

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Meteorologia



Dissertação

**RELAÇÕES ENTRE ÍNDICES DE INSTABILIDADE E AS
CHUVAS OCORRIDAS EM PORTO ALEGRE, RS, DE 1990 A
2005.**

Nélia Kainara Rodrigues Cardoso

Pelotas, 2007.

NÉLIA KAINARA RODRIGUES CARDOSO

Relações entre índices de instabilidade e as chuvas ocorridas em Porto Alegre, RS, de 1990 a 2005.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas, como parte das exigências à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Meteorologia)

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz

Co-Orientadora: Prof^a. Dr. Julio Renato Quevedo Marques

Pelotas, 2007.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz (Presidente)

Prof. Dr. Julio Renato Q. Marques (UFPel)

Prof. Dr. João Carlos Torres Vianna (UFPel)

Prof. Dr. Otávio Acevedo Costa (convidado externo)

É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se à derrota, do que formar fila com os pobres de que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta, que não conhecem vitória nem derrota.

(J.D. Roosevelt)

Aos meus pais, Sandra Rodrigues e Deraldo Ugoski, à minha avó Carmen Rodrigues, aos meus irmãos Rodrigo Rodrigues e Jéssica Rodrigues e ao meu namorado Rodrigo Volcan.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado a vida e por ter sempre iluminado meu caminho me dando também forças, saúde e sabedoria para conduzir a minha vida.

Aos meus pais Deraldo Ugoski e Sandra Rodrigues e também aos meus irmãos Jéssica Rodrigues e Rodrigo Rodrigues, pelo incentivo e apoio incondicional em todos os momentos de minha vida.

A minha avó Carmen Rodrigues, por estar sempre ao meu lado me incentivando, apoiando e me dando sempre uma palavra positiva em todos os momentos de minha vida.

A minha tia Silvia Letícia pela sua amizade e companheirismo no decorrer de minha vida.

Ao meu namorado Rodrigo Volcan, por ter tido paciência em alguns momentos difíceis desta caminhada e por sempre me incentivar a seguir em frente.

Em memória à minha bisavó Andréa Mendes, meu avô Roberto Rodrigues e meu tio Júlio César Rodrigues, pelo carinho que me foi dado em todos os momentos de minha vida.

A Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação em Meteorologia.

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz, pela sua dedicação, apoio e amizade, na orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Júlio Marques, pela sua ajuda em estatística.

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas sugestões para a melhoria deste trabalho.

Ao Júnior, funcionário da UFPel, sempre disposto a colaborar.

Aos colegas da Pós-Graduação, pelo apoio estímulo e amizade.

A todos os professores e funcionários do curso de Pós-Graduação em Meteorologia, pela dedicação e apoio recebidos.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 Fundamentação Teórica.....	20
2.2 Regressão Linear Simples.....	21
2.3 Regressão Linear Múltipla.....	21
2.4 Diagrama SkewT – Log P.....	23
2.5 Radiossonda.....	26
2.6 Balão meteorológico.....	26
2.7 Índices de Instabilidade.....	27
2.7.1 Índice de Showalter.....	27
2.7.2 Índice Levantado.....	28
2.7.3 Índice Total Totals.....	29
2.7.4 Índice Sweat.....	30
2.7.5 Índice K.....	31
2.7.6 Índice Cross Total.....	32
2.7.7 Índice Vertical Totals.....	33
2.8 Trabalhos referentes a alguns índices de instabilidade.....	33
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3.1 Dados meteorológicos e período de observação.....	40
3.2 Métodos.....	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43

4.1 Relação entre os três intervalos de precipitação com cada índice de instabilidade.....	43
4.2 Gráficos referentes ao mês de janeiro e para a primeira classe de precipitação.....	44
4.3 Gráficos referentes ao mês de janeiro e para a segunda classe de precipitação.....	49
4.4 Gráficos referentes ao mês de janeiro e para a terceira classe de precipitação.....	54
4.5 Gráficos referentes ao mês de julho e para a primeira classe de precipitação.....	60
4.6 Gráficos referentes ao mês de julho e para a segunda classe de precipitação.....	65
4.7 Gráficos referentes ao mês de julho e para a terceira classe de precipitação.....	70
4.8 Relação entre os três intervalos de precipitação com os índices de instabilidade calculados simultaneamente.....	76
5 CONCLUSÕES.....	78
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXO 1.....	82
ANEXO 2.....	84

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 Valores críticos para o Índice de Showalter. (http://www.master.iag.usp.br).....	28
Tabela 2 Valores críticos do Índice Total Totals. (http://twister.sbs.ohio-state.edu/).....	29
Tabela 3 Valores de precipitação e Índices de Instabilidade, para o mês de janeiro de 2003 , correspondente à primeira classe de precipitação	41
Tabela 4 Valores de precipitação e índices de instabilidade, para o mês de janeiro de 2003, correspondente à segunda classe de precipitação.....	41
Tabela 5 Valores de precipitação e índice de instabilidade, para o mês de janeiro de 2003, correspondente à terceira classe de precipitação.....	42
Tabela 6 Coeficientes de determinação (r^2) para todos os índices de instabilidade (utilizados neste trabalho) referente ao mês de janeiro, de 1990 a 2005, e para os três intervalos de precipitação, ou seja, 0,1 a 10mm, 10,1 a 20mm e maiores que 20mm de precipitação	43
Tabela 7 Coeficientes de determinação (r^2) para todos os índices de instabilidade (utilizados neste trabalho) referente ao mês de julho, de 1990 a 2005, e para os três intervalos de precipitação, ou seja, 0,1 a 10mm, 10,1 a 20mm e maior que 20mm de precipitação.....	43
Tabela 8 Coeficientes de determinação (r^2) para todos os índices de instabilidade, calculados simultaneamente, referente ao mês de janeiro, de 1990 a 2005, e para os três intervalos de precipitação, ou seja, 0,1 a 10mm, 10,1 a 20mm e maior que 20mm de precipitação.....	76

Tabela 9	Coeficientes de determinação (r^2) para todos os índices de instabilidade, calculados simultaneamente, referente ao mês de julho, de 1990 a 2005, e para os três intervalos de precipitação, ou seja, 0,1 a 10mm, 10,1 a 20mm e maior que 20mm de precipitação.....	76
----------	---	----

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Ilustração do Diagrama Termodinâmico Skew T-Log P.....	24
Figura 2 Ilustração do balão meteorológico.....	27
Figura 3 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice de showalter.....	44
Figura 4 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice de Levantado.....	45
Figura 5 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Sweat.....	46
Figura 6 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice K.....	46
Figura 7 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Cross Total	47
Figura 8 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Vertical Total	48
Figura 9 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Total Totals	48
Figura 10 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice de Showalter.....	50
Figura 11 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice de levantado.....	50
Figura 12 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice de Sweat.....	51
Figura 13 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice K.....	52

- Figura 14 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Cross Total.....52
- Figura 15 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice de Vertical Total....53
- Figura 16 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Total Totals.....54
- Figura 17 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice de Showalter...55
- Figura 18 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice de levantado....56
- Figura 19 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice de Sweat.....56
- Figura 20 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a terceira classe de precipitação (maior a 20mm) com o índice K.....57
- Figura 21 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice cross Total.....58
- Figura 22 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Vertical Total...58
- Figura 23 Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro e relaciona a terceira classe de precipitação (maior a 20mm) com o índice Total Totas.....59
- Figura 24 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice de Showalter.....60
- Figura 25 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Levantado.....61
- Figura 26 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Sweat.....61
- Figura 27 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice K.....62
- Figura 28 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Cross Total.....63
- Figura 29 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Vertica Total.....63
- Figura 30 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Total Totals.....64

- Figura 31 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice de Showalter.....65
- Figura 32 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Levantado.....66
- Figura 33 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Sweat.....66
- Figura 34 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice K.....67
- Figura 35 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Cross Totas.....68
- Figura 36 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice de Vertical Total....68
- Figura 37 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Total Totals.....69
- Figura 38 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Showalter.....70
- Figura 39 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Levantado.....71
- Figura 40 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Sweat.....71
- Figura 41 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice de K.....72
- Figura 42 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Cross Total.....73
- Figura 43 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Vertical Total...73
- Figura 44 Gráfico de dispersão referente ao mês de julho e relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Total Totals.....74

RESUMO

CARDOSO, Nélia Kainara Rodrigues. **Relações entre Índices de Instabilidade e as chuvas ocorridas em Porto Alegre, RS, de 1990 a 2005.** 2007. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

O objetivo geral do presente trabalho foi verificar as relações estatísticas, dos índices de instabilidade com o total de precipitação ocorrida, em faixas de valores. Para determinar a confiabilidade de cada um dos índices de instabilidade aqui estudados, pois a precipitação age diretamente na agricultura, no planejamento de festas e eventos, no vestuário, enfim, fazendo com que o estudo desta variável, seja cada vez mais explorado, a fim de que haja um melhor entendimento, e com isso possa ser feito um bom planejamento para os exemplos citados acima, e tantos outros. A precipitação, bem como sua forma, está associada às características de instabilidade da atmosfera, essa variável meteorológica é determinada através de estudos da configuração da atmosfera superior, utilizando informações de sondagens aerológicas e essas informações são coletadas pelas estações de ar superior, existentes em poucas localidades no Brasil. Na pesquisa proposta, foram usados apenas índices de instabilidade que envolvam equações matemáticas alimentadas por valores de variáveis atmosféricas obtidas de sondagens aerológicas. Na execução desse trabalho serão usados dados diários de precipitação da estação meteorológica de Porto Alegre pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA e também dados diários de índices de instabilidade, obtidos através de sondagens atmosféricas realizadas na estação meteorológicas de ar superior do Aeroporto Internacional Salgado Filho na Cidade de Porto Alegre. O período desses dados foi de 1990 até 2005. Verificou-se que os índices de instabilidade quando relacionados separadamente com a chuva não apresentaram

bons resultados. Mas, todos juntos, melhoraram bastante as relações com as chuvas.

ABSTRACT

CARDOSO, Nélia Kainara Rodrigues. **Relations between instability rates and precipitations occurred in Porto Alegre- RS from 1990 to 2005**. 2007. 94 f. Dissertation (Master course) – Meteorology Post-graduation Program. Universidade Federal de Pelotas.

The general aim of this paper is to verify the statistical relations of instability rates with the total amount of precipitation occurred in value bands, in order to determine the reliability of each of the instabilities rates studied since precipitation acts directly in agriculture, clothing and planning of events and parties, leading the study of such variable to be widely explored, so that there is a greater understanding, and then a great planning about the above-mentioned examples and many others. The precipitation, as well as its form, is associated with the characteristics of instability of the atmosphere, this meteorological variable is determined through studies of the superior atmosphere configuration, using data from aerological soundings. Such information is collected by superior air stations existing in few localities in Brazil. In the research proposed it was used only instability rates which include mathematical equations supported by values of atmospheric variables obtained of aerological soundings. In the execution of this study it will be used precipitation daily data from the meteorological station of Porto Alegre, pertaining to the 8th district of meteorology of the Nacional Institute of Meteorology – INMET, from the Ministry of agriculture, cattle and supplying - MAPA, and also daily data of instability rates obtained through atmospheric soundings carried out in the meteorological station of superior air at the international airport Salgado Filho in Porto Alegre. The period of this data was from 1990 to 2005. It was verified that the indexes of instability when related separately with the rain they did not present good results. But, all together ones, got better plenty the relationships with the rains.

1. INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas de extrema importância, pois esta age diretamente na agricultura, no planejamento de festas e eventos, no vestuário, enfim, fazendo com que o estudo desta variável, seja cada vez mais explorado a fim de que haja um melhor entendimento, e com isso possa ser feito um bom planejamento para os exemplos citados acima e tantos outros.

A precipitação, bem como seu tipo, está associada às características de instabilidade da atmosfera; essa variável meteorológica é determinada através de estudo da configuração do ar superior, utilizando informações de sondagens aerológicas e essas informações são coletadas pelas estações de radiossonda, existentes em algumas localidades no Brasil. Mesmo contendo um valor numérico, alguns índices usam em seu método de cálculo o levantamento de parcelas secas ou úmidas, essas parcelas são uma parte da atmosfera ou uma amostra de ar com menos vapor d'água, que a atmosfera que a circunda, se forem parcelas secas, e se tiverem mais vapor d'água são parcelas úmidas. Dependendo do caso, para obter um valor de temperatura em um determinado nível que, após cálculos matemáticos expressam um valor numérico, um caso desses é o Índice de Showalter. Nas sondagens aerológicas vários índices de instabilidade podem ser obtidos, nesta pesquisa, foram usados apenas índices, onde o cálculo utiliza equações matemáticas alimentadas por valores de variáveis atmosféricas obtidas dessas sondagens aerológicas.

A estabilidade ou instabilidade é a determinação de quais níveis atmosféricos se comportam de forma “estável” ou “instável”. Esses métodos de verificação da estabilidade estão quase todos baseados no método da parcela, o qual, apesar das considerações feitas não serem fisicamente possíveis, pois se considera que a parcela de ar mantém sua individualidade durante seu movimento e também que não há movimentos compensatórios no ambiente, é o método usado para a obtenção dos níveis.

Para avaliar a hipótese irreal da teoria da parcela, desenvolve-se o método da fatia; esse método de determinação das condições de estabilidade foi introduzido

por J. Bjerknes que considerou o efeito das correntes ascendentes e descendentes em uma fatia horizontal com níveis isobáricos bem definidos da atmosfera.

Em função da dificuldade da determinação e análise da estabilidade através do estudo de níveis estáveis e instáveis, foi introduzida uma quantificação numérica para a estabilidade chamada “Índice de Instabilidade”.

Tais índices envolvem um valor numérico que pode ser obtido através de diferenças em T (temperatura do ar em determinado nível) e T_d (temperatura do ponto de orvalho, ou seja, temperatura que o ar atinge a saturação), T_w (temperatura do bulbo úmido, ou seja, temperatura do ar quando nele se evapora água até atingir a saturação), pressão e outros parâmetros entre duas superfícies isobáricas (altura) escolhidas arbitrariamente segundo o índice específico. Os valores obtidos de cada índice estão associados à característica do tempo significativo. O objetivo geral desse trabalho foi verificar as relações estatísticas de tais índices, para assim determinar a confiabilidade de cada um dos índices de instabilidade estudados aqui, que foram calculados com dados aerológicos do Aeroporto Salgado Filho em Porto Alegre, com o total de precipitação ocorrida, em faixas de valores, na estação meteorológica do 8º Distrito de Meteorologia (INMET) também em Porto Alegre.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como neste trabalho utilizaram-se técnicas de Regressão Linear Simples e Regressão Linear Múltipla, apresenta-se a seguir a fundamentação teórica desta análise.

2.1 Fundamentação Teórica

A análise de regressão é uma ferramenta utilizada para explorar todos os tipos de relações de dependência. Antes de começar a escrever sobre a Regressão Linear Simples e Múltipla, se faz necessário abordagens de alguns termos-chave para um melhor entendimento deste assunto.

Segundo Hair, et al. (2005), define os termos a seguir como:

Coefficiente de determinação (r^2): Medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes ou preditoras. Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação (r^2), maior o poder de explicação da equação de regressão e, portanto, melhor a previsão da variável dependente.

Coefficiente de regressão (b_n): Valor numérico da estimativa do parâmetro diretamente associado com uma variável independente; por exemplo, no modelo $Y = b_0 + b_1X_1$, o valor b_1 é o coeficiente de regressão para a variável X_1 . O coeficiente de regressão representa o montante de variação na variável dependente em relação a uma unidade de variação na variável independente. No modelo preditor múltiplo (por exemplo, $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2$), os coeficientes de regressão são coeficientes parciais, pois cada um considera não apenas as relações entre Y e X_1 e entre Y e X_2 , mas também entre X_1 e X_2 .

Intercepto (b_0): Valor no eixo Y (eixo da variável dependente) onde a reta definida pela equação de regressão $Y = b_0 + b_1X_1$ cruza o eixo. É descrito pelo termo constante b_0 na equação de regressão. Além de seu papel na previsão, o intercepto

pode ter uma interpretação gerencial. Se a completa ausência da variável independente tem significado, então o intercepto representa essa quantia.

2.2 Regressão Linear Simples

É um modelo de regressão com uma única variável independente. Tem como objetivo prever uma única variável dependente a partir do conhecimento de uma única variável independente.

No caso da regressão linear simples, a equação de previsão torna-se:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 \quad (1)$$

onde:

b_0 = intercepto

b_1 = coeficiente de regressão

x_1 = variável independente

2.3 Regressão Linear Múltipla

É uma técnica estatística usada para analisar a relação entre uma única variável dependente e diversas variáveis independentes. O objetivo da análise de regressão múltipla é prever as mudanças na variável dependente como resposta a mudanças nas variáveis independentes. Embora seja uma técnica constante na bibliografia envolvendo estudos com modelos de regressão, a descrição a seguir foi obtida de Diniz (2002).

No estudo das características climatológicas dos índices de instabilidade, foi utilizada a técnica multivariada da regressão linear múltipla. A entrada inicial dos dados foi feita através de uma matriz de dados $X_{(n \times p)}$ cujas linhas correspondem “n” unidades (indivíduos) fornecendo “p” características (valores numéricos) cada. No caso de estudos climatológicos, essas unidades podem ser estações meteorológicas; as características seriam dados meteorológicos como pressão, temperatura, vento, umidade relativa etc, ordenados ou não segundo seqüências cronológicas. No caso de uma única variável, estes dados podem constituir uma seqüência cronológica, onde cada linha “i” representa o valor da variável para um mês “i” no conjunto “p” locais. A coluna “j” forma uma série temporal da variável em estudo para a j-ésima (coluna) dado.

A matriz de dados é organizada da seguinte forma:

$$\mathbf{X}_{(n \times p)} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{2p} \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{np} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Ou:

$$\mathbf{X}_{(n \times p)} = (\mathbf{X}_1 \quad \mathbf{X}_2 \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \mathbf{X}_p) \quad (3)$$

Observe-se que a matriz $\mathbf{X}_{(n \times p)}$ pode ser interpretada como um ordenamento de “p” vetores colunas , ou de “n” vetores linha.

Muitas vezes, mais de uma variável é necessária em problemas práticos de previsão e no relacionamento entre mais de uma variável meteorológica o que torna o problema mais complexo e, neste caso, usa-se regressão linear múltipla.

A regressão linear múltipla é a forma mais geral de regressão linear. Existe também uma única variável dependente (y), mas diferentemente da regressão simples, existe mais de uma variável independente (x).

Vamos tomar como k o número de variáveis independentes. No caso da regressão múltipla, a equação de previsão torna-se:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots b_k x_k \quad (4)$$

Cada variável independente tem seu próprio coeficiente, estimativa do parâmetro ($b_1, b_2, \dots b_k$) e b_0 é o intercepto ou constante de regressão.

Os coeficientes de estimativa de parâmetros de regressão ($b_1, b_2, \dots b_k$) são determinados minimizando a soma dos quadrados dos resíduos e resolvendo simultaneamente (k+1) equações, uma para cada parâmetro. Estes cálculos são realizados facilmente usando alguns “softwares” estatísticos, os dados no software estatístico são feitos com uma matriz de dados conforme equação (2)

Muitas vezes não se sabem quais ou como muitas variáveis independentes ($x_1, x_2, \dots x_k$) são incluídas, nem tam pouco se são úteis no modelo de regressão linear múltiplo. Embora a variável dependente possa estar correlacionada com muitas das variáveis independentes, freqüentemente somente algumas delas explicam grande parte da variância.

2.4 Diagrama Skew T- Log P

Os dados aerológicos obtidos de radiossondagem são usados para identificar as características dinâmicas e termodinâmicas da atmosfera. A fim de facilitar o estudo dessas características e de determinado número de propriedades físicas da atmosfera superior, utilizam-se diagramas termodinâmicos especiais, também chamados, diagramas aerológicos.

A figura 1 mostra um exemplo de esquematização gráfica de um diagrama Skew T - Log P, com a identificação das várias informações dispostas sobre o mesmo.

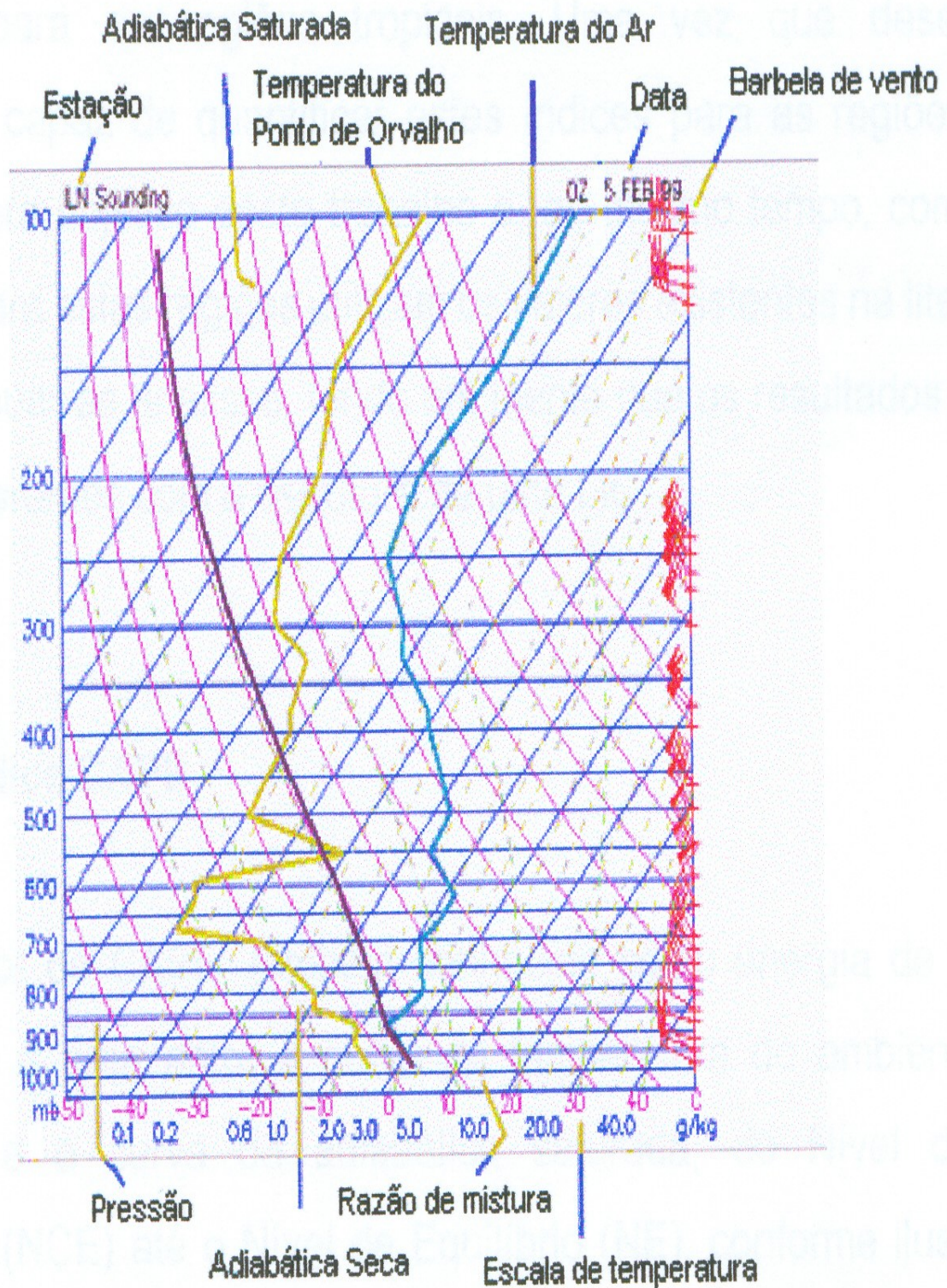


FIGURA 1 - Ilustração do diagrama Termodinâmico Skew T - Log P.
 Fonte: <http://twister.sbs.ohio-state.edu>.

A figura 1 mostra o diagrama Skew T – Log P com todas as suas linhas, que são: isotermas, isóbaras, razão de mistura, adiabática seca e adiabática saturada. A seguir é dada uma explicação para cada uma dessas linhas, conforme a literatura descrita no Manual de Análise do Diagrama Skew T – Log P (1969).

Isotermas: são linhas de igual temperatura, inclinadas, formando um ângulo de 45° com as isóbaras.

Isóbaras: são linhas de igual pressão, horizontais, espaçadas logaritmicamente em intervalos de 10mb. As indicações dos valores de pressão são impressas em ambas as extremidades e no centro das isóbaras para cada 100mb de intervalo, de 1050 a 100mb.

Razão de mistura: as linhas de razão de mistura são tracejadas, suavemente curvadas, inclinando-se da parte inferior esquerda para a parte superior direita. O espaçamento entre as linhas de razão de mistura decresce à medida que os seus valores numéricos aumentam. Pode-se definir razão de mistura como sendo; a razão entre a massa do vapor e a massa do ar seco na qual o vapor está contido.

Adiabática seca: as adiabáticas secas são linhas cheias, suavemente curvadas, inclinando-se da parte inferior direita para a parte superior esquerda. Elas indicam a razão de variação de temperatura em uma parcela de ar seco ascendendo ou descendendo adiabaticamente, ou seja, sem a parcela ganhar ou perder calor.

Adiabática saturada: as adiabáticas saturadas são linhas cheias, suavemente curvadas, inclinando-se da parte inferior direita para a parte superior esquerda. Esta linha representa a taxa de variação de temperatura em uma parcela de ar saturado subindo pseudo-adiabaticamente, no qual assume-se que todo o vapor condensado é imediatamente precipitado à medida que a parcela sobe.

Interpretação resumida da situação apresentada na figura 1:

A temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho foram plotadas para os mesmos níveis de pressão, uma vez plotadas, traçaram-se às curvas de temperatura do ar e do ponto de orvalho.

No nível em que as curvas da temperatura do ar e do ponto de orvalho estiverem separadas, o ar não está saturado. Na figura 1, o nível de 650mb é o nível de pressão onde o ar está mais seco. Já o nível de 850mb é o nível de pressão onde o ar está mais úmido, visto que as curvas da temperatura do ar e do ponto de orvalho estão mais próximas.

Com esse procedimento, é possível determinar várias propriedades meteorológicas em algum ponto selecionado, tais como: a estabilidade ou instabilidade de uma parcela de ar e altura das nuvens.

2.5 Radiossonda

É um tipo de sondagem da atmosfera em que um conjunto de equipamentos é transportado da superfície para a atmosfera superior por meio de um balão. O conjunto de equipamentos é constituído por sensores de temperatura, umidade e pressão, juntamente com o rádio transmissor, utilizado para efetuar medidas de vento, além de uma bateria que alimenta o sistema.

As radissondagens fornecem dados de temperatura, umidade, direção e velocidade do vento.

2.6 Balão meteorológico

São balões muito simples, perfeitamente semelhantes a qualquer balão normal de brinquedo, mas feito de material muito mais forte. Os balões meteorológicos transportam consigo um pequeno rádio-transmissor automático chamado radiossonda. À medida que o balão sobe, registra e transmite as medidas tomadas a diferentes alturas acima da superfície da Terra. As radiossondas podem também ser seguidas pelo radar e, assim, pode calcular-se a velocidade e direção do vento a diferentes alturas da atmosfera. Normalmente a radiossonda cai mediante o auxílio de um pára-quedas.



FIGURA 2 – Balão Meteorológico.

2.7 Índices de Instabilidade

Define-se como sendo uma medida quantitativa das características da atmosfera, que podem ser obtidos a partir de sondagens atmosféricas, servindo como um bom indicativo para a ocorrência de tempo significativo em um determinado local. Existem vários índices de instabilidade na literatura, obtidos de diferentes formas e metodologias. A literatura usada para explicar os índices foram: Manual de Análise do Diagrama Skew T – Log P, Curso de Extensão Universitária – Disponível em: <http://www.master.iag.usp.br/ensino/sinotica/AULA05.htm>, dissertação de mestrado de Loureiro (2005) e alguns trabalhos citados a seguir. Foram relacionados neste trabalho os seguintes índices de instabilidade:

2.7.1 Índice de Showalter

Um dos primeiros desenvolvidos, dados em função de apenas três parâmetros: a temperatura do ar e do ponto de orvalho em 850hPa (nível de pressão atmosférica) e da temperatura do ar em 500hPa. O índice é dado pela subtração entre a temperatura do ambiente em 500hPa (T_{500}) e a temperatura que uma parcela teria se fosse elevada, por uma adiabática seca, do nível 850hPa até o Nível de Condensação por Levantamento (NCL) e então trazida pela adiabática saturada até o nível de 500hPa (T_{500p}). Quanto mais negativo este índice, maior será o empuxo experimentado pela parcela, e maior chance de ocorrência de tempestades.

Este índice é calculado pela seguinte equação:

$$\text{Showalter} = T_{500} - T_{500p}$$

onde:

T_{500} = temperatura do ambiente em 500hPa.

T_{500p} = temperatura que uma parcela teria se fosse elevada, por uma adiabática seca, do nível 850hPa até o NCL e então trazida pela adiabática saturada até o nível de 500hPa.

TABELA 1 – Valores para o índice de Showalter. (<http://www.master.iag.usp.br/ensino/sinotica/AULA05.htm>).

Índice de Showalter	Interpretação
[C]	
(+1,+3)	Algumas tempestades.
(-2,+1)	Boa chance de trovoadas.
(-6,-3)	Tempestades severas.
< - 6	Possibilidade de tornado.

2.7.2 Índice Levantado

Este índice foi criado devido às limitações do índice de Showalter, o qual não inclui estimativas do ciclo diurno. Considera a camada inferior de aproximadamente 100hPa de espessura, na qual é considerada a previsão de temperatura e também é estimada a razão de mistura média. A partir daí determina-se o Nível de Condensação por Levantamento (NCL) e segue-se a adiabática saturada até 500hPa, tendo atingido uma certa temperatura; o índice é dado pela subtração dessa temperatura da temperatura efetivamente observada em 500hPa, como no Showalter.

De acordo com Galway (1956), apud Nascimento (2005) o índice de instabilidade por levantamento (ILEV) é definido como:

$$\text{ILEV} = T_{500} - T_{p500} \quad [^{\circ}\text{C}],$$

Onde, originalmente, T_{500} é a temperatura do ar ambiente em 500hPa e T_{p500} é a temperatura de uma parcela de ar em 500hPa (ambas em graus Celsius) após ascender – via curva adiabática seca, e úmida após a saturação – a partir da superfície com a temperatura máxima prevista para o dia em questão e com a razão de mistura média para os primeiros 900m de sondagem. Valores negativos de ILEV

indicam condições instáveis (a parcela de ar ascendente é flutuante em níveis médios); ILEV abaixo de -5°C indica situação muito instável, e extremamente instável se abaixo de -10°C .

Operacionalmente, é comum calcular-se o ILEV para a parcela de ar de superfície para o horário em que o perfil é obtido. Também é útil calcular o ILEV da parcela mais instável entre a superfície e os primeiros 300hPa. O ILEV é uma informação importante para analisar o grau de instabilidade atmosférica, especialmente quando combinada com a CAPE. A explicação do índice CAPE apresenta-se no anexo 1, página 82.

2.7.3 Índice Total Totals

Este índice é dado pela soma de outros dois índices convectivos, o Vertical Totals e o Cross Totals.

Ele é obtido pela equação:

$$\text{ITT} = (T_{850} - T_{500}) + (T_{d850} - T_{500})$$

onde:

T_{850} = temperatura do ar no nível de 850hPa.

T_{500} = temperatura do ar no nível de 500hPa.

T_{d850} = temperatura do ponto de orvalho no nível de 850hPa.

TABELA 2 – Valores críticos do índice Total Totals. (<http://twister.sbs.ohiostate.edu/>).

Índice Total Totals [$^{\circ}\text{C}$]	Interpretação
< 43	Tempo estável.
≥ 44	Tempestades esparsas.
≥ 50	Tempestades esparsas e severas.
≥ 56	Tempestades numerosas severas.

O índice Total Totals (ITT) introduzido por Miller (1972), combina três informações básicas: o lapse rate de níveis médios, umidade ambiente em 850hPa, e a temperatura ambiente em 500hPa. De uma forma geral, valores de ITT a partir de 40°C indicam situações favoráveis a tempestades, e acima de 50°C indicam chances de tempestades severas. Entretanto, como ressaltado em Henry (1987),

analisar isoladamente o ITT para a previsão convectiva não é adequado uma vez que um lapse rate alto em níveis médios pode levar a um ITT alto, mesmo sem o suporte de umidade em baixos níveis.

2.7.4 Índice Sweat

É especificamente utilizado para tempestades de ordinárias a severas. O Severe Weather Threat Index é bastante elaborado, pois é computado a partir de cinco termos:

Umidade nos baixos níveis, pelo ponto de orvalho em 850hPa;

Instabilidade, através do Índice Totals;

Jato de baixos níveis, pelo vento em 850hPa;

Jato de altos níveis, pelo vento em 500hPa;

Advecção quente, entre 850 e 500hPa;

Este índice é calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Sweat} = 12T_d(850) + 20(TT - 49) + 2V(850) + V(500) + 125(S + 0,2)$$

onde:

TT é o valor do índice Totals;

T_{d850} é a temperatura do ponto de orvalho (T_d) em 850hPa;

V_{850} é a velocidade do vento em nós para o nível de 850hPa;

V_{500} é a velocidade do vento em nós para o nível de 500hPa;

S é função da diferença de direção entre o vento de 500 e o de 850hPa;

Os termos negativos são setados para zero e valores acima de 250 são considerados indicativos de condições significativas.

Ainda de acordo com Nascimento (2005), o índice Sweat (SW; do inglês Severe Weather Threat), considerado adimensional, foi formulado originalmente por Miller (1972). Entretanto, tal formulação é válida especificamente para o hemisfério norte devido aos termos envolvendo direção do vento. Abaixo seguem sua definição e considerações adaptadas para o hemisfério sul:

$$SW = 20 (ITT - 49) + 12 T_{d850} + 2 V_{850} + V_{500} + 125 \{ \sin || \text{diffdir} || + 0,2 \}$$

Onde:

ITT = é o valor do índice Total Totals

Td_{850} = é a temperatura do ponto de orvalho (Td) em 850hPa.

V_{850} = é a velocidade do vento em nós para o nível de 850hPa.

V_{500} = é a velocidade do vento em nós para o nível de 500hPa.

diffdir = é a diferença entre as direções do vento (em graus) entre 500hPa e 850hPa (diffdir = direção 500 – direção 850).

Se o valor de ITT for menor que 49 este termo deverá ser igualado a zero. Se Td_{850} for menor zero, este termo também será igualado a zero. Para o hemisfério sul, o último termo da equação acima deverá ser desprezado se pelo menos uma das seguintes condições não for satisfeita: (i) direção do vento em 850hPa deve estar entre 290° e 360° ou entre 0° e 50°; (ii) direção do vento em 500hPa deve estar entre 230° e 330°; (iii) diffdir deve ser negativo, com a consideração importante de que caso a direção do vento em 850hPa esteja entre 0° e 50°, deve-se somar 360 ao valor da direção em 850hPa antes de calcular-se diffdir; (iv) tanto V_{850} quanto V_{500} devem ser pelo menos 15kt. Destas quatro condições, apenas (iv) é mantida igual para o hemisfério norte.

2.7.5 Índice K

É uma medida do potencial de tempestades baseado na taxa vertical de variação de temperatura, no conteúdo de umidade na baixa troposfera e na extensão vertical da camada úmida.

Este índice leva em consideração:

- A estimativa do lapse rate (taxa de decréscimo da temperatura com a altura) é dada pela diferença entre as temperaturas em 850 e 500hPa.
- O conteúdo de umidade é avaliado pelo ponto de orvalho em 850hPa.
- A extensão vertical é dada pela depressão na temperatura do ponto de orvalho em 700hPa.
- A inclusão da depressão do ponto de orvalho em 700hPa melhora a estimativa no caso de convecção não severa.
- Este índice é muito usado para avaliar chuvas fortes, pois a presença de camadas úmidas em 850 e 700hPa implica em bastante água precipitável.

- Quanto mais positivo este índice, maior será a chance de tempestades, os valores de K variam conforme a estação do ano e localizações, mas de uma forma genérica:

< 15:	0%
15 a 20:	20%
21 a 25:	20 a 40%
26 a 30:	40 a 60%
31 a 35:	60 a 80%
36 a 40:	80 a 90%
40:	perto de 100%

Este índice é calculado pela seguinte fórmula:

$$K = [T_{850} - T_{500}] + Td_{850} - (T_{700} - Td_{700})$$

onde:

$(T_{850} - T_{500})$ = é a variação vertical da temperatura (T), obtida pela diferença de temperaturas entre os níveis 850 e 500hPa.

Td_{850} = é a temperatura do ponto de orvalho (Td) em 850hPa.

$(T_{700} - Td_{700})$ = é a depressão de temperatura em 700hPa.

2.7.6 Índice Cross Totals

Combinação do teor de umidade nos baixos níveis com as temperaturas superiores; usualmente valores maiores do que 18 indicam (mas não garantem) desenvolvimentos convectivos.

Fórmula:

$$CT = Td_{850} - T_{500}$$

onde:

T_{500} = temperatura do ar no nível de 500hPa.

Td_{850} = temperatura do ponto de orvalho no nível de 850hPa.

É aconselhável checar valores críticos para este índice conforme a região de interesse: de modo geral o valor crítico é 44.

2.7.7 Índice Vertical Totals

Expressa o lapse rate entre duas superfícies, em geral 850 e 500hPa, sendo que usualmente desenvolvimentos convectivos têm este índice maior que 26.

Fórmula:

$$VT = T_{850} - T_{500}$$

onde:

T_{850} = temperatura do ar no nível de 850hPa.

T_{500} = temperatura do ar no nível de 500hPa.

2.8 Trabalhos referentes a alguns índices de instabilidade

Sansigolo (2003) fez uma análise comparativa das principais características espectrais simples e cruzadas dos índices de seca PDSI (índice de severidade de secas de Palmer) e SPI (índice de precipitação normalizada) em Piracicaba, SP, no período de 1917 a 2001. Visa-se também, por meio de uma climatologia desses índices, a obtenção das características dos principais eventos secos e chuvosos no período considerado. Conclui que, o PDS e os SPI entre 1 e 60 meses são bastante linearmente relacionados, indicando que a precipitação é o processo dominante no PDSI. O PDSI apresentou uma excepcional memória de aproximadamente 20 anos, que pôde ser explorada para fins de previsão, enquanto que os diferentes SPI, que podem ser interpretados como simples processos de média móvel, não apresentaram periodicidades significativas. No período considerado (1917-2001), definiram-se pelo PDSI 6 eventos moderados de seca e 1 extremo, com durações entre 6 e 17 meses.

Dourado, Marques, Cavalcante, Aloise & Ferreira (1990), apresentaram resultados preliminares dos testes de um método para a QPF (previsão quantitativa da precipitação), proposta por Druyan e Sant (1978) o qual consiste na previsão estatística local a curto prazo (12 horas) para o total de precipitação, baseados em dados de radiossondagem, RS. O método aplicado utilizando como controle apenas uma estação pluviográfica situada nas proximidades mostrou alguma eficácia na previsão de ocorrência ou não da precipitação nas 12 horas seguintes a da sondagem. A utilização de uma só estação não mostrou eficácia do método para a

previsão quantitativa da precipitação localizada nesta época do ano (verão) pode ter contribuído para a ineficiência do método.

Beneti & Silva (1986) determinaram, através de um programa de computador, valores médios, mínimos e máximos dos índices, apresentados na forma de histogramas de frequência e para alguns casos em que os índices indicam forte instabilidade foi verificada a possibilidade de ocorrência de tempestades na área. Os índices citados acima são: Showalter, Galway, Fawbush – Miller, K, Totals, Sweat, Druyan – Sant e CAPE (energia potencial convectiva). Para a maioria dos índices houve uma variação na distribuição dos valores indicativos de instabilidade, sendo mais concentrado nos trimestres em que temos maiores médias de precipitação.

Segura (1987), na primeira etapa do seu trabalho usou o método proposto por Druyan e Sant (1946) que consiste na previsão de precipitação com uma maior porcentagem de acertos na previsão deste fenômeno, com dados da estação aerológica de Ezeiza em Buenos Aires. E comparou os resultados com o da estação de Bet Degan, em Israel e se comprovou que havia uma discrepância considerável. Isto poderia indicar que o método dependeria de um fator geográfico. Na segunda etapa deste trabalho, encontra-se um novo método proposto por Krown (1953), que se baseia em um prognóstico de precipitação com doze horas de precipitação. Com isso se comprovou que ao aplicar-se o método de Druyan e Saint com os dados da estação Ezeiza, o resultado não foi satisfatório. Possivelmente porque as estações Bet Degan e Ezeiza apresentam características geográficas e climáticas diferentes.

Silva, Sansigolo & Pereira, (2002) estudaram as relações entre as categorias de precipitação em grupos homogêneos na região Sul do Brasil, no período de janeiro de 1950 a dezembro de 1997, e os eventos de TSM no Pacífico (El Nino, normal e La Nina), usando tabelas de contingência 3 x 3, avaliadas pelo escore das características operacionais relativas. Os autores citados observam que três grupos homogêneos são suficientes para representar a variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região Sul do Brasil. Tabelas de contingência 3 x 3 entre as ocorrências das diferentes categorias de precipitação e TSM do Oceano

Pacífico são uma forma simples, mas bastante robusta e eficiente, para analisar estas conexões com vantagens sobre correlações lineares.

Severo & Gan, (2004) realizaram um estudo sobre as características da circulação atmosférica durante a ocorrência de episódios extremos (úmidos ou secos) de precipitação na Região Sul do Brasil no período de 1979 a 2002. Os autores citados concluíram que eventos de anomalias de precipitação sobre o Sul do Brasil apresentaram características quase opostas. No evento seco a configuração nos baixos níveis indicou que a fonte de umidade para convecção fica deslocada para oeste para a região Sul do Brasil. No caso úmido, o transporte de umidade indicou origem amazônica com um fluxo noroeste sobre o Sul do Brasil e forte movimento ascendente nos níveis médios com um movimento subsidente sobre o sudeste do Brasil.

Frediani (2004), estudou o comportamento das tempestades de origem convectiva na região metropolitana de São Paulo no trimestre de verão de 2002 e 2003. Observaram quais foram as variáveis de maior peso e como elas se relacionam entre si, relacionou também os critérios aplicados em outras regiões. Para realizar este estudo, foram utilizadas radiossondagens feitas pelo aeroporto Campo de Marte na cidade de São Paulo. Com as informações da radiossondagem foram calculados os índices de instabilidade: Showalter, Lifted (levantado), Sweat, índice K, Total Totals e Cape. Concluiu que o estudo de eventos muito localizados requer uma vasta disponibilidade de informações no espaço e no tempo e pode concluir também que, os índices de instabilidade são um bom indicativo se forem observados próximos ao local e instante do evento.

Nascimento (2005), realizou um estudo com o objetivo de alimentar uma discussão maior sobre a questão da previsão de tempo severo no Brasil, para isto ele fez uma descrição atualizada de parâmetros atmosféricos. Esses parâmetros foram os índices K, Showalter, Sweat, Total Totals, IEH (índice energia -helicidade), Fawbush-Miller e Lifted. Neste trabalho conduziu-se uma revisão sobre a ocorrência de fenômenos meteorológicos severos na América do Sul (e, especialmente no Brasil) e sobre parâmetros citados acima. O autor citado pode concluir, em uma primeira análise, que os parâmetros estudados possuem potencial aplicação para

previsão convectiva no setor subtropical do Brasil, compreendendo a região sul, parte do sudeste e Mato Grosso do Sul. Por outro lado, os índices citados acima devem ser pesquisados e testados visando uma maior difusão operacional, incluindo-se a utilização de modelos de mesoescala. Além disto, concluiu também que existem indícios de ocorrência de fenômenos severos nas regiões tropicais do país, merecendo maior atenção por parte das comunidades acadêmica e operacional do Brasil.

Nascimento & Calvetti (2004), discutiram os resultados iniciais sobre a identificação de sondagens indicativas de condições precursoras a ocorrências de tempestades severas no sul do Brasil utilizando-se de alguns parâmetros de tempo severo originalmente concebidos para as latitudes médias do hemisfério norte. Foram utilizados neste estudo radiossondagens de Foz do Iguaçu para os horários de 00UTC e 12UTC entre 1^o de outubro de 2003 e 31 de janeiro de 2004. Os perfis atmosféricos, termodinâmicos e cinemáticos coletados nestas sondagens serviram de base para o cálculo e análise de alguns parâmetros de tempo severo, quais são: energia potencial convectiva disponível (CAPE) para uma parcela de superfície, índice de instabilidade por levantamento (lifted index;LI), denominador do número de Richardson volumétrico (DNRV), helicidade-relativa-à-tempestade integrada nos primeiros 3 km da atmosfera (HRT3), índice de energia-helicidade (IEH), e o parâmetro da supercélula (SUP). Para o período estudado, foi possível caracterizar 8 (oito) sondagens como potencialmente indicativas de ambientes de tempestades severas, isto é, para as quais os parâmetros examinados indicam condições atmosféricas favoráveis a tempo severo. Pelo menos 1 (uma) sondagem ficou caracterizada como uma possível sondagem de proximidade para um episódio de tempestades intensas, ocorrido no oeste e sudoeste do estado do Paraná. Foi conduzido também uma simulação numérica de uma tempestade idealizada em um ambiente horizontalmente homogêneo usando o perfil cinemático desta sondagem. A tempestade simulada desenvolveu diversas características de supercélulas do hemisfério sul, indicando a importância da informação fornecida pela sondagem a respeito da estrutura dinâmica da atmosférica.

Dias (2000), estudou os índices Showalter, Lifted, K, Total totals, CAPE, CINE e SWEAT. Verificou que no caso do índice SWEAT, apenas as contribuições

positivas de cada termo são consideradas. Quando a contribuição for negativa, ela é substituída pelo valor zero. O CAPE e o CINE indicam a energia obtida por aquecimento da superfície para haver convecção. O índice Lifted denota apenas a instabilidade da camada e é negativo (menor que -3) quando há umidade e calor nos níveis baixos e ar frio em 500hPa. O índice K para ser significativo (>24) deve haver calor em baixos níveis e umidade em abundância desde a superfície até 70hPa. Uma camada seca em 700hPa reduz o valor de K. E finalmente para o índice Total totals pode observar que este exige calor e umidade em 700hPa. Se houver uma camada seca em 700hPa isto não afeta o índice.

McNult (1993), realizou um estudo para tentar prever a ocorrência de tempestades severas e fenômenos associados, visto que este tipo de fenômeno tem um significativo impacto na população. Eventos semelhantes a um tornado ameaçam vidas e propriedades, um outro exemplo é a ocorrência de chuvas intensas que podem causar atraso no tráfego, destruir colheitas, interromper a distribuição de eletricidade, dentre outros transtornos. Técnicas de previsão de tempestades combinam modelos numéricos com conceitos baseados nos processos físicos que ocorrem dentro da troposfera. McNult (1993), pôde observar que quando há instabilidade convectiva, mistura, e uma fonte de convecção presentes em uma mesma área geográfica, no mesmo tempo, há uma maior probabilidade de aumento de tempestades. Isto não quer dizer que a previsão de tempestades é simples, ainda existem aspectos sobre este fenômeno que permanecem um mistério.

Held, Gomes & Nascimento (2006), estudaram as tempestades severas no sudeste do Brasil por estas causarem enormes danos para a agricultura, áreas urbanas, indústria, assim como perdas de muitas vidas, devido aos ventos fortes, granizos, relâmpagos e enchentes, resultando em milhões de reais perdidos anualmente. O objetivo deste estudo foi determinar a capacidade de modelos meteorológicos para a previsão de ocorrência de eventos de tempo severo, para uma determinada região específica. No dia 24 de maio de 2005 às 3 horas de chuva acumulada foi muito bem prevista pelo modelo ETA para as 36 e para as 54 horas. Este estudo pode esclarecer que o uso do modelo de previsão foi muito proveitoso, mas ainda precisa ser mais testado para favorecer um indicativo de sistema de alerta acima de 48 horas. De qualquer modo, o modelo ETA junto com o radar e

observações usadas para previsão, são muito importantes para se fazer uma advertência de tempestades severas.

Gasparetto & Silva (2006), investigaram as condições de instabilidade atmosférica associadas à ocorrência de sistema de nuvens na região metropolitana de Fortaleza – Ce, nos dias 06 e 09/04/2002. O estudo foi baseado nos índices (LI, TT, K) que quantificam o grau de instabilidade na atmosfera, na Energia Potencial Disponível para Convecção – CAPE (Convective Available potential Energy) e no CINE (Convective Inhibition Energy). Os dados das sondagens utilizados neste trabalho são do experimento de microfísica de nuvens realizado na cidade de Fortaleza-CE, e as imagens de satélite são do canal infravermelho do satélite GOES 8. Os dados de precipitação foram cedidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Para se obter os resultados deste trabalho, foram calculados os índices de instabilidade citados acima. Os resultados mostraram que no dia 06/04/2006 a presença de um sistema convectivo de mesoescala instabilizou a atmosfera em volta da região em estudo. Já no dia 09/04/2006 o CINE apresentou baixos valores na maior parte do dia. Assim, a formação de cumulus de bom tempo encontradas nas imagens de satélites concorda com o CINE calculado, indicando a ausência de uma forçante de meso escala que intensificasse o processo de convecção profunda.

Bini, Gouvêa, Oliveira & Freitas (2006), realizaram uma análise sinótica de um tornado que ocorreu, no dia 29 de março de 2006, na cidade de Piracicaba no interior de São Paulo, causando diversos transtornos. Este trabalho teve como objetivo simular as condições de tempo e verificar a capacidade do modelo regional BRAMS em prever o indicativo de condições favoráveis para a formação de um tornado. Foram calculados os índices Showalter, Sweat, Totals, K, CAPE, CINE e DNVR. E com esses cálculos, pode-se verificar que os resultado numéricos, obtidos através dos índices citados acima, serviram com um ótimo indicativo de tempestade severa sobre a região de Piracicaba.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Dados meteorológicos e período de observação

Foram usados dois conjuntos de dados de variáveis meteorológicas: dados diários de precipitação e dados de índices de instabilidade. Os dados de precipitação foram conseguidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (8º Distrito de Meteorologia - Porto Alegre) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Os dados dos índices de instabilidade, apesar de serem da estação meteorológica do Aeroporto Internacional Salgado Filho em Porto Alegre, foram conseguidos junto à University of Wyoming – (College of Engineering) através do site: <http://www.weather.uwyo.edu/>. Importante explicar esse fato, pois mostra a dificuldade da obtenção dos dados, ou seja, embora eles sejam de Porto Alegre foram conseguidos junto à Universidade de Wyoming. Essa dificuldade de obtenção dos dados meteorológicos no Brasil é histórica, principalmente quando se trata de dados diários. Quando se trata de dado mensal, há uma certa facilidade, pois os órgãos que coletam esses dados divulgam boletins mensais.

Apesar de existirem na literatura vários índices de instabilidade, os usados nesta pesquisa foram os Índices de Showalter (I_1), Índice Levantado (I_2), Índice Sweat (I_3), Índice K (I_4), Índice Cross Totals (I_5), Vertical Totals (I_6) e Índice Total Totals (I_7).

O estudo foi realizado para a cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, para o período de 1990 a 2005 (totalizando 16 anos).

3.2 Métodos

Os dados de precipitação e de índices de instabilidade, referentes aos anos de 1990 a 2005, foram analisados tomando-se os meses de janeiro e julho, que são meses centrais das estações de verão e inverno respectivamente. Para cada mês,

os dados foram divididos em três classes. A primeira classe com total de precipitação variando de 0,1 a 10mm, a segunda de 10,1 a 20mm de precipitação e a terceira classe com valores maiores que 20mm. Essas classes foram escolhidas levando-se em consideração os intervalos mais prováveis de totais diários de precipitação, ocorridos na cidade de Porto Alegre.

Faz-se necessária à explicação de que a precipitação registrada em um determinado dia produz reposta no índice calculado para o dia anterior, porque o total diário de precipitação completa 24 horas às 9 horas da manhã. Por exemplo, para a precipitação registrada no dia 10 foram utilizados os índices do dia 9, pois a precipitação ocorrida no dia 9 está incluída, ou computada no dia 10.

Após este procedimento foram construídas três matrizes, para cada mês (janeiro e julho). A primeira matriz foi organizada de tal forma que na primeira coluna estão os dias, na segunda coluna a classe de precipitação (0,1 a 10mm), nas outras sete colunas estão os índices usados. As outras duas matrizes foram organizadas de forma semelhante, onde a segunda coluna corresponde à classe de precipitação (10,1 a 20mm) e maior que 20mm, respectivamente.

Para um melhor entendimento, apresenta-se as matrizes correspondentes ao mês de janeiro nas tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3 - Valores de precipitação e índices de instabilidade, para o mês de janeiro de 2003, correspondente à primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm de chuva).

Dia	Prec.	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind.4	Ind. 5	Ind. 6	Ind. 7
10	0,7	-4,34	-5,38	306,76	41,60	24,10	30,10	54,20
21	0,5	8,78	-5,21	58,08	9,70	6,70	27,70	34,40
24	4,1	16,95	11,14	55,43	-6,90	5,90	14,90	20,80

Tabela 4 - Valores de precipitação e índices de instabilidade, para o mês de janeiro de 2003, correspondente à segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm de chuva).

Dia	Prec.	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 4	Ind. 5	Ind. 6	Ind.7
4	10,4	-0,90	-1,83	271,04	37,10	22,00	22,30	44,30
11	13,5	4,17	0,20	181,75	6,60	17,60	22,10	39,70

Tabela 5 - Valores de precipitação e índice de instabilidade, para o mês de janeiro de 2003, correspondente à terceira classe de precipitação (valores maiores de 20mm de chuva.).

Dia	Prec.	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 4	Ind. 5	Ind. 6	Ind. 7
20	27,5	1,75	2,02	253,43	31,70	18,50	24,50	43,00
30	74,4	3,76	2,77	220,26	33,90	16,90	22,90	39,80

Onde:

Ind. 1 = Índice de showalter

Ind. 2 = Índice levantado

Ind. 3 = Índice sweat

Ind. 4 = Índice K

Ind.5 = Índice Cross Total

Ind.6 = Índice Vertical Total

Ind.7 = Índice Total Total

Após ter organizado os dados referentes ao período estudado (1990 a 2005), conforme as tabelas 3, 4 e 5, foram construídas seis matrizes. A primeira formada por todos os dados (precipitação e índices de instabilidade) do mês de janeiro referente à primeira classe. Na segunda e na terceira matrizes estão a segunda e terceira classes, respectivamente. Na quarta, quinta e sexta matrizes estão os dados do mês de julho, compostos pela primeira, segunda e terceira classes. No anexo 2, página 84, são apresentadas as matrizes completas. Após ter feito todo esse procedimento, ou seja, organizar todos os dados de precipitação em três classes para os meses de janeiro e julho, foram determinadas as equações de regressão relacionando cada índice com os intervalos de precipitação através da regressão linear simples. E também foram calculados todos os índices simultâneos, através da regressão linear múltipla, para verificar suas influências sobre a precipitação ocorrida. O coeficiente de determinação (r^2) foi obtido a fim de se quantificar a variância explicada por cada índice separado e por todos simultaneamente. Os cálculos foram feitos usando software estatístico apropriado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Relação entre os três intervalos de precipitação com cada índices de instabilidade.

Os coeficientes de determinação (r^2) entre os três intervalos de precipitação e os índices de instabilidade foram calculados a partir da equação 1, apresentada na página 21, as tabelas 6 e 7 exibem os coeficientes de determinação para os meses de janeiro e julho de 1990 a 2005.

TABELA 6 - Coeficientes de determinação (r^2) para todos os índices de instabilidade (utilizados neste trabalho) referente ao mês de janeiro, de 1990 a 2005, e para os três intervalos de precipitação, ou seja, 0,1 a 10mm, 10,1 a 20mm e maior que 20mm de precipitação.

Prec.(mm)	Coef							
	.	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇
0,1 a 10	r^2	0,006	0,001	0,002	0,0002	0,0004	0,016	0,005
10,1 a 20	r^2	0,056	0,012	0,009	0,099	0,0002	0,001	0,001
maior que 20	r^2	0,059	0,007	0,087	0,054	0,092	0,123	0,034

TABELA 7 - Coeficientes de determinação (r^2) para todos os índices de instabilidade (utilizados neste trabalho) referente ao mês de julho, de 1990 a 2005, e para os três intervalos de precipitação, ou seja, 0,1 a 10mm, 10,1 a 20mm e maior que 20mm de precipitação.

Prec.(mm)	Coef							
	.	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇
0,1 a 10	r^2	0,034	0,021	0,033	0,074	0,028	0,003	0,028
10,1 a 20	r^2	0,076	0,095	0,094	0,052	0,081	0,021	0,080
maior que 20	r^2	0,159	0,085	0,035	0,068	0,002	0,053	0,242

Foram feitos gráficos relacionando precipitação com os sete índices de instabilidade estudados, para uma melhor visualização do coeficiente de determinação (r^2).

4.2 Gráficos referentes ao mês de janeiro para a primeira classe de precipitação.

Foram feitos gráficos, com a linha de dispersão, para o mês de janeiro relacionando a precipitação de 0,1 a 10mm com cada índice de instabilidade estudado neste trabalho.

A figura 3 relaciona a precipitação com o índice de Showalter (I_1), e conforme a tabela 6 se pode observar que o coeficiente de determinação (r^2) encontrado foi igual a 0,006. Como já foi definido na revisão bibliográfica, na página 20, que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Isso significa dizer que o índice de Showalter, neste caso, explica 0,6% a variabilidade da chuva.

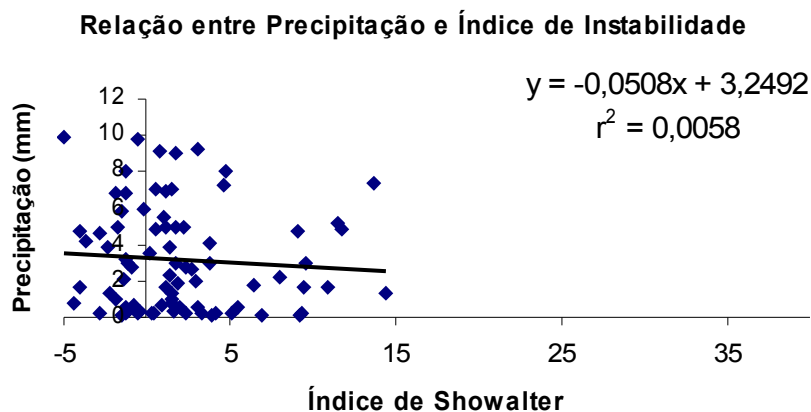


FIGURA 3 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice de Showalter (I_1).

A figura 4 exibe a linha de dispersão, que relaciona a precipitação com o índice Levantado (I_2), e neste caso o valor do coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,001. Já foi visto que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade) e quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Portanto este índice de instabilidade explica apenas 0,1% equação de regressão, influenciando muito pouco nessa classe de chuva.

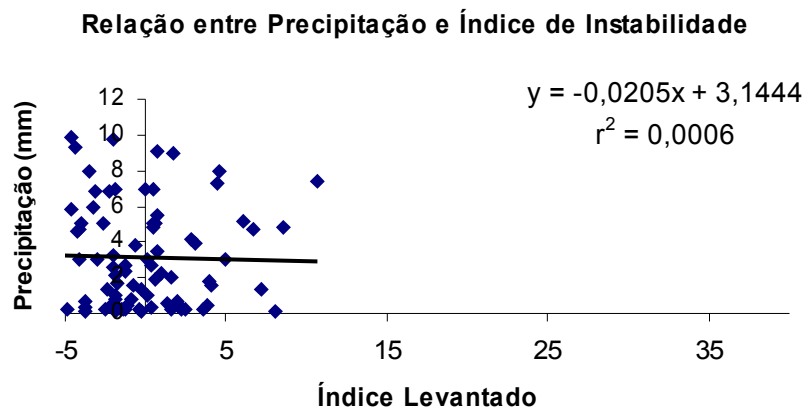


FIGURA 4 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Levantado (I_2).

A figura 5, que relaciona a precipitação com o índice Sweat (I_3), o valor do coeficiente de determinação (r^2), conforme a tabela 6, foi igual a 0,002. Como o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes e quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Portanto, neste caso o índice de Sweat (I_3) explica apenas 0,2% a equação de regressão.

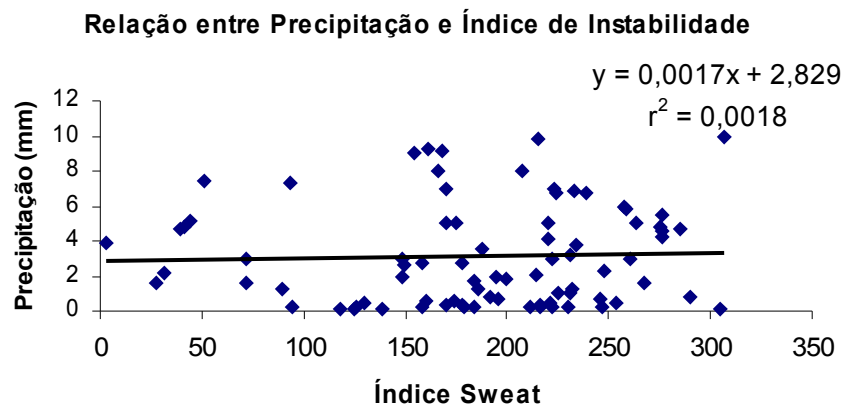


FIGURA 5 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Sweat (I_3).

A figura 6, que relaciona a primeira classe de precipitação com o índice de instabilidade K (I_4), o coeficiente de determinação (r^2) foi muito baixo, igual a 0,0002. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Neste caso, o índice K, explica somente 0,02% a variação da precipitação, influenciando praticamente nada para essa classe de chuva.

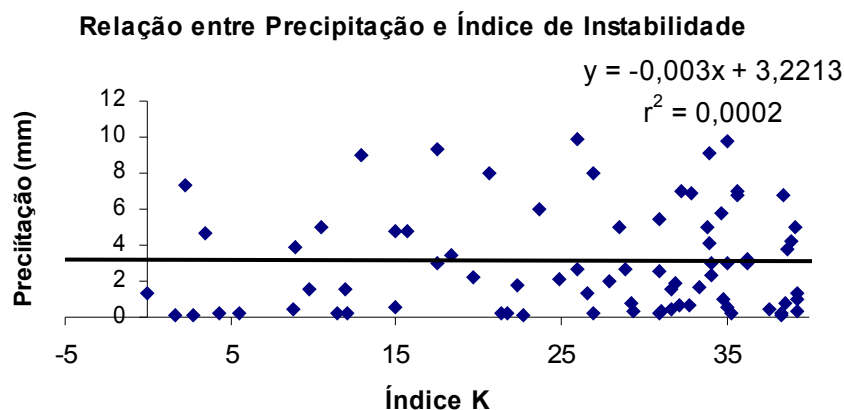


FIGURA 6 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice K (I_4).

A figura 7 relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Cross Total (I_5), e neste caso o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,0004. Como já foi definido na revisão bibliográfica, o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Isso significa que o índice Cross Total explica apenas 0,04% a variabilidade da chuva.

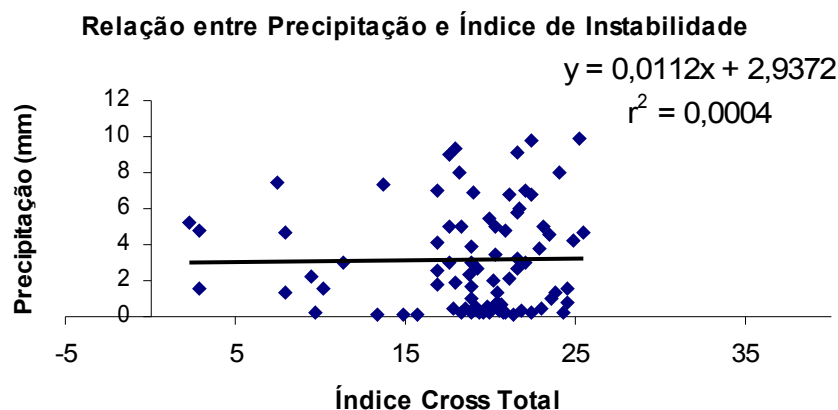


FIGURA 7 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Cross Total (I_5).

A figura 8, referente ao mês de janeiro e para a primeira classe de precipitação, que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Vertical Total (I_6), o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,016. Como o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes e quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Portanto neste caso o índice Vertical Total explica 1,6% a variabilidade da chuva.

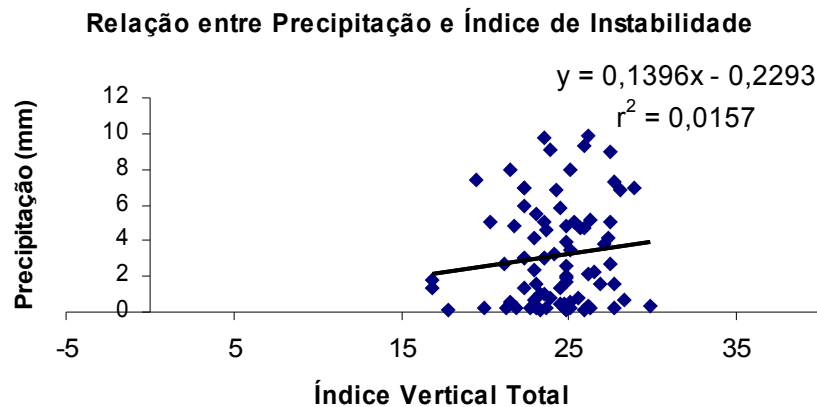


FIGURA 8 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Vertical Total (I_6).

A figura 9, que se refere ao mês de janeiro e para a primeira classe de precipitação, relacionando a precipitação com o índice de instabilidade Total Totals (I_7) o coeficiente de determinação (r^2) foi de 0,005. Como já foi definido na revisão bibliográfica, na página 20, o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Portanto o índice Total Totals explica 0,5% a variabilidade da chuva.

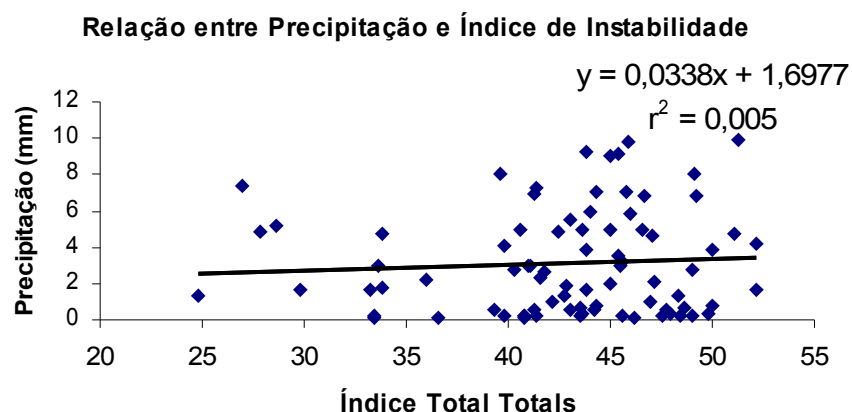


FIGURA 9 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Total Totals (I_7).

Verificou-se que para o mês de janeiro e para a primeira classe de precipitação, os coeficientes de determinação (r^2) foram muito baixos, ou seja, os índices de instabilidade explicam muito pouco a variabilidade da chuva. O índice de instabilidade Vertical Total (I_6) foi o que apresentou maior coeficiente de determinação (r^2), igual a 0,016. O índice de instabilidade que apresentou um menor coeficiente de determinação (r^2) foi o índice K (I_4), igual a 0,0002, sugerindo que este não teve nenhuma participação nas chuvas de valores entre 0,1 e 10mm.

Neste trabalho apenas considerou-se os totais diários de precipitação, desta forma o comportamento de outros componentes atmosféricos reinantes no dia estudado não foi considerado. Como o índice K (I_4) é muito usado para avaliar chuvas fortes e leva em consideração bastante umidade nos níveis de 850 e 700hPa, pode ter sido esse o motivo para o valor do índice K apresentar, neste intervalo, o coeficiente de determinação (r^2) tão baixo.

4.3 Gráficos referentes ao mês de janeiro para a segunda classe de precipitação.

Foram feitos gráficos, exibindo a linha de dispersão, para o mês de janeiro relacionando a precipitação de 10,1 a 20mm com cada um dos índices de instabilidade estudados neste trabalho.

A figura 10 relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Showalter (I_1), o coeficiente de determinação (r^2) foi de 0,056. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Portanto este índice explica 5,6% a variabilidade da chuva.

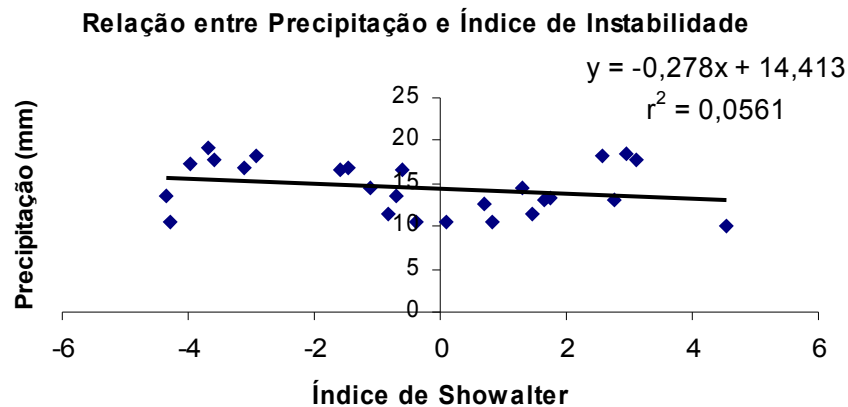


FIGURA 10 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice de Showalter (I_1).

A figura 11 relaciona a precipitação com o índice Levantado (I_2), neste caso o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,012. Como já foi definido na revisão bibliográfica, na página 20, o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Portanto este índice explica 1,2% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da chuva.

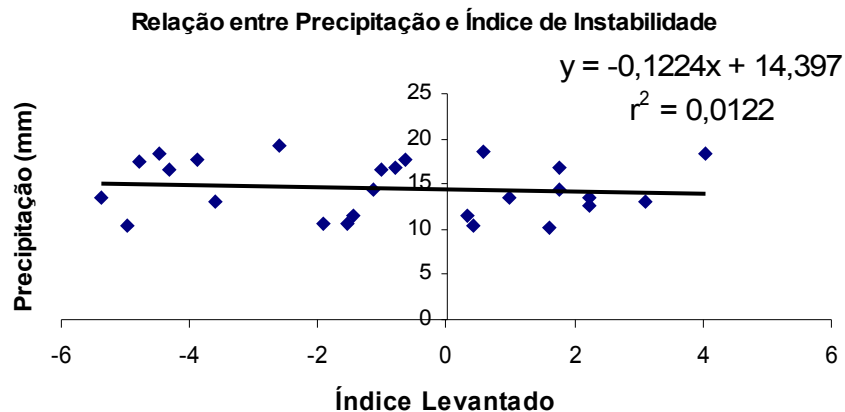


FIGURA 11 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice de Levantado (I_2).

A figura 12 relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Sweat (I_3), e o coeficiente de determinação (r^2), conforme a tabela 6, apresentada na página 43, foi igual a 0,009. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Isso significa que este índice explica apenas 0,9% a variabilidade da chuva.

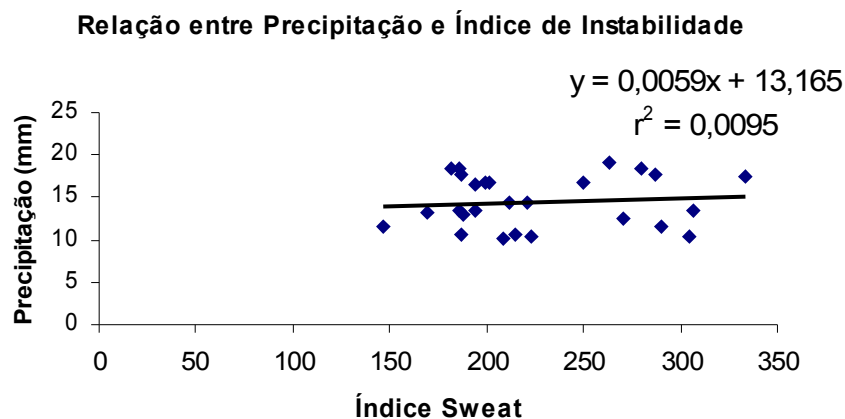


FIGURA 12 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Sweat (I_3).

A figura 13 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade K (I_4), e conforme a tabela 6, apresentada na página 26, o coeficiente de determinação (r^2) é igual a 0,099. Como o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes e quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Pode-se dizer que o índice K explica 9,9% a variabilidade da chuva.

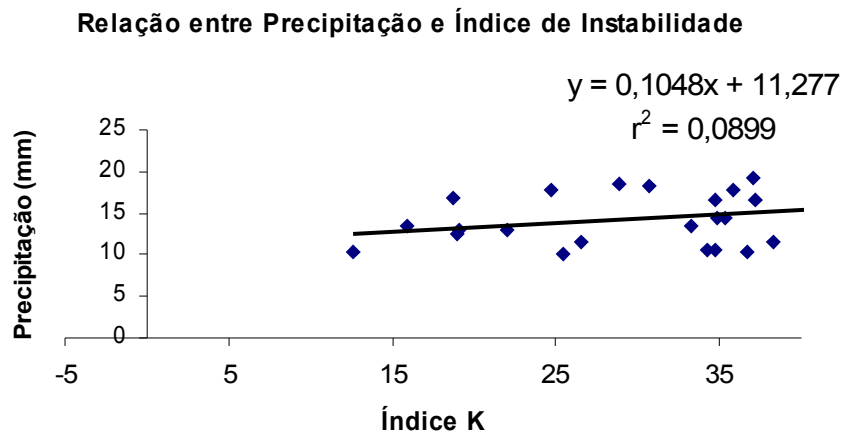


FIGURA 13 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice K (I_4).

A figura 14 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Cross Total (I_5), e neste caso o valor do coeficiente de determinação (r^2) é de 0,0002. Como já foi definido na revisão bibliográfica, na página 20, que o coeficiente de determinação é a medida da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Portanto neste caso o índice Cross Total explica apenas 0,02% a equação de regressão, influenciando praticamente nada neste intervalo de chuva.

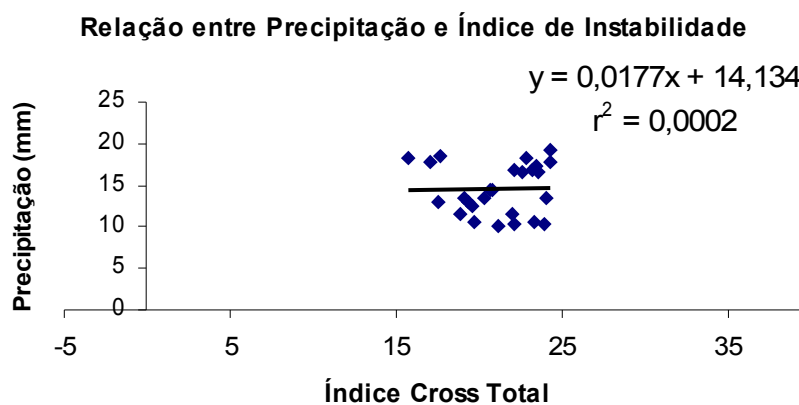


FIGURA 14 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Cross Total (I_5).

A figura 15 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice Vertical Total (I_6), e o valor do coeficiente de determinação (r^2), conforme a tabela 6 foi igual a 0,001. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (chuva) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Portanto este índice explica 0,1% a variabilidade da chuva.

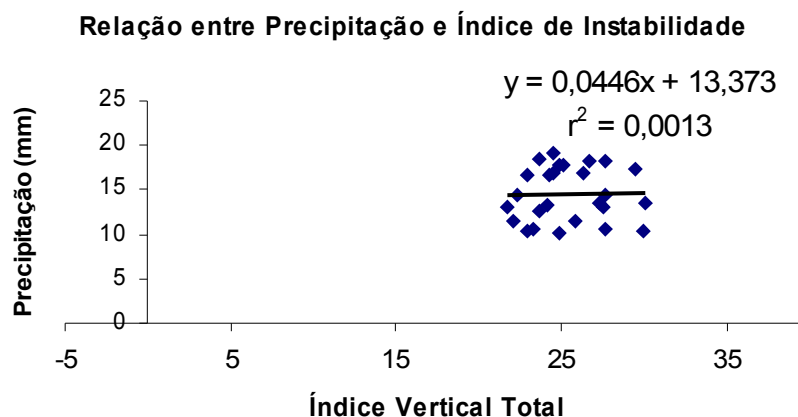


FIGURA 15 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Vertical Total (I_6).

A figura 16 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Total Totals (I_7), e neste caso o coeficiente de determinação (r^2) é igual a 0,001. Como o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes e pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação. Isso sugere que este índice explica apenas 0,1% a variabilidade da chuva.

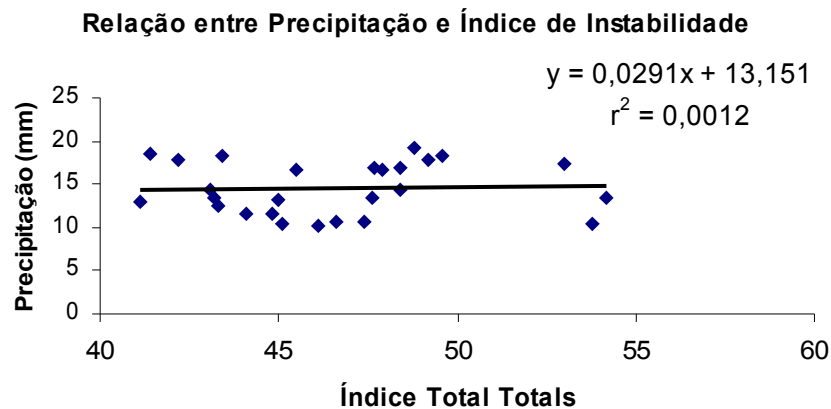


FIGURA 16 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Total Totals (I_7).

Verificou-se que para o mês de janeiro e para a segunda classe de precipitação o índice de instabilidade Cross Total (I_5), foi o índice que apresentou o menor valor do coeficiente de determinação (r^2), igual a 0,0002. Então este índice explica somente 0,02% a variabilidade da chuva. E o índice K (I_4) foi o que apresentou o maior valor do coeficiente de determinação (r^2), igual a 0,099. Isso sugere que este índice possa explicar 9,9% a variabilidade da chuva.

Conforme descrito no Curso de Extensão Universitária, disponível em <http://www.master.iag.usp.br/ensino/sinotica/AULA05.htm>, no caso do índice Cross Total (I_5), valores deste índice maiores que 18 apenas indicam desenvolvimentos convectivos, mas não garantem que necessariamente ocorra desenvolvimentos convectivos. Provavelmente este seja o motivo pelo qual o índice Cross Total obteve o menor valor do coeficiente de determinação (r^2).

4.4 Gráficos referentes ao mês de janeiro para a terceira classe de precipitação.

Foram feitos gráficos, de linha de dispersão, para o mês de janeiro relacionando a precipitação com valores maiores que 20mm, com cada índice de instabilidade estudado neste trabalho.

A figura 17 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade de Showalter (I_1), e conforme a tabela 6, apresentada na página 43, o coeficiente de determinação (r^2) foi igual 0,059. Como já foi definido na revisão bibliográfica, na página 20, sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Neste caso o índice de Showalter explica 5,9% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da chuva.

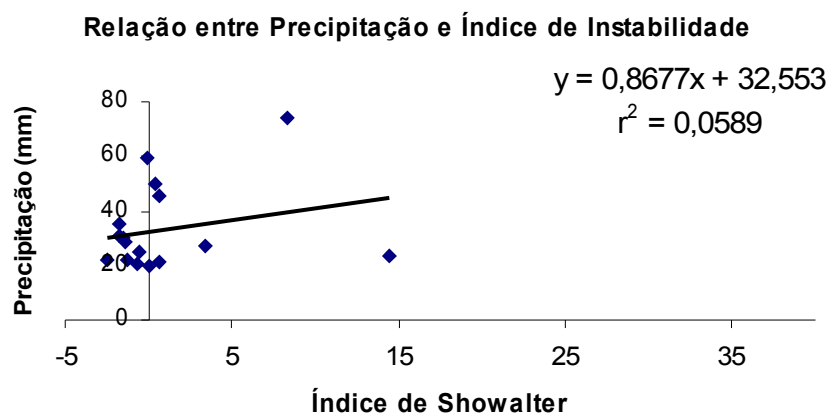


FIGURA 17 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice de Showalter (I_1).

A figura 18 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade levantado (I_2), o coeficiente de determinação (r^2) neste caso foi igual a 0,007. Como já foi definido na revisão bibliográfica, na página 20 sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Sugerindo que este índice explica apenas 0,7%, influenciando muito pouco na variabilidade da chuva.

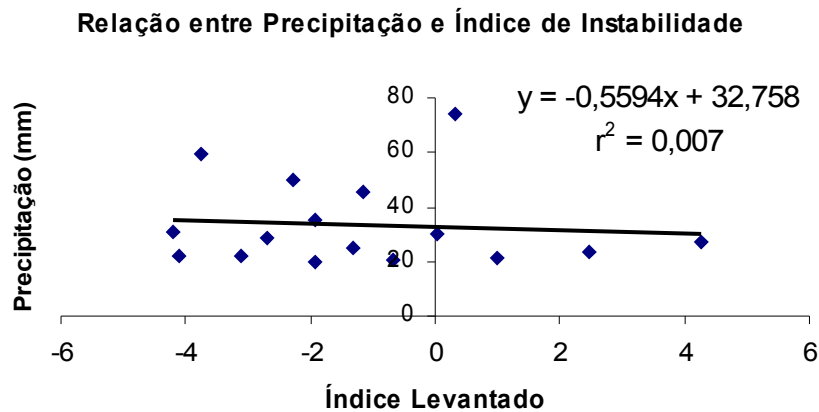


FIGURA 18 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Levantado (I_2).

A figura 19 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Sweat (I_3), e conforme a tabela 6, apresentada na página 43, o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,087. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Sugerindo que este índice explica 8,7% a variabilidade da chuva.

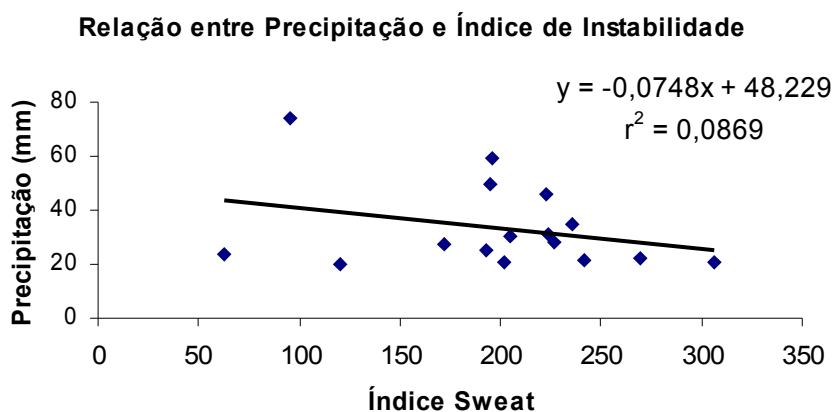


FIGURA 19 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Sweat (I_3).

A figura 20 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade K (I_4), neste caso o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,054. Como o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes e quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Portanto este índice explica 5,4% a variabilidade da chuva.

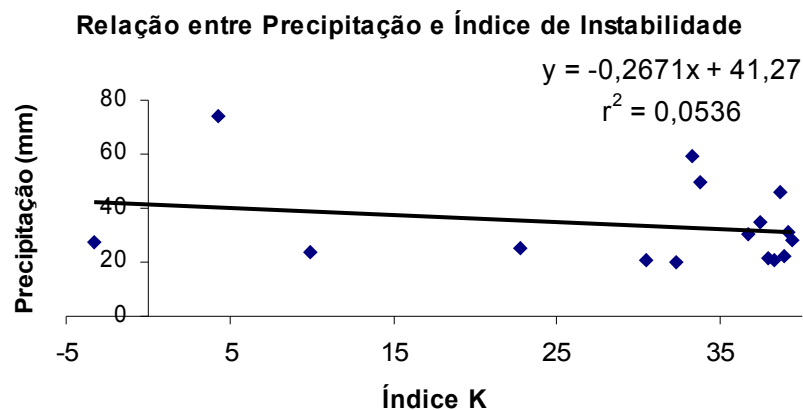


FIGURA 20 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice K (I_4).

A figura 21 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Cross Total (I_5), e conforme a tabela 6, apresentada na página 43, o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,092. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Neste caso o índice explica 9,2% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da chuva.

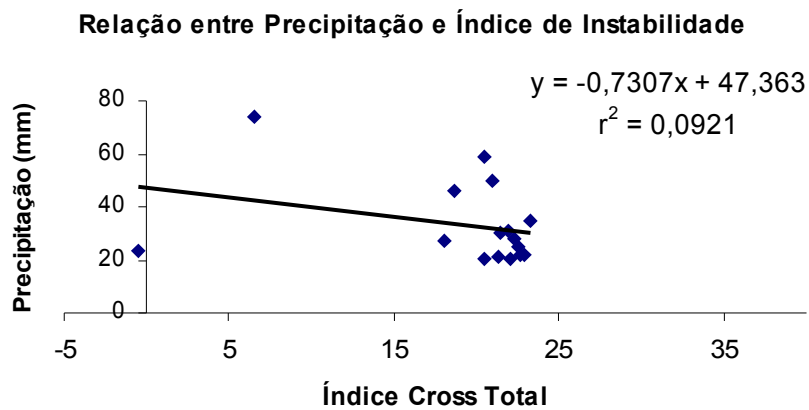


FIGURA 21 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Cross Total (I_5).

A figura 22 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Vertical Total (I_6), neste caso o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,123. Como já foi visto anteriormente, na revisão bibliográfica, que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Portanto este índice explica 12,3% a variabilidade da chuva.

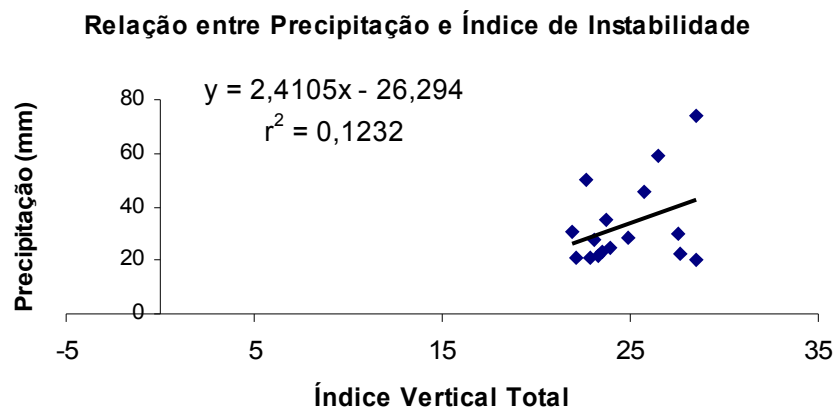


FIGURA 22 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Vertical Total (I_6).

A figura 23 exibi a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Total Totals (I_7), o coeficiente de determinação (r^2), conforme a tabela 6 apresentada na página 43, foi igual a 0,034. Como o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes e pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Conclui-se com isso que o índice Total Totals explica 3,4% a variabilidade da chuva.

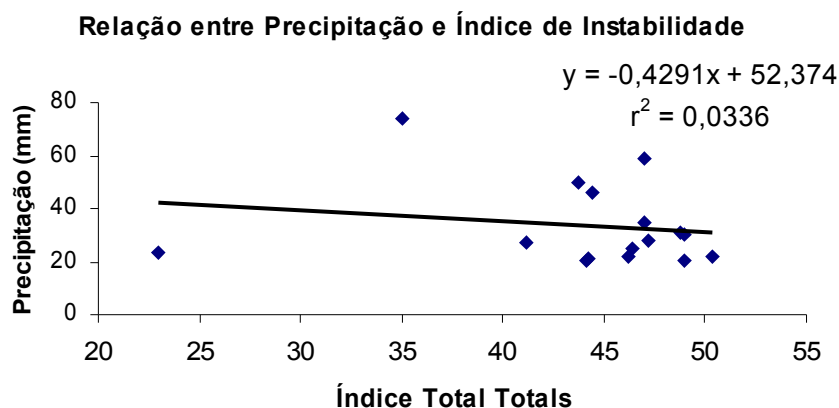


FIGURA 23 - Gráfico de dispersão referente ao mês de janeiro que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Total Totals (I_7).

Verificou-se que para o mês de janeiro e para a terceira classe de precipitação, o índice de instabilidade que apresentou o menor coeficiente de determinação (r^2) foi o índice Levantado (I_2), igual a 0,007. Este índice explicou apenas 0,7% a variabilidade da chuva. E o índice de instabilidade que apresentou um maior coeficiente de determinação (r^2) foi o índice Vertical Total (I_6), igual a 0,123. Portanto este índice explica 12,3% a variabilidade da chuva.

Para este intervalo de precipitação o índice levantado (I_2) obteve o menor valor do coeficiente de determinação (r^2), talvez porque como já foi dito, este trabalho considerou os totais diários de precipitação, sem levar em conta o comportamento de outros componentes atmosféricos no dia estudado.

4.5 Gráficos referentes ao mês de julho para a primeira classe de precipitação.

Foram feitos gráficos, de linha de dispersão, para o mês de julho relacionando a precipitação com valores de 0,1 a 10mm, com cada índice de instabilidade estudado neste trabalho.

A figura 24 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade de showalter (I_1), e conforme a tabela 7, apresentada na página 43, o valor do coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,034. Como já foi definido na revisão bibliográfica, na página 20, sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (chuva) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Neste caso o índice de Showalter explica 3,4% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da chuva.

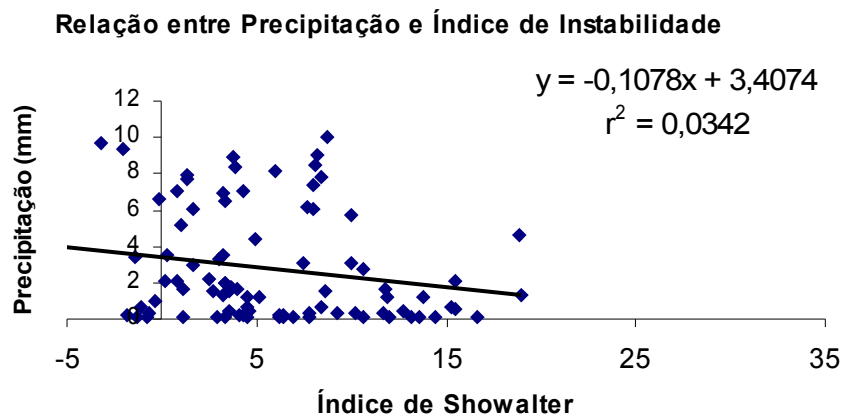


FIGURA 24 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice de Showalter (I_1).

A figura 25 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Levantado (I_2), e conforme a tabela 7, o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,021. Como já foi visto anteriormente, na revisão bibliográfica, o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Portanto este índice explica 2,1% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da chuva.

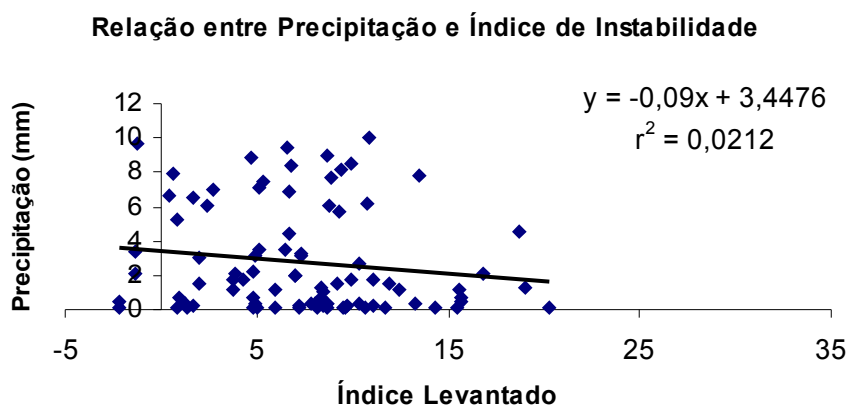


FIGURA 25 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Levantado (I_2).

A figura 26 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Sweat (I_3), neste caso o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,033. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Sugerindo que este índice explica 3,3% a variabilidade da chuva.

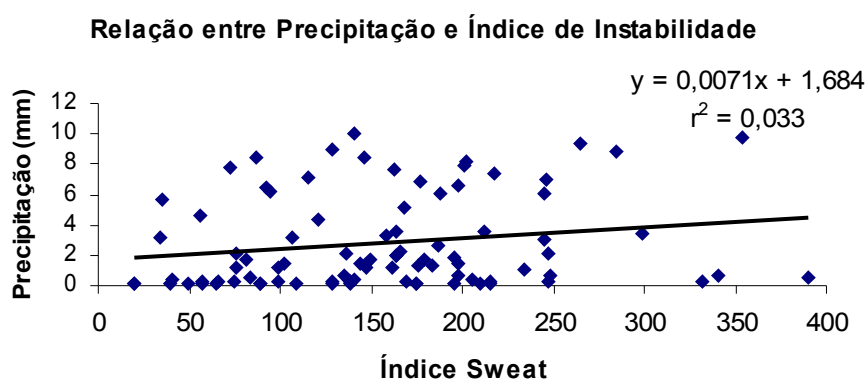


FIGURA 26 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Sweat (I_3).

A figura 27 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade K (I_4), e conforme a tabela 7 apresentada na página 43, o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,074. Como já foi visto anteriormente, na revisão bibliográfica, o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Sugerindo que o índice K explica 7,4% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da chuva.

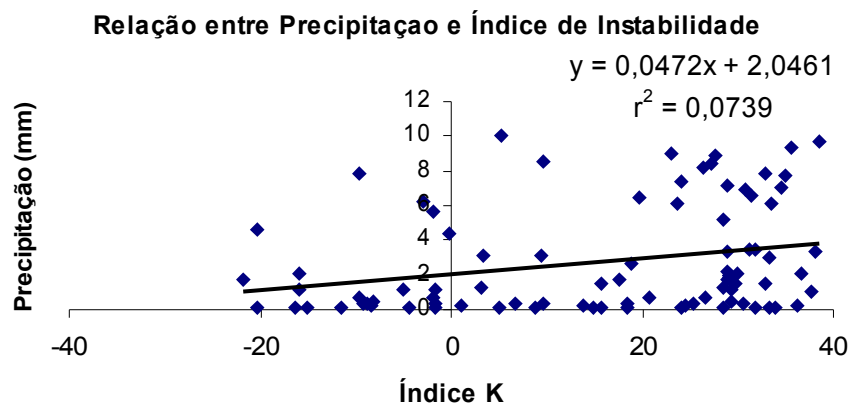


FIGURA 27 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice K (I_4).

A figura 28 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Cross Total (I_5), neste caso o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,028. Como o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Então este índice explica 2,8% a equação de regressão.

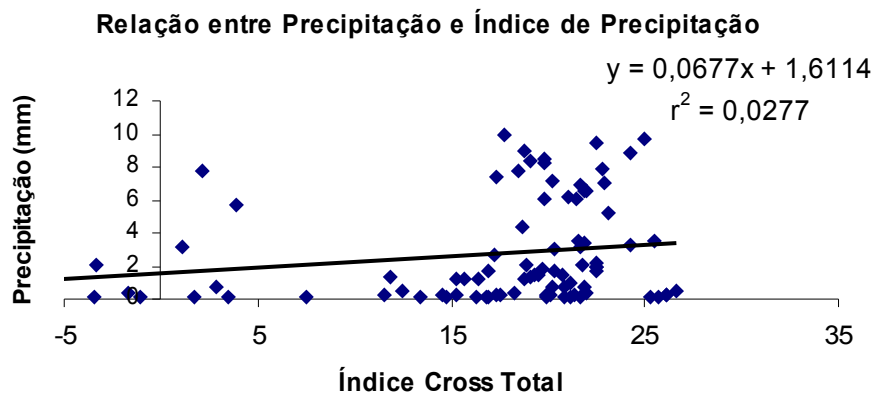


FIGURA 28 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Cross Total (I_5).

A figura 29 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Vertical Total (I_6), e conforme a tabela 7 apresentada na página 43, o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,003. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Pode-se assumir que quanto maior o poder de explicação da equação de regressão. Sugerindo que este índice explica apenas 0,3% a variabilidade da chuva.

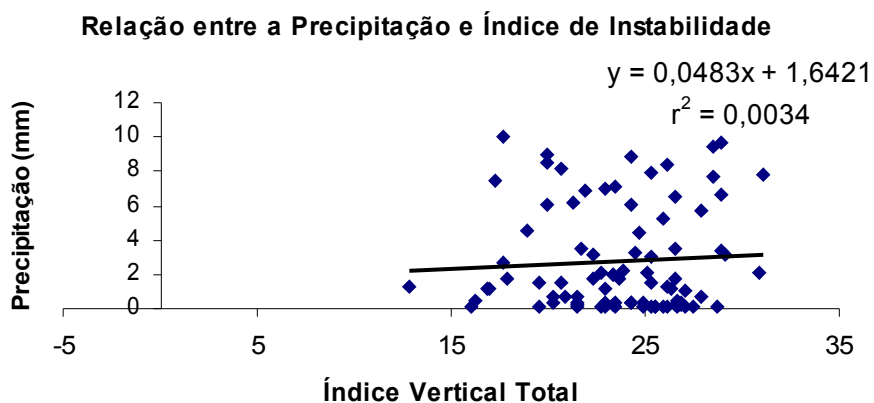


FIGURA 29 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Vertical Total (I_6).

A figura 30 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Total Totals (I_7), e conforme a tabela 7 apresentada na página 43, o valor do índice de determinação (r^2) foi igual a 0,028. Como já foi visto anteriormente, na revisão bibliográfica, que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Portanto neste caso o índice de instabilidade Total Totals explica 2,8% a variabilidade da chuva.

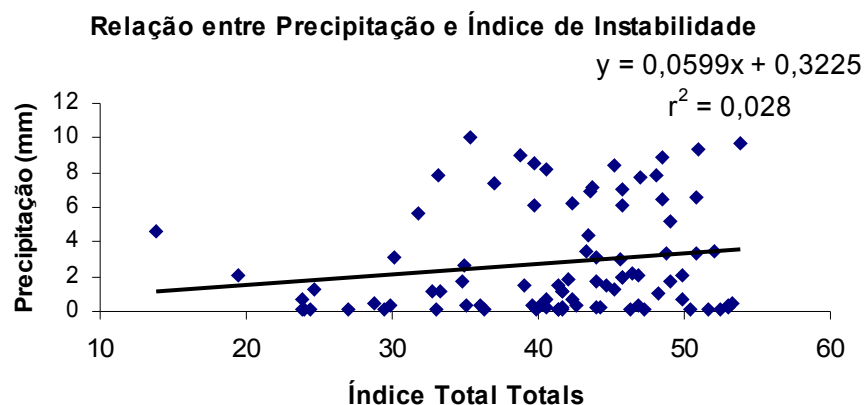


FIGURA 30 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a primeira classe de precipitação (0,1 a 10mm) com o índice Total Totals (I_7).

Verificou-se que para o mês julho e para a primeira classe de precipitação o índice de instabilidade que obteve o menor valor do coeficiente de determinação (r^2), foi o índice Vertical Total (I_6) igual a 0,003. Isso quer dizer que este índice explica somente 0,3% a variabilidade da chuva. E o índice de instabilidade que obteve o maior valor do coeficiente de determinação (r^2) foi o índice K (I_4), igual a 0,074. Portanto este índice explica 7,4% a variabilidade da chuva.

Conforme descrito no Curso de Extensão Universitária, disponível em <http://www.master.iag.usp.br/ensino/sinotica/AULA05.htm>, o índice Vertical Total (I_6) quando apresenta valores maiores que 26 pode haver desenvolvimentos convectivos, mas não necessariamente garante que há.

4.6 Gráficos referentes ao mês de julho para a segunda classe de precipitação.

Foram feitos gráficos, de linha de dispersão, para o mês de julho relacionando a precipitação com valores de 10,1 a 20mm, com cada índice de instabilidade estudado neste trabalho.

A figura 31 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Showalter (I_1), e conforme a tabela 7 apresentada na página 43, o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,076. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Sugerindo que este índice explica 7,6% a variabilidade da chuva.

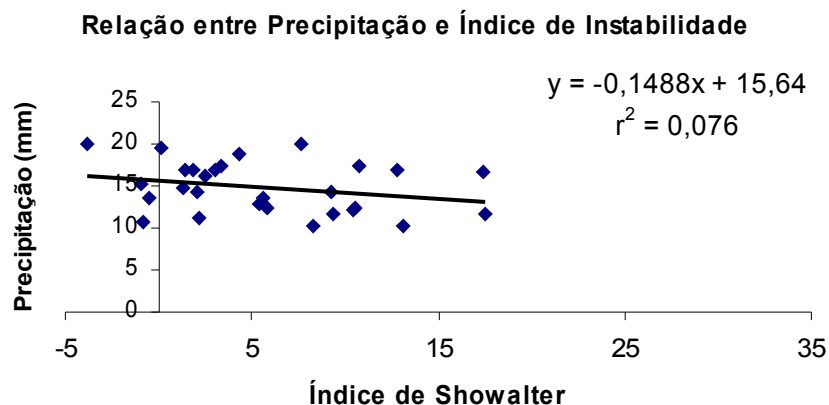


FIGURA 31 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice de Showalter (I_1).

A figura 32 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Levantado (I_2), neste caso o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,095. Como o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes e quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Conclui-se que este índice explica 9,5% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da chuva.

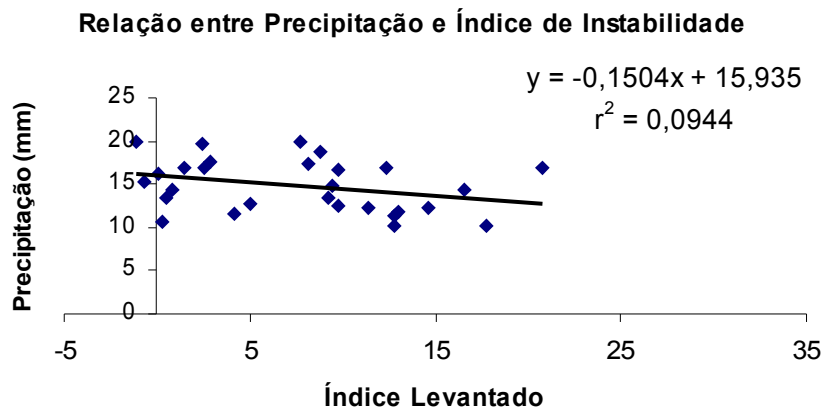


FIGURA 32 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Levantado (I_2).

A figura 33 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Sweat (I_3), e conforme a tabela 7 apresentada na página 43, o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,094. Como já foi definido na revisão bibliográfica, na página 20, o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Portanto este índice explica 9,4% a variabilidade da chuva.

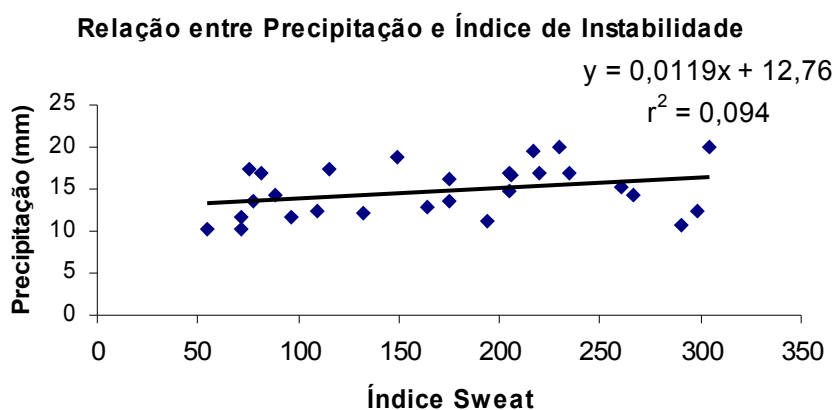


FIGURA 33 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Sweat (I_3).

A figura 34 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade de instabilidade K (I_4), e neste caso o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,052. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Sugerindo que este índice explica 5,2% a variabilidade da chuva.

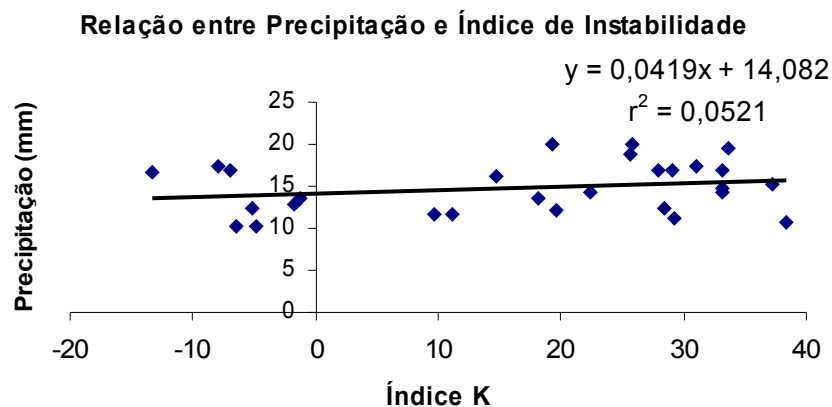


FIGURA 34 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice K (I_4).

A figura 35 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Cross Total (I_5), o coeficiente de determinação (r^2) neste caso foi igual a 0,081. Como o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade) e quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Isso sugere que este índice explica 8,1% a equação de regressão.

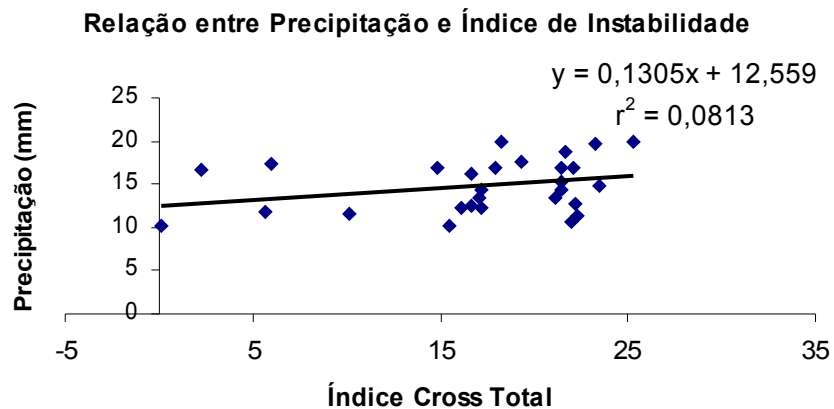


FIGURA 35 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Cross Total (I_5).

A figura 36 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Vertical Total (I_6), e conforme a tabela 7 o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,021. Como já foi definido na revisão bibliográfica, na página 20, sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Portanto este índice explica 2,1% a variabilidade da chuva.

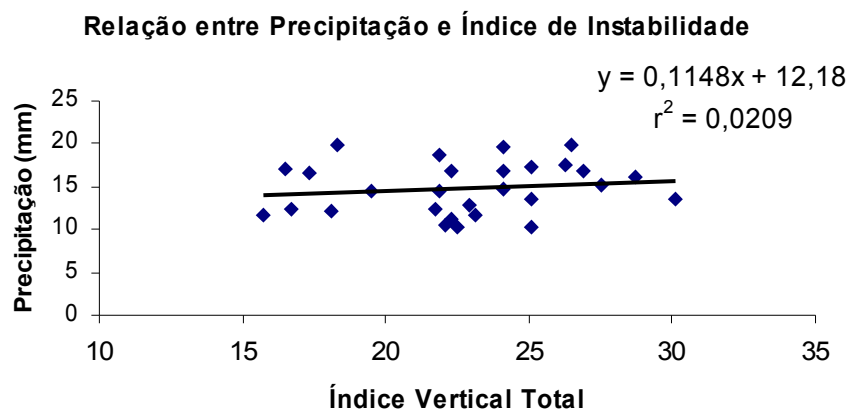


FIGURA 36 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Vertical Total (I_6).

A figura 37 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Total Totals (I_7), e conforme a tabela 7 apresentada na página 43, o valor do coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,080. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Sugerindo que este índice explica 8% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da chuva.

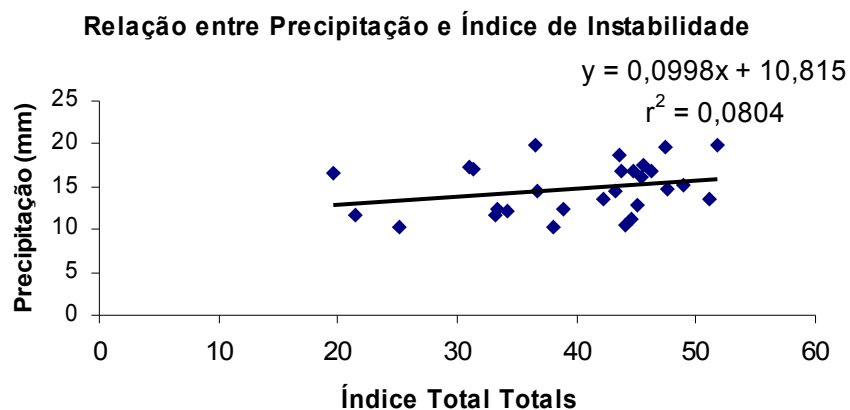


FIGURA 37 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a segunda classe de precipitação (10,1 a 20mm) com o índice Total Totals (I_7).

Verificou-se que para o mês de julho e para a segunda classe de precipitação, o índice de instabilidade que apresentou o menor coeficiente de determinação (r^2) foi o índice Vertical Total (I_6), igual a 0,021. Portanto este índice explica apenas 2,1% a variabilidade da chuva. Já o índice de instabilidade que obteve o maior coeficiente de determinação (r^2) foi o índice Levantado (I_2), igual a 0,095. Neste caso o índice Levantado explica 9,5% a variabilidade da chuva.

Como foi dito anteriormente, para o mês de julho e para a primeira classe de precipitação, conforme descrito no Curso de Extensão Universitária, disponível em: <http://www.master.iag.usp.br/ensino/sinotica/AULA05.htm>, o índice Vertical Total (I_6) quando apresenta valores maiores que 26 pode haver desenvolvimentos convectivos, mas não garantem que necessariamente ocorra desenvolvimentos convectivos.

4.7 Gráficos referentes ao mês de julho para a terceira classe de precipitação.

Foram feitos gráficos, de linha de dispersão, para o mês de julho relacionando a precipitação com valores maiores de 20mm, com cada índice de instabilidade estudado neste trabalho.

A figura 38 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Showalter (I_1), conforme a tabela 7 apresentada na tabela 43, o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,159. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Portanto este índice explica 15,9% a equação de regressão.

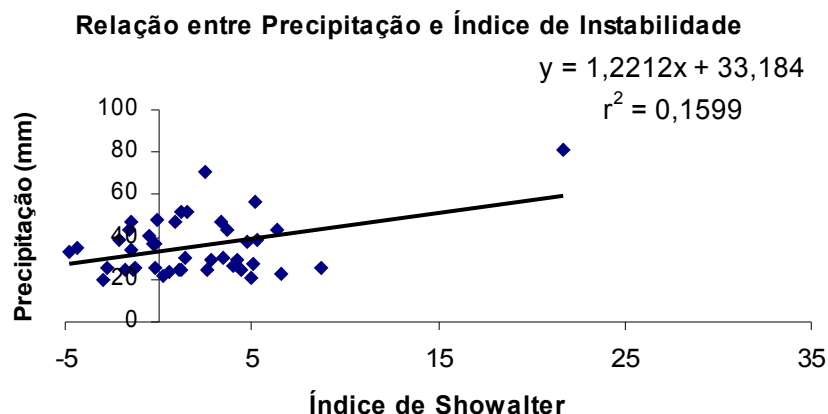


FIGURA 38 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice de Showalter (I_1).

A figura 39 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação e o índice de instabilidade Levantado (I_2), e conforme a tabela 7 o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,085. Como já foi definido na revisão bibliográfica, na página 20 o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Portanto o índice Levantado explica 8,5% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da chuva.

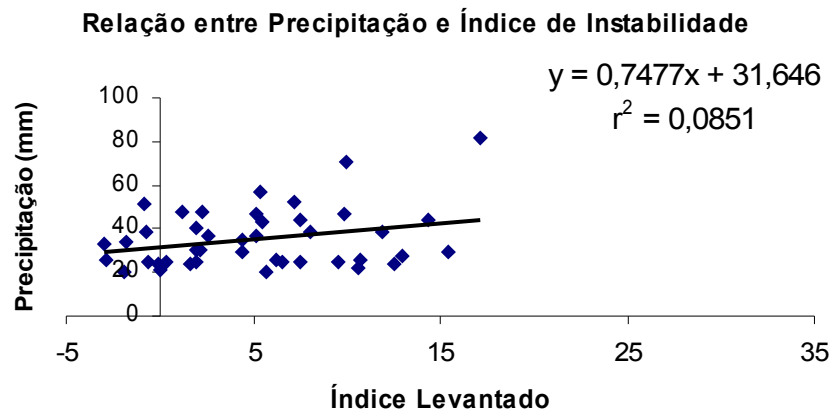


FIGURA 39 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Levantado (I_2).

A figura 40 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Sweat (I_3), e neste caso o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,035. Como o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes e quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Portanto este índice explica 3,5% a variabilidade da chuva.

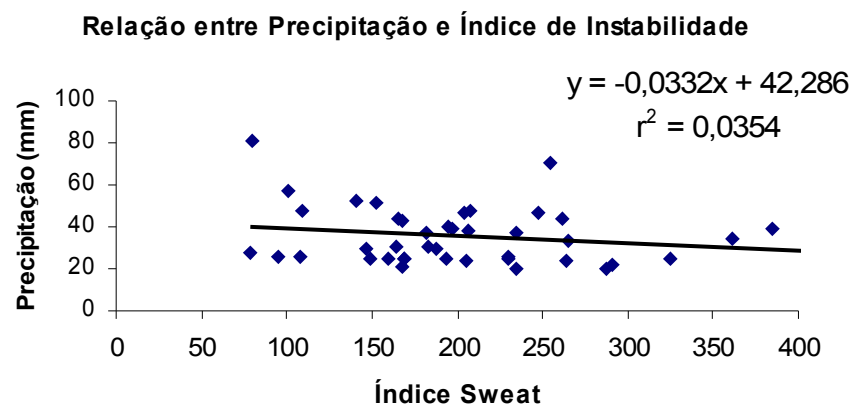


FIGURA 40 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Sweat (I_3).

A figura 41 exibe a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade K (I_4), e para este caso o valor do coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,068. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Sugerindo que o índice K explica 6,8% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da precipitação.

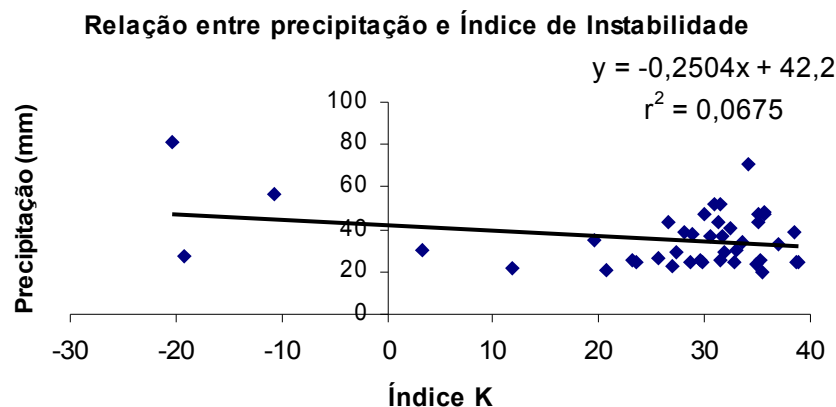


FIGURA 41 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice K (I_4).

A figura 42 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Cross Total (I_5), e como pode ser visto na tabela 7 apresentada na tabela 43, o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,002. Como já foi definido na revisão bibliográfica, na página 20, o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Portanto o índice Cross Total explica apenas 0,2% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da chuva.

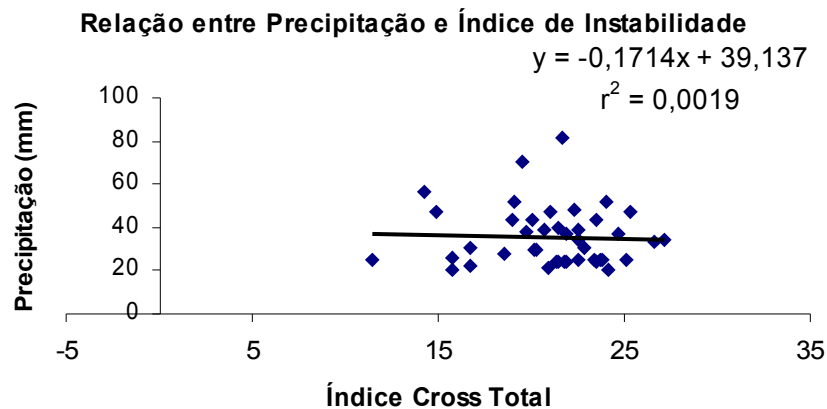


FIGURA 42 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Cross Total (I_5).

A figura 43 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Vertical Total (I_6), neste caso o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 0,053. Como já foi definido anteriormente, na revisão bibliográfica, o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente (precipitação) em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes (índices de instabilidade). Pode-se assumir que quanto maior o valor do coeficiente de determinação, maior o poder de explicação da equação de regressão. Sugerindo que este índice explica 5,3% a variabilidade da chuva.

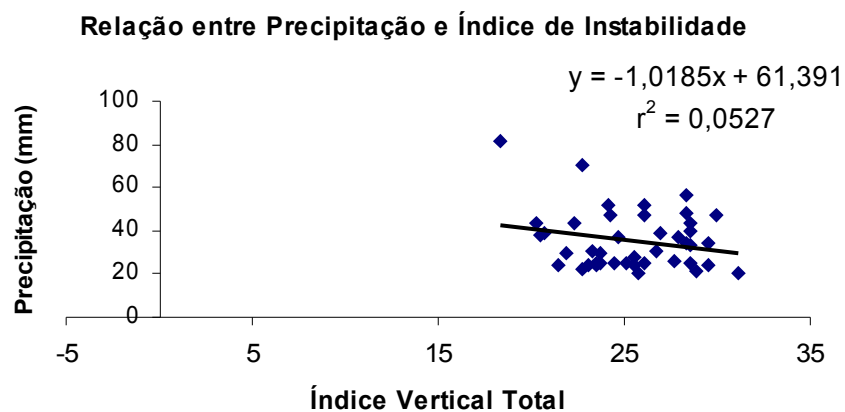


FIGURA 43 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Vertical Total (I_6).

A figura 44 mostra a linha de dispersão que relaciona a precipitação com o índice de instabilidade Total Totals (I_7), e como pode ser visto na tabela 7, apresentada na página 43, o coeficiente de determinação é igual a 0,242. Sabe-se que o coeficiente de determinação é a medida da proporção da variância da variável dependente em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes. Sugerindo que o índice Total Totals explica 24,2% a equação de regressão, ou seja, a variabilidade da chuva.

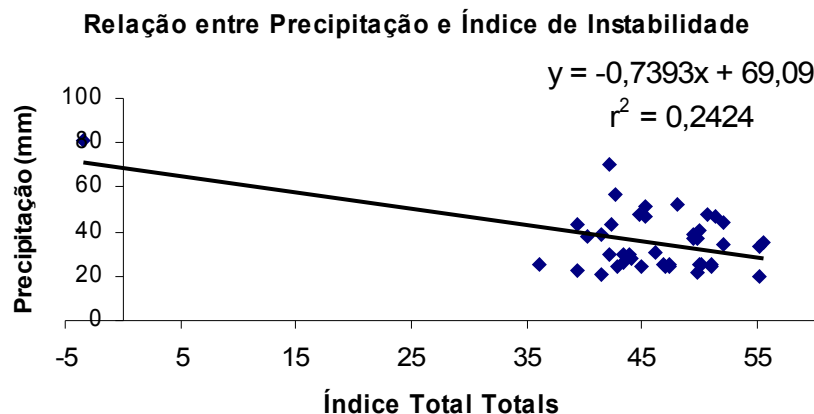


FIGURA 44 - Gráfico de dispersão referente ao mês de julho que relaciona a terceira classe de precipitação (maior que 20mm) com o índice Total Totals (I_7).

Verificou-se que para o mês de julho e para a terceira classe de precipitação, o índice de instabilidade Cross Total (I_5) foi o que apresentou um menor valor do coeficiente de determinação (r^2), igual a 0,002. Isso significa que este índice explica apenas 0,2% a variabilidade da chuva. E o índice de instabilidade com o maior valor do coeficiente de determinação (r^2) é o índice Total Totals (I_7), igual a 0,242. Portanto este índice explica 24,2% a variabilidade da chuva.

Conforme descrito no Curso de Extensão Universitária, disponível em: <http://www.master.iag.usp.br/ensino/sinotica/AULA05.htm>, uma justificativa possível para que o índice Cross Total (I_5), tenha obtido o menor coeficiente de determinação (r^2) para este intervalo de precipitação, talvez seja porque valores deste índice maiores que 18 apenas indicam desenvolvimentos convectivos, mas não garantem que necessariamente ocorram desenvolvimentos convectivos.

Os valores discrepantes dos quais modificaram as configurações dos gráficos correspondentes às figuras 20, 21, 23, 38, 40, 41 e 44, estão todos associados a totais diários de precipitação muito intensa que, provavelmente, se fosse incluído uma nova faixa de precipitação com valores maiores que 40mm de precipitação solucionaria este problema.

4.8 Relação entre os três intervalos de precipitação com os índices de instabilidade calculados simultaneamente.

Os coeficientes de determinação (r^2) entre os três intervalos de precipitação e os índices de instabilidade foram calculados a partir da equação 4, apresentada na página 22, as tabelas 8 e 9 exibem os coeficientes de determinação (r^2) para os meses de janeiro e julho, respectivamente, de 1990 a 2005.

Tabela 8 - Coeficientes de determinação (r^2) para todos os índices de instabilidade, calculados simultaneamente, referente ao mês de janeiro, de 1990 a 2005, e para os três intervalos de precipitação, ou seja, 0,1 a 10mm, 10,1 a 20mm e maior que 20mm de precipitação.

Prec.(mm)	Coef.	r^2 Total
0,1 a 10	r^2	0,05
10,1 a 20	r^2	0,117
maior que 20	r^2	0,41

Tabela 9 - Coeficientes de determinação (r^2) para todos os índices de instabilidade, calculados simultaneamente, referente ao mês de julho, de 1990 a 2005, e para os três intervalos de precipitação, ou seja, 0,1 a 10mm, 10,1 a 20mm e maior que 20mm de precipitação.

Prec.(mm)	Coef.	R^2 Total
0,1 a 10	r^2	0,122
10,1 a 20	r^2	0,160
maior que 20	r^2	0,375

Conforme as tabelas 8 e 9 pode-se observar que quando foi calculado o coeficiente de determinação (r^2), com todos os índices de instabilidade simultaneamente, ou seja, através da equação de regressão linear múltipla, o valor do coeficiente de determinação (r^2) obtido foi maior do que quando calculado para cada índice isoladamente. Isso pode ser visto comparando as tabelas 8 e 9 com as tabelas 6 e 7, apresentadas na página 43, respectivamente. Cada índice de instabilidade está associado à determinada característica do tempo como, por exemplo, teor de umidade, ventos nos altos níveis, pressão, enfim fato esse que diminui o coeficiente de determinação (r^2) quando calculado para índices individuais (regressão linear simples). No caso de todos juntos, características atmosfera que não contribui com um, pode ser favorável a outro, dessa forma melhorando o coeficiente de determinação (r^2) com todos os índices juntos (regressão linear múltipla).

Observou-se também que o coeficiente de determinação (r^2) foi aumentando o seu valor conforme o aumento de precipitação, ou seja, teve um aumento da primeira até a terceira classe de precipitação.

5. CONCLUSÕES

Em função dos resultados encontrados, ficou evidente que os sete índices de instabilidade analisados não foram suficientes para indicação de intensidade de precipitação, quando calculado cada índice de instabilidade separadamente, ou seja, pelo método da regressão linear simples, na região de Porto Alegre. Isso porque, em geral, todos os índices apresentaram um coeficiente de determinação (r^2) muito baixo, tanto para o mês de janeiro como para o mês de julho. E de todo o período estudado e em relação as três classes analisadas neste trabalho. O índice K foi o que apresentou o menor coeficiente de determinação (r^2), que se deu no mês de janeiro e para a primeira classe (0,1 a 10mm) de precipitação, igual a 0,0002. O índice Cross Total também apresentou o menor coeficiente de determinação (r^2) em janeiro e para a segunda classe (10,1 a 20mm) de precipitação, igual a 0,0002. Por outro lado, o índice que apresentou o melhor coeficiente de determinação (r^2) foi o Total Totals, que ocorreu no mês de julho e na terceira classe (maior que 20mm) de precipitação, igual a 0,242. Provavelmente os coeficientes de determinação (r^2) tenham sido tão baixos porque somente foram analisados os totais diários de precipitação, sem avaliar as condições atmosféricas dominantes nos dias em que os dados foram coletados. Em função dos resultados obtidos acredita-se que o coeficiente de determinação (r^2) tenha sido tão baixo, porque a relação entre a variável dependente (precipitação) e a variável independente (índice de instabilidade) seja não linear, o que não satisfaz uma das condições necessárias à regressão linear. Mas quando foram calculados os coeficientes de determinação (r^2), com todos os índices de instabilidade simultaneamente, ou seja, pelo método da regressão linear múltipla, o valor do coeficiente de determinação (r^2) obtido foi maior do que quando calculado para cada índice de instabilidade isoladamente. Chegando a um valor igual a 0,41, correspondente ao mês de janeiro e para a terceira classe de precipitação (maior que 20mm).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, F. **Manual de Análise do Diagrama Skew-T, Log P**. Ministério da Aeronáutica. Diretoria de rotas aéreas. 1969.

BENIETI, A. A. C.; SILVA, F. A. M. **Análise da performance dos índices de instabilidade como previsores de tempestades na região de São Paulo**. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 4; p.65-70 1986, Brasília.

BENIETI, A. A. C.; SILVA, F. A. M. **Análise do desempenho de índices de instabilidade como previsores de tempestades na região centro – sul do Brasil**. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 6; p.467-471 1990, Salvador.

BINI, W; GOUVÊA, M. L. **Estudo sobre a formação e previsibilidade de um tornado em Piracicaba, usando o modelo regional BRAMS e índices de instabilidade atmosférica**. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis.: SBMet, 2006. CPC-2308. 1 CD-ROM.

DIAS, M. A. F. **Índice de instabilidade para previsão de chuva e tempestades severas**. Departamento de ciências atmosféricas; Instituto Astronômico e Geofísico; Universidade de São Paulo. Março de 2000.

DINIZ, G. B. **Preditores visando a obtenção de um modelo de previsão climática de temperaturas máxima e mínima para regiões homogêneas do Rio Grande do Sul**. 2002. 196 f. Tese (Doutorado-Agrometeorologia) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

FREDIANI, M. E. B. **Tempestades em São Paulo**. Disponível em <http://www.master.iag.usp.br/ensino/MONOG/MARIAEUG_EC.doc>. Acessado em 26 de abril de 2006.

GALWAY, J. G. The lifted index as a predictor of latent instability. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, V. 43, p. 528-529, 1956.

GANDU, A.W.; SILVA, F. A. M. **Características ambientes durante a observação de ecos de radar na região leste do estado de São Paulo**. IN:

CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 3; p.381-388 1984, Belo Horizonte.

GASPARETTO, P; SILVA, E, M. **Estudo das condições de instabilidade atmosférica e da formação de nuvens sobre a região metropolitana de Fortaleza – Ceará.** IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis.: SBMet, 2006. CPC -3202. 1 CD-ROM.

HAIR; ANDERSON; TAT, H. BLACK. **Análise multivariada de dados.** 5^o edição.

HELD, G.; GOMES, J. L.; NASCIMENTO, E. L. **Forecasting a severe weathere occurrence in the state of São Paulo, Brazil, on May 2005: The Indaiatuba.** Disponível em http://gemini.dpi.inpe.br/col/cptec.inpe.br/adm_conf/2005/10.30.04.13/doc/1799-1808.pdf-. Acessado em 10 de junho de 2006.

INTRODUÇÃO AO USO DE MODELOS DIAGNÓSTICOS PARA A PREVISÃO DO TEMPO – CURSO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA – DCA/IAG/USP, 1986. **Análise de Estabilidade.** Disponível em <http://www.master.iag.usp.br/ensino/sinotica/aula05/AULA05.htm>-. Acessado em 27 de ago. de 2005.

LOUREIRO, R. S. **Análise de uma linha de instabilidade costeira na região leste do estado do Pará.** Dissertação (Mestrado – Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.

MCNULTY, R.P. **Severe and convective weather: A central região Forecasting challeng.** WEATHER SERVICE FORECASTING OFFICE, TOPEKA, KANSAS. Disponível em <http://www.weather.gov/directives/pd01018001c072004curr.pdf>-. Acessado em 7 de junho de 2006.

MOTA, M. A. S.; SOUZA, D. C.; COHEN, J. C. P. **Análise da variação da precipitação da energia potencial disponível para a convecção (CAPE) na região leste da Amazônia.** IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis.: SBMet, 2006. CPC-3707. 1 CD-ROM.

NASCIMENTO, E. L. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de Mesoescala: Uma estratégia operacional adotável no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.20, n.1, p.124-140, 2005.

NASCIMENTO, E. L.; CALVETTI, L. **Identificação de condições precursoras de tempestades severas no sul do Brasil utilizando-se radiossondagens e parâmetros convectivos.** Disponível em http://www.lemma.ufpr.br/ernani/nascimento_calvetti_2004.pdf-. Acessado em 20 de junho de 2006.

SANDIM, M. D.; MARQUES, J.; CAVALCANTE, R. D.; ALOISE, D. E.; FERREIRA, V. A. **Aplicação do índice de Druyan e Sant (1978) para a previsão quantitativa da precipitação para o Rio de Janeiro.** IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, p.190-194, 1990, Salvador.

SANSIGOLO, C. A. Análise Comparativa do desempenho dos Índices de seca de Palmer (PDSI) e da precipitação normalizada (SPI) em Piracicaba, SP (1917-2001). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.19,n.3, p.245-250, 2004.

SEGURA, E. M. **Prognóstico estatístico de precipitação.** IN: CONGRESSO INTERNACIONAL DE METEOROLOGIA, 2; CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, p.310-315, 1987, Buenos Aires.

SEVERO, D. L.; GAN, M. A. **Anomalias de precipitação na região Sul do Brasil – Resultados preliminares.** IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004 Fortaleza: SBMet, 2004. CPC-0101. 1 CD-ROM.

SILVA, I. R; SANSIGOLO, C. A. **Relações entre as categorias de precipitação em regiões Homogenias no sul do Brasil e eventos de TSM no Pacífico.** IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA,12, p.1421-1428, 2002, Foz do Iguaçu – PR.

SILVA, M, A. **Índices de instabilidade para previsão de chuva e tempestades Severas.** DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS. INSTITUTO ASTRONÔMICO E GEOFÍSICO. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Disponível em <<http://www.master.com.br/>>. Acessado em 27 de julho de 2006.

VAREJÃO, M.A.S. **Meteorologia e climatologia.** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Editora Stilo, 2001.

ZAWADZKI, I.; TORLASCHI, I.E.; SAUVAGEU, R. The relationship between mesoscale thermodynamics variables and convective precipitation. **Journal Atmospheric Sciences**, v.38, p. 1535-1540, 1981.

ANEXO 1

ÍNDICE CAPE

Segundo Loureiro (2005) o valor de CAPE, também conhecido como energia de fluatibilidade, corresponde à área entre a curva de temperatura do ambiente (dada pela sondagem) e a curva da adiábica saturada, do Nível de Condensa Espontânea (NCE) até o Nível de Equilíbrio (NE), conforme ilustra a figura. O NCE é o nível em que a temperatura da parcela torna-se maior que a do ambiente, o que induz movimentos ascendentes espontâneos da parcela. O NE é o nível, perto do topo da troposfera, em que a parcela tem a mesma temperatura que a do ambiente e, portanto, não continua em seu movimento ascendente (representa o nível do topo das nuvens).

Quanto maior o CAPE, maior é a diferença entre a taxa de variação vertical de temperatura do ambiente e da parcela, o que implica em um movimento de ascensão da parcela devido à sua fluatibilidade. O valor do CAPE é utilizado na verificação das condições de instabilidade da atmosfera provocada por processos convectivos.

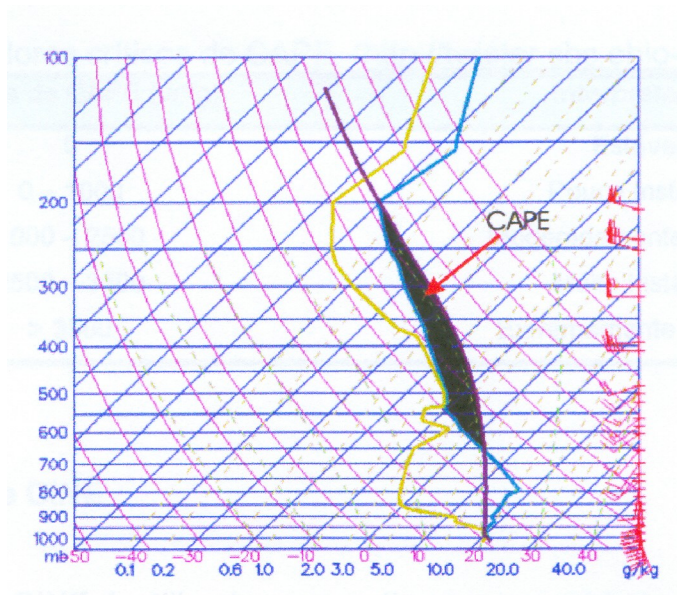


FIGURA A1 – Representação gráfica da área positiva (CAPE) de uma sondagem no Diagrama Skew T Log P.

O valor do CAPE pode ser calculado a partir da equação:

$$CAPE = \int_{z=NCE}^{z=NE} g \frac{\Delta \theta_e}{\theta_{es}} dZ$$

onde:

NE = nível de equilíbrio (térmico) [m];

NCE = nível de convecção espontânea [m];

g = aceleração da gravidade [m/s²]

$\Delta \theta_e$ = diferença entre a temperatura potencial equivalente da parcela em superfície e a temperatura potencial equivalente saturada do ambiente, em cada nível [°C], dado pela equação:

$$\Delta \theta_e = \theta_{ep} - \theta_{es}$$

θ_{ep} = temperatura potencial equivalente da parcela em superfície [°C],

θ_{es} = temperatura potencial equivalente saturada do ambiente, dada pela sondagem [°C].

A TABELA A1 apresenta os valores limites de CAPE, indicando o potencial para o desenvolvimento de tempestades.

TABELA A1 – Valores críticos do índice CAPE.
(<http://twister.sbs.ohiostate.edu/>).

Valores de CAPE [J/kg]	Interpretação
0	Estável
0 – 1000	Pouco instável
1000 – 2500	Moderadamente instável
2500 – 3500	Muito instável
>3500	Extremamente instável

ANEXO 2

MATRIZES DE DADOS

Tabela A2 - Dados referentes ao mês de janeiro e formados pela primeira classe (0,1 a 10mm de precipitação).

Ano	Dia	Prec.	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 4	Ind. 5	Ind. 6	Ind. 7
1990	2	0,1	3,08	1,31	173,74	15	19,8	21,5	41,3
	11	3	9,6	4,97	72,24	17,5	11,3	22,3	33,6
	14	1,9	1,92	0,56	194,89	31,9	17,9	24,9	42,8
	16	1,6	10,88	-0,72	27,97	11,9	2,9	26,9	29,8
	20	7,4	13,74	10,63	50,89	-12,1	7,5	19,5	27
	21	8	4,72	4,51	166,09	26,9	18,1	21,5	39,6
	24	2,2	8,05	0,95	31,54	19,7	9,5	26,5	36
	25	5,5	1,07	0,67	276,71	30,9	19,9	23,1	43
1991	8	4,7	9,13	6,71	39,04	3,5	7,9	25,9	33,8
	13	1,3	14,39	7,15	89,07	-0,1	7,9	16,9	24,8
	17	0,2	9,39	2,23	94,64	11,5	9,7	23,7	33,4
	25	5,2	11,55	6,08	43,9	-8,3	2,3	26,3	28,6
	27	2	2,95	1,61	148,37	27,9	20,1	24,9	45
	30	7,3	4,7	4,47	93,08	2,3	13,7	27,7	41,4
1992	3	1,7	1,18	-1,82	184,03	33,3	18,9	24,9	43,8
1993	4	1	-1,91	0,07	225,54	39,3	23,5	23,5	47
	5	4,8	0,6	0,5	275,48	15	20,8	21,7	42,5
	8	3,9	1,43	3,14	3,14	8,9	18,9	24,9	43,8
	17	6	-0,2	-3,2	257,84	23,7	21,7	22,3	44
	27	3	-1,17	-3,05	260,73	36,2	22	23,5	45,5
	29	3	1,71	0,05	222,17	34,1	18,8	22,3	41,1
1994	17	0,6	2,05	-2,05	160,02	35	19,1	25,1	44,2
1995	5	2,1	-1,43	-1,87	214,51	24,9	21,1	26,1	47,2
	6	5,8	-1,5	-4,61	258,31	34,7	21,5	24,5	46

	9	9,9	-5,04	-4,67	306,84	26	25,2	26,1	51,3
	10	9,8	-0,5	-2,01	215,04	35	22,4	23,5	45,9

Tabela A2 - Dados referentes ao mês de janeiro e formados pela primeira classe (0,1 a 10mm de precipitação).

1995	14	5	1,8	0,55	219,75	33,8	20,3	20,3	40,6
	16	0,2	0,4	-1,54	211,56	21,4	20,8	22,7	43,5
	17	1	1,48	-1,92	230,67	34,8	18,9	23,3	42,2
	18	0,2	3,36	1,55	216,08	5,5	19,9	19,9	39,8
	19	8	-1,29	-3,57	207,17	20,6	24	25,1	49,1
	22	3	3,82	-4,11	148,03	35	17,5	23,5	41
	23	7	0,52	-1,86	223,45	32,2	22	22,3	44,3
	28	0,2	-0,49	-2,47	178,81	21,7	20,7	27,7	48,4
1996	8	0,5	5,44	3,78	129,51	8,8	17,8	21,5	39,3
	10	9	1,7	1,68	153,98	12,9	17,5	27,5	45
	14	0,8	-4,43	-1,92	290	38,5	24,5	25,5	50
	16	3,8	-2,34	-0,69	234,09	38,7	22,9	27,1	50
	17	0,2	-1,22	-1,44	222,55	35,3	22,4	25,1	47,5
	21	0,5	-1,21	-1,12	221,32	37,6	23	24,7	47,7
	22	4,2	-3,62	-5,59	276,09	38,9	24,9	27,3	52,2
	29	1,3	1,48	-0,33	185,63	26,6	20,4	22,3	42,7
	30	6,8	-1,2	-2,31	224,19	38,4	22,4	24,3	46,7
1997	1	5	-1,7	-2,58	263,61	39,1	23,1	23,5	46,6
	2	9,3	3,06	-4,35	161,13	17,5	17,9	25,9	43,8
	3	0,2	4,17	2,4	158,39	12,1	19,5	21,3	40,8
	13	1,6	-4,07	-5,58	267,31	31,7	24,5	27,7	52,2
1998	16	2,6	2,78	-2,06	149,48	30,9	16,9	24,9	41,8
	18	0,1	6,91	-1,86	117,59	2,7	13,3	23,3	36,3
	26	0,2	-2,8	-4,87	229,93	38,3	24,3	24,7	49
	29	6,9	1,17	-0,04	232,62	32,9	19	22,3	41,3
	31	4,6	-2,79	-4,3	276,04	40,4	23,4	23,7	47,1
1999	19	0,2	0,29	-1,31	184,22	30,9	19,3	26,3	45,6
2000	4	0,1	9,22	8,03	138,5	1,69	15,69	17,79	33,48
	15	0,1	3,97	-3,72	125,03	22,7	14,9	25,9	40,8
	17	3,2	-1,32	-2,07	231,31	36,2	21,5	24,1	45,6
	18	2,3	1,35	-1,21	247,53	34,1	18,7	22,9	41,6

Tabela A2 - Dados referentes ao mês de janeiro e formados pela primeira classe (0,1 a 10mm de precipitação).

2000	31	2,7	-0,93	-1,29	158,17	28,9	21,5	27,5	49
2001	9	0,1	-1,49	-0,28	304,67	38,3	21,3	24,9	46,2
	15	1,3	-2,2	-2,4	231,71	39,3	23,8	24,5	48,3
	17	0,3	-1,16	-3,72	215,93	39,3	21,8	26,1	47,9
	19	6,8	-1,9	-3,13	239,07	35,7	21,1	28,1	49,2
2002	3	0,8	1,57	-0,95	191,74	29,2	20,4	23,9	44,3
	11	0,2	5,19	3,63	125,71	4,3	18,9	21,9	40,8
	14	0,7	0,88	1,93	195,48	32,1	20,6	22,9	43,5
	15	2,7	2,39	0,37	177,68	26	19,2	21,1	40,3
	22	7	1,5	0,49	170,41	35,6	16,9	28,9	45,8
	27	5	2,22	0,42	175,43	10,5	18,3	25,3	43,6
	28	0,2	2,31	-0,38	246,65	26,9	18,3	23,1	41,4
	31	0,3	-0,36	0,35	169,83	29,3	19,9	29,9	49,8
2003	10	0,7	-0,76	-3,74	245,77	32,7	20,3	28,3	48,6
	21	0,5	1,75	2,02	253,43	31,7	18,5	24,5	43
	24	4,1	3,76	2,77	220,26	33,9	16,9	22,9	39,8
2004	12	4,7	-4	-4,12	284,66	41	25,4	25,7	51,1
	13	1,8	6,47	3,99	199,69	22,3	16,9	16,9	33,8
	16	1,6	9,42	4,13	71,41	9,7	10,1	23,1	33,2
	20	0,3	1,63	2,25	177,99	31	20,5	23,1	43,6
	22	9,1	0,74	0,71	168,09	33,9	21,5	23,9	45,4
2005	3	3,5	0,14	0,66	187,4	18,3	20,3	25,1	45,5
	10	5	1,17	-3,96	170	28,5	17,5	27,5	45
	15	4,8	11,78	8,5	40,99	15,7	2,9	24,9	27,8

Tabela A3 - Dados referentes ao mês de janeiro e formados pela segunda classe (10,1 a 20mm de precipitação).

Ano	Dia	Prec.	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 4	Ind. 5	Ind. 6	Ind. 7
1990	18	12,6	0,71	2,22	270,47	19	19,6	23,7	43,3
1991	10	13,5	-0,71	2,24	186,17	15,9	20,3	27,3	47,6
	22	18,3	2,58	4,04	186,09	30,7	15,7	27,7	43,4
1993	2	16,8	-3,12	-0,79	249,5	40,1	23,2	24,5	47,7
	15	10,6	-0,38	-1,93	187,12	34,7	19,7	27,7	47,4
	16	17,8	-3,58	-3,88	286,87	35,9	24,3	24,9	49,2
	31	16,7	-1,6	-4,32	199,77	34,8	23,6	24,3	47,9
1994	9	17,4	-3,98	-4,78	333,21	42,2	23,5	29,5	53
	10	10,6	0,82	-1,55	215,14	34,3	23,3	23,3	46,6
	18	16,6	-0,6	-1	194,06	37,2	22,6	22,9	45,5
1996	19	10,1	4,55	1,61	208,21	25,4	21,2	24,9	46,1
	25	18,5	2,95	0,58	182,19	28,9	17,7	23,7	41,4
	28	17,8	3,11	-0,63	187,27	24,7	17,1	25,1	42,2
	31	18,3	-2,92	-4,48	279,94	41,7	22,9	26,7	49,6
1997	24	13	2,75	3,11	188,39	22	19,4	21,7	41,1
1999	20	19,2	-3,69	-2,61	263,65	37,1	24,3	24,5	48,8
2001	8	14,4	-1,11	-1,13	211,42	35,3	20,7	27,7	48,4
	23	16,8	-1,45	1,76	201,59	18,7	22,1	26,3	48,4
	28	13,1	1,64	-3,6	169,59	19,1	17,5	27,5	45
2002	6	14,4	1,29	1,77	221,37	34,9	20,8	22,3	43,1
	23	13,4	1,75	0,99	193,92	33,3	19,1	24,1	43,2
	25	11,15	1,46	-1,45	146,24	26,5	18,9	25,9	44,8
2003	4	10,4	0,11	0,43	223,45	12,6	22,2	22,9	45,1
	11	13,5	-4,34	-5,38	306,76	41,6	24,1	30,1	54,2
2004	30	10,4	-4,3	-4,98	304,53	36,7	23,9	29,9	53,8
2005	16	11,5	-0,81	0,32	290	38,3	22	22,1	44,1

Tabela A4 - Dados referentes ao mês de janeiro e formados pela terceira classe
(maior que 20mm de chuva).

Ano	Dia	Prec.	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 4	Ind. 5	Ind. 6	Ind. 7
1990	17	21,1	0,59	0,98	202,05	30,5	21,3	22,9	44,2
1993	3	20,6	-0,71	-0,68	306,52	38,3	22	22,1	44,1
	28	49,8	0,4	-2,27	194,78	33,8	21	22,7	43,7
1995	26	28,3	-1,4	-2,68	226,29	39,4	22,3	24,9	47,2
1996	6	34,9	-1,8	-1,91	236,15	37,4	23,3	23,7	47
	26	22,1	-2,53	-4,11	269,61	38,9	22,7	27,7	50,4
1997	6	20,1	0,08	-1,92	120,68	32,3	20,5	28,5	49
	23	23,5	14,38	2,47	67,16	9,9	-0,5	23,5	23
2000	25	25	-0,61	-1,32	192,79	22,7	22,5	23,9	46,4
2001	11	45,8	0,66	-1,16	222,5	38,7	18,7	25,7	44,4
	16	21,8	-1,3	-3,12	241,13	37,9	22,9	23,3	46,2
	18	30,9	-1,82	-4,21	223,88	39,1	21,9	21,9	48,8
	24	59,1	-0,09	-3,74	195,99	33,3	20,5	26,5	47
2003	20	27,5	3,35	4,27	172,27	-3,3	18,1	23,1	41,2
	23	74,1	8,37	0,31	94,99	4,3	6,5	28,5	35
2004	25	30,2	-1,5	0,02	204,68	36,7	21,5	27,5	49

Tabela A5 - Dados referentes ao mês de julho e formados pela primeira classe (0,1 a 10mm de precipitação).

Ano	Dia	Prec.	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 4	Ind. 5	Ind. 6	Ind. 7
1990	2	0,1	14,38	8,68	39,04	-16,3	1,7	22,7	24,4
	3	0,1	2,87	8,2	88,87	28,4	20,8	25,5	46,3
	4	0,2	4,33	9,69	74,6	13,9	17,5	26,5	44
	5	8,4	3,83	6,77	86,85	27,3	19,1	26,1	45,2
	6	1,7	4	4,25	178,98	29	20,3	23,7	44
	10	1,7	1,14	3,75	149,07	17,5	22,5	26,5	49
	11	6,5	3,37	1,71	92,02	19,6	22	26,5	48,5
	13	0,1	11,98	14,34	20,2	-11,5	-3,5	27,5	24
	18	4,4	4,89	6,68	121,04	-0,3	18,7	24,7	43,4
	24	4,6	18,86	18,72	55,94	-20,3	-5,1	18,9	13,8
	25	0,4	4,6	4,96	140,9	25,3	22	24,9	46,9
1991	6	1,2	11,89	15,61	75,32	-16	16,4	16,9	33,3
	7	0,3	10,15	8,72	56,92	-8,9	11,5	23,5	35
	9	0,1	10,62	4,84	57,11	-4,3	7,5	25,5	33
	11	9,7	-3,16	-1,25	353,97	38,53	25	28,9	53,9
1992	3	9	8,23	8,72	128,77	23	18,8	19,9	38,7
	19	8,2	6,01	9,42	202,19	26,3	19,8	20,7	40,5
	21	2,1	15,49	16,83	76,15	-15,9	-3,3	22,7	19,4
	24	0,3	11,67	13,26	215,31	-9,3	14,5	21,5	36
	30	0,1	13,16	10,64	65,07	-15,1	3,5	23,5	27
1993	4	1,5	2,67	9,17	197,56	32,8	20,7	20,7	41,4
	12	6,1	7,95	8,78	244,67	23,6	19,8	19,9	39,7
	13	1,5	8,66	11,9	102,31	15,7	19,5	19,5	39
	18	0,1	13,54	20,3	49,15	8,8	-1,1	24,9	23,8
	19	0,1	-1,27	-2,23	215,19	33,2	25,7	25,9	51,6
	22	0,1	4,5	5,93	174,9	15,7	16,3	25,3	41,6
	27	0,4	12,78	10,39	40,21	-1,7	-1,7	22,9	29,8
	31	0,7	8,39	8,39	135,15	20,8	20,2	20,3	40,5
1994	2	7	0,79	2,76	245,72	34,6	22,9	22,9	45,8

Tabela A5 - Dados referentes ao mês de julho e formados pela primeira classe (0,1 a 10mm de precipitação).

1994	9	1,3	18,92	18,99	183,18	3,2	11,8	12,8	24,6
1995	2	1,5	3,5	1,95	143,87	29,8	19,3	25,3	44,6
	3	2,1	0,85	-1,36	135,87	29,9	18,9	30,9	49,8
	16	3,4	-1,46	-1,37	298,91	38,2	21,9	28,9	50,8
	21	8,9	3,74	4,7	284,38	27,6	24,2	24,3	48,5
	26	1,2	4,51	3,76	161,87	29,3	15,3	26,3	41,6
	27	0,1	1,13	0,89	195,54	34	21,1	26,1	47,2
	31	10	8,77	10,86	141,17	5,3	17,7	17,7	35,4
1996	9	5,2	1,03	0,82	168,12	28,5	23,1	25,9	49
	11	3,1	7,41	4,9	106,06	3,3	21,7	22,3	44
	12	0,3	9,2	8,01	128,54	9,7	19,9	20,3	48,8
	27	3,3	3,04	7,29	158,35	28,8	24,3	24,5	48,8
1997	16	2,1	0,18	3,86	246,78	36,6	21,8	25,1	46,9
	20	7,1	4,3	5,17	115,93	29	20,2	23,5	43,7
	23	0,1	6,17	9,47	128,45	-20,3	19,9	21,5	41,4
1998	9	0,2	6,39	7,25	138,73	1,1	20,1	21,5	41,6
	10	0,1	3,34	1,32	89,37	14,9	25,3	27,1	52,4
	15	0,1	6,92	7,22	108,79	-1,7	16,9	22,9	39,8
	16	0,2	6,14	8,48	66,4	-8,3	17,3	23,3	40,6
	21	1,2	5,18	5,97	98,45	-5	18,8	22,9	41,7
	26	3	1,67	1,98	244,89	33,3	20,3	25,3	45,6
1999	2	0,3	7,78	8,71	99,07	6,7	15,3	24,3	39,6
	4	3,5	3,21	6,53	163,48	31,22	21,6	21,65	43,26
	16	6,6	-0,12	0,42	197,7	31,4	21,9	28,9	50,8
	21	0,2	-1,82	1,68	331,63	36,3	26,1	26,9	53
	30	7,7	1,31	8,85	163,07	35	18,5	28,5	47
2000	12	2,7	10,64	10,38	186,77	18,8	17,2	17,7	34,9
	14	0,1	16,64	15,52	174,82	5	13,4	16	29,4
	23	0,2	4,11	11,12	169,3	24,4	21,4	22,9	44,3
	31	0,1	6,44	11,66	19,42	18,5	14,7	26,7	41,4
2001	2	3,1	9,98	7,35	33,99	9,5	1,1	29,1	30,2

Tabela A5 - Dados referentes ao mês de julho e formados pela primeira classe (0,1 a 10mm de precipitação).

2001	12	7,4	8,03	5,39	218,13	24	17,3	17,3	37
	17	0,1	-0,79	5,05	209,5	31,9	21,7	28,7	50,4
	24	0,5	15,45	15,66	83,17	-8,26	12,46	16,27	28,73
	26	2,2	2,53	4,83	165,99	28,8	22,5	23,9	46,4
2002	8	3,5	0,29	5,12	212,24	31,8	25,5	26,5	52
	21	5,7	9,98	9,27	34,97	-1,9	3,9	27,9	31,8
	22	6,1	1,67	2,41	188,43	33,6	21,5	24,3	45,8
	25	9,4	-2,01	6,61	265,06	35,7	22,5	28,5	51
	28	0,7	4,53	4,77	341,17	-9,6	20,8	21,5	42,3
	31	7,8	8,42	13,49	72,84	-9,7	2,1	31,1	33,2
2003	8	0,3	-0,68	1,29	247,15	18,5	26,1	26,9	53
	16	7,9	1,37	0,66	200,67	32,8	22,8	25,3	48,1
	21	0,7	-1,08	0,91	248,55	26,7	21,9	27,9	49,8
	24	0,4	3,51	7,84	205,7	30,5	18,3	24,3	42,6
	25	1,3	3,22	8,35	176,37	28,4	19,1	26,1	45,2
	26	1,8	3,69	9,91	195,94	29,2	19,7	22,3	42
	27	0,1	7,72	9,62	138,94	24,1	16,8	19,5	36,3
2004	4	0,7	15,3	15,7	198,28	-1,9	2,9	20,9	23,8
	8	8,5	8,05	9,95	146,38	9,6	19,8	19,9	39,7
	13	1	-0,36	8,51	233,98	37,8	21,1	27,1	48,2
	14	0,5	-5,11	-2,13	389,85	29,3	26,6	26,7	53,3
	30	2	3,33	7,01	163,57	29,2	22,5	23,3	45,8
2005	4	6,9	3,27	6,65	176,41	30,8	21,7	21,9	43,6
	5	6,2	7,62	10,8	94,41	-3	21	21,3	42,3
	7	1,7	11,74	11,1	81,8	-21,7	16,9	17,9	34,8
	18	1,2	13,82	12,46	147,01	-1,6	15,7	17	32,7
	30	2	3,33	7,01	163,57	29,2	22,5	23,3	45,8

Tabela A6 - Dados referentes ao mês de julho e formados pela segunda classe (10,1 a 20mm de precipitação).

Ano	Dia	Prec.	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 4	Ind. 5	Ind. 6	Ind. 7
1990	16	13,5	5,66	9,25	77,24	-1,3	17,1	25,1	42,2
1991	31	17,4	10,73	8,1	75,48	-7,88	5,95	25,07	31,02
1992	18	17	12,85	20,78	81,13	-7	14,8	16,5	31,3
	27	10,2	8,29	12,75	54,94	-4,9	15,5	22,5	38
1993	3	11,7	17,5	12,98	95,96	11,2	5,7	15,7	21,4
	7	19,9	7,65	7,68	229,31	25,8	18,3	18,3	36,6
	30	11,3	2,15	12,75	193,76	29,2	22,3	22,3	44,6
1994	6	18,7	4,32	8,77	149,34	25,7	21,7	21,9	43,6
	7	17,5	3,33	2,89	115,49	31	19,3	26,3	45,6
1995	6	16,1	2,47	0,11	174,95	14,7	16,7	28,7	45,4
	7	12,3	5,82	11,37	298,06	28,4	17,2	21,7	38,9
1996	4	12,8	5,4	4,99	164,5	-1,8	22,2	22,9	45,1
1998	2	14,4	2,06	0,87	266,66	33,2	21,4	21,9	43,3
1999	17	14,7	1,32	9,44	205,12	33,1	23,5	24,1	47,6
	19	14,4	9,24	16,53	88,16	22,4	17,2	19,5	36,7
	31	12,2	10,42	14,63	132,55	19,7	16,1	18,1	34,2
2000	22	10,2	13,07	17,76	71,87	-6,5	0,1	25,1	25,2
2001	10	13,5	-0,51	0,5	174,81	18,1	21,1	30,1	51,2
	19	16,8	3,04	1,48	205,06	27,9	17,9	26,9	44,8
	21	15,2	-0,93	-0,64	260,73	37,3	21,5	27,5	49
2002	7	19,6	0,14	2,48	216,83	33,6	23,3	24,1	47,4
	26	16,8	1,83	12,4	220,24	29	21,4	22,3	43,7
2003	6	16,8	1,45	2,56	234,34	33,2	22,1	24,1	46,2
2004	2	12,4	10,54	9,79	108,99	-5,2	16,6	16,7	33,3
	3	19,9	-3,8	-1,13	304,7	19,3	25,3	26,5	51,8
	16	11,6	9,42	4,13	71,41	9,7	10,1	23,1	33,2
2005	16	10,6	-0,81	0,32	290	38,3	22	22,1	44,1
	17	16,6	17,44	9,73	206,12	-13,3	2,3	17,3	19,6

Tabela A7 - Dados referente ao mês de julho e formados pela terceira classe (maior que 20mm de chuva).

Ano	Dia	Prec.	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 4	Ind. 5	Ind. 6	Ind. 7
1991	10	25,1	-0,19	-0,63	193,61	35,2	22,5	28,5	51
	19	40,1	-0,51	1,93	195,02	32,5	21,5	28,5	50
	22	30,1	3,44	1,94	164,09	3,3	16,7	26,7	43,4
1992	2	38,2	4,79	8,03	206,82	28,9	19,7	20,5	40,2
	5	43,8	-1,61	7,48	261,06	35	23,5	28,5	52
	6	22,3	6,58	10,6	291,03	26,9	16,7	22,7	39,4
	15	20,4	4,97	5,69	234,05	20,7	15,7	25,7	41,4
	31	36,8	-0,17	2,62	234,2	30,5	21,9	27,9	49,8
1993	5	47	0,89	5,15	204,5	35,7	21	24,3	45,3
	6	24,9	-1,81	1,98	325,35	38,6	23,4	23,5	46,9
	11	47	-1,44	9,85	247,07	35,1	25,3	26,1	51,4
	29	26	4,05	6,18	108,02	25,7	15,7	27,7	43,4
1995	17	38,7	5,25	11,88	197,45	28,1	20,7	20,7	41,4
	18	24,3	4,41	12,51	159,65	28,6	21,3	21,5	42,8
	19	24,5	1,27	7,47	168,49	32,9	23,5	23,5	47
	20	25	1,07	6,59	148,49	23,5	23,7	23,7	47,4
	29	70,3	2,49	10,01	254,2	34,1	19,5	22,7	42,2
1997	17	30,5	1,41	2,2	182,62	33	22,9	23,3	46,2
	19	27,6	5,08	13	78,85	-19,3	18,5	25,5	44
1998	7	33,8	-1,51	-1,78	265,12	33,5	22,5	29,5	52
	8	33,3	-4,82	-2,94	402,49	37	26,6	28,5	55,1
	18	47,7	-0,07	2,25	208,21	35,7	22,3	28,3	50,6
	24	43,3	3,72	5,46	167,48	31,3	20	22,3	42,3
	29	25,4	8,77	10,75	95,18	23,1	11,5	24,5	36
1999	3	36,8	-0,25	5,17	181,36	31,6	24,7	24,7	49,4
	20	52	1,51	7,21	140,39	31,5	24	24,1	48,1
	27	20,1	-2,95	-1,89	287,42	35,4	24,1	31,1	55,2
2000	3	38,6	-2,12	-0,68	385,33	38,5	22,5	26,9	49,4
	9	21,4	0,28	0,08	167,99	11,9	20,9	28,9	49,8
	10	23,9	0,61	1,64	205,47	34,9	21,9	25,5	47,4

Tabela A7 - Dados referente ao mês de julho e formados pela terceira classe (maior que 20mm de chuva).

2000	11	25,2	-1,26	0,37	229,82	29,6	23,8	26,1	49,9
2001	5	24,2	-1,37	-0,11	263,66	38,9	21,5	29,5	51
	11	29,5	2,79	4,4	187,29	31,8	20,2	23,7	43,9
	18	47,3	3,34	1,23	108,58	29,9	14,9	29,9	44,8
	20	34,7	-4,39	4,4	361,71	19,6	27,2	28,3	55,5
2002	2	24,4	2,63	9,57	168,77	29,8	21,8	23,1	44,9
	27	81,3	21,7	17,17	79,84	-20,3	21,7	18,3	-3,4
2003	9	56,7	5,21	5,4	101,2	-10,7	14,3	28,3	42,6
	22	43,6	6,34	14,35	165,23	26,6	19	20,3	39,3
	23	29,5	4,2	15,46	146,64	27,4	20,3	21,9	42,2
2004	15	25,4	-2,79	-2,86	229,82	31,5	25,1	25,1	50,2
2005	31	51,6	1,18	-0,86	152,52	30,9	19,1	26,1	45,2