

## **ESTUDO DA OCORRÊNCIA DE FLUXOS NO PERFIL VERTICAL DO VENTO NA BAIXA ATMOSFERA COM ANÁLISE DAS COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP) E A SUA RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO NO RIO GRANDE DO SUL**

CLEBER SOUZA CORRÊA\*, ROBIN THOMAS CLARKE e ANDRÈ L. L. DA SILVEIRA

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH).  
Caixa Postal 15029, CEP 91501-970, Porto Alegre - RS.

\* E-mail: cleber.voy@terra.com.br

Recebido Setembro 2005 - Aceito Junho 2006

### **RESUMO**

Neste estudo busca-se entender as relações dos Jatos de Nível Baixo (JNB) e dos fluxos no perfil vertical do vento na geração de convecção em escala sinótica e a sua associação com a precipitação, observa-se o perfil vertical do vento através de radiossondagens realizadas no Aeroporto Internacional Salgado Filho em Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Estimam-se características predominantes da dinâmica dos fluxos dentro da baixa atmosfera, descrevendo a interação dos JNB e fluxos na geração da precipitação. Os JNB associados neste intenso transporte apresentam uma tendência de estarem ligados a eventos convectivos noturnos e na geração de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), que geram elevados índices pluviométricos que podem causar importante influência econômica. Utiliza-se a técnica da Análise das Componentes Principais para realização deste estudo, comparando suas componentes com a precipitação de sessenta e quatro estações pluviométricas sobre Estado do Rio Grande do Sul. O emprego desta metodologia facilita o entendimento da complexidade das interações das diferentes escalas meteorológicas envolvidas nos processos sinóticos de macro e mesoescala, mostrando neste método uma melhor representação das características dinâmicas dos processos baroclínicos na convecção. Em tal complexidade, o trabalho realizado pelos JNB e os fluxos nesta interação são o de serem uma escala efetiva de transporte de vapor de água na baixa atmosfera ao nível de mesoescala e de escala continental.

**Palavras-chave:** jatos de nível baixo, análise das componentes principais e precipitação.

**ABSTRACT:** VERTICAL WIND PROFILE USES A PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS, AND OF THEIR RELATION TO PRECIPITATION EVENTS IN RIO GRANDE DO SUL.

This study analyses the relation between Low-Level Jets (LLJ) and Flows in the vertical wind profiles generating convection at the synoptic scale, and associated events of rainfall, using vertical wind profiles obtained by radiosonde at the Salgado Filho International Airport in Porto Alegre, the State of Rio Grande do Sul. The LLJs involved in this large-scale transport tend to be associated with nocturnal convective events and with the generation of Mesoscale Convective Complexes (MCCs), giving high rainfall intensities, which may have important economic consequences. To describe the relations involved, the study uses a statistical method principal component analysis. Use of this method makes it possible to understand the complex interactions operating at meteorological scales involved in synoptic processes, from macro- to meso-scale. In such complexity, the part played by LLJs and Flows in this interaction is to effect transport in the lower atmosphere, thereby coupling regional meteorology and water circulation at the continental scale.

**Keywords:** low-level jet, principal component analysis; precipitation.

## 1. INTRODUÇÃO

Diferentes estudos observacionais e simulações numéricas (Stensrud (1996), Higgins et al. (1997), Whiteman et al. (1997), Igau et al. (1998), Parsons et al. (2000) e Lackmann (2002)) realizados em diversas regiões do planeta mostraram que no interior da Camada Limite Planetária (CLP) existe normalmente uma estreita faixa vertical contendo ventos máximos que ocorrem em alturas de cerca de 100 metros ou mais, e cujos valores extremos são da ordem de 10 a 40  $\text{ms}^{-1}$ , conhecido como Jato de Nível Baixo (JNB). Os JNB são classificados quanto à sua intensidade e ao cisalhamento vertical do módulo do vento, normalmente são classificados pela classificação proposta por Bonner (1968) e modificada por Whiteman et al. (1997), sendo agregado uma nova categoria (JNB Fraco) proposta por Corrêa et al. (2001) cujos valores são mais fracos que 10  $\text{ms}^{-1}$  e apresenta cisalhamento igual ou maior que 5  $\text{ms}^{-1}$  acima do núcleo do jato. Existem outras situações que podem ser definidas no perfil vertical do vento em que não caracteriza a existência um JNB clássico, mas não apresenta o cisalhamento significativo do vento acima deste fluxo, esta situação é caracterizada como sendo um Vento Máximo (VM). O perfil vertical do vento mostra no decorrer do tempo a alternância de diferentes perfis associados a diferentes forçantes, mas os perfis associados às sistemas sinóticos organizados são os mais vigorosos e frequentes. A presença de um JNB provoca um forte efeito no transporte de propriedades atmosféricas em alturas próximas à superfície, sendo um importante mecanismo de transporte de massa e energia entre regiões. A turbulência dentro da CLP traz associado ao JNB uma memória destas escalas espaciais e temporais, que estão intimamente ligadas ao gradiente vertical do perfil do vento. Este sistema dinâmico apresenta uma rápida resposta baroclínica dentro da turbulência em escala sinótica. A frequência e o período destes gradientes verticais nos dão informação do comportamento destas escalas meteorológicas envolvidas e de suas intensidades. O cisalhamento no perfil vertical do vento que ocorre acima do núcleo do JNB, abaixo de 3000 metros, é representativo das escalas meteorológicas envolvidas nos processos atmosféricos na baixa atmosfera. Portanto, os JNB desempenham efetivo papel na circulação atmosférica, através da existência dos fluxos, VM e JNB atuando em rápida resposta dentro das estruturas das diferentes escalas, que compõem uma complexa interação sinótica. Por causa desta resposta complexa surgem problemas na modelagem numérica em modelos regionais e climáticos, pois os JNB podem possuir escala espacial e vertical menor que a resolução dos modelos. Isto pode gerar incertezas na modelagem dos fluxos e dos JNB, ocasionando a diminuição da acurácia, o que implicaria na imprecisão da resposta dos modelos, afetando

a representação dos processos atmosféricos. Além disso, os modelos apresentam dificuldades em representar os processos baroclínicos associados aos fluxos e aos JNB dentro da CLP, pois não possuem parametrizações que relacionem diferentes escalas e forçantes. Na literatura existe uma lacuna com relação aos fluxos, pois são muito frequentes e podem possuir intensidades que causam otimização do vapor de água tanto pela baixa magnitude ou pela duração do fluxo. Fisicamente a convergência de vapor de água ou de massa pode ocorrer com valores relativamente baixos de módulo do vento. Esta dinâmica em latitudes médias pode caracterizar uma faixa entre 20 a 40 graus. Sendo que esta estrutura pode possuir processos de transporte que são otimizados dentro de escalas temporais da ordem de 6 a 12 horas, caracterizando na madrugada e na manhã, e culminando nas primeiras horas do dia a existência de ciclos convectivos com intensa precipitação. Dificuldades técnicas adicionais podem advir do fato de que os sistemas de observação operacionais não possuem malha e resoluções consistentes, pois existem poucas estações de radiossondagens para o monitoramento da baixa atmosfera, e também há dificuldades em razão de que muitos serviços de meteorologia não realizam observações noturnas. Portanto busca-se neste trabalho caracterizar uma estrutura dinâmica de transporte turbulento dentro da CLP mostrando a natureza baroclínica destes fluxos com existência de JNB no perfil vertical do vento e a sua associação nos eventos de precipitação sobre o Rio Grande do Sul com o uso da técnica de Análise das Componentes Principais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados do perfil vertical do vento foram obtidos de radiossondagens realizadas no Aeroporto Internacional Salgado Filho em Porto Alegre. O equipamento utilizado foi o W-9000 produzido pela VIZ – “Manufacturing Company USA”. Parte dos dados foram gerados por métodos diferentes. Até o ano de 1997 utilizou-se o sistema radionavegação Omega, que obtém os dados de vento através do uso de ondas radioelétricas. A partir de 1997 utilizou-se um sistema de telemetria com satélites geoestacionários, pelo sistema GPS “Global Position Systems”. Os dados do perfil vertical do vento foram coletados por radiossondagens sobre Porto Alegre, entre agosto de 1992 e maio de 1998. Sendo gerado arquivos com a altura, direção e intensidade do vento, obtendo-se matrizes com três colunas de dados diários, entre as 0830/0900 horas. No tratamento, classificação e consistência dos dados de radiossondagem foi utilizada uma planilha eletrônica do software EXCEL<sup>®</sup>, gerando arquivos em formato texto Lótus (\*.prn), que após foram submetidos para análise do software GENSTAT<sup>®</sup>, em cuja sub-rotina foi realizada a padroniza-

ção dos dados de radiossondagens obtidos. Os dados foram tratados através de interpolação linear obtendo-se valores da altura, direção e velocidade, no formato de uma matriz de três colunas por 30 linhas com series cujo tamanho foi da ordem de 100 dias na média. Estes períodos foram analisados conjuntamente com as séries temporais de precipitação em 12 estações meteorológicas de superfície do 8º Distrito de Meteorologia (8ºDISMET) e 52 postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA) sobre o Rio Grande do Sul. Para esta análise utilizou-se à técnica multivariada de Análise das Componentes Principais (ACP), supõe que uma variável randômica  $X_1, \dots, X_p$  de interesse tem uma determinada distribuição multivariada, com um vetor médio  $\mu$  e matriz variância-covariância  $S$ . O  $\lambda_q$  é o maior número de raízes características de  $S$ , que são todas independentes. A matriz variância-covariância  $S$  e o vetor  $X$  são de mesma ordem. Os coeficientes  $\underline{a}$  são elementos de um autovetor da matriz variância-covariância  $S$ , correspondendo ao maior número de raízes de  $\lambda_{ij}$ , e seus autovalores, são menores em número que as  $p$  variáveis. Como os coeficientes das diferentes componentes são necessariamente ortogonais. Por isso as primeiras componentes explicam a maior parte do total da variância da amostra, permitindo correlacionar cada componente, independente ortogonalmente, com os valores diários de precipitação sobre o Rio Grande do Sul.

Para extrair as componentes da matriz dos dados de radiossondagens e os escores das componentes utilizou-se o software GENSTAT®. Após calcular os escores, os autovetores de  $S$  sofreram um ajuste através da rotação dos vetores em relação aos dados pelo uso de uma função "FACROTATE", que procura otimizar e minimizar através dos mínimos quadrados os resíduos da matriz.

A partir da análise dos coeficientes da matriz  $\underline{a}$ , cada coluna da matriz  $\underline{a}$  representa uma componente da variância total e cada linha desta matriz pode representar a contribuição de cada componente para a ocorrência do evento, geometricamente os coeficientes podem ser compreendidos como as projeções das amostras na direção da componente principal, tal fato implica que na análise destes coeficientes da matriz  $\underline{a}$  (os escores), o maior valor do coeficiente representa a maior contribuição de determinada componente. O ideal deste valor de escore seria que ele fosse próximo de uma unidade ( $\approx 1$ ). Este método resultante implica na classificação dos perfis verticais do vento por dia na série temporal dos dados de radiossondagem através da variância de cada componente. Quando os escores apresentam valores similares anulou-se a linha, não havendo a ocorrência de uma predominância no perfil para este dia. Após esta separação da serie temporal dos dados de radiossondagem cruzou-se esta informação com os valores diários de precipitação das sessenta e quatro estações meteorológicas e pluviométricas sobre o Rio Grande do Sul.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o uso das suas quatro primeiras componentes, pode-se mostrar a existência de predominância no perfil vertical do vento. Tal variação mostrou a existência de uma estrutura vertical de fluxos dentro da CLP. Todas as componentes da ACP estiveram associadas às situações com chuvas de diferentes intensidades, porém cada componente analisada apresentou diferentes características, que podem ser relacionadas dinamicamente aos processos físicos baroclínicos que atuam no desenvolvimento dos sistemas meteorológicos. Tais características mostraram que na CLP possui uma predominância dinâmica de dois níveis de altura, em que ocorre a existência de fluxos e JNB. Estes têm grande efeito no transporte de vapor de água e massa na baixa atmosfera. Quando estes fluxos são caracterizados pela existência no perfil vertical de JNB ocorre a máxima otimização deste transporte. A primeira componente não caracterizou perfil com fluxo ou JNB. As componentes com fluxo/JNB (2º, 3º e 4º componente) mostraram a existência de eventos com grandes magnitudes no módulo do vento, neste caso estas componentes apresentaram na serie temporal intensos Jatos e intensas precipitações. Na serie temporal analisada mostrou que as componentes com fluxos/JNB podem ocorrer tanto isoladas, como em conjunto (combinação das componentes) e causarem chuvas de diferentes intensidades, tanto fracas como de intensidade extrema na superfície. Portanto na série temporal quando mostra a existência de dias com repetições da ocorrência de JNB e fluxos estes estiveram associados à formação de sistemas meteorológicos organizados, atuando e participando no desenvolvimento de estruturas mais complexas com maior tempo de convecção e mais organizadas no espaço e no tempo. A Figura 1 mostra a segunda componente na qual a importância do fluxo/JNB ocorreu no nível mais alto da ordem de 1000/ 1500 metros ou mais (correspondendo alturas de pressão atmosférica da ordem de 850 hPa ou mais altas). A Figura 2 apresenta uma variância do perfil vertical do vento que pode ser associada às situações na qual o transporte de vapor de água apresentou uma tendência de ocorrer com o maior valor total de precipitação, mostrando uma dinâmica de maior otimização em relação à segunda componente. Os fluxos/JNB associados neste perfil vertical apresentam alturas menores, da ordem de 500/ 1000 metros ou alturas menores (correspondem a alturas de pressão da ordem de 950 hPa ou maiores). A Figura 3 mostra situações na qual poderia ocorrer a soma dos dois efeitos, apresentando fluxos na altura da ordem de 500/ 1000 metros, terceira componente e fluxos na altura da ordem de 1000/1500 metros ou mais, segunda componente. Possuem uma característica física muito importante, os dois fluxos na vertical podem

ser máximos no perfil vertical do vento, que poderiam caracterizar circulações transversas e de compensação de massa, cujo papel pode ser muito importante na manutenção da convecção e na geração de sistemas meteorológicos de grande intensidade e baroclinicidade.

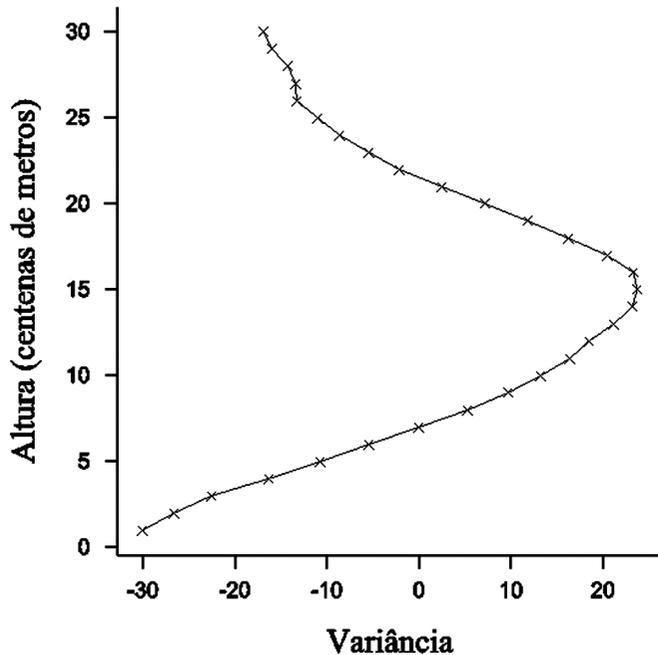


Figura 1 – Perfil vertical da variância da segunda componente da ACP do período de 01 de abril a 19 de julho de 1995, em centenas de metros.

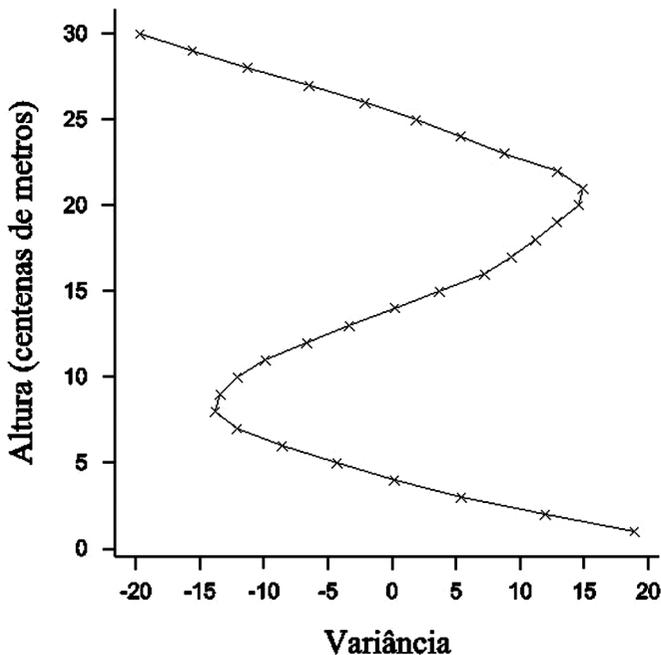


Figura 2 – Perfil vertical da variância da terceira componente da ACP do período de 01 de abril a 19 de julho de 1995, em centenas de metros.

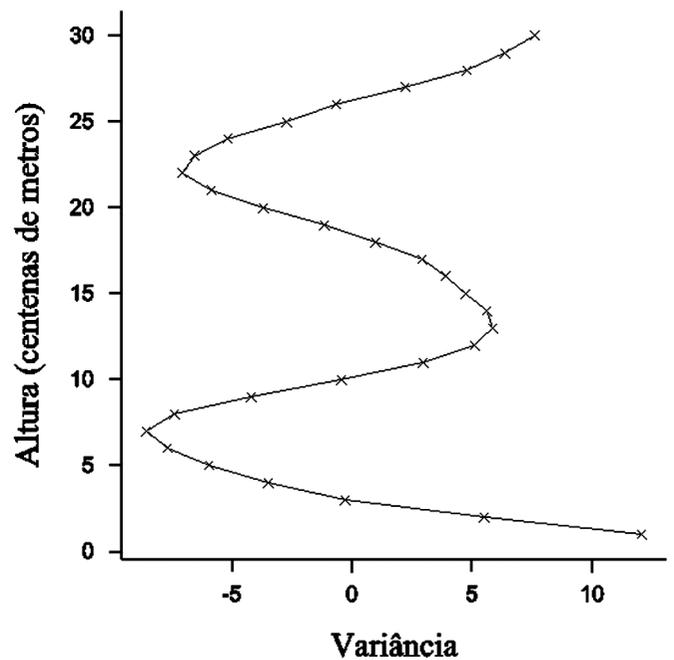


Figura 3 – Perfil vertical da variância da quarta componente da ACP do período de 01 de abril a 19 de julho de 1995, em centenas de metros.

A 4º componente observada na Figura 3 pode em algumas situações apresentar comportamento parecido com a 2º componente, no qual uma maior importância do fluxo esteja no nível mais alto da ordem de 1000/ 1500 metros ou mais, com JNB no nível mais alto e um fluxo que não caracteriza Jato na parte mais baixa. Em outras situações pode ocorrer a 4º componente apresentando comportamento parecido com a 3º componente, o predomínio do nível mais baixo da ordem de 500/ 1000 metros ou menos, com JNB e no nível mais alto um fluxo que não caracteriza Jato. Portanto tal comportamento dinâmico mostra a grande capacidade baroclínica deste sistema físico na baixa atmosfera e que tem enorme impacto no transporte de massa e de vapor de água. Uma consequência desta estrutura dinâmica e estratificada no perfil vertical do vento resulta que as escalas verticais envolvidas na baixa atmosfera mostram uma interação direta dos forçantes sinóticos na geração e manutenção da turbulência dentro das diferentes tipos de CLP, durante o transcurso das 24 horas entre o dia e a noite. Nas situações quando estes fluxos ou JNB for mais intenso no nível mais alto, na ordem de 850 hPa (1000/1500 metros ou mais), ocasionam durante a noite um aumento da turbulência devido ao cisalhamento do vento e do transporte de massa. Fazendo com que a CLP noturna apresente uma camada residual que sofra o efeito do incremento da turbulência, tal efeito de interação do JNB ou fluxo, como forçante sinótico implica no aumento da turbulência de cima para baixo. Fazendo com que a camada residual seja até totalmente destruída, por estruturas sinóticas de grande intensidade. As escalas que compõem a CLP possuem

uma estrutura fortemente dinâmica, no qual a maior parte da turbulência na CLP sofre influência direta das escalas sinóticas (forçantes sinópticos).

A Tabela 1 mostra as porcentagens das componentes principais do módulo do vento e direção, no decorrer dos 14 períodos, desde agosto de 1992 a maio de 1998, na qual é apresentada a frequência dos perfis predominantes. Na análise dos períodos fica realçada que no período de El Niño ocorrido em 1997, entre janeiro e abril, ocorreu uma exceção na série temporal. A primeira componente com uma frequência de 44,16% caracteriza um perfil vertical que caracteriza fluxos e JNB (segunda componente), diferente das outras primeiras componentes, de tal forma que, foi colocada na Tabela 1 como sendo a segunda componente, por ser um perfil de variância que caracteriza uma estrutura de ocorrência de fluxos/JNB. No período de março e setembro de 1997, foi uma situação de El Niño, o padrão de escoamento em níveis altos na troposfera pode apresentar situações com intensas divergências no nível do Jato de Nível Superior (JNS), que é uma característica de bloqueio no escoamento nos níveis altos sobre a região sul do Brasil, Kousky e Cavalcanti (1984). Das 25 ocorrências de JNB com valores  $\geq 20 \text{ ms}^{-1}$ , 12 ocorreram neste período, no qual os JNB apresentaram maiores valores de intensidade. Em tais

situações ocorre uma intensificação da circulação em baixos níveis na atmosfera e uma otimização da atmosfera como um todo. Tal estrutura denota o acoplamento na vertical e com o ajuste de massa entre os JNB e os Jatos de Nível Superior (JNS), fazendo com que ocorra um aumento significativo na intensidade dos JNB.

A Tabela 1 mostra a análise da ACP por componente do módulo do vento e o seu total de precipitação associada pela análise dos escores entre o período do 01 de agosto de 1992 a 03 de maio de 1998 sobre o estado do Rio Grande do Sul. Esta análise foi realizada com um total de 97088 dias de precipitação e sessenta e quatro postos de observação. Apresenta importantes resultados, como a tendência na média, da terceira componente estar associada com o maior valor acumulado de precipitação (total e na média), maior que a segunda e a quarta componente. Em ambas situações a terceira componente foi maior por um fator da ordem de 1,35 ou mais nos períodos analisados (Anos de 1994 e 1996). Porém ocorreram períodos, como 01 de dezembro de 1992 a 31 de março de 1993 com a quarta componente, 01 de agosto de 1993 a 30 de novembro de 1993, 01 de dezembro de 1994 a 31 de março de 1995 e 01 de março a 25 de abril de 1997 com predomínio da segunda componente, o maior total acumulado de precipitação. Nestas situações apresentou a segunda e

**Tabela 1** – Variação das porcentagens das Componentes Principais do Módulo do Vento e o total de precipitação, entre os anos de 1992 e 1998, no horário das 09:00 horas local.

Módulo do Vento Período	Componente (%)				Soma Total (%)	Nº de dias	Total de Precipitação (mm) em 64 pontos de observação		
	1ª	2ª	3ª	4ª			2ª	3ª	4ª
01/08 a 30/11/92	67	14	8	5	94	122	3631	6316	4849
01/12/92 a 31/03/93	42	26	18	6	92	121	2835	5375	9129
01/04 a 31/07/93	60	23	10	3	96	123	3778	6216	7280
01/08 a 30/11/93	64	20	8	3	95	122	9042	2948	4102
13/04 a 09/07/94	62	19	11	4	96	94	6850	9269	4856
05/08 a 30/11/94	69	15	8	3	95	118	4416	9002	4900
01/12/94 a 31/03/95	54	25	12	3	94	121	7643	4573	4792
01/04 a 19/07/95	68	19	8	2	97	110	4379	7600	6273
01/08 a 20/11/95	71	18	8	2	99	112	3338	6296	3606
20/03 a 30/06/96	68	18	8	2	96	103	4585	8031	5709
01/07 a 31/10/96	67	16	10	3	96	123	3949	12016	5961
01/01 a 25/04/97	28	44	19	4	95	115	7526	7150	5559
13/06 a 30/09/97	48	29	15	5	97	80	4093	7435	5396
12/03 a 03/05/98	61	21	10	3	95	53	5899	5019	3342
					<b>Total</b>	1517	71964	97246	75754
<b>Média</b>	59	22	11	3		108	5140	6946	5411
<b>Desvio Padrão</b>	12	8	4	1		20	1908	2259	1493

quarta componentes maiores totais de precipitação que a terceira componente ou foram da ordem desta. Um aspecto importante desta situação foi que estes períodos têm em comum a estação do verão ou transição para outono. Em tal característica ocorreu o predomínio de perfil da segunda e quarta componentes, a segunda componente apresenta alturas próximas à 1000/1500 metros ou mais, correspondendo a níveis de pressão da ordem de 850 hPa com tendência no verão e a terceira componente apresenta alturas próximas a 500/1000 metros ou menos, correspondendo a níveis de pressão mais próximos da superfície ou da ordem de 950 hPa no inverno. Implica que estes aspectos mostram uma tendência que nem todos os tipos de fluxos e JNB apresentam a mesma estrutura de escala no transporte de vapor de água, mostrando que podem existir diferenças nas suas escalas e intensidades no processo de formação da convecção e das escalas sinópticas entre o verão e o inverno para a latitude do estado do Rio Grande do Sul. Portanto estes resultados mostram uma tendência no processo físico da convecção, apresentando uma significativa variação de sazonalidade no processo dinâmico das escalas e intensidades dos fluxos/JNB entre o verão e o inverno. A quarta componente pode apresentar uma estrutura vertical na qual os processos turbulentos são otimizados para as ambas alturas, nos níveis de pressão da ordem de 850 hPa e 950 hPa, tal estrutura vertical caracteriza um mecanismo baroclínico que atua na baixa atmosfera diretamente ligado aos processos convectivos que ocorrem ao nível de mesoescala e que influenciam a geração de outras diferentes escalas meteorológicas. Esta situação dinâmica a quarta componente apresentou a maior otimização do transporte de vapor de água e massa, mesmo sendo a componente com menor percentagem de ocorrência entre as componentes, mas apresentou o maior valor total de precipitação por evento. Tal fato resulta em uma estrutura dinâmica de transporte nos baixos níveis que realçam uma natureza extremamente baroclínica deste transporte turbulento. Os modelos de reanálise global que são usados para estudar os JNB, não são hábeis em representar todas estas estruturas baroclínicas de mesoescala dos fluxos/JNB, podendo subestimar o fluxo transportado de vapor de água, sendo que este fluxo pode ser maior na realidade do que foi calculado pelos modelos, Berbery e Collini (2000). Os modelos de reanálise enfatizam o transporte de vapor de água nas alturas com pressão de 850 hPa que corresponderiam as alturas de 1000 metros ou mais, seriam associados a segunda componente. Neste nível os valores de JNB possuíram maiores magnitudes, porém não está associado ao maior valor total acumulado de precipitação. A análise das ACP mostra que o processo é otimizado para as alturas de 500/1000 metros ou altura mais próxima da superfície (alturas de pressão da ordem de 950 hPa), neste aspecto as componentes são a terceira e quarta. As alturas da ordem de 500 metros ou inferiores apresentam a tendência de possuírem

direção de leste, caracterizando um fluxo do Atlântico Sul para o continente. Tal estrutura caracterizaria um mecanismo de transporte de vapor de água diretamente do Atlântico para o continente, sendo que este poderia ser responsável por manter significativa parcela da convecção, através da manutenção e alimentação dos SCM. A variação temporal dos perfis verticais do vento com fluxos/JNB mostra que no desenvolvimento de uma perturbação meteorológica, pode existir a combinação dos perfis verticais das componentes, as características desta alternância de perfil verticais do vento demonstram a riqueza dos mecanismos baroclínicos que surgem no processo de desenvolvimento das diferentes perturbações meteorológicas. No qual o JNB é o mecanismo de otimização destes processos e de transporte em baixos níveis. No momento que atua de forma isolada possui a capacidade de gerar instabilidades baroclínicas criando sistemas convectivos, cuja ocorrência apresenta a tendência de um ciclo noturno para o Rio Grande do Sul. Portanto poderia se estudar a existência de predominância nos perfis verticais do vento associados aos sistemas meteorológicos mais frequentes. Esta repetição de determinados perfis verticais no tempo traria informações dos diferentes tipos de escalas envolvidas, pois os sistemas meteorológicos que apresentam escalas de tempo de vários dias, como ocorre em situações de bloqueio, a convecção associada a este sistema apresentaria vários ciclos convectivos, portanto a segunda, a terceira e quarta componente tenderiam a se repetir no tempo alternadamente, criando características que acompanham os sinais das escalas meteorológicas com maior duração. A segunda componente que ocorre no nível de 850 hPa (1000/1500 metros ou mais) está associada a sistemas com grandes estruturas sinóticas. O aumento da frequência desta componente poderia caracterizar a influência de um sinal de macroescala em nível planetário (sinal remoto), tipo o sinal ENOS. A terceira componente que ocorre no nível de 950 hPa (500/1000 metros ou mais próximo da superfície), poderia o seu aumento de frequência caracterizar uma tendência de representar processos de natureza convectiva (sinal local), atuando ao nível de mesoescala ou com influência de fatores regionais ou parcialmente continentais. Portanto, as mudanças de frequência das componentes da ACP podem caracterizar sinais de variação sazonal e intersazonais. Abre se a possibilidade de desenvolver uma climatologia dos perfis verticais correlacionados as diferentes escalas meteorológicas existentes na convecção, o que ajudaria a entender os padrões e mecanismos meteorológicos associados à convecção para a latitude do Rio Grande do Sul.

#### 4. CONCLUSÕES

O uso da Análise das Componentes Principais mostrou ser um método mais abrangente, pois apresenta através da variância do perfil vertical do vento características dinâmicas

e de baroclinicidade associada à convecção. As classificações usadas anteriormente para JNB não mostram, como a classificação proposta por Bonner (1968), com o uso do módulo do vento e o cisalhamento acima do núcleo do jato como parâmetros, não apresenta estas características dinâmicas importantes da turbulência associada às escalas sinóticas. Os fluxos/JNB estão diretamente ligados a interação de diferentes escalas, meso para meso e meso para macroescala, atuando de forma a ser a escala efetiva neste transporte de massa e energia entre latitudes tropicais e latitudes médias realizando o transporte de vapor de água de regiões tropicais para latitudes médias e na América do Sul, mas especificamente sobre o Rio Grande do Sul caracterizando uma circulação oceano/continente. Estas interações apresentam uma estrutura complexa de escalas, nos quais os fluxos/JNB trazem informações importantes das estruturas sinóticas e de suas escalas temporais. Podendo ser observadas através da sua alteração de frequência e intensidade, no seu gradiente vertical, no módulo do decaimento vertical da velocidade do vento acima do núcleo do jato, na altura do jato e na sua direção. Estas informações podem ser obtidas na série temporal das radiossondagens, mostrando as variações em magnitude e intensidade destas características. Associada a esta estrutura estratificada na baixa atmosfera, coexistiu uma estrutura dinâmica apresentando dois níveis com a existência de fluxos e JNB, um na ordem de 950 hPa ou mais próximo da superfície e o outro na ordem de 850 hPa. Ambas alturas podem apresentar uma relação dinâmica no perfil vertical do vento, com JNB ou podem apresentar um fluxo no nível mais baixo e um JNB acima, ou também um JNB no nível mais baixo e um fluxo no nível superior e podem existir somente dois fluxos, sem configurar estrutura de JNB. Outro aspecto importante vem da relação das componentes com a precipitação mostrando que os fluxos/JNB com altura mais baixa tiveram totais de precipitação maiores, existindo uma maior otimização, tal característica está associada a terceira e quarta componente. Tais fatos mostram que pode existir no desenvolvimento de um sistema meteorológico, uma combinação de perfis com diferentes componentes. Tal aspecto mostra uma estrutura estratificada na qual apresenta uma riqueza de combinações de estruturas dinâmicas e baroclínicas que podem existir nos processos de geração e manutenção da convecção.

Na baixa atmosfera a dinâmica de fluxos/JNB gerada pelos forçantes sinóticos influencia diretamente nas intensidades das escalas da CLP e na sua turbulência. O monitoramento destes fluxos abre a possibilidade de aumentar o entendimento dos processos físicos de mesoescala e podem nos dar importantes informações das características das diferentes escalas meteorológicas que compõem a variabilidade climática e que fazem a interação entre as escalas de meso e macro escalas sobre o Rio Grande do Sul.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERBERY, E. H. & COLLINI, E. A. Springtime precipitation and water vapor flux convergence over southeastern South America. **Monthly Weather Review**. v. 128, p. 1328-1346, 2000.
- BONNER, W. A. Climatology of the low level jet. **Monthly Weather Review**. v. 96, p. 833-850, 1968.
- CORRÊA, C. S.; DALLAROSA, R. L. G. e DEGRAZIA, G. A. Estudo Observacional dos Jatos de Nível Baixo sobre a região metropolitana de Porto Alegre. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 6, n.º 4, p. 19-27, 2001.
- IGAU, R. C. & NIELSEN-GAMMON, J. W. Low-level Jet development during a numerically simulated return flow event. **Monthly Weather Review**. v. 126(11), p. 2972-2990, 1998
- HIGGINS, R. W.; YAO, Y.; YAROSH, E. S.; JANOWIAK, J. E. & MO, K. C. Influence of the great plains low-level jet on summertime precipitation and moisture transport over the central United States. **Journal of Climate**. v. 10, p. 481-507, 1997.
- KOUSKY, V. E. e CAVALCANTI, I. F. A. Eventos Oscilação Sul – El Niño: Características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**. v. 36(11), p. 1888-1899, 1984.
- LACKMANN, G. M. Cold-frontal potential vorticity maxima, the low-level jet, and moisture transport in extratropical cyclones. **Monthly Weather Review**. v. 130, p. 59-74, 2002.
- PARSONS, D. B.; SHAPIRO, M. A. & MILLER, E. The mesoscale structure of a nocturnal dryline and of a frontal-dryline Merger. **Monthly Weather Review**. v. 128(11), p. 3824-3838, 2000.
- STENSRUD, D. J. Importance of low-level Jets to Climate: A Review. **Journal of Climate**. v. 9, p. 1698-1711, 1996.
- WHITEMAN, C. D.; XINDI B. & SHIYUAN Z. Low-level jet climatology from enhanced Rawinsonding observations at a site in the Southern Great Plains. **Journal of Applied Meteorology**. v. 36, p. 1363-1376, 1997.