.

A seguir procedeu-se a análise do ar superior sobre Minas Gerais, a partir dos dados de radiossondagens do Galeão, RJ e de Brasília, DF. Nessa análise, verificou-se o grau de estabilidade da atmosfera sobre as regiões de abrangência das radiossondagens, interpolando os resultados para Minas Gerais. Verificou-se a coerência dos ventos em 850, 700 e 500 hPa,

no período de estudo, com a circulação média sobre o continente sulamericano.

Foram testados os índices de estabilidade atmosférica, especificamente o de Showalter e o Fator K, sobre Brasília e Galeão, em associação com a ocorrência de tempo severo em Belo Horizonte, chegando-se a um quadro mostrando os valores predominantes de parâmetros de superfície e altitude, nos dias de ocorrência de trovoadas, devido a instabilidade da massa de ar.

Por fim, utilizando-se dados de análises tropicais do NMC, foram feitas correlações geográfico-temporal da série de Viçosa com as séries de todos os 165 pontos de grade da área de estudo, mantendo-se fixa a série de Viçosa, enquanto as dos outros pontos sofreram defasagens de -5, -4, -3, -2 e -1 dias.

Pelas considerações anteriores, destacam-se as seguintes conclusões:

1) dentre os mecanismos de larga-escala, que atuam sobre Minas Gerais, destaca-se a "Alta da Bolívia", localizada aproximadamente a 150 hPa. Sua atuação é notável na configuração e nos regimes pluviais do interior do continente. As análises das cartas sinóticas de altitude mostraram que Minas Gerais situa-se, no verão, entre a "Alta da Bolívia" e o cavado compensador a Leste. Como o verão é a estação chuvosa, é razoável concluir-se pelo predomínio da "Alta da Bolívia". Em anos anômalos, de verões secos, como foi o de 1976, a configuração do cavado, localizado a 150 hPa, sobre o Nordeste, pareceu atuar sobre Minas Gerais; um fato que pode

estar associado a essa anomalia ocorrida e o de, em 1976, ter ocorrido em "El Niño", que contribuiu para intensificar o cavado compensador sobre o Nordeste, fazendo com que esse fortalecesse as correntes descendentes e aumentasse a sua área de atuação, atingindo Minas Gerais.

2) Em 850 hPa o escoamento dominante de verão é de Noroeste, que transporta ar tropical instável para a região. Essa massa, na presença do aquecimento continental e da advecção de umidade do oceano, pelos alíseos, resultará na formação e na queda de chuvas sobre o Estado de Minas Gerais.

3) Os sistemas de tempo que predominam sobre Minas Gerais, no verão, são as linhas de instabilidade, fortemente influenciadas pela topografia local. No verão, ainda, são raras as frentes frias que atingem o interior de Minas Gerais. No inverno, ao contrário, os sistemas frontais são predominantes sobre Minas Gerais, provocando chuvas fracas e rápidas em suas passagens, seguidas de queda na temperatura, especialmente sob o domínio do Anticiclone Polar Migratório.

4) A análise de estabilidade atmosférica mostrou que o indicativo de instabilidade pelo fator K era mais significativo que o IS e que a radiossondagem do Galeão servia como um indicador de trovoadas para Belo Horizonte, na maioria dos casos, com um a dois dias de antecedência. As diferenças nas condições de tempo ocorridas entre o Galeão e Belo Horizonte eram devidas à proximidade do Oceano e à fisiografia local.

5) As análises de correlações de séries temporais de vários parâmetros meteorológicos de Viçosa, com os pontos de grade do campo de estudo, serviu para identificar com bastante

clareza o deslocamento dos sistemas atmosféricos que viriam a atuar sobre Minas Gerais, dias após. Destacou-se as linhas de instabilidade que surgiam no interior do continente e se deslocavam para Sudeste e as trajetórias atlânticas das frentes frias, ambos no verão. No inverno os sistemas mostrados como interferindo sobre Minas Gerais eram as frentes frias, que adquiriram, também, a trajetória pacífica, enquanto as linhas de instabilidade eventualmente existiam.

Um aspecto de destaque foi o do período de estudo compreendendo um mês de dados para três anos consecutivos, um período relativamente curto para estudos climatológicos, ter mostrado em suas configurações os principais sistemas atuantes em Minas Gerais. Daí conclui-se que para estudos climosinóticos essa série já ser elucidativa.

Daí, sugere-se que:

1) conhecidas as influências de sistemas atmosféricos sobre as condições de tempo em Minas Gerais, sejam estudados com maior detalhamento, e numa escala local, os efeitos de circulações atmosféricas e sistemas transientes sobre os diversos relevos do Estado, onde estão localizadas muitas cidades;

2) a partir do conhecimento das áreas correlacionadas estatisticamente com Viçosa, mostradas coerentes com a climatologia sinótica do continente sulamericano, seja desenvolvido um modelo estatístico de previsão de tempo para Viçosa ou para qualquer outra localidade de Minas Gerais.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário-EPAMIG*, Belo Horizonte, 12 (138): 9-13. 1986.
2. ARKIN, P.A. The relationship between interannual variability in the 200 mb tropical wind field and the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 110(10): 1393-1404. 1982.
3. BLACKMON, M.L.; MADDEN, R.A.; WALLACE, J.M. & GUTZLER, D.S. Geographical variations in the vertical structure of geopotential height fluctuations. *Journal of Atmospheric Science*, 36(1): 2450-2466. 1979.
4. CASARIN, D.P. *Um estudo observacional sobre os sistemas de bloqueio no Hemisfério Sul*. São José dos Campos (INPE-2638-TDL/114), fevereiro 1983.
5. CENACLI/INEMET. *Mapas e tabelas das normais climatológicas para o Brasil*. Climanálise. Número Especial. 1986.
6. COSTA, J.M.N.; ANTUNES, F.Z. e SANTANA, D.P. Zoneamento agroclimático e planejamento agrícola. *Informe Agropecuário-EPAMIG*, Belo Horizonte, 12(138): 14-17. 1986.
7. CURSINO, M.J.C. Alta sobre a Bolívia. *Boletim Informativo do Núcleo de Meteorologia Aplicada*. UFPel. Nº 2: 29-57, dezembro 1980.

8. DEAN, G.A. *The three-dimensional wind structure over South America and associated rainfall over Brazil*. São José dos Campos (INPE-164-LAFE). 1971.
9. EPAMIG. *Atlas climatológico do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte. EPAMIG/UFV. 1982.
10. GUTMAN, G.T. & SCHWERDTFEGER, W. The role and sensible heat for the development of a high pressure system over the subtropical Andes in the summer. *Meteor. Rundsch*, 18(31): 69-75. 1965.
11. IBGE. *Geografia do Brasil: Região Sudeste*. Rio de Janeiro, IBGE, 1977, 667 p.
12. KOUSKY, V.E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 107(9): 1140-1153. 1979.
13. KOUSKY, V.E. Atmospheric circulation changes associated with rainfall anomalies over tropical Brazil. (Submetido ao *Monthly Weather Review*), 1985.
14. KOUSKY, V.E. e KAGANO, M.T. A climatological study of the tropospheric circulation over the Amazon Region. *Acta Amazônica*, 11(4): 743-758. 1981.
15. KOUSKY, V.E.; KAGANO, M.T. & CAVALCANTI, I.F.A. The Southern oscillation. Oceanic atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. (Submetido ao *Monthly Weather Review*), 1986.
16. KOUSKY, V.E. e MOLION, L.C.B. Uma contribuição à climatologia da dinâmica da atmosfera sobre a Amazônia. *Revista Hidrologia e Recursos Hídricos*, 3(2): 199-211, 1981.
17. KREUELS, R.; FRAEDRICH, K. & RUPRECHT, E. An aerological climatology of South America. *Meteor. Rundsch*, 28: 17-24. 1975.
18. MARQUES, J.; SALATI, E. e SANTOS, J.M. A divergência do campo do fluxo de vapor d'água e as chuvas na Região Amazônica. *Acta Amazônica*, 10(1): 133-140. 1980.
19. MCGARRY, M.M. e REED, R.J. Diurnal variations in convective activity and precipitation during phases II and III of GATE. *Monthly Weather Review*, 106(1): 101-113. 1978.

20. MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA. *Meteorologia para pilotos*. 1ª edição. Diretoria de Aeronáutica Civil. Brasil. 1950. 186 p.
21. MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA. *Manual de Análise do Diagrama Skew T x Log P*. Volume I. Diretoria de Rotas Aéreas. Brasil. 1969. 112 p.
22. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/Instituto Nacional de Meteorologia. *Boletim Agroclimatológico*. Janeiro, 1974.
23. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/Instituto Nacional de Meteorologia. *Boletim Agroclimatológico*. Julho, 1974.
24. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/Instituto Nacional de Meteorologia. *Boletim Agroclimatológico*. Janeiro, 1975.
25. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/Instituto Nacional de Meteorologia. *Boletim Agroclimatológico*. Julho, 1975.
26. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/Instituto Nacional de Meteorologia. *Boletim Agroclimatológico*. Janeiro, 1976.
27. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/Instituto Nacional de Meteorologia. *Boletim Agroclimatológico*. Julho, 1976.
28. NIMER, E. Análise dinâmica da precipitação pluviométrica na região serrana do Sudeste do Brasil; especialmente na Serra das Araras. *Revista Brasileira de Geografia*, 33(3): 53-162. 1971.
29. NISHIZAWA, T. & TANAKA, M. The annual change in the tropospheric circulation and the rainfall in South America. *Arch. Met. Geoph. Biocl.*, 33: 107-116. 1983.
30. NOBRE, C.A.; CAVALCANTI, I.F.A.; GAN, M.A.; NOBRE, P.; KAGANO, M.T.; RAO, V.B.; BONATTI, J.P.; SATYAMURTI, P.; UVO, C.B.; COHEN, J.C.; SILVA, J.F.; MARSCHAL, C. e MOURA, A.D. *Aspectos da climatologia dinâmica do Brasil*. Climanálise/INEMET. Volume Especial, p: 1-65. 1986.
31. PANOFSKY, H.A. & BRIER, G.W. Some applications of statistics to meteorology. Pennsylvania State University. Pennsylvania. 1968. 224 p.

32. SANTOS, I.A. *Variabilidade da circulação de verão da alta troposfera na América do Sul Tropical*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Meteorologia. USP. 1986.
33. SCHWEDTFERGER, W. High thunderstorm frequency over the sub-tropical Andes during summer: cause and effects. In: *Climates of Central and South America*. Amsterdam, Elsevier Sci. Publ. Co., 1976. 192-195 p.
34. SERRA, A.B. e RATISBONNA, L. *As ondas de frio da Bacia Amazônica*. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura. Serviço de Meteorologia, 1941. 23 p.
35. SHOWALTER, A.K. A stability index for thunderstorm forecasting. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 34(6): 250-252. 1953.
36. STRANG, D.M. *Anomalias da pressão atmosférica normal mensal nas regiões sul-americana*. Diretoria de Rotas Aéreas, Ministério da Aeronáutica. 1967. 22 p.
37. STRANG, D.M. Configurações do ar superior e variabilidade das chuvas no Nordeste Brasileiro. Centro Técnico-Aeroespacial (Relatório Técnico ECA 0/83). 1983. 38 p.
38. VIANELLO, R.L. e MAIA, L.F.P.G. Estudo preliminar da climatologia dinâmica do Estado de Minas Gerais. Anais do I Congresso Interamericano de Meteorologia e IV Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília-DF, Vol. I, 185-194 p. 1986.
39. VIRJI, H. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloudwinds. *Monthly Weather Review*, 109: 599-610. 1981.
40. WALKER, G.T. Ceara (Brazil) famines and the general air movment. *Beitr. Phys. der freien Atmos.*, 14: 88-93, 1928.
41. WALKER, G.T. *Seasonal weather and its prediction*. Washington, D.C., Smithsonian Report for 1935, 1936. 117-138.

APÉNDICE

APÊNDICE A

QUADRO 1A - Estabilidade nas Camadas 700/500 hPa e 850/700 hPa sobre o Galeão, nos Meses de Janeiro e Julho de 1974, 1975 e 1976

EST.	MES	ANO	CAMADA	DIA																															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
GALEÃO	JANEIRO	1974	700/500	Q	F	X	E	F	Q	Q	F	F	X	O	F	O	X	O	Z	O	Z	F	F	F	X	O	F	X	O	F	O	F	O		
			850/700	F	F	Q	Z	O	Q	O	F	O	O	X	F	O	Z	X	Z	O	Q	Q	F	F	O	X	E	O	F	Z	O	F	O	O	
			ESTAB.	E	E	I	N	I	N	N	E	I	I	X	E	I	E	X	E	I	N	I	N	N	I	X	E	I	X	E	I	E	I	E	I
		700/500	F	F	O	O	N	O	Q	F	O	Q	F	F	O	F	N	O	O	F	O	O	O	O	N	F	Q	Q	O	X	O				
		850/700	F	O	Q	O	F	O	F	O	F	O	N	N	O	Q	O	O	O	O	O	O	N	O	O	O	F	F	Q	O	F	X	O		
		ESTAB.	N	I	N	N	E	N	E	I	E	N	I	I	N	I	I	N	N	I	N	N	F	N	N	I	N	E	N	N	E	X	N		
	700/500	Q	Q	Q	N	O	F	O	F	Q	N	Q	O	O	O	O	F	F	F	O	F	O	Q	Q	N	O	F	N	F	F					
	850/700	Q	N	F	N	Q	O	N	Q	Q	F	F	F	N	F	F	F	Q	Q	O	F	F	O	F	Q	Q	O	O	F	F	Q	O			
	ESTAB.	N	E	E	E	E	E	I	X	I	N	I	X	E	N	E	N	N	I	E	E	N	N	E	N	I	E	N	I	E	I	N			
	700/500	Q	N	O	X	O	X	N	F	F	F	F	F	F	F	F	N	F	O	Q	Q	O	F	N	O	F	N	F	F	F	O				
	850/700	F	Q	Q	F	Q	F	F	N	F	F	F	F	F	F	Q	Q	O	F	F	O	F	Q	O	O	N	O	F	Q	O	F				
	ESTAB.	E	I	N	X	N	X	E	I	N	N	N	N	N	N	I	I	E	E	E	N	N	I	N	I	N	I	N	I	E	E				
700/500	F	Q	Q	N	O	F	X	Q	N	N	F	O	F	X	N	F	F	F	F	Q	Q	O	O	O	F	Q	Q	O	F	Q	O	F			
850/700	F	O	Q	O	F	Q	Q	O	O	F	Q	Q	X	F	F	F	F	Q	Q	O	O	F	O	N	F	Q	O	F	O	F	O				
ESTAB.	N	N	N	I	E	N	I	X	N	E	E	I	N	I	X	E	N	N	N	I	N	N	N	E	N	E	N	E	N	E	I				

FONTE - TASA.

QUADRO 2A - Estabilidade nas Camadas 700/500 hPa e 850/700 hPa sobre Brasília nos Meses de Janeiro e Julho de 1974, 1975 e 1976

EST.	MES	ANO	CAMADA	DIA																															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
BRASILIA	JANEIRO	1974	700/500	O	Q	N	F	O	F	F	F	F	X	X	O	F	F	F	F	F	X	Q	Q	F	X	N	F	F	O	F	F	O	O		
			850/700	F	F	O	F	N	O	F	F	F	F	X	X	O	F	F	F	N	O	O	X	F	O	F	X	O	F	O	O	O	F	O	F
			ESTAB.	E	E	I	N	E	I	N	N	N	X	X	N	N	N	N	I	I	X	E	N	N	X	I	N	I	N	I	N	N	E		
		1975	700/500	F	F	Q	Q	F	F	F	F	N	F	F	F	O	F	F	Q	Q	F	Q	Q	F	O	F	F	O	F	F	O	O	O	O	O
			850/700	F	O	F	O	F	F	O	O	O	N	Q	O	N	Q	O	F	N	F	F	O	X	F	F	O	O	O	N	F	F	F	F	F
			ESTAB.	N	I	E	N	N	N	I	I	I	I	I	I	I	E	I	E	E	N	E	N	X	N	E	I	I	I	E	E	E	E	E	E
		1976	700/500	O	F	F	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F	F	F	X	X	F	F	F	X	X	X	X	X
			850/700	O	F	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F	O	F	O	O	F	F	X	X	X	X	X	X
			ESTAB.	N	N	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	N	I	N	X	X	I	N	X	X	I	N	X	X	X
	JULHO	1974	700/500	F	Q	Q	N	Q	O	X	O	O	F	F	X	O	Q	O	F	F	Q	X	Q	Q	O	O	F	F	F	F	F	F	F	F	
			850/700	O	N	Q	F	F	N	Q	O	F	F	F	X	F	F	F	Q	O	N	F	Q	O	F	F	O	Q	N	F	N	F	F	F	F
			ESTAB.	I	E	N	E	E	E	X	N	E	N	N	X	E	E	E	E	I	E	X	N	N	E	E	I	I	N	N	I	N	N	N	N
1975		700/500	Q	Q	Q	Q	O	F	F	F	F	F	Q	O	O	F	O	N	F	O	X	Q	Q	O	O	F	F	F	F	O	F	F	F	F	
		850/700	F	Q	Q	F	F	F	F	F	F	F	Q	O	F	N	F	F	F	Q	O	F	F	F	O	O	F	Q	O	O	F	Q	O	F	Q
		ESTAB.	E	N	N	N	E	N	N	N	N	N	I	N	E	E	N	E	E	E	I	N	X	E	E	N	N	N	I	I	E	I	I	I	I
1976		700/500	O	Q	O	X	Q	Q	O	O	Q	N	Q	F	F	F	F	Q	O	F	F	Q	O	O	F	F	F	Q	O	F	F	F	F	F	F
		850/700	Q	O	O	X	N	O	O	F	O	O	F	O	O	X	F	O	O	F	N	Q	O	O	F	F	F	O	O	F	F	F	F	F	F
		ESTAB.	N	N	N	X	E	N	N	E	N	E	I	E	I	X	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

FONTE: TASA.

QUADRO 3A - Frequência de Sistemas Sinóticos que Atuaram sobre Minas Gerais nos Anos de 1974, 1975 e 1976

Origem	Janeiro			Julho		
	74	75	76	74	75	76
Polar	4	3	5	4	4	4
Tropical	12	16	14	2	3	3
Total	16	19	19	6	7	7

FONTE: TASA.

QUADRO 4A - Valores de Temperatura das 09:00, 12:00, 15:00 e 18:00 UTC, Registrados na Estação de Belo Horizonte, nos Dias de Ocorrência de Trovoada e/ou Relâmpago, nos Meses de Janeiro dos Anos de 1974, 1975 e 1976

PARÂMETRO	VALOR	ANO			TOTAL
		1974	1975	1976	
T0900 UTC	26	-	-	1	1
	25	-	-	-	-
	24	-	-	-	-
	23	-	-	-	-
	22	1	1	2	4
	21	2	-	3	5
	20	7	3	6	16
	19	5	3	1	9
	18	1	2	-	3
T1200 UTC	27	1	1	3	5
	26	1	-	5	6
	25	5	1	3	9
	24	3	3	-	6
	23	4	2	-	6
	22	2	1	-	3
	21	-	-	1	1
	20	-	1	-	1
	19	-	-	1	1
T1500 UTC	33	-	-	1	1
	32	-	-	-	-
	31	-	1	-	1
	30	-	-	2	2
	29	3	2	5	10
	28	7	-	3	10
	27	2	2	-	4
	26	1	3	1	5
	25	1	-	-	1
	24	1	1	-	2
	23	-	-	-	-
22	1	-	1	2	
T1800 UTC	33	-	-	2	2
	32	1	-	2	3
	31	1	2	1	4
	30	6	-	2	8
	29	2	1	2	5
	28	2	-	-	2
	27	1	3	1	5
	26	1	1	1	3
	25	1	-	1	2
	24	-	1	-	1
	23	-	-	-	-
22	1	-	1	2	
21	-	-	-	-	
20	-	1	-	1	

CONVENÇÃO: T - Temperatura, 0900, 1200, 1500 e 1800 UTC - Horários das Observações; Ex.: T1800 UTC - Temperatura das 1800 Horas Universal.

FONTE: Boletins Meteorológicos - TASA.

QUADRO 5A - Valores de Temperatura Máxima (TMAX), Temperatura Mínima (TMIN) e Horários das Máximas (HMAX) e Mínimas (HMIN) Ocorridas nos Dias de Trovoada e/ou Relâmpago, em Belo Horizonte, durante o Período de Estudo

PARÂMETRO	VALOR	ANO			TOTAL
		1974	1975	1976	
TMAX	33	-	-	3	3
	32	1	-	3	4
	31	2	2	-	4
	30	5	-	3	8
	29	3	1	2	6
	28	4	3	1	8
	27	-	3	1	4
	26	1	-	-	1
TMIN	22	1	1	1	3
	21	1	-	1	2
	20	8	2	9	19
	19	5	4	2	11
	18	1	1	-	2
	17	-	1	-	1
HMAX	20	-	1	-	1
	19	1	-	1	2
	18	8	1	6	15
	7	3	4	1	8
	16	1	-	2	3
	15	2	3	3	8
	13	1	-	-	1
HMIN	24	-	1	-	1
	23	-	-	-	-
	22	-	-	-	-
	21	1	-	-	1
	20	-	-	-	-
	19	-	-	1	1
	18	-	-	-	-
	17	-	-	-	-
	16	-	-	-	-
	15	-	-	-	-
	14	-	-	-	-
	13	-	-	-	-
	12	-	-	1	1
	11	-	-	-	-
	10	-	-	-	-
	09	4	3	2	9
	08	3	-	-	3
07	3	1	3	7	
06	2	2	5	9	
05	1	2	-	3	
04	-	-	1	1	
03	1	-	-	1	
02	-	-	-	-	
01	1	-	-	1	

QUADRO 6A - Freqüência dos Horários de Início de Trovoada e/ou Relâmpago, em Belo Horizonte, durante o Período de Estudo

Horas (UTC)	Ano			TOTAL
	1974	1975	1976	
24	1	1	2	4
23	4	3	2	9
22	5	-	4	9
21	-	1	1	2
20	3	-	-	3
19	1	1	1	3
18	-	2	1	3
17	-	-	1	1
16	-	-	-	-
15	1	-	-	1
14	-	-	-	-
13	-	-	-	-
12	-	-	-	-
11	-	-	1	1
10	-	-	-	-
09	-	-	-	-
08	-	-	-	-
07	-	-	-	-
06	-	-	-	-
05	-	-	-	-
04	-	-	-	-
03	-	-	-	-
02	-	1	-	1
01	1	-	-	1
Total	16	9	13	28

FONTE: TASA.

QUADRO 7A - Freqüência de Direção do Vento em Superfície, para Defasagens de -3, -2, -1, Zero e +1 Dias em Relação ao Dia de Ocorrência de Trovoada e/ou Relâmpago, em Belo Horizonte, durante o Período de Estudo

DEFASAGEM	QUADR.	1974	1975	1976	TOTAL
-3	CLM	3	1	7	11
	00/45	1	4	1	6
	45/90	3	1	1	5
	90/135	-	-	2	2
	135/180	-	1	-	1
	180/225	-	-	1	1
	225/270	1	1	1	3
	270/315	4	-	-	4
	315/360	4	-	-	4
-2	CLM	3	2	6	11
	00/45	3	2	1	6
	45/90	3	2	-	5
	90/135	1	1	3	5
	135/180	-	1	1	2
	180/225	-	-	-	-
	225/270	2	-	-	2
	270/315	2	1	1	4
	315/360	2	-	1	3
-1	CLM	3	3	4	10
	00/45	4	-	2	6
	45/90	1	-	2	3
	90/135	2	2	2	6
	135/180	-	1	1	2
	180/225	1	-	-	1
	225/270	1	-	1	2
	270/315	1	1	1	3
	315/360	3	2	-	5
0	CLM	4	3	5	12
	00/45	4	1	1	6
	45/90	1	-	2	3
	90/135	1	-	1	2
	135/180	-	1	-	1
	180/225	2	3	1	6
	225/270	-	1	1	2
	270/315	4	-	2	6
	315/360	-	-	-	-
+1	CLM	4	5	7	16
	00/45	2	-	-	2
	45/90	-	-	1	1
	90/135	3	2	-	5
	135/180	-	1	1	2
	180/225	5	1	3	9
	225/270	1	-	1	2
	270/315	1	-	-	1
	315/360	-	-	-	-

FONTE: TASA.

QUADRO 8A - Frequência de Direção do Vento, nos Níveis de 850, 700 e 500 hPa, sobre Brasília (BR) e Galeão (GL), nos Dias de Ocorrência de Trovoada e/ou Relâmpago, em Belo Horizonte, durante o Período de Estudo

NÍVEL	DIREÇÃO	1974		1975		1976		TOTAL	
		GL	BR	GL	BR	GL	BR	GL	BR
850 hPa	CLM	-	-	-	-	-	-	-	-
	00/45	3	2	1	3	2	-	6	5
	45/90	-	2	2	1	1	2	3	5
	90/135	-	2	1	3	-	-	1	5
	135/180	2	-	-	-	-	-	2	-
	180/225	-	1	-	-	1	-	1	1
	225/270	-	-	-	-	1	1	1	1
	270/315	3	5	1	-	6	-	10	5
315/360	7	3	4	2	2	1	13	6	
700 hPa	CLM	-	1	-	-	-	-	-	1
	00/45	1	8	2	2	-	1	3	11
	45/90	-	1	-	3	-	3	-	7
	90/135	1	-	1	1	2	-	4	1
	135/180	-	-	-	-	1	-	1	-
	180/225	1	-	-	-	-	-	1	-
	225/270	1	-	-	-	1	-	2	-
	270/315	5	3	5	1	7	-	17	4
315/360	6	2	1	2	2	-	9	4	
500 hPa	CLM	-	-	-	-	-	-	-	-
	00/45	2	5	-	2	-	1	3	8
	45/90	1	1	-	1	-	-	1	2
	90/135	2	3	-	3	3	3	5	9
	135/180	-	1	-	1	1	-	1	2
	180/225	2	2	-	1	3	-	5	3
	225/270	2	-	2	-	2	-	6	-
	270/315	2	2	4	-	2	-	8	2
315/360	3	1	3	1	2	-	8	2	

CONVENÇÃO: 00 - N; 45 - NE; 90 - E; 135 - SE; 180 - S;
225 - SW; 270 - W; 315 - NW; 360 - N

270

FONTE: TASA.

QUADRO 9A - Precipitação Pluviométrica em Viçosa, MG

Dia	Janeiro			Julho		
	1974	1975	1976	1974	1975	1976
1	12,6	38,0	0,0	0,0	71,9	0,7
2	1,6	96,6	0,0	0,0	0,2	10,1
3	23,4	72,8	0,0	0,0	0,1	6,0
4	8,7	0,1	1,4	0,2	17,8	18,3
5	0,0	1,1	26,7	0,0	2,7	0,0
6	1,6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0
7	21,8	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0
8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,9	1,4	0,0	0,2	0,1	0,0
10	0,0	6,6	1,4	0,0	0,1	0,0
11	0,0	13,2	0,0	0,1	0,1	0,0
12	1,7	1,1	0,0	0,1	0,1	0,0
13	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
14	5,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
16	12,7	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
17	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
18	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
19	0,3	0,0	0,0	0,1	0,9	0,1
20	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,1
21	16,9	3,7	0,0	0,0	0,0	0,2
22	1,5	9,2	0,0	0,0	0,0	2,2
23	0,8	17,5	1,2	0,1	0,0	0,0
24	0,0	1,9	0,0	0,1	0,0	0,1
25	0,0	2,9	0,0	0,1	0,0	0,1
26	0,0	3,6	2,8	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	19,7	0,1	0,1	0,1
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
30	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
31	35,8	0,8	1,3	0,0	0,0	0,0
Média	5,05	16,50	1,87	0,04	3,04	1,25

QUADRO 10A - Freqüência do Fator K para Galeão (GL) e Brasília (BR), nos Dias de Ocorrência de Trovoada e/ou Relâmpago, em Belo Horizonte, em Janeiro do Período de Estudo

K	Ano						Total	
	1974		1975		1976		GL	BR
	GL	BR	GL	BR	GL	BR		
$K \leq 15$	3	0	1	0	5	*	9	0
$15 < K \leq 20$	2	1	3	1	8	*	13	2
$20 < K \leq 25$	5	0	2	0	1	*	8	0
$25 < K \leq 30$	8	2	8	3	6	*	22	5
$30 < K \leq 35$	9	9	12	17	10	*	31	26
$35 < K \leq 40$	4	18	5	10	1	*	10	28
$K > 40$	0	1	0	0	0	*	0	1
Total	31	31	31	31	31	*	93	64

FONTE: TASA.

* - Dados ausentes.

QUADRO 11A - Freqüência do Índice de Showalter (IS) para o Galeão (GL) e Brasília (BR), nos Dias de Ocorrência de Trovoada e/ou Relâmpago, em Belo Horizonte, em Janeiro do Período de Estudo

IS	Ano							
	1974		1975		1976		Total	
	GL	BR	GL	BR	GL	BR	GL	BR
IS \geq 5	0	0	6	1	7	0	13	1
5 \geq IS > 3	7	0	7	2	8	0	22	2
3 \geq IS > 1	12	5	6	11	9	1	27	17
1 \geq IS > -1	6	9	8	10	7	0	21	19
1- \geq IS > -3	3	12	2	7	0	0	5	19
IS \leq -3	0	2	1	0	0	1	1	3
Total	28	28	30	31	31	2	88	58

FONTE: TASA.

QUADRO 12A - Freqüência do Fator K para Galeão (GL) e Brasília (BR), nos Dias de Ocorrência de Relâmpago e/ou Trovoada, em Belo Horizonte, em Julho do Período de Estudo

K	Ano							
	1974		1975		1976		Total	
	GL	BR	GL	BR	GL	BR	GL	BR
$K \leq 5$	13	21	13	5	9	2	35	28
$5 < K \leq 10$	1	4	2	1	3	7	6	12
$10 < K \leq 15$	2	1	8	1	4	6	14	10
$15 < K \leq 20$	9	0	2	2	6	3	17	5
$20 < K \leq 25$	1	3	4	1	6	5	11	9
$25 < K \leq 30$	4	1	2	2	3	6	9	9
$30 < K \leq 35$	1	1	0	4	0	0	1	5
Total	31	31	31	16	31	31	93	78

FONTE: TASA.

QUADRO 13A - Freqüência do Índice de Showalter (IS) para o Galeão (GL) e Brasília (BR), nos Dias de Ocorrência de Trovoada e/ou Relâmpago, em Belo Horizonte, em Julho do Período de Estudo

IS	Ano							
	1974		1975		1976		Total	
	GL	BR	GL	BR	GL	BR	GL	BR
$IS \geq 13$	2	1	6	2	3	0	11	3
$11 \leq IS < 13$	1	4	4	1	2	0	7	5
$9 \leq IS < 11$	6	7	8	1	5	5	19	13
$7 \leq IS < 9$	8	11	5	1	9	3	22	15
$5 \leq IS < 7$	4	5	2	0	5	9	11	14
$3 \leq IS < 5$	5	1	4	5	2	8	11	14
$1 \leq IS < 3$	3	1	1	4	4	4	8	5
$-1 \leq IS < 1$	2	0	0	2	1	0	3	2
Total	31	30	30	16	31	25	92	71

FONTE: TASA.