



# ① PROCESSOS FÍSICOS ASSOCIADOS AOS SISTEMAS DE TEMPO E CLIMA

Os sistemas de tempo surgem, se desenvolvem, amadurecem e decaem em um período de dias a semanas, ocasionados pelo aquecimento diferenciado da superfície terrestre, e associados à circulação geral da atmosfera agem no sentido de reduzir o gradiente térmico entre os pólos e o equador. Os processos físicos associados ao clima se referem principalmente às interações nas quais a atmosfera é influenciada e influencia as outras componentes do sistema climático.

Para entender melhor tais processos Terra-se, primeiro, necessário compreender as definições de tempo e clima. As flutuações da atmosfera que ocorrem nas escalas horária, diária e semanal constituem o tempo. Em outras palavras, pode-se dizer que o tempo se refere a um estado momentâneo da atmosfera e pode ser caracterizado através de variáveis como temperatura do ar, pressão atmosférica, ventos, entre outros. O clima, entretanto, pode ser caracterizado através de condições de tempo predominantes. Assim, é obtido, por exemplo, através das médias dos elementos do tempo. O clima, conseqüentemente, caracteriza as condições intrínsecas associadas a uma determinada região/localidade e a uma determinada época do ano.

De acordo, com a Organização Meteorológica Mundial a normal climatológica, utilizada para caracterizar as condições climáticas de uma região, deve considerar um período de trinta anos das observações de tempo.



Um dos principais mecanismos, associados a existência dos sistemas de tempo e clima está associado ao superávit de energia na região equatorial e ao déficit nos pólos. Para promover este equilíbrio, a atmosfera e oceanos por serem fluidos desempenham papel importante através dos mecanismos de advecção e convecção. Na escala global verifica-se o mecanismo de advecção como principal atuante no transporte horizontal de energia, sendo este direcionado do equador para os pólos. Na escala local destaca-se os movimentos convectivos transportando umidade e energia da baixa troposfera para maiores altitudes.

Considerando a existência destes mecanismos de transporte de energia verificam-se em escala global a existência de três células de circulação: Hadley, Ferrel e Polar. Assim, através dos movimentos associados a estas células de circulação global verificam-se ~~mecanismos~~ mecanismos diferenciados para a formação de determinados sistemas de tempo e clima. Ainda considerando a diferença de temperatura entre os pólos e equador e, considerando as variações de pressão em altitude, verifica-se um gradiente de pressão apontando dos pólos para o equador e a força do gradiente de pressão atuando no sentido contrário. A partir da existência da força do gradiente de pressão em altitude, descreva-se a existência dos ventos de oeste (que surgem através do desvio em relação à força de Coriolis para a esquerda no Hemisfério Sul e direita no Hemisfério Norte). Esses ventos intensos de oeste, onde se encontram as correntes de jato, são também responsáveis



pela configuração dos sistemas de Tempo. As ondulações nas correntes de jato podem favorecer de forma diferenciada a formação dos sistemas de Tempo.

As ondulações podem ser então classificadas como ciclônicas e anti-ciclônicas onde podem existir regimes ativos e inativos associados aos sistemas de tempo. A região ativa localiza-se a leste do cavado, onde predominantemente ocorre o movimento ascendente do ar e a formação de nuvens precipitação, frontogênese e ciclogênese. A região inativa localiza-se a oeste do cavado, nessa região o movimento do ar é subsidente favorecendo a formação dos sistemas de alta pressão em superfície, nestas regiões verificam-se condições de tempo mais secas.

A partir dessas configurações de circulação em grande escala da atmosfera surgem ~~os sistemas~~, ou se formam, diferentes sistemas de tempo, sendo destacados alguns a seguir.

A existência de massas de ar com características distintas (principalmente em função de sua temperatura e umidade) embutidas na circulação geral da atmosfera se movem/deslocam. Considerando este deslocamento e as interfaces entre duas massas de ar com propriedades distintas surgem as chamadas frentes. As frentes podem ser caracterizadas como uma zona de transição entre duas massas de ar, com propriedades distintas de densidade e temperatura, e associadas as ondas baroclínicas de latitude média agem no sentido de transportar ar mais quente e úmido da região tropical para a região polar e ar mais frio e seco das polas para as regiões tropical. As frentes podem ser classificadas em frias, quentes, estacionárias e oclusas em função do deslocamento de uma massa de ar sobre uma delimitada região.



Um sistema frontal clássico é assim consi-  
derado quando existe a presença de uma  
frente fria, frente quente e um sistema de  
baixa pressão em superfície, chamado ciclone.

Ao longo do tempo de vida do sistema frontal, o ar  
frio, por ser mais denso que o ar quente, move-se mais  
rapidamente alcançando a frente quente. Neste momento,  
o ar quente torna-se aprisionado (oclusão) e é forçado  
a ascender no sistema de baixa pressão. Quando há  
somente a presença do ar frio no sistema de baixa pressão  
ocorre a oclusão e o ciclone atinge o seu tamanho  
máximo, vindo posteriormente a se dissipar devido a falta  
de mecanismos dinâmicos e físicos em superfície.

No Hemisfério Sul, as frentes frias apresentam configurações  
de Oeste-Sudeste e se deslocam de sudoeste para nor-  
deste. Quando estas frentes conseguem atingir baixas lati-  
tudes, por exemplo, ao penetrar na região Amazônica, re-  
têm o nome de frações.

No modelo conceitual de Bjerknes e Solberg, o ciclone  
se forma em uma pequena onda que surge ao longo da  
frente em superfície devido ao ar frio (quente) se deslo-  
car em direção ao equador (polo). Durante esse deslo-  
camento verifica-se o movimento ascendente do ar, o reafes-  
tamento do campo de pressão e a formação de um sistema  
de baixa pressão através da vertice da onda. O ciclone é  
caracterizado como uma região na atmosfera em que se observam  
menores valores de pressão para um determinado nível de altura.  
Além do modelo conceitual de Bjerknes e Solberg verificam-se  
a formação de ciclones associados a circulação geral da  
atmosfera, circulação de baixas pressões. Assim como de-  
termina mecanismos com relação às estações do ano. No  
meio, a formação dos ciclones ocorre preferencialmente  
no continente durante da ocorrência de mudança de estado físico  
para a precipitação. No verão, verifica-se a formação preferencial



18  
A

dos ciclones sobre o oceano devido a instabilidade hidrodinâmica.

Nos altos níveis da atmosfera observam-se os vórtices ciclônicos de ~~latitudes médias e altas~~ ~~potenciais atmosféricos~~ ~~em níveis altos~~ ~~potenciais atmosféricos~~ altos níveis (VCAN'S) classificados em do tipo Palmer (extratropicos) e Palmer (tropicos). Os VCAN'S do tipo Palmer está associado a intensificação de uma crista corrente acima, enquanto que o do tipo Palmer está associado a persistência de um cavado nos altos níveis da atmosfera que se ao propagar no continente favorece a sua intensificação, despendo-se do mecanismo atmosférico associado.

Nos trópicos destaca-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), localizada no ramo ascendente da célula de Hadley, age no sentido de transportar calor e umidade nos baixos níveis para os altos níveis da atmosfera. Assim como, as regiões de altas latitudes para latitudes médias. A sua região preferencial na região equatorial surge devido ao predomínio de águas mais quentes, acima de  $27^{\circ}\text{C}$  (em média). No Hemisfério Sul durante os meses de primavera e verão destaca-se a configuração da zona de convergência do Atlântico Sul, responsável ~~para~~ por transportar umidade e calor da porção sul-leste da região Amazônica para o centro-sul do Brasil. Para a ocorrência da ZCAS ou da sua classificação destacam-se a presença de alguns elementos: a) configuração da Alta da Bolívia (que surge devido ao intenso aquecimento do Altiplano Boliviano e liberação de calor latente) e um cavado sobre o Nordeste do Brasil; b) persistência da banda de nebulosidade por no mínimo quatro dias e c) um cavado a leste da cordilheira dos Andes, com direção nordeste-sudeste favorecendo o mecanismo dinâmico para o levantamento do ar.

Em escalas regionais, referentes aos sistemas de Tempo, destacam-se as circulações de brisa marítima / terrestre e circulação de vale-montanha que surgem em função do aquecimento diferenciado da superfície, ou entre superfícies. Consequentemente, podem então ocorrer sistemas diferenciados (formação de nuvens e precipitação) dependendo da umidade e energia na atmosfera.

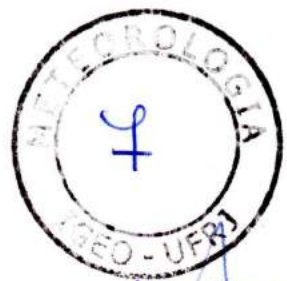


Nos baixos níveis da atmosfera, verifica-se a ocorrência da canalização dos ventos na porção leste das porções caducas montanhosas, chamadas de jatos de baixos níveis. No Hemisfério Sul, o jato de Baixos Níveis é assim classificado quando a magnitude do vento é maior do que 12 m/s no nível de 850 hPa, o ualhumete de vento é maior do que 6 m/s entre 850 hPa e 700 hPa e a componente meridional é, em módulo, maior que a componente zonal e orientada regional. Uma das principais características do jato de baixos níveis é ~~associada~~ a sua associação ao sistema de Monção na América do Sul.

Estes foram alguns dos sistemas de tempo predominantemente na ~~América~~ América do Sul e com ênfase destaque. Com relação ao clima, cabe-se considerar as componentes do sistema climático. Sendo elas: atmosfera, biosfera, criosfera, hidrosfera e litosfera. As interações entre essas componentes ocorrem em diferentes escalas espaciais e temporais, apresentando um nível de complexidade. Assim, entender os sistemas que apresentam variabilidade interanual e anual se torna de grande relevância. Entre estes principais sistemas destacam-se a circulação de Madden-Julian (OMJ) e o El Niño Oscilação Sul ~~(ENOS)~~ (ENOS).

A OMJ se caracteriza como uma oscilação zonal direta na região equatorial que se propaga para leste em um período de 30 a 60 dias. O principal mecanismo responsável para a sua formação está associado a interações entre efeitos locais e globais, ondas de Rossby e Kelvin nesta região. Seu monitoramento é importante pois pode favorecer anomalias positivas e negativas em diferentes regiões, alterando consequentemente os padrões de circulação.

O ENOS é a principal fonte de variabilidade climática interanual global, uma oscilação acoplada oceano-atmosfera responsável por ocasionar mudanças no regime de ventos e temperatura da superfície do mar da região equatorial, central e leste do Pacífico, mas que influencia diversas regiões ao redor do globo.



O ENSO apresenta duas fases distintas. A fase quente denominada EL-Niño, onde desviam-se um enfraquecimento dos ventos alísios e aumenta a temperatura da superfície do mar. A La Niña é caracterizada pela fase fria do ENSO, com um aumento dos ventos alísios e resfriamento da temperatura da superfície do mar. Um dos principais mecanismos associados ao EL-Niño é a bifurcação da célula de Walker, ~~provocada~~ devido ao movimento ascendente do ar na região do Pacífico equatorial central-leste, que, em anos de neutralidade, apresenta movimentos subsidentes. Assim, verifica-se durante o El-Niño uma diminuição das chuvas na região Nordeste do Brasil associada ao movimento subsidente provocado pela bifurcação da célula de Hadley.

Com relação aos fenômenos climáticos destaca-se também a importância de índices associados, como por exemplo o índice ENSO, dipolo do Atlântico, oscilação decadal do Pacífico, Pacífico América do Norte (PAN), oscilação do Atlântico Norte (NAO), oscilação Antártica, onde através disto é possível também avaliar padrões de teleconexão na atmosfera. Todas estas características climáticas, consequentemente das características de tempo predominantemente, agem e ocorrem visando a manutenção do balanço energético global.



### ③ TÉCNICAS OBSERVACIONAIS IN SITU E REMOTAS PARA A PREVISÃO DO TEMPO, SAZONAL E PROJEÇÃO CLIMÁTICA

Um sistema de observação meteorológica é um conjunto de instrumentos configurados para uso simultâneo, tanto visando entender a distribuição espacial das observações ou a evolução temporal para uma determinada região em específica. Dentre as técnicas de observação, destacam-se:

(A) Técnicas observacionais in situ são assim consideradas quando existe um contato físico direto entre o sensor do dispositivo e o meio (ou substância) que está sendo medida. Neste contexto, os sensores devem ser fabricados para ter uma interferência mínima no meio/substância medida assim como ser projetado para caracterizar as variações (sejam, espaciais ou temporais) de interesse.

(B) Técnicas remotas, ou também caracterizadas como senso não contato remoto, são assim consideradas quando não existe um contato físico entre o sensor e o meio/substância. Nesse caso, são realizadas inferências a partir das propriedades eletromagnéticas com a região/alvo de interesse. Nessa técnica, destacam-se dois principais tipos de sensores: a) sensores ativos, que operam pela emissão de um pulso eletromagnético e o sinal de retorno retroespalhado e b) sensores passivos que não emitem radiação, mas dependem do sinal emitido/refletido por um determinado meio para realizar alguma inferência sobre o alvo. Nos sensores ativos destacam-se os radares meteorológicos e os sensores passivos destacam-se os radiômetros, a bordo dos satélites.

Um dos principais ganhos associados às técnicas observacionais remotas é a obtenção de imagens, perfis e estruturas, isto é, informações em duas ou três dimensões, e que não é possível de se obter através das observações in situ que apresentam um caráter de medição pontual. Nesse contexto, a utilização integrada destas duas formas/técnicas observacionais pode fornecer informações mais precisas a uma determinada localidade/região,





Ambas técnicas de observação constituem o sistema de observação global que pode ser caracterizado em diferentes subcategorias: redes de superfície, redes de ar superior, sistema de radares, sistemas de satélite, aeronáuticos, e outros sistemas para fins específicos.

As redes de observação de superfície podem estar localizadas sobre o continente e no mar (sobre navios e boias). Tais redes, coletam principalmente os parâmetros de Temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento e radiação solar. Se integram a rede de observação automática devem reportar os dados a uma frequência ~~mensal~~ mínima a cada três horas e em uma frequência ~~mensal~~ mínima a cada uma hora. Em superfície continental, devem também obedecer alguns critérios como por exemplo, determinadas instrumentais devem estar localizadas no interior do abrigo (caixa de madeira pintada de branco com brechas nos lados para permitir a circulação do ar) e este deve estar a 1,2 m / 1,5 m acima da superfície para não sofrerem influências da superfície. Na área externa, deve conter o cercado e no interior do cercado a área deve ser (ou conter) grama, pois o ~~terreno~~ seu altitude é praticamente o mesmo em qualquer lugar do mundo, evitando um possível efeito de ~~microclima~~ microclima local na estação. Além dessas características, outras observações podem também ser obtidas através das orientações da Organização Meteorológica Mundial.

As redes de satélites são formadas pelos satélites geoestacionários, localizados a 36000 Km de altitude que possuem órbita a velocidade de rotação da Terra e os satélites circumpolares, localizados a 800-900 Km de altitude e realizam varreduras alternando entre os polos norte e sul. Dentre as principais vantagens / desvantagens do uso desses satélites



é que os satélites geostacionários oferecem um contínuo monitoramento do sistema terrestre, porém apresentam uma menor resolução espacial. Já os satélites circumpolares apresentam uma maior resolução espacial, mas não oferecem um monitoramento contínuo sobre uma determinada região. Assim, para fins específicos como a previsão imediata o seu uso torna-se limitado por nem sempre coincidir com a formação, deslocamento e dissipação dos sistemas convectivos.

As redes de radares têm como um principal característica oferecer informações mais detalhadas sobre os hidrometeoros presentes em uma nuvem, isto porque o comprimento de onda (microondas) utilizado penetra os sistemas precipitantes e pode através do sinal de retorno retroespalhado fornecer informações associadas a distribuição do tamanho das gotas no interior da nuvem, sua estrutura, estimativa da precipitação e extrapolação do deslocamento das células. Se os radares são do tipo Doppler e de dupla polarização é possível também obter informações mais aprofundadas associadas a forma, tipo, orientação dos hidrometeoros e velocidade radial do vento.

Neste contexto, cabe também salientar o grande ganho das informações obtidas através do satélite GOES-16, onde através de 16 canais podem ser combinadas informações referentes às respostas espectrais, assim com identificação de regiões com convecção profunda, queimadas, cinzas, ozônio, CO<sub>2</sub>, dentre outros. Com relação à previsão imediata de tempo, a partir dos ~~seus~~ canais podem ser obtidas quatro derivadas muito relevantes: ① PROFUNDIDADE DA NUVEM; ② MOVIMENTO VERTICAL; ③ GELACIÃO NO TOPO E ④ TAMANHO DAS PARTÍCULAS.



As observações de ar superior, podem ser obtidas tanto através de técnicas in situ (radiossondas) ou por sensoriamento remoto (estimativas). Uma das principais características das observações de ar superior é a avaliação do perfil vertical da atmosfera, visando identificar a sua instabilidade condicional e usualmente vertical do vento que podem ser cruciais para a previsão de tempestades severas.

Além das características supra mencionadas dessas observações destaca-se também a importância do controle de qualidade dos dados, principalmente para a sua utilização nos modelos de previsão numérica para a previsão de tempo, sazonal e profusões climáticas. Os erros presentes nas observações podem ser categorizados em:

- a) ERROS SISTÊMICOS que são verificados a partir de um determinado padrão na série de dados e podem ser corrigidos através de uma correção na série ou calibração do equipamento;
- b) ERROS ALÉATORIOS sendo este os mais desafiadores de serem detectados, pois ocorrem independentemente do sensor ou da substância medida;
- c) ERROS ESPÚRIOS que ocorrem devido a um mau funcionamento do sensor ou instrumentalmente dos dados, sendo mais fáceis de serem detectados;
- e) ERROS DE REPRESENTATIVIDADE, por exemplo, para estações meteorológicas esparsas, o distanciamento entre as estações na presença de um sistema convectivo isolado pode caracterizar os dados observados com espúrios, sendo que os mesmos são válidos.

Nesse contexto, ressalta-se conseqüentemente a importância do controle de qualidade dos dados, destacando-se



o controle automático dos dados brutos e o controle dos dados processados. No controle dos dados brutos duas técnicas principais se destacam: faixa de valores plausíveis e taxas de valores plausíveis, onde estas dependem do sensor e da variável monitorada. No controle automático dos dados processados, busca-se avaliar os valores observados em relação aos esperados para uma determinada época do ano/hora dia / ou escoamento atmosférico predominante. Além disso, as técnicas de assimilação de dados também realizam um novo controle dos dados (na análise objetiva dos instrumentos das observações).

Assim, verifica-se a importância da utilização integrada de estas duas técnicas observacionais, visando fornecer informações precisas (através das técnicas de assimilação e controle de qualidade) dos dados nas condições únicas para os modelos de previsão numérica do tempo. Com relação às previsões sazonais destaca-se a importância do ~~monitoramento~~ monitoramento da temperatura da superfície do mar como condição de contorno. Para as projeções climáticas, destaca-se o monitoramento in situ e remoto das variações associadas aos gases de efeito estufa e aerossóis.

## ⑤ PREVISÃO POR CONJUNTO (ENSEMBLE)

Com base nas observações, um modelo, no caso os modelos atmosféricos, pode ser utilizado para simular o estado futuro de um sistema (neste caso a atmosfera). Este processo é então chamado de previsão determinística. Os modelos numéricos da atmosfera usam através de equações diferenciais não-lineares para representar os processos físicos associados a sua evolução, destacando-se a conservação de massa, momento e energia. Porém, verifica-se que após um determinado horizonte de previsão, os seus resultados tendem a divergir (quando comparados às observações) do que realmente ocorre para um determinado regime de circulação / fenômeno atmosférico.

Através dos experimentos de Lorenz, para simular de forma simples o movimento da atmosfera, verificou-se que a partir de dados de entrada ligeiramente diferentes, os resultados poderiam ser levados a estados completamente diferentes. Este fato então deu a consolidação da Teoria do Caos, que está associada a sistemas que, representados por equações diferenciais não-lineares, apresentam alta sensibilidade às condições iniciais. Lorenz também caracterizou que, em média, a previsibilidade (onde entende-se como o grau de acurácia no qual é possível realizar uma previsão) em torno de quinze dias e que a mesma é dependente do regime de circulação associado. Assim em um determinado regime atmosférico as previsões podem permanecer acuradas por uma semana ou mais e em outros regimes esta acurácia pode não ultrapassar três dias.

Considerando os modelos numéricos da atmosfera, duas principais fontes de incertezas são consideradas: as incertezas referentes às observações (associadas a sua medição, distribuição espacial, entre outras) e as incertezas referentes à formulação do modelo (métodos numéricos para resolver as equações, esquemas de parâmetros, etc.). Porém, mesmo que os modelos numéricos da atmosfera fossem perfeitos ainda assim a incerteza estaria presente, devido à incerteza das observações. Nesse contexto, a evolução dos

medidas numéricas se tornou cada vez maior, principalmente a evolução da capacidade computacional e redes de observação. Simultaneamente, corroborou-se a necessidade de um novo paradigma para a avaliação do estado futuro da atmosfera, passando de um cenário determinístico para probabilístico.



Arj

Tal paradigma se consolida considerando que uma única previsão de altura geopotencial em 500 hPa é apenas uma possível alternativa de diversas possíveis ocorrências de previsão. Assim, a partir de um conjunto de diferentes previsões é possível avaliar e quantificar as incertezas associadas a uma determinada previsão. Sendo este conceito, um dos grandes motivos para a utilização da previsão por conjunto (ensemble). Neste novo paradigma, além das possíveis ocorrências "sim ou não" de um determinado padrão de circulação ou formação de nuvens e precipitação é possível estimar a probabilidade associada a sua ocorrência, ou seja, quantificar a incerteza e agregar valor de decisão da previsão realizada pelo meteorologista.

De forma operacional e prática a previsão por conjunto tem essencialmente três grandes metas: ① fornecer previsões mais acertadas através da média dos membros do conjunto. Isto porque a média tende a caracterizar o estado mais provável (central) das trajetórias de previsão. ② fornecer uma quantificação da incerteza associada à previsão obtida pela média do conjunto, através do desvio-padrão e ③ fornecer previsões probabilísticas com o seu respectivo intervalo de confiança. Assim na existência de um sistema de previsão por conjunto, um meteorologista pode caracterizar regiões de alta previsibilidade (convergência ou concordância das trajetórias) ou baixa previsibilidade (divergência ou discordância das previsões).

Para a geração dos membros da previsão por conjunto duas principais considerações são feitas: a) incerteza das observações, chamado de perturbações dinâmicas onde realizam-se perturbações iniciais e b) incerteza dos modelos, chamado de perturbações físicas, onde busca-se quantificar a incerteza utilizando



diferentes modelos ou diferentes esquemas de parametrizações, por exemplo.

Com relação às perturbações dinâmicas assume-se que o crescimento da perturbação presente nas observações é muito daquelas geradas pelos modelos. Assim, sob esta hipótese de "modelo perfeito" buscam-se encontrar as perturbações nas condições iniciais que possam levar as trajetórias mais divergentes e fisicamente possíveis da atmosfera. Neste método destacam-se duas vertentes para a geração das perturbações: aquelas em que as perturbações são geradas de forma aleatória e aquelas em que as perturbações dependem das regiões dinamicamente mais instáveis.

Para as perturbações nas condições iniciais de forma aleatória destaca-se o método de Monte Carlo. Entretanto, justamente por considerar a aleatoriedade, verifica-se que nem sempre as perturbações utilizadas chegam a resultar trajetórias diferentes. Assim, um número indefinido de condições iniciais seria necessário, assim como um alto custo computacional. Porém, como a amplificação das perturbações depende do escoamento atmosférico predominante é possível encontrar as perturbações que maior taxa de crescimento associada ao regime de circulação da atmosfera, destacando-se o método dos vetores de crescimento (breeding vectors) e vetores singulares (singular vectors).

O método dos vetores ~~de~~ de crescimento assume que as perturbações ocorrem e se amplificam naturalmente em um horizonte de previsão. Assim, este método considera a inserção de um par de perturbações (positivas e negativas) à condição inicial e a integração do modelo por um período de 24 horas para avaliar as suas respectivas taxas de crescimento. Após o período de 24 horas são realizadas as comparações/diferenças entre o estado perturbado e não perturbado e essas diferenças são redimensionadas e utilizadas novamente como perturbação na condição inicial. Após ~~alguns~~ alguns ciclos, as perturbações que apresentam as maiores ampliações são utilizadas para próximas operações.

O método dos vetores singulares assume que o crescimento das perturbações ocorre de forma aproximadamente linear em um período de previsão de 48h e utiliza uma versão linearizada



do modelo, juntamente com o seu adjunto, para encontrar as regiões de máximo crescimento através da solução de um problema de autovalor. Este método assume que a evolução temporal de uma perturbação pode ser linearmente aproximado por:

$$z'(t) = L(t, t_0) \cdot z_0'$$

e as regiões de maior crescimento são dadas pelo máximo valor da norma obtida:

$$\|z'(t)\| = \|L(t, t_0) \cdot z_0'\| = \sqrt{\langle z'(t), E(z'(t)) \rangle} = \sqrt{\langle L(t, t_0) \cdot z_0', E(L(t, t_0) \cdot z_0') \rangle}$$

onde os máximos valores da norma são obtidas em regiões de alta instabilidade atmosférica na baixa troposfera.

Destaca-se também o método de perturbações iniciais geradas por funções ortogonais empíricas. Assim, as perturbações são escolhidas através da análise dos componentes principais, onde o modo mais instável é obtido a partir de autovalor cujo coeficiente  $\lambda$  amplifica com o tempo, isto é, o autovalor.

Como a ideia dos "modelos perfetos" não é uma hipótese adequada para os sistemas em mesoescala, Leveski então caracteriza a mistura associada a diferentes esquemas de parametrização de nuvens (microfísica e convecção), resoluções espaciais, dentre outros, visando estudar e quantificar as misturas associadas a intensidade, duração e localização de um sistema convectivo.

As previsões por conjunto podem auxiliar os produtores operacionais através de diferentes exibições gráficas como por exemplo gráficos de "seios", "plumas", "espaguete", mapas de percentis, mapas com a média e desvio-padrão entre outros.

Com relação às previsões sazonais, o objetivo de um sistema de previsão por conjunto não é prever em qual dia irá chover, por exemplo, mas encontrar a eficácia na previsão de desvios e anomalias. Um sistema de previsão por conjunto visa fornecer operacionalmente três garfos ao meteorologista operacional:

- 1) confiabilidade: grau de correspondência entre as previsões e observações.
- 2) nitidez: grau em que as previsões tendem a coincidir com a ocorrência (0%) ou não (0%) de um fenômeno atmosférico.
- 3) resolução: capacidade de prever subgrupos com características distintas. Sendo estes garfos importantes para agregar valor a tomada de decisão feita pelo meteorologista, assim como, o melhor final.