**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**RISCO CLIMÁTICO DE OCORRÊNCIA DA REQUEIMA DA BATATA NA
REGIÃO DOS ANDES, VENEZUELA**

Beatriz Ibet Lozada García

**Tese apresentada, para obtenção do
título de Doutor em Agronomia. Área
de concentração: Física do Ambiente
Agrícola.**

**Piracicaba
2005**

**Beatriz Ibet Lozada García
Engenheiro Agrônomo**

**RISCO CLIMÁTICO DE OCORRÊNCIA DA REQUEIMA DA BATATA NA REGIÃO
DOS ANDES, VENEZUELA**

**Orientador:
Prof. Dr. Paulo Cesar Sentelhas**

**Tese apresentada, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de concentração:
Física do Ambiente Agrícola.**

**Piracicaba
2005**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Lozada García, Beatriz Ibet

Risco climático de ocorrência da requeima da batata na região dos Andes,
Venezuela / Beatriz Ibet Lozada García. - - Piracicaba, 2005.
132 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.

1. Batata 2. Geoestatística 3. Programação linear 4. Requeima 5. Sistema de
informação geográfica I. Título

CDD 633.491

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMIENTOS

A mi hermana Coromoto y a Doña Lucrecia Ocariz (postumo), por confiar en mi capacidad y darme la oportunidad de alcanzar esta meta.

A Jesús por su apoyo incondicional y la paciencia que tuvo en los momentos más difíciles, sin él, este camino hubiese sido más arduo. Este logro es también tuyo.

A mis hijos, por haber aceptado que los alejara de sus familiares y amigos, por los días de inmensa alegría que me dieron y que me ayudaron a superar los días difíciles de volver a ser estudiante. Este éxito también les pertenece.

A las amigas y amigos: Angelica Prael, Selemara y Luís García Ferreira, Hector San Martin, Kercya Simones, Carlos Moldes, Soraya, Iara, Quirijn, Maura y Carliton, Paula y Daltron, Adriana Bussoni y Rubens con quienes compartí momentos de alegría y tristeza, fueron ellos, aquel hombro de apoyo, la palabra de aliento que esperas oír en los momentos en que pesamos que todo se acaba.

Muy especialmente a la turma de Agrometeorología: Evandro, Gustavo, Santiago, Fabio, Eduardo, Felipe, Luciano (Buda), Cristiane (Ziggy), Heliton, Karasawa, Ricardo, Alexandre, Maria Estela por su amistad y compañerismo.

A Paulo César Sentelhas, mi orientador, su apoyo y amistad, fueron esenciales para alcanzar este éxito.

Al Prof. Gerd Sparovek, por sus orientaciones y apoyo, A Luciano por la paciencia y ayuda en el desarrollo del sistema.

A los profs. Quirijn, Angelocci, Nilson, Jarbas, Sergio Duarte, Sonia por su amistad y los conocimientos impartidos

A la comunidad de estudiantes extranjeros, su amistad y compañerismo enriquecieron estos días en la ESALQ

A la Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, por haberme dado la oportunidad de volver a esta alma mater, y formar parte de su excelente grupo de egresados.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, que confía en la formación de su talento humano para el desarrollo agrícola de Venezuela

Al FONACIT por la beca otorgada para la realización de estos estudios.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
RESUMEN	9
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 ESTIMATIVA DAS MÉDIAS DIÁRIAS DAS TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA PARA A REGIÃO ANDINA DA VENEZUELA	20
2.1 INTRODUÇÃO	21
2.2 DESENVOLVIMENTO	26
2.2.1 Material e métodos	26
2.2.2 Resultados e discussão.....	29
2.2.2.1 Coeficientes da regressão linear múltipla para a estimativa das temperaturas	29
2.2.2.1.1 Temperatura mínima	29
2.2.2.1.2 Temperatura máxima	31
2.2.2.1.3 Temperatura média	33
2.2.2.2 Teste e avaliação dos modelos de estimativa das temperaturas	35
2.3 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	40
REFERÊNCIAS.....	45
3 PREENCHIMENTO DE FALHAS EM SÉRIES HISTÓRICAS DE DADOS DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA, A PARTIR DE MÉTODO BASEADO NA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO.....	48
3.1 INTRODUÇÃO	50
3.2 DESENVOLVIMENTO	54
3.2.1 Material e Métodos	54
3.2.2 Resultados e Discussão	57
3.3 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	60
REFERÊNCIAS.....	60
4 RISCO CLIMÁTICO DE OCORRÊNCIA DA REQUEIMA DA BATATA NA REGIÃO DOS ANDES, VENEZUELA	63
4.1 INTRODUÇÃO	65

4.2 DESENVOLVIMENTO	68
4.2.1 Revisão bibliográfica.....	68
4.2.1.1 Interação clima e doença de plantas.....	68
4.2.1.2 Sistema de previsão de doença.....	71
4.2.1.3 Geofitopatologia	72
4.2.1.4 Generalidades da cultura da Batata	77
4.2.1.5 Requeima da Batata.....	78
4.2.1.6 Modelos de previsão da Requeima da batata.....	81
4.2.2 Material e Métodos	85
4.2.2.1 Localização da área de estudo	85
4.2.2.2 Dados de clima.....	86
4.2.2.3 Modelo de Prognóstico da Requeima da Batata	87
4.2.2.4 Espacialização do risco	90
4.2.3 Resultados e Discussão	91
4.2.3.1 Caracterização climática da região em estudo	91
4.2.3.2 Favorabilidade (DF), Ocorrência (O) e Pulverizações (P)	92
4.2.3.3 Espacialização do Índice de Risco Máximo.....	95
4.2.3.4 Espacialização do Índice de Risco Provável.....	112
4.3 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	118
REFERÊNCIAS.....	118
APÊNDICE	124

RESUMO

Risco climático de ocorrência da requeima da batata na região dos Andes, Venezuela

A batata é uma das culturas de maior importância na produção agrícola da Venezuela. As condições climáticas de baixa temperatura e alta umidade, existentes na região onde normalmente se cultiva a batata, são favoráveis para a ocorrência da Requeima, sendo esta a doença que mais limita a produção de batata em quase todas as regiões produtoras do país. A batata é semeada na Venezuela em variadas condições de altitudes, desde os 400 até 3000 msnm, sendo a região Andina (Táchira, Mérida e Trujillo) uma das mais produtoras, portanto, a existência de bases de dados meteorológicas de qualidade é de extrema importância. Nessa região, a densidade de estações meteorológicas que registram a temperatura do ar é muito irregular e pequena, sendo que outro problema é a ocorrência de falhas nas séries históricas diárias de precipitação, o que dificulta os estudos agrometeorológicos associados à determinação do risco climático devido à ocorrência de doenças nas culturas agrícolas. Em decorrência disso e da importância da cultura para o país, propôs-se à realização do presente trabalho, cujos objetivos foram: gerar modelos diários de estimativa da temperatura mínima, máxima e média do ar, empregando-se a regressão linear múltipla, considerando como variáveis independentes às coordenadas geográficas (longitude e latitude) e a altitude, preencher os dados faltantes em séries diárias de precipitação, mediante uma proposta do método do vizinho mais próximo, sendo este aquele determinado a partir da análise de agrupamento (método de Ward, com distância euclidiana); e caracterizar e espacializar o risco de ocorrência da Requeima da batata na região andina da Venezuela, mediante o modelo de previsão proposto por Hyre (1954), cujos dados de entrada são precipitação e temperatura média e mínima diárias. Estes dados foram obtidos de 106 estações meteorológicas pertencentes ao Ministério do Ambiente e Recursos Naturais da Venezuela, para um período de 31 anos (1967-1997). Os modelos obtidos para a estimativa das temperaturas mínima, máxima e média do ar apresentaram em média coeficientes de determinação superiores a 0,90, quando testados com dados independentes, com estimativas livres de erro significativos: índice de concordância variando de 0,98 a 1,0 e RMSE médio menor que 2 °C. Para a precipitação, empregou-se uma base de dados que inicialmente apresentava um 17% de dados faltantes, o que foi reduzido para 2,5% com o uso do método proposto. Os erros (ME, MAE e RMSE) obtidos foram moderados (MAE 1,7 a 4,0 mm/dia) e o índice de concordância variou de 0,57, para dados diários, a 0,83, quando os dados foram agrupados em valores mensais. A interpolação do risco potencial máximo de ocorrência da Requeima se realizou mediante técnicas de Geoestatística, (Krigagem ordinária) gerando mapas de risco de cada data de semeadura (20), de 1° de janeiro a 15 de outubro. Foram definidos os índices de risco máximo e provável. Esses índices mostraram que a época de maior risco acontece durante o período chuvoso, principalmente nos estados de Táchira e Trujillo.

Palavras-chaves: Geoestatística, SIG, Ward, regressão linear múltipla

ABSTRACT

Climatic risk for potato late blight occurrence in the Andes region, Venezuela

Potato is one of the most importance crops for Venezuela's agriculture. However, low temperature and high humidity in the region where potatoes are grown are favorable to Late Blight (*Phytophthora infestans*) occurrence. Such disease limits the potato production in almost all regions of the country. Potato crop is grown in Venezuela at different altitudes, between 400 and 3000 msnm, being the Andes Region, which include the states of Táchira, Mérida, and Trujillo, the biggest producer. In this region, the existence of a weather database is of extreme importance, but the density of weather stations which measure air temperature is very low and the stations are not very well distributed. Another problem related to weather data is that daily rainfall measurements is not very reliable due to failures and missing data, which causes difficulties for agrometeorological studies associated to climatic risks of diseases occurrence. In function of what was mentioned above and taking into account the importance of potato crop to Venezuela, the objectives of the present study are: to generate models to estimate daily air temperature (average, maximum, and minimum) based on the multiple linear regression and geographical coordinates (latitude, longitude, and longitude); to fill in missing daily rainfall data through a proposed method of the nearest neighbor, which is determined by the cluster analysis (Ward Method, with Euclidean distance); and to characterize and spatialize the climatic risk of potato Late Blight occurrence in the Andes region of Venezuela, based on the forecast model proposed by Hyre (1954), which uses as input daily rainfall and daily average and minimum air temperature. Data used in this study were obtained from 106 weather stations, from the Ministry of Environment and Natural Resources of Venezuela, for a period of 31 years (1967-1997). The obtained models for estimating average, maximum, and minimum air temperatures showed on average determination coefficients (R^2) higher than 0.90 when tested with independent data and estimated values free of significant errors: d (agreement index) from 0.98 to 1.00 and average RMSE smaller than 2°C . After to be organized, rainfall data presented a database with 17% of the missing data. Using the proposed method (the nearest neighbor) this percentage fell down to 2.5%. The statistical test of this method showed moderate errors, with MAE between 1.7 and 4.0 mmday^{-1} and d from 0.57 (daily basis) to 0.83 (monthly basis). The interpolation of the potential maximum climatic risk for Late Blight occurrence was done by Geostatistics, (ordinary Kriging method), generating the map of risks for each sowing date. (20) of January 1st to October 15th. The maximum and most likely risks were then defined. These indexes showed that the period with the highest risk for potato Late Blight occurrence is during the rainy season, mainly in the states of Táchira and Trujillo.

Key-words: Geostatistics, SIG, Ward, multiple linear regression

RESUMEN

Riesgo climático de la ocurrencia del Tizón Tardío de la papa en la región de los Andes, Venezuela

La papa es una de los cultivos de mayor importancia en la producción agrícola de Venezuela. Las condiciones climáticas de baja temperatura y alta humedad, existentes en la región donde normalmente se cultiva la papa, son favorables para la ocurrencia del Tizón Tardío. Siendo esta la enfermedad que más limita la producción de papa en casi todas las regiones productoras del país. La papa es sembrada en Venezuela en diversas condiciones de altitudes, desde 400 a 3000 msnm, siendo la región Andina (Táchira, Mérida y Trujillo) una de las más productoras, por tanto, la existencia de bases de datos meteorológicos de calidad es de extrema importancia. En esta región, la densidad de estaciones meteorológicas que registran la temperatura del aire es muy irregular y pequeña, por otro lado, las series históricas diarias de precipitación presentan fallas, lo que dificulta los estudios agrometeorológicos asociados a la determinación del riesgo climático de ocurrencia de enfermedades en los cultivos agrícolas. En función de eso y de la importancia del cultivo para el país, se propuso la realización del presente trabajo, cuyos objetivos fueron: generar modelos diarios de estimación de las temperaturas mínima, máxima y media mediante el análisis de regresión lineal múltiple, considerando como variables independientes las coordenadas geográficas (longitud y latitud) y la altitud, completar los datos faltantes en series diarias de precipitación, mediante una propuesta del método del vecino mas próximo, siendo este aquel determinado a partir del análisis de agrupamiento (método de Ward, con distancia euclidiana) y caracterizar y espacializar el riesgo de la ocurrencia del Tizón Tardío de la papa en la región Andina de Venezuela, mediante el modelo de previsión propuesto por Hyre (1954), cuyos datos de entrada son la precipitación, temperatura media y mínima diaria. Estos datos fueron obtenidos de 106 estaciones pertenecientes al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Venezuela, para un período de 31 años (1967-1997). Los modelos obtenidos para estimar las temperaturas del aire mínima, máxima y media presentaron en media coeficientes de determinación superiores a 0,90 cuando testados con datos independientes, con estimados libres de errores significativos: índice de concordancia d variando de 0,98 a 1,0 e RMSE medio menor que 2 °C. Para la precipitación se constituyó una base de datos que inicialmente presentaba un 17% de datos faltantes, que fue reducido para 2,5% con el uso del método propuesto. Se encontraron niveles de error (ME, MAE y RMSE) moderados (MAE 1,7 a 4,0 mm/día), el índice de concordancia varía de 0,57, para datos diarios, a 0,83, cuando los datos son agrupados en valores mensuales. La interpolación del riesgo potencial máximo de ocurrencia del Tizón Tardío se realizó mediante el uso de la Geoestadística, (Krigagem ordinaria) generando mapas de riesgo de cada fecha de siembra (20), del 1° de enero al 15 de octubre. Fueron definidos los índices de riesgo máximo y probable. Estos índices mostraron que la época de mayor riesgo sucede durante el período de lluvia, principalmente en los estados Táchira y Trujillo.

Palabras-claves: Geoestadística, SIG, Ward, regresión lineal múltiple

1 INTRODUÇÃO

A cultura da batata é uma fonte importante de alimento, de emprego rural e divisa para diversas regiões do mundo. Na atualidade, a batata ocupa o quarto lugar dentre as culturas alimentícias de maior importância a nível mundial, sendo superada apenas pelo trigo, arroz e milho. A produção mundial representa 50% de todas as raízes e tubérculos produzidas (FAO, 2001). A batata destaca-se dos outros alimentos pelo alto conteúdo de proteínas, sendo superado só pelo ovo e leite (MIRANDA et al., 2003). Na década de 90, observou-se uma fase de expansão na produção da batata, atingindo uns valores próximos a 330 milhões de toneladas no ano 2000. Nos anos seguintes, houve uma ligeira redução na produção, atingindo em 2004 328.865.936 t, com rendimento médio de 17.189 kg/ha para uma superfície colhida de 19.132.110 ha (FAOSTAT, 2005).

Na Venezuela, a produção de batata manteve-se em crescimento durante a década de 90. Em 2003, a produção caiu cerca de 15% em relação ao ano anterior, provavelmente devido à redução da superfície cultivada. Em 2004, a produção foi de 300.000 t, com um rendimento de 17.647 kg/ha numa superfície cultivada de 16.876 ha (FAOSTAT, 2005). Esta produção se destina fundamentalmente ao consumo interno, representando um dos produtos vegetais frescos de maior preferência na dieta da população Venezuelana, com um consumo per capita de 13,6 kg/pessoa/ano (FAOSTAT, 2005). A batata é semeada na Venezuela em variadas condições de altitudes, desde os 400 até 3000 manm, sendo que as regiões de maior importância, em função da área de produção, estão situadas nos estados de Lara, região dos Andes (Táchira, Mérida e Trujillo), nos vales centrais (Carabobo e Aragua) e na região oriental (Monagas e Anzoategui).

A cultura da batata é afetada por vários fatores que depreciam o rendimento nessas regiões, constituindo-se a ocorrência de doenças um dos principais. Dentre as doenças que ocorrem na cultura da batata, a Requeima (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary) é considerada a de maior importância, sendo relatada como o principal problema na maioria dos países que cultivam batata no mundo (CIP, 2003), condicionando em muitos deles o uso indiscriminado de fungicidas. Isso acaba tendo

como consequência o aumento no custo de produção e o impacto ambiental, devido à contaminação da água e do solo.

Durante os anos 80 e início dos 90, a requeima ressurgiu nos Estados Unidos e no Canadá, devido à migração de raças exóticas do *Phytophthora infestans* (FRY; GOODWIN, 1997). No período 1995-1998, a requeima foi considerada, na maioria dos países da América Latina, um problema de alta prioridade. Nessa região são cultivadas pelos menos 65 variedades de batata, as quais têm resistência variada a doença, desde resistentes até altamente susceptíveis. Existem casos de variedades que são resistentes em um país e altamente susceptíveis em outros, o que se deve às diferentes raças do *P. Infestans* (ÑÚSTEZ, 1999). Atualmente, é considerada uma doença de extrema importância no mundo (MIZUBUTI; FRY, 1998), já que ocorre em todas as áreas produtoras, estando relacionada com a ocorrência de baixas temperaturas e alta umidade, sendo altamente destrutiva (HOOKER, 1980; FRY, APPLE; BRUHN, 1983; AGRIOS, 1988; CIP, 2003).

A Requeima é conhecida na Venezuela como “Candelilla Tardia” ou “Tizón Tardío”, sendo considerada a doença de maior importância da cultura da batata no país, causando perdas de até 100%, quando ocorre nas épocas críticas de desenvolvimento da cultura (GARCIA; GARCIA, 2004), especialmente na região dos Andes, a qual é caracterizada por baixas temperaturas e alta umidade. Apesar disso, existem poucas informações a respeito da sua epidemiologia e consequências nas principais regiões produtoras da Venezuela (ESCALANTE; FARRERA, 2004). A maioria das variedades são classificadas como moderadamente resistentes (Andinita, D. Capiro e Caribay) ou susceptíveis (Kennebec, Granola e Atlantic) (ÑÚSTEZ, 1999), não existindo variedades classificadas como resistentes ao patógeno.

Os agricultores dessas regiões realizam aplicações de fungicidas em combinações quádruplos e sem restrição nenhuma, de forma empírica e baseados na experiência pessoal. Nas condições de maiores precipitações (junho-setembro) fazem até 15 aplicações em intervalos de dois a sete dias, e nas condições mais secas estas diminuem para oito, a intervalos de oito a 15 dias.

Dada a importância da doença como fator limitante da produção da cultura da batata, diferentes métodos de controle integrado têm sido usados, como por exemplo a

utilização de sementes sadias, uso de variedades resistentes, adequação da irrigação, mudanças na época de semeadura e controle químico (FRY; APPLE; BRUHN, 1983; MARCANO et al., 1986). Atualmente, considera-se que todas as variedades ou híbridos semeados comercialmente são susceptíveis a alguma raça do patógeno, já que o *P. infestans* é capaz de criar novas raças fisiológicas. Portanto, o método mais eficiente para o controle da doença ainda é o químico (MAFFEI et al., 1999). Tal situação faz com que sejam consideradas alternativas para se efetuar o controle efetivo da doença, sendo uma delas os modelos de previsão da ocorrência. Esses modelos têm sido desenvolvidos desde 1954 e consideram diferentes elementos meteorológicos, sendo os mais usados: temperatura média do ar, duração do período de molhamento e precipitação. Alguns dos mais usados são os modelos de Wallin (1962), Hyre (1954) e Fry; Apple e Bruhn (1983), assim como o BLITECAST (KRAUSE et al., 1975). O principal objetivo na elaboração de modelos de previsão das doenças é atingir a máxima simplicidade, para uma fácil e uniforme aplicação, sem sacrificar os aspectos essenciais da inter-relação clima – doença (BOURKE, 1970).

Com o conhecimento das condições de tempo favoráveis para o desenvolvimento da doença é possível se determinar o momento oportuno para a pulverização da cultura, alcançando-se um controle eficiente e com mínimo custo, reduzindo a contaminação ambiental e retardando o desenvolvimento de resistência no patógeno alvo (BOURKE, 1970; GILLESPIE, 1994). A maioria dos métodos utiliza dados em tempo real, no entanto, existem aplicações com dados climatológicos para prever o desenvolvimento provável, extensão, ou alterar o ciclo da doença, especialmente nas áreas propensas a climas que favorecem uma determinada doença, a fim de evitar o crescimento de culturas susceptíveis (GILLESPIE, 1994). Essas previsões são desenvolvidas para advertir aos agricultores sobre possíveis ocorrências de uma determinada doença, visando reduzir os efeitos danosos de seus ataques (BOURKE, 1970; GILLESPIE, 1994).

Existe, ainda, a possibilidade de se conjugar o uso de ferramentas, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a Geoestatística, os modelos de prognóstico da doença e os dados ou técnicas agrometeorológicas para se criar e disponibilizar produtos (mapas) que melhorem a visualização da distribuição das áreas de riscos ou

de escape à ocorrência das doenças, os quais são de muita utilidade no planejamento estratégico da produção de batata de uma dada região.

Um dos principais problemas para a realização de estudos dessa natureza, ou seja, desenvolvimento e uso de modelos de prognóstico de doenças, é a inexistência de dados meteorológicos para que se possa aplicá-los. Nesse sentido, Feitoza et al. (1980) consideram que a ausência de estações meteorológicas no local de interesse, falhas nas séries ou, então, séries históricas muito curtas comprometem o detalhamento e a precisão dos estudos de zoneamento agroclimático.

A região Andina é responsável por grande parte da produção olerícola da Venezuela, portanto, a existência de bases de dados meteorológicas é de extrema importância do ponto de vista agrícola, especialmente para fins de zoneamento agroclimático, modelagem do crescimento e rendimento das culturas, evapotranspiração e balanço hídrico e prognóstico de doenças.

Nessa região, a densidade de estações meteorológicas que registram a temperatura do ar é muito irregular e pequena, o que dificulta os estudos agrometeorológicos, em especial aqueles associados à determinação do risco climático devido a ocorrência de doenças nas culturas agrícolas. Outro problema que apresentam as séries de dados meteorológicos da Venezuela é a inexistência de períodos de dados, ou dados errados, devido a problemas com os instrumentos de registro e/ou com o operador do posto, sendo os registros dos postos pluviométricos os que apresentam maiores falhas.

Por outro lado, têm-se as condições de desgaste dos instrumentos, que possuem a maioria das estações mais de 30 anos de uso, os quais a cada dia apresentam com maior frequência falha no seu funcionamento, ocasionando a perda da informação. Essa situação se agravou na Venezuela, já que a partir de 1998, os postos pluviométricos e estações completas da mais densa rede meteorológica do país apresentaram uma drástica redução na coleta de dados.

A temperatura do ar pode ser estimada pelas coordenadas geográficas mediante equações de regressão linear múltipla, baseando-se no fato de que a distribuição de calor do globo terrestre é condicionada pela latitude, que determina a disponibilidade de radiação solar incidente na superfície terrestre; pela altitude, produto da variação de

pressão e da rarefação do ar; e às vezes pela longitude, que expressa o efeito da oceanalidade e da continentalidade (COELHO; SEDIYAMA; VIEIRA, 1973; GARABATOS, 1990; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Esse método tem sido testado por diversos autores na escala mensal (COELHO ; SEDIYAMA; VIEIRA, 1973; FERREIRA; BURIOL; PIGNATANO, 1974; FEITOZA et al. 1979; PEDRO JR et al., 1991; PASCALE; DAMARIO, 2004), os quais encontraram correlações superiores a 0,86 e coeficientes da regressão significativos a 1%

Price et al. (2000) consideram que para algumas situações é preferível utilizar um método mais simples do que um mais sofisticado, o qual normalmente requer consideravelmente mais tempo para sua aplicação. Nesse sentido, Lookingbill e Urban (2003) sugerem que o primeiro passo em estudos agrícolas para regiões montanhosas é o desenvolvimento de modelos geográficos simples de estimativa da temperatura do ar.

Na Venezuela, estudos a respeito da estimativa das temperaturas são escassos, sendo que alguns deles foram elaborados para se estimar a temperatura média mensal e anual para regiões com grande variabilidade na altitude. Esses modelos empregam equações de regressão linear múltipla, considerando a altitude como variável independente, tendo sido encontrados coeficientes de determinação elevados entre 0,95 e 0,99 (RONDON, 1986; SOLÓRZANO; LACRUZ, 1994). No entanto, modelos para a estimativa das médias das temperaturas diárias são inexistentes para a região Andina.

Com relação aos valores diários de precipitação, esses normalmente são difíceis de serem preenchidos devido à alta variabilidade espacial e temporal desse elemento climático (TUCCI, 2004). Os trabalhos relacionados com o preenchimento de dados faltantes ou falhas nas séries existentes são escassos e na maioria dos casos o objetivo é estimar séries de dados para locais que não contam com registros. Desse modo, os trabalhos encontrados na literatura referem-se na sua maioria a modelos de interpolação espacial dos dados climáticos e os referentes a geradores de dados climáticos, os quais, muito eventualmente, são usadas para completar séries existentes (NALDER; ROSS, 1998; WILKS, 1999; PRICE et al., 2000; JEFFREY et al., 2001; SENTELHAS et al., 2001; HASENAUER et al., 2003; LOOKINGBILL; URBAN, 2003).

Diversos autores têm utilizado a análise de agrupamento para agrupar estações meteorológicas de uma região ou país, para fins de classificação climática de regiões homogêneas e da distribuição da precipitação de uma região. Essas análises são feitas considerando-se as características do método, no qual o agrupamento se realiza com base nas medidas de dissimilaridade ou similaridade entre os grupos (DeGAETANO, 2001; UNAL; KLINDAP; KARACA, 2003).

Dentre dos diferentes métodos hierárquicos da análise de agrupamento têm-se o Método de Ward, o qual forma grupos maximizando a homogeneidade dentro dos grupos ou minimizando o total das SQD dentro dos grupos (WARD, 1963; EVERITY, 1991). Tanto o método de Ward como a distância Euclidiana tem sido os mais utilizados na meteorologia (DeGAETANO, 2001; UNAL; KLINDAP; KARACA, 2003).

Levando-se em consideração as características da análise de agrupamento e do método de Ward, se estabelece a hipótese de que os grupos de estações obtidos com essa análise serão suficientemente semelhantes de maneira que se possa usar os dados de uma estação fonte para substituir os dados faltantes na estação receptora.

A situação das séries de dados meteorológicos da Venezuela e carência de informações relacionadas com a distribuição, a severidade e, principalmente, a possibilidade do uso de ferramentas que permitam identificar o risco potencial de ocorrência da Requeima da batata, levaram à realização deste estudo cujos objetivos foram: determinar os coeficientes do modelo das coordenadas geográficas para a estimativa das médias diárias das temperaturas mínima, máxima e média; preencher os dados faltantes em séries diárias de precipitação pluviométrica, mediante uma proposta do método do vizinho mais próximo, sendo este aquele determinado a partir da análise de agrupamento para a região andina da Venezuela; caracterizar o risco climático de ocorrência da Requeima da batata na região produtora dos Andes, na Venezuela, para diferentes datas de semeadura, mediante um modelo de previsão; e espacializar esse risco através da Geoestatística e dos Sistemas de Informação Geográfica.

REFERÊNCIAS

AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**, Third edition. San Diego: Academic Press, 1988. 803p.

BOURKE, P.M.A. Use of weather information in the prediction of plant disease epiphytotics. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 8, p. 345-370, 1970.

CIP. **Potato. Late Blight. Overview**. Late Blight Research at CIP. Disponível em: www.cipotato.org/potato/pest_disease/lateblight/lateblight.htm Acesso em: (22 jan 2003.).

COELHO, D; SEDIYAMA, G.; VIEIRA, M. Estimativa das temperaturas médias mensais e anais no Estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 112, p. 455-459, 1973.

DeGAETANO, A. Spatial grouping of United States climate stations using a hybrid clustering approach. **International Journal of Climatology**, Chichester v. 21, p. 791-807, 2001.

ESCALANTE O., M.; FARRERA P., R. Epidemiología do Tizón Tardío (*Phytophthora infestans* Mont de Bray) de la papa en zonas productoras del Estado Táchira, Venezuela. **BIOAGRO**, Barquisimeto, v. 16, n. 1, p. 47-54. 2004.

EVERITY, B. S. **Applied multivariate analysis**. Edward Arnold USA: British Library Cataloguing in Publication Data, 1991. 400 p.

FAO. **La papa en la década de 1990. Situación y perspectivas de la papa a nivel mundial**. 2001. Disponível em: [http://www.fao.org/es/ SC/escs/escb/roots/pots.htm](http://www.fao.org/es/SC/escs/escb/roots/pots.htm), Acesso em: (02 fev. 2003.).

FAOSATAT, **Statistical Database**. <http://apps.fao.org/default.htm>. Acesso em: (10 abril 2005.).

FEITOZA, M.; SCÁRDUA, J.A.; SEDIYAMA; G., VALLE, S.S. Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anais do Estado do Espírito Santo. **Revista Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 15-24, 1980.

FERREIRA, M.; BURIOL, G.A.; PIGNATANO, I.A. Estimativa das temperaturas médias mensais e anais do estado do Santa Catarina. **Revista Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 19-38, 1974.

FRY, W.E.; GOODWIN, S.B. Re-emergence of potato and tomato Late Blight in the United States. **Plant Disease**, St. Paul, v. 12, p.1349-1357, 1997.

FRY, W.E.; APPLE, A.E.; BRUHN, J.A. Evaluation of potato late blight forecasts modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. **Phytopathology**, St. Paul, v. 73, n. 7, p.1054-1059, 1983.

GARABATOS, M. **Temas de Agrometeorología: Naturaleza de la Agrometeorología, Unidad de Agrometeorología**. Buenos Aires: CPIA/OGE, 1990. 97p.

GARCIA, R.; GARCÍA, A. Evaluación de estrategias para el control químico del Tizón Tardío de la papa en dos localidades del Estado Mérida, Venezuela. **BIOAGRO**, Barquisimeto, v. 16, n. 2, p. 77-83, 2004.

GILLESPIE, T.J. **Pest and disease relationships**. In: GRIFFITHS, J.F. **Handbook of agricultural meteorology**. New York: Oxford University Press. 1994. Chap 19, p.203-209

HASENAUER, H.; MERGANICOVA, K.; PETRITSCH, R.; PIETSCH, S.A.; THORNTON, P.E. Validating daily climate interpolations over complex terrain in Austria. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 119, p. 87-107, 2003.

HOOKE, W.J. **Compendio de enfermedades de la papa**. Trad. de T. Ames de I.. Lima: CIP, 1980. 166p.

HYRE, R.A. Progress in forecasting late blight of potato and tomato. **Plant Disease Reporter**, Washington, v 38, n. 4, p. 245-253, 1954.

JEFFREY, S.J.; CARTER, J.O.; MOODIE, K.B.; BESWICK, A.R. Using spatial interpolation to construct a comprehensive archive of Australian climate data. **Environmental Modeling & Software**, Oxford, v. 16, p. 309-330, 2001.

KRAUSE, R.A.; MASSIE, L.B.; HYRE, R.A. BLITECAST: A computerized forecast of potato late blight. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 59, n. 2, p.95-98, 1975.

LOOKINGBILL T.R., URBAN D.L. Spatial estimation of air temperature differences for Landscape-scale studies in mountain environments. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 114, p. 141-151, 2003.

MAFFEI, M.I.; QUINTERO, Y.; GARCIA, R. Combinación de fungicidas protectivos y sistémicos para el control químico de la "candelilla tardía" de la papa (*Phytophthora infestans*) en Mucuchíes, estado Mérida, Venezuela. **Revista Facultad Agronomía (LUZ)**, Maracaibo, n. 16, p.517-527, 1999.

MARCANO, D.A. de; MARCANO A, J.J.; PIRE, A. Presencia de cepas del hongo *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary resistentes a metalaxil en siembras de papa del estado Lara. **Agronomía Tropical**, Maracay, v. 35, n. 1-3, p.43-55, 1986.

MIRANDA, H.S.F.; GRANJA, N do P.; MELO, T.P.C.de. **Cultura da batata**. Vargem Grande do Sul, 2003, 68 p. (Apostila).

MIZUBUTI, E.S.G.; FRY, W.E. Temperature effects on developmental stages of isolates from three clonallinages of *Phytophthora infestans*. **Phytopathology**, v. 88, n. 8, p.837-843, 1998.

NALDER, I.A.; ROSS, W.W. Spatial interpolation of climatic normal; test of a new method in the Canadian boreal forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 92, p. 211-255, 1998.

ÑÚSTEZ, C.E. ***Phytophthora infestans***. Situación en Latinoamérica. 1999 Disponível em: www.corpoica-regionaluno.org/nustez.zip. Acesso em: (29 jun. 2003.).

PASCALE, A.L.; DAMARIO, E.A. **Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología**. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2004. 550 p.

PEDRO Junior. M.J.; MELLO, M.H.A.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R.; SENTELHAS, P.C. Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas no estado de São Paulo. Campinas: Inst. Agrônômico de Campinas. 1991. 11 p. (Boletim Técnico, 142).

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, PC. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Piracicaba: Editora Agropecuária, 2002. 478 p.

PRICE, D.T.; McKENNEY, D.W.; NAIDER, I.A.; HUTCHINSON, M.F.; KESTIVEN, J.L. A comparison of two statistical methods for spatial interpolation of Canadian monthly mean climate data. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 101, p. 81-94, 2000.

RONDON, F. Estimación de temperatura media mensual y anual para zonas sin información climatológica - aplicación al cálculo de evaporación y evapotranspiración potencial. **Oriente Agropecuario**, Jusepín, v. 13, n. 1/2, p. 112, 1986.

SENTELHAS, P.C.; FARIA, T. DE R.; CHAVES, M.O.; HOOGENBOMM, G. Evaluation of the WGEN and SIMMETEO weather generators for the Brazilian tropics and subtropics, using crop simulation models. **Revista Brasileira de Agrometeorología**, Sta. Maria, v. 9, n. 2, p. 357-376, 2001.

SOLÓRZANO, G.; LACRUZ, G. Delimitación de áreas homoclimáticas de precipitación y temperatura en el Estado Mérida, Venezuela. **Acta Científica Venezolana**, Caracas, v. 45, supl. 1, p. 44, 1994.

TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. 943 p.

UNAL, Y.; KLINDAP, T.; KARACA, M. Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 23, n. 9, p. 1045-1055, 2003.

WALLIN, J.R. Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in United States and Canada. **American Potato Journal**, Orono, v. 39, p. 306-312, 1962.

WARD, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 58, n. 1, p. 236-244, 1963.

WILKS, D. Simultaneous stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation at multiple sites in complex terrain. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 96, p. 85-101, 1999.

2 ESTIMATIVA DAS MÉDIAS DIÁRIAS DAS TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA PARA A REGIÃO ANDINA DA VENEZUELA

Resumo

Na atualidade, a disponibilidade de dados diários de temperatura do ar é indispensável para uma ampla diversidade de estudos agrometeorológicos como: evapotranspiração, balanço hídrico, zoneamento agroclimático e conforto animal, e especialmente na previsão de doenças e rendimento das culturas. Devido à baixa densidade de estações da rede meteorológica nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, da região Andina da Venezuela, os dados de temperatura do ar não estão disponíveis com a distribuição espacial requerida para estudos dessa natureza. Com o intuito de disponibilizar uma forma rápida e eficiente de estimativa das médias diárias das temperaturas mínimas, máximas e médias, este estudo teve como objetivo gerar modelos diários de estimativa dessas variáveis empregando-se a regressão linear múltipla, considerando como variáveis independentes às coordenadas geográficas (longitude e latitude) e a altitude. Os dados utilizados neste estudo pertencem à rede de estações meteorológicas do Ministério do Ambiente e Recursos Naturais da Venezuela, da qual foram escolhidas 22 unidades distribuídas nesses três estados. Os modelos obtidos apresentaram em média coeficientes de determinação superiores a 0,90 quando testados com dados independentes, com estimativas livres de erro significativos: índice de concordância d variando de 0,98 a 1,0 e RMSE médio menor que 2 °C.

Palavras chaves: Regressão linear múltipla, modelo

ESTIMATE OF CLIMATIC AVERAGE OF DAILY MINIMUM, MAXIMUM, AND MEDIUM AIR TEMPERATURES FOR THE ANDES REGION IN VENEZUELA

Abstract

Nowadays, the availability of daily data of air temperature is essential for a wide range of studies in agrometeorology, like evapotranspiration, water balance, crop zoning, animal comfort, and mainly for diseases and crop yield forecasts. Due to the low density of weather stations in the states of Táchira, Trujillo, and Mérida, in the Andes region of Venezuela, air temperature data are not available in the spatial distribution required for the studies cited above. With the purpose of having a reliable daily air temperature database for the Andes region, the aim of this study was to generate models for estimating climatic average of daily minimum, maximum, and medium air temperature, using multiple linear regression, considering as input the geographical coordinates (longitude and latitude) and altitude. The data used in this study are from the weather stations network of the Ministry of Environment and Natural Resources of Venezuela, from which were chosen 22 units spread over the three states. The obtained models showed on average coefficients of determination higher than 0.90, when tested with independent data, and estimated values free of significant errors: d index between 0.98 and 1.00, and an average RMSE smaller than 2°C.

Key-words: multiple linear regression, model

2.1 INTRODUÇÃO

A temperatura do ar é o elemento meteorológico e climatológico mais importante no crescimento e desenvolvimento vegetal, determinando a distribuição espacial da vegetação natural, e condicionando a aptidão agrícola das culturas.

A temperatura pode ser definida como um índice que expressa a quantidade de calor sensível de um corpo (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Com o uso da temperatura podem-se interpretar as transformações da massa e estrutura vegetal,

ou seja, a fenologia que caracteriza o ciclo biológico do vegetal (PASCALE; DAMARIO, 2004).

A influência da temperatura do ar nos vegetais pode ser indireta, sobre o crescimento e desenvolvimento, produto do efeito quantitativo no suprimento de energia aportado pelo metabolismo basal e a biossíntese, afetando processos ou fases de desenvolvimento como: germinação, formação de flores, frutos e sementes. A influência direta se dá via processos regulatórios como: termoindução, termoperíodismo e termomorfismo. Também atua como fator de estresse da planta. O calor e o frio, dependendo da intensidade e da duração, impedem a atividade metabólica, o crescimento e a viabilidade das plantas, impondo, dessa forma, limites para a distribuição geográfica das espécies (LARCHER, 2000).

Considerando-se a ocorrência e o desenvolvimento das doenças das plantas, a temperatura é um dos fatores com maior influência, atuando sobre o patógeno, o hospedeiro e também na interação entre eles (COLHOUN, 1973). Conjuntamente com a umidade do ar, a temperatura atua condicionando o sucesso do processo infeccioso (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Seu efeito está relacionado com as temperaturas ótimas de crescimento e desenvolvimento do hospedeiro e do patógeno (AGRIOS, 1988); sendo assim, a temperatura é o fator crítico que afeta o aparecimento das doenças tanto no trópico úmido como na região temperada (AYOADE, 1996).

A relação entre tempo atmosférico e a ocorrência de doenças nas plantas é a base para o prognóstico agrometeorológico de doenças (prognóstico meteopatológico). Os modelos mais freqüentemente usados para a previsão de doenças são os numéricos, em que as informações meteorológicas necessárias normalmente são: duração do período de molhamento, umidade relativa e temperatura do ar (BOURKE, 1970).

Um dos principais problemas para a realização de estudos dessa natureza, ou seja, desenvolvimento e uso de modelos de prognóstico de doenças, nos quais sejam requeridos os dados de temperatura do ar, é a inexistência de dados meteorológicos para que se possa aplicá-los. Nesse sentido, Feitoza et al. (1980) consideram que a ausência de estações meteorológicas no local de interesse, falhas nas séries ou, então,

séries históricas muito curtas comprometem o detalhamento e a precisão dos estudos de zoneamento agroclimático.

Surge então a necessidade de se estimar os valores médios de temperatura do ar, sendo que a estimação para regiões que apresentam um relevo plano não é problemática, já que os valores podem ser estimados por simples triangulação geográfica. No entanto, em regiões montanhosas, a estimação é mais complicada, em razão de outros fatores exercerem influência na temperatura do ar como a altitude, a configuração e a exposição do terreno (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002; PASCALE; DAMARIO, 2004).

A temperatura do ar pode ser estimada pelas coordenadas geográficas mediante equações de regressão linear múltipla, baseando-se no fato de que a distribuição de calor do globo terrestre é condicionada pela latitude, que determina a disponibilidade de radiação solar incidente na superfície terrestre; pela altitude, produto da variação de pressão e da rarefação do ar; e às vezes pela longitude, que expressa o efeito da oceanalidade e da continentalidade (COELHO; SEDIYAMA; VIEIRA, 1973; GARABATOS, 1990; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Esse método tem sido testado por diversos autores na escala mensal (COELHO; SEDIYAMA; VIEIRA, 1973; FERREIRA; BURIOL; PIGNATANO, 1974; FEITOZA et al. 1980; PEDRO JR et al., 1991; PASCALE; DAMARIO, 2004). Os quais encontraram correlações superiores a 0,86 e coeficientes da regressão significativos a 1%. Pascale e Damario (2004), mencionam que a altitude tem uma importância significativa, com R^2 0,75 a 0,86, em combinação com a latitude para a estimação das temperaturas mínimas e médias mensais nas condições da Argentina. Os autores consideraram ainda que as variáveis latitude, longitude e altitude são responsáveis principalmente pela variação da temperatura mínima média e que as equações definidas podem ser usadas em outros locais montanhosos da região, com pequenos ajustes, lembrando apenas que os modelos estatísticos não devem ser extrapolados além do alcance das condições especificadas pelos dados que geraram os coeficientes do modelo.

Estefanel et al. (1973) observaram que existe um efeito diferenciado da altitude e latitude na estimativa da média da temperatura mínima mensal para o estado do Rio Grande do Sul, em função da época do ano. Os autores observaram que os

coeficientes de regressão nos meses de frio são menores que no restante do ano. Também observaram, nesses meses, que as temperaturas foram subestimadas na parte continental do estado e no fundo dos vales, ocorrendo o contrário nas regiões mais elevadas. Tendência semelhante foi observada por Coelho; Sedyama e Vieira (1973), relacionada com menores valores dos coeficientes de regressão nos meses mais frios nas estimativas das temperaturas médias mensais e anuais do estado de Minas Gerais. No entanto, essa tendência não foi observada quando também se considerou a longitude.

Os elevados coeficientes de determinação obtidos por Coelho; Sedyama e Vieira (1973), Ferreira; Buriol e Pignatano (1974), Feitoza et al. (1980), Pedro Júnior et al. (1991), Pascale e Damario, (2004) permitem concluir que o uso do modelo das coordenadas geográficas para estimação das temperaturas médias normais de qualquer outro local, é factível desde que ajustados os coeficientes da regressão.

Com o crescente uso dos Sistemas de Informação Geográfica, métodos de estimativa e interpolação dos dados de temperatura do ar para locais em que não são feitas medidas, têm se popularizado, tais como: Inverso quadrado da distância, Interpolação polinomial (Thiessen), Spline, Krigagem e Gradient plus inverse-distance squared (GIDS), entre outros métodos menos conhecidos (NAILDER; WEIN, 1998; PRICE et al., 2000; MAGAREY et al., 2001; HASENAUER et al., 2003), os quais apresentam diferentes vantagens comparativas entre eles, porém na maioria dos casos requerem para seu emprego modelos de elevação do terreno, que não estão disponíveis na escala espacial de interesse, e de muito tempo de elaboração, assim como outros problemas como o grau de incerteza já que podem não estar representando a realidade (MAGAREY et al., 2001).

Price et al. (2000) consideram que para algumas situações é preferível utilizar um método mais simples do que um mais sofisticado, o qual normalmente requer consideravelmente mais tempo para sua aplicação. Nesse sentido, Lookingbill e Urban (2003) sugerem que o primeiro passo em estudos agrícolas para regiões montanhosas é o desenvolvimento de modelos geográficos simples de estimativa da temperatura do ar.

Na Venezuela, estudos a respeito da estimativa das temperaturas são escassos, sendo que alguns deles foram elaborados para se estimar a temperatura média mensal e anual para regiões com grande variabilidade na altitude. Esses modelos empregam equações de regressão linear múltipla, considerando a altitude como variável independente, tendo sido encontrados coeficientes de determinação elevados entre 0,95 e 0,99 (RONDON, 1986; SOLÓRZANO; LACRUZ, 1994).

A região andina Venezuelana caracteriza-se por apresentar uma acentuada variação da temperatura do ar de um local para outro devido à existência da Cordillera dos Andes, com as altitudes, variando de dois até aproximadamente 5000 manm. No entanto, quando considerada a variação anual da temperatura do ar, o regime é bimodal, apresentando dos máximos, um principal que ocorre durante os meses de março e abril e outro secundário que ocorre em setembro e outubro, o que depende da latitude do local. A amplitude térmica anual é de $\pm 5^{\circ}\text{C}$, sendo o regime térmico classificado como isoterma.

Nessa região a densidade de estações meteorológicas que registram a temperatura do ar é muito irregular e pequena, o que dificulta os estudos agrometeorológicos, em especial aqueles associados à determinação do risco climático devido à ocorrência de doenças nas culturas agrícolas.

Sendo essa região responsável por grande parte da produção olerícola do país, o conhecimento de seus diferentes regimes térmicos é de extrema importância do ponto de vista agrícola, especialmente para fins de zoneamento agroclimático, modelagem do crescimento e rendimento das culturas, evapotranspiração e balanço hídrico e prognóstico de doenças.

Ainda que existam alguns modelos para a estimativa das temperaturas mensais e anuais, modelos para a estimativa das médias das temperaturas diárias são inexistentes para a região andina. Em função disso o presente estudo teve por objetivo determinar os coeficientes do modelo das coordenadas geográficas para a estimativa das médias diárias das temperaturas mínima, máxima e média, para a região andina da Venezuela.

2.2 DESENVOLVIMENTO

2.2.1 Material e métodos

A região de estudo é composta pelos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da Venezuela (Tabela 1). Ocupam uma área aproximada de 29.200 km². Nessa área, encontram-se 22 estações meteorológicas pertencentes ao Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais, sendo as séries de dados de temperatura do ar disponíveis com períodos variáveis (Tabela 2).

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos estados Venezuelanos considerados no estudo

ESTADO	LATITUDE (N)		LONGITUDE (W)	
TÁCHIRA	7°21'52"	a 8°39'0"	71°18'47"	a 72°29'15"
MÉRIDA	7°39'53"	a 9°19'05"	70°32'23"	a 71°54'54"
TRUJILLO	8°57'17"	a 10°02'42"	69°59'50"	a 71°04'13"

Tabela 2 - Relação das estações meteorológicas utilizadas neste estudo, com suas respectivas coordenadas geográficas

Codigo	EF	Estação	Altitude	Latitude	Longitude
2100	Trujillo	La Ceiba	2	9° 28' 21"	-71° 03' 58"
2132	Trujillo	Agua Viva	110	9° 33' 35"	-70° 37' 31"
2146	Trujillo	G. Monay	272	9° 38' 07"	-70° 25' 00"
3035	Mérida	El Vigia	130	8° 36' 27"	-71° 37' 47"
3040	Mérida	La Cuchilla	2280	8° 38' 00"	-71° 21' 10"
3061	Táchira	La Fria	95	8° 14' 26"	-72° 15' 55"
3072	Mérida	Mucubaji	3560	8° 48' 10"	-71° 44' 27"
3114	Mérida	Santo Domingo	2155	8° 52' 27"	-70° 40' 27"
3134	Mérida	Canagua	1560	8° 08' 08"	-71° 26' 25"
3141	Mérida	Tovar	952	8° 20' 30"	-71° 44' 40"
3161	Mérida	Los Plantios	3878	8° 49' 11"	-70° 47' 05"
3170	Mérida	S. J. de Lagunillas	1050	8° 30' 40"	-71° 21' 14"
4030	Mérida	Punta Piedras	198	7° 36' 47"	-71° 30' 24"
4038	Mérida	San Cristóbal	800	7° 48' 00"	-72° 13' 47"
4041	Táchira	Bramon-Esc	1105	7° 39' 22"	-72° 23' 40"
4063	Táchira	Las Adjuntas	560	7° 46' 20"	-72° 25' 25"
4072	Táchira	P. Zumbador	2570	7° 46' 20"	-72° 25' 25"
4083	Táchira	Puente Salon	475	7° 35' 08"	-72° 10' 35"
4086	Mérida	L B. de Cuparo	220	7° 41' 00"	-72° 26' 00"
8052	Táchira	Caño Negro	151	8° 29' 58"	-71° 50' 50"
8053	Táchira	La Palmita	600	8° 33' 03"	-71° 36' 02"
9060	Táchira	El Paradero	1120	7° 45' 13"	-71° 54' 17"

EF = Entidade Federal

Os dados de temperatura média do ar (mínima, máxima e média) juntamente com as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) de cada local foram utilizados para estimar os coeficientes lineares e angulares das equações de regressão linear múltipla para cada dia do ano. A equação resultante é do tipo:

$$Y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + \varepsilon$$

em que: Y é a temperatura estimada, em °C, x_1 é a altitude, em metros; x_2 é a longitude e x_3 é a latitude, expressas em minutos; ε é o desvio entre os valores observados e estimados; e a , b , c , e d são os coeficientes da equação. Esses coeficientes foram determinados com os dados de 17 das 22 estações meteorológicas consideradas no estudo.

O teste dos modelos foi feito mediante a comparação das estimativas diárias, para cada temperatura, com as observações (dados independentes) das seguintes estações meteorológicas: 2146, 3134, 3161, 4063 e 8053 (Tabela 1), as quais não foram utilizadas nos procedimentos de geração dos coeficientes dos modelos.

Os seguintes índices estatísticos foram utilizados a fim de se avaliar o grau de ajuste entre os dados de temperatura observados e estimados pelos modelos:

- Raiz do Erro Quadrado Médio (RMSE) (ZACHARIAS; HEATWOLE; COAKLEY, 1996):

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 \right]^{0,5}$$

- Erro quadrado médio sistemático (MSE_s) (WILLMOTT, 1981).

$$MSE_s = MSE_a + MSE_p + MSE_i$$

$$MSE_a = a^2$$

$$MSE_p = (b-1)^2 \left[\frac{\sum_{i=1}^N O_i^2}{N} \right]$$

$$MSE_i = 2a(b-1)^2$$

em que: MSE_a é o componente aditivo, MSE_p é o componente proporcional e MSE_i é o componente independente do erro sistemático, a é o intercepto, b o coeficiente angular da reta, O_i é o valor observado e N é o número total de O .

- Erro quadrado médio aleatório (MSE_u) (WILLMOTT, 1981).

$$MSE_u = MSE - MSE_s$$

em que MSE é o erro quadrado médio (WILLMOTT, 1981).

- Índice de concordância (d) (WILLMOTT, 1981).

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n \left((P_i - \bar{O}) + (O_i - \bar{O}) \right)^2}$$

$$\bar{O} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n O_i$$

em que: O_i e P_i representam os valores observados e estimados, n representa o número de pares de valores O_i e P_i e $\bar{O}$ é a média dos valores observados.

O RMSE foi utilizado porque permite se conhecer o tamanho do erro produzido pelo modelo, e sua decomposição nos erros sistemático e aleatório subsidia a explicação da capacidade preditiva do modelo. Já o índice de concordância (d) é uma medida do grau em que os dados estimados pelo modelo estão livres de erro. Esse

índice varia de 0 a 1, sendo que $d = 1$ indica uma perfeita concordância entre os valores observados e os estimados, e $d = 0$ significa total discordância (WILLMOTT, 1981).

A seleção do modelo para cada dia e temperatura (mínima, máxima e média) baseou-se nos valores e na significância dos coeficientes de determinação ajustados (R^2), avaliados pelo teste de F, considerando-se um nível de 0,05 de significância.

2.2.2 Resultados e discussão

2.2.2.1 Coeficientes da regressão linear múltipla para a estimativa das temperaturas

Os coeficientes dos modelos selecionados para a estimativa das temperaturas variaram de acordo com a época do ano. A seguir é apresentada uma descrição detalhada para cada uma das temperaturas.

2.2.2.1.1 Temperatura mínima

A média da temperatura mínima da região apresenta os menores valores entre janeiro e dezembro ($\approx 16,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), em fevereiro se inicia o aumento das temperaturas até atingir os valores máximos do ano entre abril e maio (de $17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), e decresce a partir de junho, mantendo-se entre $16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $17,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante julho, agosto, aumentando ligeiramente nos meses de setembro e outubro (Figura 1)

Esses valores mostram claramente a característica bimodal da temperatura, a qual esta relacionada com o movimento aparente do sol. No solstício de inverno (21 de dezembro) o sol encontra-se no ponto mais distante do hemisfério norte (HN) (inverno astronômico), como consequência disso as temperaturas mínimas e médias atinge seus valores mais baixos nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Os ventos alísios do nordeste comuns nessa época também contribuem na queda da temperatura.

Apesar dessa variação bimodal, a amplitude térmica anual das mínimas na região de estudo é da ordem de $\pm 2^{\circ}\text{C}$, sendo menor a observada no restante da Venezuela.

Figura 1- Média diária da temperatura mínima considerando-se todas as estações dos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

Figura 2 - Coeficientes a (intercepto), b (altitude), c (longitude) e d (latitude) das equações de estimativa da média diária da temperatura mínima, para os estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

O coeficiente linear a do modelo de estimativa da temperatura mínima apresentou a maior amplitude de variação, com valores oscilando entre $-133,45$ e $123,18$, sendo que a maioria dos valores foi da ordem de 20. Observou-se que nos meses de março e de junho a novembro o valor de a é predominantemente negativo, com os valores variando entre -30 e -133 . Os coeficientes c (longitude) e d (latitude) fizeram parte dos modelos ao longo de todo o ano, com valores predominantemente negativos e positivos respectivamente, variando entre $0,023695$ e $-0,03349$ para a longitude e entre $0,042444$ e $-0,00901$ para a latitude. Já o coeficiente da altitude (b) apresentou valores negativos e com pouca variação, ficando entre $-0,00514$ e $-0,00615$ (Figura 2) (Tabela 4.).

2.2.2.1.2 Temperatura máxima

A média da temperatura máxima não apresenta exatamente a mesma sazonalidade observada para a temperatura mínima, neste caso o máximo principal ocorre entre agosto e outubro e o secundário em abril. Observou-se para a temperatura máxima que os valores mais elevados ocorrem entre agosto e setembro ($> 27,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), e os menores valores (entre $24,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) entre maio e junho (Figura 3).

Os valores do coeficiente a se mantiveram próximos a 200 durante os meses de janeiro a maio. A partir de julho até agosto os valores variam entre 10 e 270, sendo essa a maior oscilação, e de setembro a dezembro os valores oscilam entre 30 e 180. Considerando-se o ano todo, o valor máximo de a é de 368,56 e o mínimo de 7,73. Os coeficientes relativos à longitude e latitude apresentam magnitudes semelhantes entre eles, com valores entre $0,073567$ e $-0,009974$ para a latitude e entre $0,048037$ e $-0,039864$ para a longitude, sendo que a latitude teve influência apenas nos meses de maio a agosto. O coeficiente da altitude apresentou valores negativos na ordem de $-0,005549$ a $-0,006940$ (Figura 4) (Tabela 4).

Figura 3 - Média diária da temperatura máxima considerando-se todas as estações dos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

Figura 4 - Coeficientes a (intercepto), b (altitude), c (longitude) e d (latitude) das equações de estimativa da média diária da temperatura máxima, para os estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

2.2.2.1.3 Temperatura média

A variação bimodal observada nas médias diárias das temperaturas mínima e máxima se reflete na temperatura média, em que se observam dois máximos associados à variação anual das temperaturas máxima (Figura 5).

No período de janeiro a março, o coeficiente a é superior a 100 e durante os meses de abril e maio apresenta valores oscilando entre 10 e 100 indistintamente. No geral, os valores extremos para este coeficiente foram 164,93 e -28,44. Os coeficientes c e d apresentaram valores positivos com magnitudes semelhantes entre eles, que variaram entre 0,031977 e -0,01036 para a longitude e entre 0,034364 a -0,009191 para a latitude. A longitude teve influência somente nos meses de dezembro a maio, enquanto que a latitude teve influência no restante do ano (de junho a novembro). Para o coeficiente b , se repetiu a mesma tendência observada para as temperaturas mínima e máxima, com valores oscilando entre -0,00555 e -0,00632 (Figura 6) (Tabela 4.).

Esses valores do coeficiente b apresentaram magnitudes semelhantes aos obtidos por Solorzano e Lacruz (1994) para a temperatura média anual nas condições do estado de Mérida.

Variação dessa magnitude nos coeficientes das equações de estimativa da temperatura do ar não é normalmente observada nos modelos para estimativa na escala mensal (COELHO; SEDIYAMA; VIEIRA, 1973; FERREIRA; BURIOL; PIGNATANO, 1974; FEITOZA et al., 1979; PASCALE; DAMARIO, 2004). As variações observadas para as temperaturas mínima, máxima e média parecem estar associadas diretamente aos modelos de estimativa na escala diária, dada à oscilação dos valores dessas temperaturas dia a dia, ao longo de todo o ano (Figuras 1, 3 e 5).

O coeficiente b apresentou nas três temperaturas valores com uma variação muito pequena ao longo do ano, sendo este o fator com maior influência. Esses valores representam que para cada 1000 m de variação na altitude as temperaturas sofrem decréscimos de 5 a 6 °C, os quais se encontram próximos do valor do gradiente adiabático médio (6°C) (Figuras 2, 4 e 6) (Tabela 4).

Figura 5 - Média diária da temperatura média considerando-se todas as estações dos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

Figura 6 - Coeficientes a (intercepto), b (altitude), c (longitude) e d (latitude) das equações de estimativa da média diária da temperatura média, para os estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

Considerando-se que a latitude influencia a distribuição de calor na terra (COELHO; SEDIYAMA; VIEIRA, 1973), isso pode explicar a influência diferenciada da latitude nas temperaturas médias e máximas. Na temperatura média não se observou influência da latitude durante os meses de dezembro a abril, período no qual o sol encontra-se na sua posição mais ao sul, portanto o hemisfério norte encontra-se no inverno astronômico, o que significa uma menor disponibilidade de energia. O contrário ocorre com as temperaturas máximas durante os meses de maio a agosto, quando o sol está mais próximo do hemisfério norte, ou seja, o verão astronômico, portanto, havendo maior quantidade de energia disponível.

Obtiveram-se valores elevados do coeficiente de determinação (R^2) para as relações entre as temperaturas e as coordenadas geográficas, os quais variaram de 0,90 a 0,99, para as temperaturas médias e mínimas, e de 0,69 a 0,96, para a temperatura máxima, sendo que os menores valores ocorreram no primeiro semestre.

2.2.2.2 Teste e avaliação dos modelos de estimativa das temperaturas

Os modelos obtidos foram testados como os dados independentes de cinco estações, com altitudes variando entre 150 a 3900 manm. A análise de regressão entre os valores observados e os estimados pelos modelos indicaram, de um modo geral, que houve uma boa relação de proporcionalidade entre eles, com R^2 variando de 0,95 a 0,98 e d entre 0,95 e 0,99.

Apesar do excelente desempenho dos modelos indicado pelos índices R^2 e d , observa-se que eles tenderam a subestimar as temperaturas médias diárias para a localidade situada a 3878 manm. Já para as localidades situadas entre 200 e 1500 manm, as estimativas estiveram mais próximas da linha de valores iguais (1:1), porém não havendo um bom desempenho para estimar a variabilidade das temperaturas observadas, especialmente no caso da temperatura mínima (Figura 7). Essa mesma tendência foi observada para as temperaturas máxima e média, porém não de uma forma tão evidente (Figuras 8 e 9).

Mesmo com as subestimativas observadas, os modelos apresentaram um baixo nível de erro, evidenciados pelo MSE que variou entre 1,53 e 1,82 °C. Na decomposição do MSE nos componentes sistemático (MSEs) e aleatório (MSEa), encontrou-se que

para as temperaturas mínima e máxima prevalece o componente aleatório (80 e 70 % do MSE), indicando que os modelos podem ser utilizados com um alto nível de exatidão. Já no caso da temperatura média o RMSEa foi menor aos anteriores (54% do MSE), porém continua sendo superior ao RMSEs, o que sugere que os modelos ainda podem ser utilizados, podendo se considerar a possibilidade de minimização desse erro sistemático, a fim de melhorar a capacidade preditiva do modelo (Tabela 3).

Tabela 3 - Índice de concordância (d), Raiz do Erro Quadrado Médio (RMSE) e a relação entre os componentes aleatório (MSEa) e sistemático (MSEs) e o Erro Quadrado Médio (MSE) dos modelos das coordenadas geográficas, considerando-se cinco estações meteorológicas dos estados Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

	RMSE	d	RMSEs	RMSEa	MSEs/MSE	MSEa/MSE
TempMed	1,53	0,99	1,03	1,13	0,46	0,54
TempMax	1,92	0,95	1,05	1,61	0,30	0,70
TempMin	1,82	0,95	0,82	1,63	0,20	0,80

TempMed = Temperatura média TempMax = Temperatura máxima TempMin = Temperatura mínima

O fato de que as temperaturas mínimas observadas sejam superiores as estimadas, refletem o efeito da alta nebulosidade existente nas estações localizadas acima dos 3500 manm na região andina, portanto, se presume que nessas condições é o gradiente adiabático saturado que determina a queda na temperatura ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$), aproximadamente entre 1 e $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ menor que os coeficientes obtidos para os modelos selecionados. Por outro lado, a maior disponibilidade de calor nas camadas mais próximas à superfície estaria influenciando as temperaturas das estações situadas em altitudes menores, sendo o caso da estação a 200 manm.

O valor médio do RMSE de cada modelo diário de estimativa, apresentado nas figuras 10, 11 e 12, pela linha contínua, apresentou valores próximos aos mencionados por Magarey et al. (2001) como incertezas permissíveis nas estimativas da temperatura diária ($\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) para aplicações no manejo das doenças.

A maior variação no valor do RMSE ao longo do ano é observada para as temperaturas máximas no período de março a novembro, com valores inferiores a $1,87\text{ }^{\circ}\text{C}$. O contrario ocorre no restante do ano. O máximo erro cometido na estimativa das temperaturas máximas foi de $3,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o mínimo de $0,51\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 11).

Figura 7 - Relação entre a média diária da temperatura mínima observada (TEMP OBS) e a estimada (TEMP EST) com os modelos das coordenadas geográficas, considerando-se cinco estações meteorológicas dos estados Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

Figura 8 - Relação entre a média diária da temperatura máxima observada (TEMP OBS) e a estimada (TEMP EST) com os modelos das coordenadas geográficas, considerando-se cinco estações meteorológicas dos estados Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

Figura 9 - Relação entre a média diária da temperatura média observada (TEMP OBS) e a estimada (TEMP EST) com os modelos das coordenadas geográficas, considerando-se cinco estações meteorológicas dos estados Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

Nas temperaturas mínimas os RMSE dos modelos diários são menores que o valor médio (1,79 °C) durante o período em que ocorrem as temperaturas mínimas mais elevadas (abril – junho), e se mantiveram próximos ao valor médio do RMSE no restante do ano (Figura 1 e 10).

Os menores valores do RMSE se observaram nas temperaturas médias, os quais variaram entre 0,76 °C e 2,57 °C, com menor oscilação que nas temperaturas mínimas e máximas, sendo o valor médio do RMSE igual a 1,50 °C (Figura 12).

Esses valores de RMSE para os modelos diários de estimativa das temperaturas mínima, máxima e média, permitem inferir que os modelos determinados podem ser aplicados sem outros ajustes, obtendo estimativas com uma elevada exatidão.

Os valores do índice d mostraram que existe uma perfeita concordância entre as temperaturas estimadas pelos modelos e as observadas, dado que seus valores variaram de 0,98 a 1,00 (Figuras 10, 11 e 12) indicando que as estimativas dos modelos estão livres de erros significativos.

Figura 10 - Índice de concordância (d) e Raiz do Erro Quadrado Médio (RMSE) das equações de estimativa da média diária da temperatura mínima, dos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

Figura 11 - Índice de concordância (d) e Raiz do Erro Quadrado Médio (RMSE) das equações de estimativa da média diária da temperatura máxima, dos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

Figura 12 - Índice de concordância (d) e Raiz do Erro Quadrado Médio (RMSE) das equações de estimativa da média diária da temperatura média, dos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela

Em função dos elevados valores dos coeficientes de correlação e determinação, assim como o excelente desempenho dos índices d e RMSE, os modelos determinados permitiram estimar a temperatura média diária da região Andina na Venezuela, com um mínimo de incerteza.

2.3 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A regressão linear múltipla é uma técnica adequada para a determinação de modelos de estimativa das médias diárias das temperaturas mínimas, máximas e médias em regiões montanhosas, com elevada precisão e exatidão, além da praticidade de sua aplicação.

Os modelos diários determinados permitem estimar às médias diárias das temperaturas mínimas, máximas e médias dos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, região andina da Venezuela, com um mínimo grau de incerteza.

Tabela 4 – Coeficientes linear e angular dos modelos de regressão para estimativas das temperaturas médias diárias das mínimas, máximas e médias, em função da altitude (b), longitude (c) e latitude (d), nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela (continua)

DIA JULIANO	TEMPERATURA MINIMA				TEMPERATURA MAXIMA				TEMPERATURA MEDIA			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
1/jan	70,945816	-0,005880	0,011295		186,533120	-0,005714	0,036128		127,199074	-0,005788	0,023358	
2/jan	71,426299	-0,005981	0,011431		201,135301	-0,005912	0,039433		144,352462	-0,005963	0,027300	
3/jan	15,423132	-0,005907		0,013858	204,175773	-0,005859	0,040065		134,993749	-0,005840	0,025103	
4/jan	64,192553	-0,005981	0,009694		176,832890	-0,006102	0,033737		120,512721	-0,006041	0,021715	
5/jan	22,261110	-0,005874			194,046082	-0,006017	0,037717		122,907990	-0,005968	0,022278	
6/jan	22,283067	-0,005900			212,034292	-0,005665	0,042016		127,492116	-0,005786	0,023409	
7/jan	16,630323	-0,005724	0,010741		221,079459	-0,005803	0,044063		148,427764	-0,005760	0,028283	
8/jan	16,524400	-0,005777	0,010806		215,880505	-0,005854	0,042843		140,599963	-0,005800	0,026471	
9/jan	22,075400	-0,005988			228,577492	-0,005942	0,045730		147,183667	-0,005973	0,027944	
10/jan	16,029094	-0,006042	0,012373		210,868522	-0,005969	0,041614		146,888248	-0,005995	0,027865	
11/jan	16,466285	-0,005943	0,011521		216,031426	-0,006134	0,042788		134,646754	-0,005961	0,025013	
12/jan	68,107985	-0,005893	0,010624		187,248117	-0,006307	0,036034		128,016058	-0,006098	0,023408	
13/jan	22,072839	-0,005828			147,431820	-0,006187	0,026946		87,122112	-0,005999	0,014028	
14/jan	21,785724	-0,005647			187,595962	-0,006019	0,036309		98,481275	-0,005815	0,016720	
15/jan	21,711327	-0,005675			241,405449	-0,005928	0,048805		142,302845	-0,005801	0,026901	
16/jan	22,029539	-0,005766			209,423068	-0,006061	0,041265		130,317353	-0,005919	0,024024	
17/jan	22,031395	-0,005789			199,816951	-0,006106	0,038977		132,940028	-0,005963	0,024599	
18/jan	22,121391	-0,005779			174,187108	-0,006251	0,033005		113,741368	-0,006015	0,020127	
19/jan	22,374940	-0,005858			197,792568	-0,006216	0,038428		116,799603	-0,006035	0,020776	
20/jan	21,932820	-0,005814			160,121006	-0,005907	0,029842		100,608640	-0,005882	0,017138	
21/jan	21,922993	-0,005762			194,023915	-0,006008	0,037719		106,532067	-0,005872	0,018531	
22/jan	22,121749	-0,005923			168,973155	-0,006016	0,031883		95,620729	-0,005955	0,015967	
23/jan	64,453927	-0,005784	0,009839		178,969110	-0,006043	0,034171		114,777385	-0,005892	0,020403	
24/jan	18,322424	-0,005602	0,007310		214,709057	-0,006222	0,042376		129,095181	-0,005900	0,023693	
25/jan	68,450027	-0,005614	0,010824		207,837958	-0,006256	0,040734		136,362943	-0,005928	0,025369	
26/jan	17,422056	-0,005570	0,008602		204,148910	-0,006092	0,039889		122,444308	-0,005797	0,022160	
27/jan	21,722532	-0,005584			192,625921	-0,006284	0,037185		105,615450	-0,005917	0,018242	
28/jan	17,774309	-0,005831	0,009064		194,251763	-0,006027	0,037645		124,896539	-0,005933	0,022681	
29/jan	72,404699	-0,005878	0,011628		165,211372	-0,006062	0,030909		121,134696	-0,005981	0,021804	
30/jan	76,897993	-0,005786	0,012688		171,464658	-0,005922	0,032469		128,171008	-0,005866	0,023500	
31/jan	102,442900	-0,005776	0,018615		108,217794	-0,006178	0,017577		105,330347	-0,005977	0,018096	
1/fev	22,793946	-0,006044			190,766877	-0,006061	0,036977		125,926834	-0,006062	0,022937	
2/fev	16,493370	-0,005687	0,011138		191,793183	-0,005885	0,037213		131,499576	-0,005782	0,024319	
3/fev	78,790239	-0,005694	0,013143		156,351947	-0,005966	0,028988		127,066675	-0,005854	0,023261	
4/fev	114,313247	-0,006146	0,021170		179,901198	-0,005934	0,034551		147,107222	-0,006040	0,027861	
5/fev	-28,623717	-0,005654	-0,009746	0,017718	165,355850	-0,005843	0,031120		114,395082	-0,005741	0,020380	
6/fev	15,705873	-0,005690	0,013155		192,586803	-0,005986	0,037323		130,788735	-0,005826	0,024096	
7/fev	68,782843	-0,005593	0,010797		210,300136	-0,006113	0,041446		136,161497	-0,005846	0,025339	
8/fev	18,046862	-0,005711	0,008700		170,503134	-0,006058	0,032242		115,319056	-0,005872	0,020513	
9/fev	18,244317	-0,005832	0,008381		186,925037	-0,005695	0,036154		120,776341	-0,005753	0,021824	
10/fev	16,482493	-0,005748	0,011957		175,318217	-0,005919	0,033291		116,556216	-0,005824	0,020756	
11/fev	-101,135009	-0,005779	-0,024975	0,013800	218,128978	-0,005887	0,043280		129,247577	-0,005784	0,023739	
12/fev	-56,814250	-0,006029	-0,015751	0,023800	195,303561	-0,005847	0,037958		124,966625	-0,005910	0,022686	
13/fev	18,019651	-0,005820	0,009239	0,007812	214,619838	-0,006030	0,042461		135,507847	-0,005920	0,025155	
14/fev	18,624300	-0,005930	0,007812	0,007812	192,872805	-0,005948	0,037443		119,172044	-0,005930	0,021391	
15/fev	17,593969	-0,005737	0,009910	0,009910	193,756116	-0,006049	0,037583		124,863348	-0,005876	0,022683	
16/fev	18,899010	-0,005839	0,007605	0,007605	185,622321	-0,006020	0,035664		116,212275	-0,005910	0,020643	
17/fev	-52,644264	-0,005790	-0,014615	0,024471	203,398260	-0,005925	0,039773		121,306610	-0,005801	0,021860	
18/fev	16,941567	-0,005861	0,011521	0,011521	158,037363	-0,006195	0,029148		107,433995	-0,006010	0,018549	
19/fev	18,432351	-0,005511	0,007873	0,007873	148,669076	-0,006079	0,027049		106,221185	-0,005796	0,018336	
20/fev	26,806921	-0,005588	-0,009008	0,009008	177,689254	-0,005718	0,033993		110,988925	-0,005740	0,019508	
21/fev	19,632165	-0,005850	0,006369	0,006369	198,508332	-0,005813	0,038695		117,310854	-0,005914	0,020901	
22/fev	18,103262	-0,005805	0,009209	0,009209	218,764081	-0,005763	0,043442		135,022029	-0,005774	0,025047	
23/fev	-71,554025	-0,005811	-0,019215	0,023377	226,400198	-0,006011	0,045162		126,790349	-0,005872	0,023109	
24/fev	-46,700177	-0,005863	-0,014070	0,018075	203,676853	-0,005981	0,039876		114,997113	-0,005882	0,020357	
25/fev	22,501425	-0,005772		0,018075	185,612727	-0,006027	0,035683		102,648473	-0,005913	0,017508	
26/fev	16,513312	-0,005650	0,011589	0,011589	200,169893	-0,005969	0,039043		135,421575	-0,005802	0,025145	
27/fev	-45,291648	-0,005856	-0,013864	0,018993	202,013813	-0,005868	0,039495		117,474632	-0,005840	0,020930	
28/fev	-64,433061	-0,005816	-0,017671	0,023246	227,197921	-0,005940	0,045309		134,931503	-0,005845	0,024931	
1/mar	22,960335	-0,005805		0,017690	218,650285	-0,005870	0,043229		132,157906	-0,005860	0,024243	
2/mar	-51,607282	-0,005959	-0,015341	0,017690	19,748466	-0,005943		0,025318	19,139150	-0,005949		0,017356
3/mar	22,715935	-0,005771			175,434836	-0,006012	0,033274		97,745944	-0,005920	0,016313	
4/mar	82,972825	-0,006002	0,013837		164,051132	-0,005905	0,030684		123,511978	-0,005953	0,022260	
5/mar	22,576178	-0,005592			186,253131	-0,005967	0,035750		107,461905	-0,005819	0,018562	
6/mar	-100,163868	-0,005568	-0,026338	0,018879	200,157318	-0,005935	0,038956		111,619889	-0,005773	0,019525	
7/mar	-83,791218	-0,005619	-0,022703	0,017209	185,838774	-0,006025	0,035616		113,029080	-0,005853	0,019853	
8/mar	-107,947586	-0,005640	-0,027691	0,022370	190,528555	-0,005925	0,036817		109,575231	-0,005797	0,019128	
9/mar	22,583867	-0,005566			213,559584	-0,005912	0,042177		120,715206	-0,005768	0,021688	
10/mar	-107,251012	-0,005496	-0,027582	0,022582	174,423290	-0,005817	0,033136		120,715206	-0,005768	0,021688	
11/mar	-131,569595	-0,005525	-0,033038	0,023743	182,775728	-0,005994	0,035024		19,444517	-0,005819		0,015900
12/mar	22,236467	-0,005604			198,958323	-0,005709	0,038820		18,174739	-0,005765		0,018310
13/mar	23,205554	-0,005980			164,707965	-0,005999	0,030689		105,619133	-0,006024	0,018038	
14/mar	22,741386	-0,005763			159,073467	-0,005619	0,029524		104,337123	-0,005745	0,017857	
15/mar	22,933425	-0,005777			158,982512	-0,005753	0,029517		102,029289	-0,005816	0,017307	
16/mar	22,446518	-0,005678			189,989061	-0,005802	0,038731		118,531752	-0,005767	0,021215	
17/mar	22,456457	-0,005646			164,314811	-0,005785	0,030759		102,264608	-0,005751	0,017426	
18/mar	22,436055	-0,005735			170,193066	-0,005833	0,032110		113,523799	-0,005854	0,020021	
19/mar	-77,908914	-0,005774	-0,020705	0,022956	197,993245	-0,005781	0,038587		119,545050	-0,005760	0,021446	
20/mar	-100,403683	-0,005966	-0,026643	0,016774	368,506661	-0,005744	0,073567	-0,039864	103,157554	-0,005946	0,017573	
21/mar	-132,325158	-0,005938	-0,033384	0,022714	195,166147	-0,005956	0,037857		106,250210	-0,005979	0,018294	
22/mar	-133,458638	-0,005878	-0,033487	0,024383	205,970539	-0,005831	0,040411					

Tabela 4 – Coeficientes linear e angular dos modelos de regressão para estimativas das temperaturas médias diárias das mínimas, máximas e médias, em função da altitude (b), longitude (c) e latitude (d), nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela (continuação)

DIA JULIANO	TEMPERATURA MINIMA				TEMPERATURA MAXIMA				TEMPERATURA MEDIA			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
1/abr	17,681555	-0,005805		0,010327	172,978942	-0,006080	0,032705		114,890224	-0,005944	0,020298	
2/abr	19,906635	-0,005643		0,006091	146,193027	-0,005982	0,026428		95,737763	-0,005817	0,015807	
3/abr	22,896244	-0,005392			32,276886	-0,005715			27,617871	-0,005570		
4/abr	24,022625	-0,006101			31,387087	-0,005650			77,430876	-0,005863	0,011570	
5/abr	19,185340	-0,005419		0,007292	153,988281	-0,005717	0,028474		19,316947	-0,005816		0,015892
6/abr	18,236736	-0,005718		0,010005	153,857799	-0,006110	0,028233		104,946998	-0,005914		
7/abr	-48,839118	-0,005684	-0,014481	0,020064	113,209388	-0,005775	0,019009		22,403991	-0,005731	0,017926	0,010125
8/abr	23,231905	-0,005593			31,146776	-0,005705			22,905836	-0,005677		0,008642
9/abr	18,084592	-0,005522		0,009808	127,873200	-0,005798	0,022336		21,174817	-0,005669		0,012467
10/abr	23,325272	-0,005704			118,404273	-0,005701	0,020173		27,463454	-0,005692		
11/abr	-57,480417	-0,005678	-0,016315	0,021273	158,155873	-0,005798	0,029363		20,545638	-0,005734		0,014071
12/abr	-57,576625	-0,005829	-0,016275	0,022045	164,238504	-0,005949	0,030760		93,800009	-0,005839	0,015393	
13/abr	16,742219	-0,005457		0,012912	146,074846	-0,005992	0,028642		110,356150	-0,005883	0,019310	
14/abr	17,830753	-0,005667		0,011527	175,877875	-0,005927	0,033393		114,207815	-0,005769	0,020074	
15/abr	-55,276193	-0,005811	-0,015727	0,023086	154,081336	-0,006054	0,028411		18,958789	-0,005949		0,017932
16/abr	18,101673	-0,005675		0,010011	161,326875	-0,005935	0,030042		19,893940	-0,005834		0,016137
17/abr	19,003191	-0,005600		0,009305	159,677964	-0,006160	0,029727		19,280291	-0,005913		0,017026
18/abr	19,617061	-0,005651		0,008197	154,375877	-0,006122	0,028430		93,627465	-0,005858	0,015293	
19/abr	-47,401588	-0,005456	-0,014117	0,020490	174,335203	-0,006187	0,033058		102,720917	-0,005775	0,017426	
20/abr	15,202880	-0,005443		0,016402	144,278121	-0,005952	0,026165		19,009821	-0,005722		0,017214
21/abr	15,164127	-0,005502		0,016644	156,994882	-0,006027	0,029027		114,354406	-0,005731	0,020133	
22/abr	23,097502	-0,005365			191,155387	-0,005938	0,037037		17,566160	-0,005807		0,020405
23/abr	16,559258	-0,005884		0,014196	159,738614	-0,005686	0,029756		110,293650	-0,005756	0,019213	
24/abr	63,784259	-0,005721	0,009309		17,212871	-0,005599		0,027898	105,472167	-0,005601	0,018164	
25/abr	-78,502601	-0,005649	-0,020737	0,025914	197,696536	-0,005960	0,038545		18,062499	-0,005823		0,019494
26/abr	-58,717781	-0,005699	-0,016914	0,019768	184,967230	-0,005998	0,035553		19,546348	-0,005867		0,016938
27/abr	16,898789	-0,005704		0,013334	198,224478	-0,005992	0,038611		122,475669	-0,005809	0,022015	
28/abr	18,600711	-0,005615		0,009795	190,295282	-0,005979	0,036827		127,916379	-0,005786	0,023305	
29/abr	18,061883	-0,005553		0,010643	193,340037	-0,005549	0,037683		17,359932	-0,005592		0,020072
30/abr	19,688721	-0,005428		0,007168	200,117864	-0,006032	0,039127		121,853583	-0,005727	0,021925	
1/mai	19,020593	-0,005375		0,008583	177,136058	-0,006006	0,033772		107,001649	-0,005655	0,018478	
2/mai	16,578278	-0,005335		0,012600	158,945069	-0,006092	0,029469		115,075380	-0,005699	0,020357	
3/mai	19,466251	-0,005454		0,007691	203,665704	-0,006011	0,039907		130,668939	-0,005728	0,023949	
4/mai	24,008836	-0,005864			171,870148	-0,005825	0,032556		118,991929	-0,005839	0,021176	
5/mai	19,186441	-0,005639		0,008661	223,979165	-0,005956	0,044617		137,156726	-0,005784	0,025431	
6/mai	17,984931	-0,005726		0,011518	159,986359	-0,005870	0,029873		103,070768	-0,005768	0,017555	
7/mai	19,699938	-0,005626		0,007710	18,409444	-0,005979		0,027169	19,451922	-0,005791		0,016593
8/mai	-29,652598	-0,005709	-0,010038	0,020245	208,452061	-0,005954	0,040985		135,659332	-0,005804	0,025067	
9/mai	-21,505000	-0,005639	-0,008499	0,017128	177,022525	-0,006019	0,033672		18,375105	-0,005853		0,019141
10/mai	17,986223	-0,005631		0,010828	180,452395	-0,005942	0,034492		116,342105	-0,005773	0,020602	
11/mai	19,307690	-0,005715		0,008682	174,357235	-0,006224	0,032919		104,676114	-0,005932	0,017796	
12/mai	-31,968338	-0,005715	-0,010761	0,019237	173,845917	-0,006140	0,032774		112,929010	-0,005898	0,019663	
13/mai	19,740747	-0,005784		0,008228	145,928262	-0,006399	0,026289		100,579506	-0,006094	0,016789	
14/mai	80,033274	-0,005495	0,013135		134,340322	-0,005826	0,023876		106,295543	-0,005657	0,018300	
15/mai	15,466775	-0,005389		0,015419	137,896008	-0,006021	0,024698		18,730268	-0,005727		0,017455
16/mai	19,831883	-0,005517		0,006610	159,268990	-0,006170	0,029535		97,949190	-0,005819	0,016347	
17/mai	17,431288	-0,005750		0,012176	206,915048	-0,006013	0,040583		134,030192	-0,005862	0,024674	
18/mai	16,761166	-0,005651		0,013548	13,392730	-0,005962		0,036940	15,450433	-0,005795		0,024447
19/mai	17,219002	-0,005753		0,012611	195,438388	-0,006012	0,037964		133,805667	-0,005865	0,024644	
20/mai	18,627398	-0,005618		0,009566	204,927796	-0,005811	0,040188		17,261312	-0,005762		0,021136
21/mai	19,085592	-0,005593		0,009058	215,868773	-0,005900	0,042704		132,689800	-0,005738	0,024365	
22/mai	19,471500	-0,005694		0,008664	211,696740	-0,005936	0,041800		125,991996	-0,005797	0,022823	
23/mai	18,682116	-0,005549		0,009481	164,892898	-0,006143	0,038881		112,090511	-0,005853	0,019616	
24/mai	-34,326384	-0,005598	-0,010885	0,022327	193,356994	-0,006151	0,037484		17,885204	-0,005893		0,020083
25/mai	18,183152	-0,005701		0,011020	17,643258	-0,006398		0,029873	18,289367	-0,006036	0,019640	
26/mai	16,905471	-0,005741		0,013526	193,478707	-0,006133	0,037498		17,384549	-0,005977		0,021239
27/mai	17,634224	-0,005619		0,011840	14,167936	-0,006179		0,035969	16,104768	-0,005892	0,023468	
28/mai	19,129852	-0,005786		0,009463	17,064821	-0,006054		0,029633	18,101819	-0,005921		0,019541
29/mai	20,153869	-0,005706		0,007199	193,816753	-0,006062	0,037619		119,221755	-0,005862	0,021247	
30/mai	16,921991	-0,005641		0,013459	204,376609	-0,006006	0,040138		130,991854	-0,005794	0,024035	
31/mai	16,570886	-0,005570		0,013284	17,952018	-0,006160		0,027991	17,261452	-0,005865		0,020638
1/jun	15,845520	-0,005744		0,015309	11,938828	-0,006324	0,040791		14,429321	-0,006017	0,026902	
2/jun	15,949194	-0,005601		0,014898	11,798427	-0,006248	0,040255		13,470075	-0,005934	0,028430	
3/jun	14,674407	-0,005624		0,017284	10,392269	-0,006132	0,042972		12,776894	-0,005867	0,029599	
4/jun	111,675937	-0,005859	0,020391		214,646767	-0,006073	0,042429		27,463454	-0,005692		
5/jun	-36,622298	-0,005648	-0,010954	0,026145	211,351054	-0,006014	0,041693		14,476530	-0,005879	0,026813	
6/jun	16,621555	-0,005690		0,014080	178,963894	-0,006131	0,034161		17,275978	-0,005969	0,021362	
7/jun	16,053550	-0,005645		0,015027	12,648424	-0,006284		0,038694	15,421486	-0,005927	0,024565	
8/jun	-53,702618	-0,005790	-0,015295	0,023241	10,537315	-0,006409		0,042864	14,707023	-0,006054	0,026078	
9/jun	16,125719	-0,005688		0,014744	10,379319	-0,006303	0,043300		13,353108	-0,005899	0,028799	
10/jun	16,517296	-0,005667		0,014105	16,960952	-0,006020	0,029375		16,947064	-0,005837	0,021296	
11/jun	16,310598	-0,005722		0,014515	11,697924	-0,005855	0,039719		13,731155	-0,005798	0,027702	
12/jun	14,991191	-0,005684		0,017055	15,135258	-0,006362	0,033431		15,577605	-0,006006	0,024141	
13/jun	13,991016	-0,005537		0,018839	266,512598	-0,006149	0,054562		103,942204	-0,005854	0,019648	0,016409
14/jun	-46,984258	-0,005805	-0,012782	0,030750	17,733187	-0,006059		0,048037	10,334785	-0,005911	0,034364	
15/jun	-69,266590	-0,005901	-0,017970	0,031346	241,311421	-0,006048	0,048604		14,432179	-0,005993	0,027143	
16/jun	-79,169127	-0,006136	-0,020210	0,032557	269,032933	-0,006111	0,055017		13,666272	-0,006153	0,029202	
17/jun	-37,542781	-0,005896	-0,011587	0,022701	241,967912	-0,006173	0,048792		14,773262	-0,006074	0,026343	
18/jun	15,411049	-0,005802		0,016229	229,028923	-0,006230	0,045964		14,209773	-0,006068	0,026620	
19/jun	14,680184	-0,005629		0,017139	260,559911	-0,006035	0,053280		12,141889	-0,005899	0,030605	
20/jun	14,860273	-0,005665		0,016851	10,316952	-0,006291		0,041686	13,740937	-0,005939	0,026800	
21/jun	13,798350	-0,005710		0,018875								

Tabela 4 – Coeficientes linear e angular dos modelos de regressão para estimativas das temperaturas médias diárias das mínimas, máximas e médias, em função da altitude (b), longitude (c) e latitude (d), nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela (continuação)

DIA JULIANO	TEMPERATURA MINIMA				TEMPERATURA MAXIMA				TEMPERATURA MEDIA			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
1/jul	-62,241472	-0,005701	-0,015847	0,034167	18,609872	-0,006285		0,027277	16,871528	-0,005916		0,021593
2/jul	-65,012215	-0,005586	-0,017268	0,027146	19,785923	-0,006456		0,025060	18,096337	-0,005980		0,018795
3/jul	-73,851902	-0,005821	-0,019176	0,028710	161,724220	-0,006398	0,030080		19,200289	-0,006100		0,016882
4/jul	94,110379	-0,005839	0,016467		20,495133	-0,006459		0,024281	119,398292	-0,006111	0,021275	
5/jul	-56,351096	-0,005750	-0,015913	0,022111	17,907421	-0,006515		0,029664	17,955276	-0,006106		0,019874
6/jul	-58,587011	-0,005724	-0,015575	0,029434	18,322706	-0,006341		0,027649	16,714318	-0,005992		0,021677
7/jul	-75,477312	-0,005665	-0,018605	0,036592	16,407367	-0,006457		0,031892	14,479731	-0,006018		0,026055
8/jul	-96,910451	-0,005801	-0,023840	0,034265	17,989325	-0,006491		0,029505	16,548427	-0,006100		0,022222
9/jul	-75,539622	-0,005928	-0,018898	0,034893	21,967116	-0,006597		0,021890	17,490325	-0,006227		0,020938
10/jul	-61,530259	-0,005646	-0,016428	0,027700	216,778556	-0,006456	0,042888		14,957553	-0,006089		0,025512
11/jul	13,817923	-0,005589	0,017674		12,811008	-0,006624		0,038913	13,416998	-0,006103		0,028075
12/jul	-87,587192	-0,005591	-0,021287	0,037205	15,015692	-0,006642		0,035688	13,922215	-0,006064		0,027380
13/jul	-75,173333	-0,005693	-0,018422	0,037592	172,346280	-0,006424	0,032493		14,732480	-0,006073		0,026025
14/jul	-90,630205	-0,005610	-0,021991	0,037350	166,642062	-0,006243	0,031207		16,065634	-0,005925		0,022902
15/jul	-35,271383	-0,005763	-0,010636	0,024669	17,780513	-0,006764		0,030758	16,506512	-0,006232		0,022831
16/jul	-44,557000	-0,005803	-0,012329	0,028912	16,726891	-0,006521		0,032497	15,044807	-0,006137		0,025714
17/jul	-45,336990	-0,005800	-0,012255	0,031196	17,869818	-0,006331		0,029636	14,624521	-0,006053		0,026363
18/jul	-70,566536	-0,005724	-0,017708	0,035088	175,161543	-0,006352	0,033167		15,885247	-0,006037		0,023862
19/jul	-47,677062	-0,005705	-0,012617	0,032712	16,164040	-0,006260		0,032489	15,291124	-0,005909		0,024472
20/jul	13,712947	-0,005732	0,018147		14,008642	-0,006389		0,036870	14,694097	-0,006032		0,025723
21/jul	-99,197357	-0,005753	-0,023890	0,038225	254,328185	-0,006255	0,051575		11,687007	-0,006043		0,031930
22/jul	-88,913578	-0,005921	-0,022127	0,033314	12,867104	-0,006469		0,039557	14,365310	-0,006135		0,026587
23/jul	-66,464883	-0,005851	-0,017103	0,031948	12,271010	-0,006474		0,041032	13,784141	-0,006101		0,028044
24/jul	-73,435372	-0,005669	-0,018255	0,035194	21,376242	-0,006642		0,024349	17,016380	-0,006060		0,022020
25/jul	-99,846486	-0,005810	-0,024677	0,033730	23,136137	-0,006831		0,020495	-28,439847	-0,006290	-0,010359	0,024193
26/jul	-74,350508	-0,005751	-0,019100	0,030478	21,757343	-0,006421		0,021894	17,974782	-0,006066		0,019723
27/jul	-41,407615	-0,005577	-0,012002	0,024894	18,508807	-0,006559		0,028554	17,181097	-0,006025		0,020915
28/jul	-44,224984	-0,005853	-0,012319	0,028655	15,194383	-0,006443		0,034870	14,985982	-0,006103		0,025565
29/jul	-97,115352	-0,005661	-0,023253	0,039499	209,960521	-0,006360	0,041198		13,501680	-0,006038		0,028502
30/jul	-46,758177	-0,005680	-0,012445	0,031980	19,157153	-0,006562		0,028031	15,706859	-0,006084		0,024373
31/jul	11,883156	-0,005341		0,020226	21,530225	-0,006172		0,021442	16,706990	-0,005756		0,020834
1/ago	-45,787151	-0,005775	-0,012027	0,037894	153,226738	-0,006993	0,027889		17,471434	-0,006174		0,021123
2/ago	13,153071	-0,005749		0,019767	167,346855	-0,006871	0,031141		17,195911	-0,006249		0,022199
3/ago	14,125719	-0,005758	0,017748		143,353912	-0,006483	0,025629		19,546411	-0,006120		0,017013
4/ago	109,191271	-0,005655	0,020067		133,137093	-0,006424	0,023253		121,164182	-0,006040	0,021660	
5/ago	-71,737698	-0,005565	-0,017554	0,037964	135,853898	-0,006754	0,023706		17,650476	-0,006174		0,021395
6/ago	18,230745	-0,005689		0,009365	155,791161	-0,006803	0,028359		103,553792	-0,006225	0,017489	
7/ago	15,083911	-0,005724		0,015459	112,167187	-0,006589	0,018267		97,135197	-0,006122		0,020548
8/ago	-44,454385	-0,005729	-0,012604	0,026452	163,186643	-0,006482	0,030161		115,048248	-0,006054	0,020208	
9/ago	14,667122	-0,005699		0,016404	127,281754	-0,006604	0,021853		101,610468	-0,006118	0,017109	
10/ago	11,770473	-0,005484		0,021285	171,120422	-0,006739	0,031974		80,897268	-0,006111	0,013636	
11/ago	-46,107803	-0,005790	-0,012992	0,026015	182,619984	-0,006680	0,034613		16,987678	-0,006249		0,022593
12/ago	-70,354605	-0,005772	-0,018072	0,030795	91,334457	-0,006793	0,013359		21,589037	-0,006275		0,013445
13/ago	-98,321298	-0,005756	-0,023743	0,038557	172,248934	-0,006659	0,032295		16,246895	-0,006223		0,023988
14/ago	13,932242	-0,005645		0,018102	17,469978	-0,006590		0,032374	15,650075	-0,006120		0,025348
15/ago	-80,230219	-0,005456	-0,018960	0,042444	223,871877	-0,006806	0,044275		12,196809	-0,006170		0,031739
16/ago	-78,185812	-0,005618	-0,020118	0,028520	141,564847	-0,006779	0,025006		20,519116	-0,006186		0,015526
17/ago	-63,475127	-0,005572	-0,016461	0,030123	125,675692	-0,006702	0,021259		19,357892	-0,006147		0,017949
18/ago	-43,008033	-0,005770	-0,012445	0,025004	180,589860	-0,006593	0,031974		17,835203	-0,006202		0,021270
19/ago	-103,773797	-0,005750	-0,025467	0,034614	17,321740	-0,006797		0,032626	16,143519	-0,006236		0,024273
20/ago	-117,223749	-0,005549	-0,027654	0,041451	20,646174	-0,006708		0,025771	15,893594	-0,006097		0,024074
21/ago	13,597561	-0,005540		0,017907	18,816158	-0,006844		0,029758	15,496607	-0,006216		0,025353
22/ago	22,139765	-0,005362			22,089188	-0,006858		0,024098	18,515620	-0,006223		0,019741
23/ago	-48,240189	-0,005723	-0,013177	0,028956	20,298269	-0,006940		0,027713	16,633116	-0,006316		0,023745
24/ago	-61,051688	-0,005807	-0,015988	0,030288	24,914574	-0,006789		0,018928	19,045937	-0,006282		0,019083
25/ago	-22,979098	-0,005721	-0,008102	0,022293	16,654193	-0,006547		0,034346	16,022199	-0,006113		0,024711
26/ago	-38,512303	-0,005418	-0,010659	0,030251	183,722645	-0,006420	0,034930		15,781431	-0,005956		0,024519
27/ago	12,175106	-0,005503		0,020815	147,219993	-0,006855	0,026369		17,303677	-0,006081		0,021915
28/ago	13,508363	-0,005427		0,018348	22,209708	-0,006757		0,023773	17,305119	-0,006112		0,022250
29/ago	-38,367238	-0,005567	-0,011016	0,027430	21,835618	-0,006420		0,022922	17,506321	-0,005973		0,020933
30/ago	-23,118605	-0,005718	-0,008545	0,018955	119,443522	-0,006471	0,019981		21,241449	-0,006103		0,014153
31/ago	12,126968	-0,005316		0,020018	19,015050	-0,006673		0,028885	15,571009	-0,005995		0,024452
1/set	14,710338	-0,005569		0,016298	20,017621	-0,006862		0,027746	17,363980	-0,006215		0,022022
2/set	-38,906740	-0,005632	-0,011328	0,026381	17,119251	-0,006583		0,033078	14,931786	-0,006113		0,026827
3/set	16,801126	-0,005529		0,011961	150,495229	-0,006620	0,027098		20,357366	-0,006097		0,016083
4/set	73,003579	-0,005987	0,011471		23,629207	-0,006554		0,020083	21,606222	-0,006285		0,014180
5/set	15,319053	-0,005591		0,015277	21,569840	-0,006771		0,025137	18,711816	-0,006172		0,019634
6/set	-50,763139	-0,005481	-0,014678	0,021325	166,300805	-0,006513	0,030851		20,389350	-0,005983		0,015795
7/set	-58,456388	-0,005658	-0,015787	0,027040	141,272329	-0,006421	0,025009		19,699102	-0,006037		0,017254
8/set	-38,933597	-0,005583	-0,011670	0,023622	133,186284	-0,006347	0,023071		20,697136	-0,005955		0,015583
9/set	-83,228101	-0,005648	-0,020254	0,038473	120,536377	-0,006734	0,020063		19,450997	-0,006167		0,018363
10/set	12,857454	-0,005546		0,020095	92,266437	-0,006589	0,013544		21,150838	-0,006087		0,014690
11/set	12,063566	-0,005706		0,021979	119,990000	-0,006448	0,020021		20,180750	-0,006087		0,016604
12/set	-54,480845	-0,005583	-0,014816	0,027611	93,459647	-0,006416	0,013936		21,008809	-0,006006		0,014575
13/set	-56,840994	-0,005753	-0,015962	0,022471	23,251763	-0,006423		0,021076	19,867127	-0,006084		0,017092
14/set	-74,666652	-0,005721	-0,019046	0,032222	114,231599	-0,006538	0,018696		21,247000	-0,006106		0,014594
15/set	-68,668522	-0,005456	-0,017780	0,030422	22,836148	-0,006665		0,021578	19,267430	-0,006008		0,017900
16/set	-31,432995	-0,005539	-0,009673	0,025253	93,863846	-0,006208	0,014136		20,875168	-0,005858		0,014043
17/set	14,019414											

Tabela 4 – Coeficientes linear e angular dos modelos de regressão para estimativas das temperaturas médias diárias das mínimas, máximas e médias, em função da altitude (b), longitude (c) e latitude (d), nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela (conclusão)

DIA JULIANO	TEMPERATURA MINIMA				TEMPERATURA MAXIMA				TEMPERATURA MEDIA			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
1/out	-53,409410	-0,005608	-0,014539	0,027996	95,367318	-0,006270	0,014423		21,724843	-0,005923		0,012932
2/out	-53,142327	-0,005646	-0,013949	0,032114	93,835487	-0,005981	0,014180		20,298290	-0,005805		0,015124
3/out	22,578748	-0,005444			112,133078	-0,006027	0,018392		21,720333	-0,005870		0,012744
4/out	111,112838	-0,005706	0,020413		33,402405	-0,006236			92,811425	-0,005966	0,014989	
5/out	15,281649	-0,005722		0,015742	96,644358	-0,006271	0,014647		21,619672	-0,006020		0,013651
6/out	-30,581759	-0,005686	-0,009631	0,024380	33,169579	-0,006208			23,957617	-0,005931		0,008224
7/out	-57,439609	-0,005755	-0,016039	0,023815	33,056537	-0,006290			24,912775	-0,005991		0,006552
8/out	-32,885200	-0,005506	-0,011101	0,016287	75,978097	-0,006287	0,009974		24,991200	-0,005874		0,006015
9/out	-31,700559	-0,005632	-0,010090	0,023305	33,055876	-0,006239			24,773022	-0,005902		0,006728
10/out	-71,080842	-0,005399	-0,018578	0,027667	32,735179	-0,005925			27,608182	-0,005612		
11/out	15,173912	-0,005507		0,015567	109,488322	-0,005898	0,017860		21,172084	-0,005714		0,013323
12/out	-28,617124	-0,005624	-0,009562	0,021048	120,986378	-0,006070	0,020459		20,919422	-0,005863		0,014248
13/out	-25,397943	-0,005640	-0,009371	0,016510	33,134143	-0,005919			28,071071	-0,005738		
14/out	-66,734337	-0,005619	-0,017543	0,029012	33,361041	-0,006054			23,696871	-0,005795		0,009018
15/out	-35,476935	-0,005639	-0,011247	0,020907	33,187989	-0,006190			24,914811	-0,005888		0,006600
16/out	-42,204811	-0,005736	-0,012525	0,022887	38,085399	-0,006033		-0,010395	27,884445	-0,005828		
17/out	-71,592066	-0,005645	-0,018920	0,026720	84,406791	-0,006091	0,011900		23,107704	-0,005851		0,010086
18/out	-32,942274	-0,005615	-0,010681	0,020280	33,173993	-0,006008			25,028457	-0,005797		0,006205
19/out	-67,838676	-0,005579	-0,018376	0,023635	27,841168	-0,006184		0,010727	22,743464	-0,005857		0,010642
20/out	-60,118503	-0,005654	-0,016757	0,022115	33,468748	-0,006223			25,224399	-0,005916		0,005944
21/out	-89,045952	-0,005736	-0,023212	0,024933	33,105300	-0,006020			28,104190	-0,005835		
22/out	-83,000889	-0,005666	-0,021337	0,028867	33,485681	-0,006231			25,200886	-0,005896		0,005972
23/out	-84,900435	-0,005585	-0,021739	0,028690	32,911210	-0,006185			22,909805	-0,005840		0,009845
24/out	-77,114585	-0,005546	-0,020046	0,027554	84,470061	-0,006052	0,012003		23,462936	-0,005766		0,008667
25/out	-79,206712	-0,005601	-0,020433	0,028698	27,801761	-0,006245		0,010393	-16,917959	-0,005894	-0,008467	0,016912
26/out	-82,788970	-0,005419	-0,021439	0,026510	91,941344	-0,006266	0,013672		23,102925	-0,005831		0,009568
27/out	-70,935891	-0,005591	-0,018734	0,027009	88,662772	-0,006177	0,012977		23,602393	-0,005837		0,008597
28/out	17,265679	-0,005478		0,011520	32,323972	-0,005743			23,896097	-0,005604		0,007519
29/out	17,855831	-0,005566		0,010951	32,781954	-0,006020			25,204585	-0,005792		0,005700
30/out	15,452807	-0,005785		0,015521	32,963896	-0,005993			22,986631	-0,005891		0,010197
31/out	79,454466	-0,005138	0,013385		32,915218	-0,005968			21,211445	-0,005585		0,011970
1/nov	17,751191	-0,005630		0,010587	32,926453	-0,006116			23,951490	-0,005874		0,008062
2/nov	-49,332609	-0,005552	-0,014407	0,021169	32,733929	-0,005815			24,068211	-0,005656		0,007693
3/nov	17,354670	-0,005586		0,011633	32,482671	-0,005774			27,735409	-0,005632		
4/nov	92,326430	-0,005718	0,016017		32,865109	-0,006009			68,013690	-0,005862	0,009269	
5/nov	-34,370966	-0,005445	-0,011028	0,019527	90,352273	-0,005860	0,013420		67,535583	-0,005615	0,009271	
6/nov	-55,328937	-0,005497	-0,015538	0,022837	143,591958	-0,005839	0,025789		95,268049	-0,005634	0,015701	
7/nov	-75,510811	-0,005514	-0,020274	0,022255	92,504471	-0,006076	0,013780		23,935438	-0,005784		0,008139
8/nov	-68,829738	-0,005676	-0,018387	0,025614	123,330209	-0,006171	0,020962		20,855254	-0,005944		0,014607
9/nov	-69,645844	-0,005536	-0,019199	0,020051	124,546259	-0,006071	0,021305		22,776709	-0,005810		0,010339
10/nov	-95,825567	-0,005547	-0,024280	0,028516	111,999418	-0,006144	0,018448		22,157286	-0,005832		0,011151
11/nov	-79,593769	-0,005761	-0,020834	0,026382	109,172501	-0,006010	0,017750		23,391689	-0,005866		0,009181
12/nov	-92,991054	-0,005637	-0,023717	0,027708	32,634067	-0,005979			27,652868	-0,005752		
13/nov	-80,604245	-0,005672	-0,021025	0,026445	99,774019	-0,006024	0,015638		22,229806	-0,005815		0,010966
14/nov	-46,113244	-0,005564	-0,013522	0,021532	113,941884	-0,006078	0,018855		22,641687	-0,005800		0,010282
15/nov	-68,714416	-0,005489	-0,018457	0,024390	115,496686	-0,006099	0,019258		21,877876	-0,005762		0,011732
16/nov	-112,875547	-0,005752	-0,028062	0,030594	89,491070	-0,006243	0,013187		22,947060	-0,005990		0,009975
17/nov	-107,072100	-0,005739	-0,026360	0,033264	81,396508	-0,006100	0,011257		22,691325	-0,005893		0,010430
18/nov	16,822718	-0,005732		0,011800	89,041944	-0,005961	0,013077		23,198070	-0,005858		0,009169
19/nov	-88,832070	-0,005913	-0,022620	0,028930	87,869397	-0,005933	0,012832		22,485074	-0,005905		0,010564
20/nov	-105,552097	-0,005763	-0,026400	0,030138	102,635727	-0,005939	0,016204		22,100016	-0,005861		0,011857
21/nov	-57,420633	-0,005714	-0,015195	0,029803	32,538759	-0,005906			22,475073	-0,005800		0,010389
22/nov	-99,525434	-0,005718	-0,024985	0,030334	32,391884	-0,005905			23,704962	-0,005789		0,007997
23/nov	-98,389274	-0,005775	-0,025020	0,027763	89,896679	-0,005781	0,013338		22,362128	-0,005782		0,010923
24/nov	-63,217919	-0,005719	-0,017102	0,025457	109,363669	-0,005875	0,017805		21,994965	-0,005798		0,011868
25/nov	-90,131458	-0,005825	-0,022875	0,029883	103,305708	-0,005902	0,016430		21,175627	-0,005857		0,013458
26/nov	-60,241003	-0,005741	-0,016282	0,026165	82,681454	-0,005817	0,011671		22,310392	-0,005783		0,010763
27/nov	-74,479672	-0,005724	-0,019471	0,026563	98,151920	-0,005990	0,015233		22,434355	-0,005849		0,010290
28/nov	-74,368356	-0,005806	-0,019037	0,030398	101,239895	-0,006118	0,015950		21,111651	-0,005951		0,013081
29/nov	-57,961465	-0,005869	-0,016422	0,020851	126,981609	-0,006062	0,021870		78,242949	-0,005926	0,011697	
30/nov	-95,419943	-0,005759	-0,023801	0,031810	133,922699	-0,006153	0,023523		20,554394	-0,005942		0,014444
1/dez	-67,707458	-0,005919	-0,017993	0,025870	122,297229	-0,005961	0,020889		20,455337	-0,005947		0,014180
2/dez	17,026256	-0,005785		0,010882	96,101121	-0,006194	0,014724		21,827697	-0,006015		0,011687
3/dez	14,868553	-0,005666		0,015300	139,895481	-0,006275	0,024940		68,207175	-0,006029	0,010895	0,012697
4/dez	88,379497	-0,005894	0,015178		169,720135	-0,006226	0,029662	-0,019173	127,284812	-0,006062	0,022056	-0,009191
5/dez	17,703363	-0,005782		0,010043	86,020281	-0,006091	0,012463		22,602233	-0,005975		0,010092
6/dez	-67,892338	-0,005756	-0,018837	0,019769	120,621171	-0,006126	0,020466		23,345608	-0,005940		0,008914
7/dez	18,673331	-0,005646		0,008299	157,860093	-0,006042	0,029155		96,734021	-0,005829	0,016069	
8/dez	17,593958	-0,005799		0,010937	132,734997	-0,006129	0,023408		98,052144	-0,005950	0,016394	
9/dez	15,837634	-0,005585		0,013291	133,236892	-0,006048	0,023544		69,874918	-0,005826	0,010738	0,007125
10/dez	18,623951	-0,005677		0,007784	150,755694	-0,006008	0,027597		108,069968	-0,005860	0,018772	
11/dez	17,699835	-0,005790		0,010085	106,236832	-0,005977	0,017215		94,774226	-0,005892	0,015643	
12/dez	-32,766406	-0,005394	-0,012765		142,206441	-0,005901	0,025562		97,218881	-0,005748	0,016227	
13/dez	15,547942	-0,005654		0,014436	93,444215	-0,006234	0,014084		21,616337	-0,005976		0,012535
14/dez	19,354801	-0,005612		0,006328	140,050975	-0,006142	0,024973		87,834443	-0,005865	0,014014	
15/dez	17,344226	-0,005851		0,010218	130,761620	-0,006180	0,022790		90,965004	-0,005993	0,014742	
16/dez	-48,595962	-0,005939	-0,014141	0,020800	126,348714	-0,006205	0,021735		88,262003	-0,006043	0,014081	
17/dez	22,882101	-0,005998			145,952795	-0,006112	0,026350		98,883267	-0,006064	0,015534	
18/dez	17,418048	-0,005643		0,010331	123,756889	-0,006025	0,021213		92,898411	-0,005830	0,015193	
19/dez	22,585594	-0,005910			126,092266	-0,005666	0,021852		86,304272	-0,005795	0,013705	
20/dez	-54,115289	-0,005744	-0,015447	0,020129	86,131660	-0,006035	0,012489					

Os próximos estudos de estimativa das médias das temperaturas diárias em regiões montanhosas devem avaliar, conjuntamente com a altitude, o efeito da nebulosidade e a disponibilidade de calor nas camadas de ar próximas à superfície, com a finalidade de melhorar a capacidade preditiva dos modelos.

2.4 REFERÊNCIAS

AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. Third edition. San Diego: Academic Press, 1988. 803p.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução de M.J.Z. dos Santos; A. Cristofolletti, coord. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.

BOURKE, P.M.A. Use of weather information in the prediction of plant disease epiphytotics. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 8, p. 345-37, 1970.

COELHO, D; SEDIYAMA, G.; VIEIRA, M. Estimativa das temperaturas médias mensais e anais no estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 112, p. 455-459, 1973.

COLHOUN, J. Effects of environmental factors on plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 11, p.343-364, 1973.

ESTEFANEL, V., FERREIRA, M., BURIOL, G.A., PINTO, H.S. Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anais do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 3, n. 1/4, p. 1-20, 1973.

FEITOZA, M., SCÁRDUA, J.A., SEDIYAMA, G., VALLE, S.S. Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anais do estado do Espírito Santo. **Revista Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 15-24, 1980.

FERREIRA, M., BURIOL, G.A. Pignatano, I.A. Estimativa das temperaturas médias mensais e anais do estado do Santa Catarina. **Revista Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 19-38, 1974.

GARABATOS, M. **Temas de Agrometeorología**: Naturaleza de la Agrometeorología, Unidad de Agrometeorología. Buenos Aires: CPIA/OGE, 1990. 97p.

HASENAUER, H.; MERGANICOVA, K.; PETRITSCH, R.; PIETSCH, S.A.; THORNTON, P.E. Validating daily climate interpolations over complex terrain in Austria. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 119, p. 87-107, 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução de C.H. Prado e A.C. Franco. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

LOOKINGBILL T.R., URBAN D.L. Spatial estimation of air temperature differences for Landscape-scale studies in mountain environments. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 114, p. 141-151, 2003.

NAILDER, I.; WEIN, R.W. Spatial interpolation of climate normal test of new method in the Canadian boreal forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 92, p. 211-225, 1998.

MAGAREY, R.; SEEM, R.C.; RUSSO, J.M.; ZACK, J.W.; WAIGHT, K.T.; TRAVIS, J.W.; OUDEMANS, P.V. Site-specific wheatear information without on-site sensors. **Plant disease**, New York, v. 85, n. 12, p. 1216-1226, 2001.

PASCALE, A.L.; DAMARIO, E.A. **Bioclimatología agrícola y agroclimatología**. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2004. 550 p.

PEDRO Junior. M.J.; MELLO, M.H.A.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R.; SENTELHAS, P.C. **Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas no estado de São Paulo**. Campinas: Inst. Agrônomo de Campinas. 1991. 11 p. (Boletim Técnico, 142).

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Piracicaba: Editora Agropecuária, 2002. 478 p.

PRICE, D.T.; MCKENNEY, D.W.; NAIDER, I.A.; HUTCHINSON, M.F.; KESTIVEN, J.L. A comparison of two statistical methods for spatial interpolation of Canadian monthly mean climate data. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 101, p. 81-94, 2000.

RONDON, F. Estimación de temperatura media mensual y anual para zonas sin información climatológica - aplicación al cálculo de evaporación y evapotranspiración potencial. **Oriente Agropecuario**, Jusepín, v. 13, n. 1/2, p. 112, 1986.

SOLÓRZANO, G.; LACRUZ, G. Delimitación de áreas homoclimáticas de precipitación y temperatura en el Estado Mérida, Venezuela. **Acta Científica Venezolana**, Caracas, v. 45, suppl. 1, p. 44, 1994.

ZACHARIAS, S.; HEATWOLE, C.D.; COAKLEY, C.W. Robust quantitative techniques for validating pesticide transport models. **Transactions of the ASAE**, St, Joseph, v. 39, n. 1, p. 47-54, 1996.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**, Norwich, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.

3 PREENCHIMENTO DE FALHAS EM SÉRIES HISTÓRICAS DE DADOS DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA, A PARTIR DE MÉTODO BASEADO NA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO.

Resumo

Nos estudos agrometeorológicos, cada dia mais os dados meteorológicos diários tornam-se necessários, seja para processos de modelagem das culturas, doenças, ou ainda a nível estratégico para o planejamento das atividades agrícolas. No caso da precipitação, séries históricas de dados diários são freqüentemente inexistentes ou apresentam falhas, as quais limitam seu uso. A origem dessas falhas é das mais diversas, sendo as mais freqüentes aquelas inerentes ao instrumento ou ao operador. Essa situação é muito comum nas diferentes organizações que mantêm registros de dados meteorológicos na Venezuela, e limita a utilidade dessas bases de dados em diversos estudos agrometeorológicos, climatológicos ou hidrológicos. Existe, portanto, a necessidade de se buscar alternativas simples e adequadas para melhorar as condições das bases de dados meteorológicos históricos disponíveis. Baseado nas características da análise de agrupamento pelo método de Ward com distância euclidiana, se estabeleceu à hipótese de que os grupos de estações obtidos serão suficientemente semelhantes de maneira que se possam utilizar os dados de uma estação fonte para substituir os dados faltantes na estação receptora. Em função dessa hipótese, o objetivo deste trabalho foi o de preencher os dados faltantes em séries diárias de precipitação, mediante uma proposta do método do vizinho mais próximo, sendo este aquele determinado a partir da análise de agrupamento. Foram usados dados diários de 106 estações meteorológicas e pluviométricas pertencentes ao Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais da Venezuela, localizadas nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo. Constituiu-se uma base de dados que inicialmente apresentava um 17% de dados faltantes, o que foi reduzido para 2,5% com o uso do método proposto. Encontraram-se níveis de erro (ME, MAE e RMSE) moderados (MAE 1,7 a 4,0 mm/dia) e o índice de concordância variou de 0,57, para dados diários, a 0,83, quando os dados foram agrupados em valores mensais.

Palavras-chaves: dado faltante, Ward

FILLING IN MISSING DAILY RAINFALL DATA WITH A METHOD BASED ON CLUSTER ANALYSIS

Abstract

Agrometeorology studies require each day more daily weather data, especially for modeling and simulating crop yield, plant disease, and also for strategy purposes for agricultural planning. For daily rainfall data, historical databases are commonly short or incomplete, presenting failures or missing data, which limit their use. The origin of these problems varies, however they are more related to devices and/or observers. Such problems are very common among the different institutions which control weather stations network in Venezuela, making the use of these data limited for studies in climatology, agrometeorology, and hydrology. Therefore, it is necessary to look for simple and feasible alternatives to improve the quality of rainfall database. Based on the characteristics of the Cluster Analysis, it was established a hypothesis in which daily rainfall missing data from a weather station are similar to those from another surrounding weather station. Then, missing data can be filled in with data from the nearest neighbor, which is determined by the Cluster Analysis (Ward Method, with euclidean distance). Data used in this study were obtained from 106 weather stations, from the Ministry of Environment and Natural Resources of Venezuela, for a period of 31 years (1967-1997). The original database of rainfall data presented 17% of missing data. Using the proposed method (the nearest neighbor) this percentage fell down to 2.5%. The statistical test of this method showed moderate errors, with MAE between 1.7 and 4.0 mmday⁻¹ and d from 0.57 (daily basis) to 0.83 (monthly basis).

Key-words: Missing data, Ward.

3.1 INTRODUÇÃO

Os dados meteorológicos diários, cada dia mais se tornam necessários nos estudos agrometeorológicos, seja para aplicação em modelos de prognóstico de rendimento, previsão de doenças, simulação de culturas ou no planejamento das atividades agrícolas. Dentre eles, a precipitação pode ser mencionada como o elemento do clima mais registrado no mundo. No entanto, séries históricas de dados diários de precipitação freqüentemente não estão disponíveis ou quando estão apresentam falhas ou dados faltantes, os quais limitam o uso dessa importante informação (JEFFREY et al., 2001).

Qualquer posto meteorológico pode apresentar a inexistência de períodos de dados, ou dados errados, devido a problemas com os instrumentos de registro e/ou com o operador do posto (TUCCI, 2004). Os erros nos dados podem ser aleatórios ou sistemáticos; no caso da precipitação podem ser: perda de água durante a medição, e transbordamento do coletor. A perda total do dado é possível devido a problemas com os instrumentos ou nas técnicas de medição. Esses erros ou falhas na série de dados são críticos já que afetam a continuidade dos registros e dificultam sua utilização para os mais diversos fins. Com relação aos problemas com o operador, muitas destas estações não reportam chuvas dos finais de semana ou em feriados, e quando reportados são apresentados valores acumulados (JEFFREY et al., 2001; TEEGAVARAPU; CHANDRAMOULI, 2005).

As séries de dados meteorológicos da Venezuela não fogem da situação descrita acima. Os registros dos postos pluviométricos são os que apresentam maiores problemas desse tipo, devido ao fato de que na maioria dos casos os operadores não são pessoas capacitadas na área e desconhecem a importância da acurácia e precisão da informação por eles coletada. Por outro lado, têm-se o desgaste dos instrumentos os quais datam dos anos 30, apresentando falhas no seu funcionamento, gerando a perda da informação. Essa situação se agravou na Venezuela, já que a partir de 1998, os postos pluviométricos e estações completas da mais densa rede meteorológica do país apresentaram uma drástica redução na coleta de dados.

Para que as séries de dados de precipitação com dados faltantes possam ser utilizadas, essas falhas deverão ser preenchidas ou as séries poderão ser rejeitadas parcial ou totalmente (XIA et al., 1999; JEFFREY et al., 2001). A estimativa dos dados faltantes é uma tarefa que vem sendo realizada há muito tempo, sendo normalmente empregada para dados mensais e anuais. Na escala diária são poucas as tentativas de tal procedimento.

Existem diferentes técnicas para estimar dados meteorológicos faltantes, as quais podem ser agrupadas em: métodos empíricos, estatísticos e de ajuste de funções. Os métodos empíricos incluem: média aritmética simples, interpolação pelo inverso da distância, polígono de Thiessen, média entre os dados do dia anterior e posterior, etc. Os métodos estatísticos agrupam técnicas que consideram o peso da soma dos dados de entrada, sendo que este peso está baseado na covariância espacial dos dados, incluindo os métodos da regressão múltipla, análise discriminante múltipla, análise de componentes principais, análise de séries de tempo, análise de cluster e Krigagem. No caso do ajuste de funções, os dados são ajustados a funções conhecidas. Atualmente, o método mais usado para interpolação de dados climatológicos é o de interpolação “Thin-plate splines” (XIA et al., 1999; HASENAUER et al., 2003; TEEGAVARAPU; CHANDRAMOULI, 2005).

Outro método normalmente utilizado para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitação, visando à homogeneização do período de informações é a ponderação regional com base na regressão linear. Esse método, no entanto, não é recomendando para preenchimento de séries diárias de precipitação (TUCCI, 2004).

Normalmente, os valores diários de precipitação são difíceis de serem preenchidos devido à alta variabilidade espacial e temporal deste elemento climático (TUCCI, 2004). Essa situação torna-se mais difícil quando os padrões de precipitação apresentam um curto alcance da correlação espacial, dentro da rede de registros existente. Na ausência de influência da topografia, o curto alcance da variabilidade espacial da chuva diminui com o aumento do período de acumulação da precipitação, ou seja, dados mensais são menos variáveis que dados diários (JEFFREY et al., 2001).

Xia et al. (1999) estimaram valores faltantes das variáveis: temperatura do ar, máxima e mínima, pressão de vapor de água, velocidade do vento e precipitação, para

diferentes escalas temporais (diária, semanal, quinzenal e mensal) utilizando seis diferentes métodos: média aritmética simples, método inverso da distância, método da relação normal, análise de regressão múltipla, o método tradicional da oficina de meteorologia do Reino Unido e o método da estação mais próxima. Os autores encontram que os seis métodos deram estimativas similares para a precipitação média, inclusive para as diferentes escalas de tempo, com os valores de MAE < 1,0 mm/dia para a precipitação diária e MAE < 0,5 mm/dia para as outras escalas de tempo consideradas. O método com maior consistência e precisão foi o de regressão múltipla. A partir desses dados, os autores reconstruíram séries históricas de dados na Bavária, Alemanha (XIA et al., 1999).

Os trabalhos relacionados com o preenchimento de dados faltantes ou falhas nas séries existentes são escassos e na maioria dos casos o objetivo é estimar séries de dados para locais que não contam com registros. Desse modo, os trabalhos encontrados na literatura referem-se na sua maioria a modelos de interpolação espacial dos dados climáticos os quais, muito eventualmente, são usadas para completar séries existentes (NALDER; ROSS, 1998; WILKS, 1999; PRICE et al., 2000; JEFFREY et al., 2001; HASENAUER et al., 2003; LOOKINGBILL; URBAN, 2003).

Por outro lado, diversos autores têm realizado esforços na tentativa de se solucionar o problema mediante a criação de geradores de dados climáticos, os quais permitem contar com séries de dados geradas sinteticamente, as quais passam a substituir os dados climáticos observados, e podem ser utilizados para simular o impacto da variabilidade do clima no processo de modelagem das culturas ou, a nível estratégico, para análises de simulação e risco climático (WILKS, 1999; SENTELHAS et al., 2001; HASENAUER et al., 2003).

Sentelhas et al. (2001) encontraram que as séries sintéticas de dados obtidas, quando usadas em processos de modelagem das culturas, não diferem significativamente dos resultados obtido com os dados observados, o que mostra o grande potencial dessa ferramenta.

A decisão de que tipo de método utilizar irá depender da distribuição espacial da rede de estações meteorológicas e da coerência espacial do elemento a ser interpolado (XIA et al. 1999).

Diversos autores têm utilizado a análise de agrupamento para agrupar estações meteorológicas de uma região ou país, para fins de classificação climática de regiões homogêneas, e da distribuição da precipitação de uma região. Essas análises são feitas considerando-se as características do método, no qual o agrupamento se realiza com base nas medidas de dissimilaridade ou similaridade entre os grupos (CHESSA; CESARI; DELITALA, 1999; DeGAETANO, 2001; UNAL; KLINDAP; KARACA, 2003).

A análise de agrupamento permite reunir os indivíduos (estações) em um número de grupos, onde exista uma grande homogeneidade dentro de cada grupo e uma elevada heterogeneidade entre os grupos. As medidas de dissimilaridade, indicam que quanto menor o valor observado das medidas (distâncias entre os pontos) mais parecidos são os pontos. Uma das medidas de dissimilaridade mais utilizada é a Distância Euclidiana (EVERITY, 1991).

$$d_e = \left[\sum_{j=1}^n (P_{p,j} - P_{k,j})^2 \right]^{0,5}$$

em que: d_e é a distância euclidiana, $P_{p,j}$ e $P_{k,j}$ são as variáveis quantitativas j dos indivíduos p e k .

A análise de agrupamento pode ser feita por métodos hierárquicos aglomerativos, onde em cada etapa do procedimento, são formados grupos de tal maneira que a solução resultante tenha o menor soma de quadrado dos desvios (SQD) dentro de grupos. Nessas etapas são considerados as uniões de todos os possíveis pares de grupos, e os dois que resultam em um menor aumento de SQD (que indica a mínima perda de informação na formação de um novo grupo) são agrupados até que todos os grupos formem um único, reunindo todos os indivíduos, formando um diagrama de árvore, chamado dendograma (EVERITY, 1991).

Dentre dos diferentes métodos hierárquicos da análise de agrupamento têm-se o Método de Ward, o qual forma grupos maximizando a homogeneidade dentro dos grupos ou minimizando o total das SQD dentro dos grupos (WARD, 1963; EVERITY,

1991). Tanto o método de Ward como a distância Euclidiana tem sido os mais utilizados na meteorologia (DeGAETANO, 2001; UNAL; KLINDAP; KARACA, 2003).

Levando-se em consideração as características da análise de agrupamento e do método de Ward, se estabelece a hipótese de que os grupos de estações obtidos serão suficientemente semelhantes de maneira que se possa usar os dados de uma estação fonte para substituir os dados faltantes na estação receptora. Em função dessa hipótese, o objetivo deste trabalho foi o de preencher os dados faltantes em séries diárias de precipitação pluviométrica, mediante uma proposta do método do vizinho mais próximo, sendo este aquele determinado a partir da análise de agrupamento.

3.2 DESENVOLVIMENTO

3.2.1 Material e Métodos

Foram considerados no estudo dados diários de precipitação de 106 estações meteorológicas, pertencentes ao Ministério do Ambiente e Recursos Naturais da Venezuela (MARN), distribuídas nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, região Andina (Figura 1). As séries consideradas neste estudo correspondem ao período de 1967 a 1997.

Essas séries apresentavam períodos de dados faltantes que variaram de um dia a um ano contínuo. Os dados foram avaliados com a finalidade de se retirar todos aqueles agrupados (valores acumulados) ou suspeitos de estarem errados.

Os preenchimentos dessas falhas foram realizados a partir dos valores das estações consideradas semelhantes. Para o estabelecimento da similaridade entre estações foi utilizada a análise de agrupamento, através do método hierárquico de Ward (WARD, 1963) tendo como medida de dissimilaridade a distância euclidiana.

O procedimento seguido foi:

- Aplicação da análise de agrupamento para as estações previamente separadas por estados, considerando-se as variáveis: precipitação mensal, latitude, longitude e altitude.
- Uma vez obtidos os dendogramas, se realizou a seleção das estações mais próximas (Fig. 2). Por exemplo, as estações 9060 e 4041 são consideradas

semelhantes, como primeira opção, e depois é considerada a estação 4027 como segunda opção. Assim, para cada estação foram definidas duas estações semelhantes, já que estão dentro do mesmo grupo. Esse procedimento se realizou para cada mês e estado. Com as seleções realizadas se criaram tabelas de similaridade as quais foram usadas posteriormente no processo de preenchimento dos dados faltantes.

Figura 1 – Localização e código das estações meteorológicas pertencentes ao MARN/Venezuela, consideradas no presente estudo

- Para realizar o preenchimento das falhas foi desenvolvido um aplicativo em VisualBasic (6) (Apêndice A), o qual verificou a existência da falha, localizou a estação (primeira opção) semelhante na tabela e passou a preencher o dado faltante com aquele da estação selecionada. No caso dessa estação também

apresentar falha para aquele dia, se considerou a segunda estação. Não apresentando valor nenhuma das estações selecionadas, o dado faltante não foi preenchido.

Figura 2 – Exemplo de um dendograma, demonstrando a seleção das estações semelhantes, para dados de precipitação pluviométrica.

Para o teste da confiabilidade (precisão e acurácia) deste método foram selecionados 1000 casos de dados faltantes, dentre das séries das 106 estações, considerando cinco diferentes agrupamentos temporais: diários, semanal, decendial, quinzenal e mensal. Os seguintes índices estatísticos foram utilizados a fim de se avaliar o erro cometido com o procedimento proposto:

- Raiz do Erro Quadrado Médio (RMSE) (ZACHARIAS; HEATWOLE; COAKLEY, 1996):

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 \right]^{0,5}$$

- Índice de concordância (d) (WILLMOTT, 1981):

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}$$

- Erro Absoluto Médio (MAE):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - O_i|$$

- Erro Médio (ME):

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)$$

em que: O_i e P_i representam os valores observados e estimados, n representa o número de observações e $\bar{O}$ é a média dos valores observados. O coeficiente de correlação (r), também foi usado para avaliar o grau de ajustes das falhas preenchidas.

3.2.2 Resultados e Discussão

De acordo com a análise de agrupamento foram selecionadas as duas estações semelhantes para cada um dos meses e cada estação meteorológica em estudo. Somente no caso das estações 4086 e 3035 foi selecionada apenas uma estação semelhante, já que elas constituíram sempre um grupo isolado (Tabela 1).

O total de dias das 106 séries de dados de precipitação, para o período 1967 - 1997 foram de 1.199.390 dados, nos quais se detectou a existência de 207.534 dados faltantes, o que representava 17% do total da base de dados. Com o procedimento de preenchimento dos dados faltantes este valor foi reduzido a 2,5 % (29.495).

Na avaliação do grau de ajuste ou nível de erro do procedimento de preenchimento de falhas, observou-se que os valores utilizados (substitutos) tenderam a ser menor que aqueles observados, como mostra o ME, com exceção apenas para os dados diários. Observa-se também que os valores do ME aumentaram à medida que se incrementou o agrupamento dos dados de precipitação (Tabela 2).

Ao contrário do observado para o ME, o MAE diminuiu com o aumento da escala temporal, com os menores erros absolutos ocorrendo quando os dados foram agrupados mensalmente. Essa mesma tendência se repetiu no RMSE. Nesse sentido, JEFFREY et al. (2001) mencionam que os valores diários apresentam uma maior variabilidade espacial que os mensais, o que estaria explicando essa diminuição dos erros (Tabela 2).

Os valores de MAE e RMSE são, em geral, superiores aos encontrados por outros autores em estudos de preenchimentos de falhas (XIA et al., 1999; TEEGAVARAPU; CHANDRAMOULI, 2005), usando o método do vizinho mais próximo. Salienta-se que nesses estudos foram selecionadas de três a cinco estações, se seguido de um processo de interpolação, o que difere do presente estudo no qual simplesmente utilizou-se um processo de substituição do valor faltante, baseado na semelhança das estações de acordo com a análise de agrupamento.

Tabela 2 - Erro médio (ME), erro médio absoluto (MAE), raiz do erro médio quadrado (RMSE), em mm/dia, coeficiente de correlação (r) e índice de concordância (d) dos preenchimentos de falhas de precipitação para diferentes agrupamentos temporais, baseado na análise de agrupamento, pelo método de Ward com distância euclidiana para a definição da estação semelhante

	n	ME	MAE	RMSE	r	d
Diário	1000	0,1569	4,0419	9,0749	0,34511	0,5655
Semanal	1000	-0,1997	2,5476	4,1188	0,53125	0,7225
Decendial	1000	-0,8676	2,3401	3,5379	0,55573	0,7409
Quinzenal	1000	-1,9476	2,0716	3,0671	0,62595	0,7890
Mensal	1000	-2,5887	1,6840	2,5772	0,69476	0,8303

n: número de amostras

O nível de erro obtido com este procedimento pode ser considerado moderado, porém quando considerados os valores agrupados, observou-se que se atinge cerca de 53% de ajuste e o índice d mostra uma elevada concordância entre os dados

Tabela 1 – Lista de estações selecionadas mensalmente para o preenchimento de falhas de séries de precipitação diária, baseado na análise de agrupamento, pelo método de Ward com distância euclidiana

Estação	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
2113	2147	2193	2147	2193	2147	2193	2147	2193	2147	2193	2147	2193
2115	2172	2126	2172	2126	2172	2126	2172	2126	2172	2126	2172	2126
2126	2156	2172	2156	2172	2156	2172	2156	2172	2156	2172	2156	2172
2127	2144	2156	2144	2156	2144	2156	2144	2156	2144	2156	2144	2156
2129	2146	2151	2146	2151	2146	2151	2146	2151	2146	2151	2146	2151
2132	2141	2149	2141	2149	2141	2149	2141	2149	2141	2149	2141	2149
2136	2176	2185	2176	2185	2176	2185	2176	2185	2176	2185	2176	2185
2141	2132	2149	2132	2149	2132	2149	2132	2149	2132	2149	2132	2149
2144	2127	2156	2127	2156	2127	2156	2127	2156	2127	2156	2127	2156
2146	2129	2151	2129	2151	2129	2151	2129	2151	2129	2151	2129	2151
2147	2113	2193	2113	2193	2113	2193	2113	2193	2113	2193	2113	2193
2149	2141	2132	2141	2132	2141	2132	2141	2132	2141	2132	2141	2132
2151	2146	2129	2146	2129	2146	2129	2146	2129	2146	2129	2146	2129
2156	2126	2172	2126	2172	2126	2172	2126	2172	2126	2172	2126	2172
2162	2190	2187	2190	2187	2190	2187	2190	2187	2190	2187	2190	2187
2166	2199	2167	2199	2167	2199	2167	2199	2167	2199	2167	2199	2167
2167	2196	2199	2196	2199	2196	2199	2196	2199	2196	2199	2196	2199
2172	2115	2156	2115	2156	2115	2156	2115	2156	2115	2156	2115	2156
2176	2185	2136	2185	2136	2185	2136	2185	2136	2185	2136	2185	2136
2185	2176	2136	2176	2136	2176	2136	2176	2136	2176	2136	2176	2136
2186	2187	2185	2187	2185	2187	2185	2187	2185	2187	2185	2187	2185
2187	2186	2185	2186	2185	2186	2185	2186	2185	2186	2185	2186	2185
2190	2162	2187	2162	2187	2162	2187	2162	2187	2162	2187	2162	2187
2193	2195	2147	2195	2147	2195	2147	2195	2147	2195	2147	2195	2147
2195	2193	2147	2193	2147	2193	2147	2193	2147	2193	2147	2193	2147
2196	2167	2199	2167	2199	2167	2199	2167	2199	2167	2199	2167	2199
2199	2166	2195	2166	2195	2166	2195	2166	2195	2166	2195	2166	2195
3005	3114	3166	3114	3166	3114	3166	3114	3166	3114	3166	3114	3166
3023	3132	3098	3132	3098	3132	3098	3132	3098	3132	3098	3132	3098
3024	3089	3197	3089	3197	3089	3197	3089	3197	3089	3197	3089	3197
3027	3057	3197	3057	3197	3057	3197	3057	3197	3057	3197	3057	3197
3030	3038	3115	3038	3115	3038	3115	3038	3115	3038	3115	3038	3115
3035	4086	4086	4086	4086	4086	4086	4086	4086	4086	4086	4086	4086
3038	3030	3115	3030	3115	3030	3115	3030	3115	3030	3115	3030	3115
3040	3166	3114	3166	3114	3005	3057	3114	3005	3057	3114	3005	3057
3042	3134	3115	3134	3115	3134	3115	3134	3115	3134	3115	3134	3115
3052	3135	3141	3135	3141	3135	3141	3135	3141	3135	3141	3135	3141
3061	8072	8074	8074	8072	8074	8072	8074	8072	8074	8072	8074	8072
3072	3111	3112	3111	3112	3111	3112	3111	3112	3111	3112	3111	3112
3073	3074	3094	3074	3094	3074	3094	3074	3094	3074	3094	3074	3094
3074	3094	3074	3094	3074	3094	3074	3094	3074	3094	3074	3094	3074
3080	3138	3169	3138	3169	3138	3169	3138	3169	3138	3169	3138	3169
3081	3061	8052	4012	3082	4012	3082	4012	3082	4012	3082	4012	3082
3082	8065	4045	8065	4045	8065	4045	8065	4045	8065	4045	8065	4045
3089	3024	3197	3024	3197	3024	3197	3024	3197	3024	3197	3024	3197
3091	4060	4026	4060	4026	4060	4026	4060	4026	4060	4026	4060	4026
3094	3074	3073	3074	3073	3074	3073	3074	3073	3074	3073	3074	3073
3098	3132	3023	3132	3023	3132	3023	3132	3023	3132	3023	3132	3023
3108	8049	3195	8049	3195	8049	3195	8049	3195	8049	3195	8049	3195
3111	3072	3112	3072	3112	3072	3112	3072	3112	3072	3112	3072	3112
3112	3161	3111	3161	3111	3161	3111	3161	3111	3161	3111	3161	3111
3114	3005	3166	3005	3166	3005	3166	3005	3166	3005	3166	3005	3166
3115	3038	3030	3038	3030	3038	3030	3038	3030	3038	3030	3038	3030
3132	3023	3098	3023	3098	3023	3098	3023	3098	3023	3098	3023	3098
3133	3170	8056	3170	8056	3170	8056	3170	8056	3170	8056	3170	8056
3134	3042	3115	3042	3115	3042	3115	3042	3115	3042	3115	3042	3115
3135	3052	3141	3052	3141	3052	3141	3052	3141	3052	3141	3052	3141
3138	3080	3169	3080	3169	3080	3169	3080	3169	3080	3169	3080	3169
3141	3135	3152	3135	3152	3135	3152	3135	3152	3135	3152	3135	3152
3142	8056	3170	8056	3170	8056	3170	8056	3170	8056	3170	8056	3170
3161	3112	3111	3112	3111	3112	3111	3112	3111	3112	3111	3112	3111
3166	3134	3098	3134	3098	3134	3098	3134	3098	3134	3098	3134	3098
3169	3138	3030	3138	3030	3138	3030	3138	3030	3138	3030	3138	3030
3170	3133	8056	3133	8056	3133	8056	3133	8056	3133	8056	3133	8056
3195	8049	3108	8049	3108	8049	3108	8049	3108	8049	3108	8049	3108
3197	8057	3089	8057	3089	3024	3089	3024	3089	3024	3089	8057	3089
4002	4014	4026	4014	4026	4014	4026	4014	4026	4014	4026	4014	4026
4012	3081	3082	3081	3082	3081	3082	3081	3082	3081	3082	3081	3082
4014	4026	4060	4026	4060	4026	4060	4026	4060	4026	4060	4026	4060
4018	4051	4093	4051	4093	4051	4093	4051	4093	4051	4093	4051	4093
4024	4037	4085	4037	4092	4037	4082	4037	4027	4041	4027	4041	4027
4026	4060	3091	4060	3091	4060	3091	4060	3091	4060	3091	4060	3091
4027	4041	9060	4041	9060	4041	4091	4041	4024	4024	4041	4024	4041
4037	4085	4032	4092	4085	4084	4082	4024	4027	8075	4041	8075	4041
4041	9060	4027	9060	4027	4027	4091	4027	4024	4027	4024	4027	4091
4045	4083	4063	4083	4063	4083	4063	4083	4063	4083	4063	4083	4063
4050	3094	3074	3094	3074	3094	3074	3094	3074	3094	3074	3094	3074
4051	4018	4093	4018	4093	4018	4093	4018	4093	4018	4093	4018	4093
4057	4086	4058	4086	4058	4086	4058	4086	4058	4086	4058	4086	4058
4058	4058	4086	4058	4086	4058	4086	4058	4086	4058	4086	4058	4086
4059	4058	4086	4058	4086	4058	4086	4058	4086	4058	4086	4058	4086
4060	3091	4026	3091	4026	3091	4026	3091	4026	3091	4026	3091	4026
4063	8053	8053	8053	8053	8053	8053	8053	8053	8053	8053	8053	8053
4072	8067	8066	8067	8066	8067	8066	8067	8066	8067	8066	8067	8066
4082	8075	4092	8075	4085	4085	4085	4092	4085	4085	4092	8075	4085
4083	4045	4063	4045	4063	4045	8065	8065	4045	8053	3082	4045	4063
4085	4037	4092	4092	4037	4092	4082	4092	4082	4092	4082	4092	4082
4086	3035	-	3035	-	3035	-	3035	-	3035	-	3035	-
4091	9060	4041	9060	4085	9060	4041	4027	9060	4092	9060	4085	9060
4092	4085	4037	4037	4085	4085	4082	4085	4085	4082	4085	4085	4082
4093	9060	4051	9060	4051	9060	4051	9060	4051	9060	4051	9060	4051
8049	3108	3195	3108	3195	3108	3195	3108	3195	3108	3195	3108	3195
8052	8054	8073	8054	8073	8054	8073	8054	8073	8054	8073	8054	8073
8053	4083	4063	4083	4063	4083	4063	4083	4063	4083	4063	4083	4063
8054	8052	8073	8052	8073	8052	8073	8052	8073	8052	8073	8052	8073
8056	3170	3133	3170	3133	3170	3133	3170	3133	3170	3133	3170	3133
8057	3197	3089	3197	3089	3197	3024	3089	3024	3089	3024	3089	3197
8065	3082	4045	3082	4045	3082	4012	3082	4045	3082	4012	3082	4045
8066	8067	4072	8067	4072	8067	4072	8067	4072	8067	4072	8067	4072
8067	4072	8066	4072	8066	4072	8066	4072	806				

observados e preenchidos ($d > 0,7$) (Tabela 2). Isto leva a considerar que apesar do erro cometido no processo, estes dados podem ser usados com um relativo nível de confiança.

Este procedimento permitiu contar com uma base de dados diários de precipitação factível de ser usada em processos de modelagem de culturas, rendimentos ou doenças contendo um reduzido número de dados faltantes os quais não afetam de maneira significativa os resultados dos modelos. Igualmente, essa base de dados pode ser utilizada em outros estudos agrometeorológicos, climatológicos e hidrológicos que não seriam possíveis com a existência de dados faltantes nas séries.

3.3 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise de agrupamento pelo método de Ward com distância euclidiana, permitiu estabelecer estações suficientemente semelhantes para serem usadas no preenchimento de dados faltantes em séries históricas de precipitação pluviométricas, com um moderado nível de confiança.

Os próximos estudos devem avaliar a seleção de grupos de estações semelhantes, para realizar a interpolação ou obter a média do valor a ser usado para o preenchimento da falha, com o objetivo de melhorar a acurácia e precisão do método.

3.4 REFERÊNCIAS

CHESSA, P.A.; CESARI, D.; DELITALA, A.M.S. Mesoscale precipitation and temperature regimes in Sardinia (Italy) and their related synoptic circulation. **Theoretical and Applied Climatology**, Viena, v. 63, p. 195-221, 1999.

DeGAETANO, A. Spatial grouping of United States climate stations using a hybrid clustering approach. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 21, p. 791-807, 2001.

EVERITY, B. S. **Applied multivariate analysis**. Edward Arnold British Library Cataloguing in Publication Data, 1991. 400 p.

HASENAUER, H.; MERGANICOVA, K.; PETRITSCH, R.; PIETSCH, S.A.; THORNTON, P.E. Validating daily climate interpolations over complex terrain in Austria. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 119, p. 87-107, 2003.

JEFFREY, S.J.; CARTER, J.O.; MOODIE, K.B.; BESWICK, A.R. Using spatial interpolation to construct a comprehensive archive of Australian climate data. **Environmental Modeling & Software**, Oxford, v. 16, p. 309-330, 2001.

LOOKINGBILL T.R., URBAN D.L. Spatial estimation of air temperature differences for Landscape-scale studies in mountain environments. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 114, p. 141-151, 2003.

NALDER, I.A.; ROSS, W.W. Spatial interpolation of climatic normal; test of a new method in the Canadian boreal forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 92, p. 211-255, 1998.

PRICE, D.T.; McKENNEY, D.W.; NAIDER, I.A.; HUTCHINSON, M.F.; KESTEVEN, J.L. A comparison of two statistical methods for spatial interpolation of Canadian monthly mean climate data. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 101, p. 81-94, 2000.

SENTELHAS, P.C.; FARIA, T. DE R.; CHAVES, M.O.; HOOGENBOMM, G. Evaluation of the WGEN and SIMMETEO weather generators for the Brazilian tropics and subtropics, using crop simulation models. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sta. Maria, v. 9, n. 2, p. 357-376, 2001.

TEEGAVARAPU, R.S.V.; CHANDRAMOULI, V. Improved weighting methods, deterministic and stochastic data-driven models for estimation of missing precipitation records. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, 2005. In print.

TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004, 943 p.

UNAL, Y.; KLINDAP, T.; KARACA, M. Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 23, n. 9, p. 1045-1055, 2003.

WARD, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 58, n. 1, p. 236-244, 1963.

WILKS, D. Simultaneous stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation at multiple sites in complex terrain. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 96, p. 85-101, 1999.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**. Norwich, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.

XIA, Y.; FABIAN, P.; STOHL, A.; WINTERHALTER, M. Forest climatology: estimation of missing values for Bavaria, Germany. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 96, p. 131-144, 1999.

ZACHARIAS, S.; HEATWOLE, C.D.; COAKLEY, C.W. Robust quantitative techniques for validating pesticide transport models. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 1, p. 47-54, 1996.

4 RISCO CLIMÁTICO DE OCORRÊNCIA DA REQUEIMA DA BATATA NA REGIÃO DOS ANDES, VENEZUELA

Resumo

A batata é uma das culturas de maior importância na produção agrícola da Venezuela, ocupando o oitavo lugar no consumo Venezuelano. As condições climáticas de baixa temperatura e alta umidade, existentes na região onde normalmente se cultiva a batata, são favoráveis para a ocorrência da Requeima. Sendo esta a doença que mais limita a produção de batata em quase todas as regiões produtoras do país, causando perdas de até 100%. Em decorrência disso e da importância da cultura o país, propôs-se a realização do presente trabalho, cujo objetivo foi caracterizar e espacializar o risco de ocorrência da Requeima da batata na região andina da Venezuela, mediante o modelo de previsão da Requeima proposto por Hyre (1954), cujos dados de entrada foram à precipitação e temperatura média e mínima diárias. Estes dados foram obtidos de 106 estações pertencentes ao Ministério do Ambiente e Recursos Naturais da Venezuela, para um período de 31 anos (1967-1997). A interpolação dos dados se realizou mediante a Geoestatística, utilizando a Krigagem ordinária e gerando os mapas de risco de cada data de semeadura. Para o estudo foram consideradas 20 datas de semeadura que se iniciaram em 1º de janeiro indo até 15 de outubro. Definiram-se os índices de risco máximo e provável. Esses índices mostraram que a época de maior risco acontece durante o período chuvoso, principalmente nos estados de Táchira e Trujillo, sendo este último numa menor área.

Palavras-chaves: Geoestatística, SIG

CLIMATIC RISK FOR POTATO LATE BLIGHT OCCURRENCE IN THE ANDES REGION, VENEZUELA

Abstract

Potato is one of the most important crops for Venezuela's agriculture, having the eighth place among food consumption in Venezuela. However, weather conditions, low temperature and high humidity, which occur in the region where potatoes are grown are favorable to Late Blight (*Phytophthora infestans*) occurrence. Such disease limits the potato production in almost all regions of the country, causing losses up to 100% in some years. Considering the importance of potato crop to Venezuela and the impact of Late Blight on crop yield, this study aimed to characterize and spatialize the climatic risk of potato Late Blight occurrence in the Andes region of Venezuela, based on the forecast model proposed by Hyre (1954), which uses as input daily rainfall and daily average and minimum air temperature. Data used in this study were obtained from 106 weather stations, from the Ministry of Environment and Natural Resources of Venezuela, for a period of 31 years (1967-1997). The interpolation of the climatic risk for Late Blight occurrence was done by Geostatistics, using the ordinary Kriging method, and generating the maps of risks for each sowing date. For this study were considered 20 different sowing dates, starting on January 1st and ending on October 15th. The maximum and most likely risks were then defined. These indexes showed that the period with the highest risk for potato Late Blight occurrence is during the rainy season, mainly in the states of Táchira and Trujillo, although in the last state on a minor scale.

Key-words: Geostatistics, GIS

4.1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, a batata ocupa o quarto lugar das culturas alimentícias de importância a nível mundial, sendo superada apenas pelo trigo, arroz e milho. A produção mundial representa 50% de todas as raízes e tubérculos produzidas (FAO, 2001). A batata destaca-se dos outros alimentos pelo alto conteúdo de proteínas, sendo superado só pelo ovo e leite (MIRANDA et al., 2003). Na década de 90, observou-se uma fase de expansão na produção da batata, atingindo uma produção próxima a 330 milhões de toneladas no ano 2000. Nos anos seguintes, houve uma ligeira redução na produção, atingindo em 2004, 328.865.936 t, com rendimento de 17.189 kg/ha para uma superfície colhida de 19.132.110 ha (FAOSTAT, 2005).

Na América do Sul, foi observada uma tendência similar à ocorrida a nível mundial, com a máxima produção dos últimos 10 anos sendo em 1999 (14,2 milhões de toneladas), representando cerca de 4,75% da produção mundial (FAOSTAT, 2003). Como consequência desta significativa expansão da cultura da batata, ela tem se tornado não apenas uma importante fonte de alimentos, mas também geradora de empregos rurais e de divisas para vários países (FAO, 2001).

Na Venezuela, a produção de batata manteve-se em crescimento durante a década de 90. Em 2003, a produção caiu cerca de 15% em relação ao ano anterior, provavelmente devido à redução da superfície cultivada. Em 2004, a produção foi de 300.000 t, com um rendimento de 17.647 kg/ha numa superfície cultivada de 16.876 ha (FAOSTAT, 2005). Esta produção se destina fundamentalmente ao consumo interno, representando um dos produtos vegetais frescos de maior preferência na dieta da população Venezuelana, com um consumo per capita de 13,6 kg/pessoa/ano (FAO, 2001).

A batata é semeada em variadas condições de altitude, desde os 400 até 3000 msnm, sendo que as regiões de maior importância, em função da área de produção, estão situadas nos estados de Lara, região dos Andes (Táchira, Mérida e Trujillo), nos vales centrais (Carabobo e Aragua) e na região oriental (Monagas e Anzoátegui) (Figura 1).

Apesar de todo esse crescimento, a cultura da batata é afetada por vários fatores que depreciam o rendimento nessas regiões, constituindo-se a ocorrência de doenças um dos principais. Dentre as doenças que ocorrem na cultura da batata, a Requeima (*Phytophthora infestans*) é considerada a de maior importância, sendo relatada como o principal problema na maioria dos países que cultivam batata no mundo (CIP, 2003), condicionando em muitos deles o uso indiscriminado de fungicidas. Isso acaba tendo como consequência o aumento no custo de produção e o impacto ambiental, devido à contaminação da água e do solo. Dada a importância da doença como fator limitante da produção da cultura da batata, diferentes métodos de controle integrado têm sido usados, como por exemplo a utilização de sementes saudáveis, uso de variedades resistentes, adequação da irrigação, mudanças na época de semeadura e controle químico (FRY; APPLE; BRUHN, 1983; MARCANO et al., 1986). Atualmente, considera

Figura 1 – Estados produtores de batata na Venezuela. Fonte: CIP, 2003

se que todas as variedades ou híbridos semeados comercialmente são susceptíveis a alguma raça do patógeno, já que o *P. infestans*, por meio de algum tipo de mecanismo, é capaz de criar novas raças fisiológicas. Portanto, o método mais eficiente para o controle da doença ainda é o químico (MAFFEI et al., 1999).

Tal situação faz com que sejam consideradas alternativas para se efetuar o controle efetivo da doença, sendo uma delas os modelos de previsão da ocorrência. Esses modelos têm sido desenvolvidos desde 1954 e consideram diferentes elementos meteorológicos, sendo os mais usados: temperatura média do ar, número de horas com a umidade relativa acima de 90 % e precipitação. Alguns dos mais usados são os modelos de Wallin (1962), Hyre (1954) e Fry; Apple; Bruhn, (1983), assim como o BLITECAST (KRAUSE et al., 1975).

Existe ainda a possibilidade de se conjugar o uso de ferramentas, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a Geoestatística, os modelos de prognóstico da doença e os dados ou técnicas agrometeorológicas, para se criar e disponibilizar produtos (mapas) que melhorem a visualização da distribuição das áreas de riscos ou de escape à ocorrência das doenças, os quais são de muita utilidade no planejamento estratégico da produção de batata de uma dada região.

Na Venezuela, a Requeima é a doença que mais limita a produção de batata em quase todas as regiões produtoras do país, causando perdas de até 100%, quando ela ocorre nas épocas críticas de desenvolvimento da cultura (GARCIA; GARCIA, 2004), especialmente na região dos Andes, a qual é caracterizada por baixas temperaturas e alta umidade. Mesmo sendo está uma das doenças mais estudada a nível mundial, existem poucas informações a respeito de seu comportamento e suas conseqüências nas principais regiões produtoras da Venezuela (ESCALANTE; FARRERA, 2004), onde não há variedades resistentes ao patógeno, sendo a maioria delas classificadas como moderadamente resistentes (Andinita, D. Capiro e Caribay) ou susceptíveis (Kennebec, Granola e Atlantic) (ÑÚSTEZ, 1999).

A carência de informações relacionadas com a distribuição, a severidade e, principalmente, a possibilidade do uso de ferramentas que permitam identificar o risco potencial de ocorrência da Requeima da batata motivaram a realização deste estudo, cujo objetivo foi caracterizar o risco climático de ocorrência da Requeima da batata na

região produtora dos Andes, na Venezuela, para diferentes datas de semeadura, mediante um modelo de previsão simples, e a espacialização desse risco através da Geoestatística e dos Sistemas de Informação Geográfica.

4.2 DESENVOLVIMENTO

4.2.1 Revisão bibliográfica

4.2.1.1 Interação clima e doença de plantas

Na atualidade sabe-se que as doenças que afetam as plantas são fortemente influenciadas pelo clima da região (COLHOUN, 1973; WMO, 1988; AGRIOS, 1988; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Portanto, no manejo e controle das doenças a condição microclimática é de grande importância, já que condiciona os processos infecciosos. Ward, 1890 apud Colhoun (1973), menciona que se o ambiente não for favorável ao hospedeiro, mais o for ao patógeno, à doença ocorrerá em nível de epidemia.

O clima influencia tanto o crescimento e a susceptibilidade do hospedeiro, como a multiplicação e a atividade do patógeno; assim como a dispersão deste último para outras áreas ou regiões. Sendo o clima fundamental na interação entre o patógeno e o hospedeiro (COLHOUN, 1973; AGRIOS, 1988; WMO, 1988; AYOADE, 1996), deduz-se, então, que para que a doença ocorra devem estar presentes três fatores: susceptibilidade do hospedeiro, agressividade do patógeno e condições climáticas favoráveis. Nesse sentido, o mais importante para o estabelecimento da doença em um dado ciclo da cultura passa a ser a variação das condições climáticas, as quais podem drasticamente influenciar o início e o desenvolvimento da doença (AGRIOS, 1988).

Os elementos meteorológicos que mais influenciam a ocorrência e desenvolvimentos das doenças são a temperatura e a umidade do ar (COLHOUN, 1973; AGRIOS, 1988; WMO, 1988; GILLESPIE, 1994; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), porém, considerando-se todo o ciclo das doenças outros elementos do clima também têm papel fundamental no processo infeccioso, como a

luminosidade, o vento, a radiação solar e a chuva, que atuam nos processos de germinação dos esporos, penetração e disseminação, isso sem considerar outros fatores relacionados ao solo, quando a doença ocorre nas raízes (GILLESPIE, 1994; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002) (Figura 3).

Figura 2 - Influência dos elementos climáticos nas fases de desenvolvimento das doenças fúngicas.
Fonte: PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS. (2002)

Alguns autores como Agrios (1988) e Pereira; Angelocci e Sentelhas. (2002), consideram que a umidade, expressa pela duração do período de molhamento (DPM) disponível na superfície da planta, é o fator determinante na ocorrência das doenças. Este pode ser proporcionado pela chuva, irrigação ou orvalho. Dentre eles, o orvalho é o condicionador natural da ocorrência das doenças, já que sua permanência sobre o tecido vegetal permite a germinação dos esporos e penetração do tubo germinativo (no caso dos fungos) nas folhas, mesmo quando as chuvas não ocorrem (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Em alguns casos, o patógeno requer o contato permanente com a água para poder sobreviver, existindo um período mínimo de molhamento que se interrompido afeta a viabilidade do inóculo (COLHOUN, 1973; WMO, 1988). Para a maioria das doenças de plantas é requerida uma seqüência de dias com a DPM superior a 10 horas. A umidade também afeta a extensão e severidade

da doença ao aumentar a suculência do hospedeiro, o que leva a um incremento na sua susceptibilidade a certos patógenos (AGRIOS, 1988).

A chuva, por sua vez, atua de maneira favorável proporcionando o molhamento da planta, assim como a dispersão através das gotas e respingos que transportam os esporos até as plantas vizinhas. Para algumas regiões, a ocorrência de muitas doenças está correlacionada com a quantidade e a distribuição da chuva ao longo do ano. Da mesma forma, o número de ciclos da doença por estação de cultivo está estreitamente correlacionado com o número de chuvas com suficiente duração para o estabelecimento de uma nova infecção (AGRIOS, 1988). Além disso, o orvalho e a chuva exercem influencia desfavorável no controle das doenças, já que atuam na diluição ou lavagem dos defensivos aplicados (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Em relação à temperatura do ar, Colhoun (1973) a considera o elemento mais importante nos processos infecciosos, apesar de outros autores, como Agrios (1988), WMO (1988) e Pereira; Angelocci e Sentelhas (2002) a considerarem um fator menos limitante. No entanto, é a associação dela à umidade que vai condicionar o sucesso da ocorrência da doença. O efeito da temperatura está relacionado com os valores ótimos para o crescimento e desenvolvimento do hospedeiro e do patógeno (AGRIOS, 1988); sendo assim, ela é o fator crítico que afeta o aparecimento das doenças no trópico úmido e na região temperada (AYOADE, 1996).

A influência do vento nas doenças infecciosas das plantas está relacionada à propagação dos patógenos. As doenças que se propagam rapidamente e que podem assumir dimensões de epidemias são causadas por patógenos que são transportados diretamente pelo vento ou indiretamente por insetos, que também sofrem a influencia dos ventos, levando-os a longas distâncias. Por outro lado, o vento pode ser de utilidade para prevenir a infecção devido ao fato de que ele acelera o processo de secagem do molhamento na superfície das plantas, evitando a penetração ou germinação dos esporos (AGRIOS, 1988; WMO, 1988).

Baseando-se no que foi exposto, deduz-se que o conhecimento da influência do clima no ciclo biológico e na atividade do patógeno permite que este seja expresso em forma de relações quantitativas, sendo que, em alguns casos é possível produzir regras

ou modelos matemáticos que refletem a biologia do patógeno em função dos elementos do clima (WMO, 1988). Os modelos mais antigos foram derivados da comparação direta entre os dados epidemiológicos e os dados meteorológicos, sendo considerados “regras” de decisão, os quais eram limitados pela inexistência de longas séries de dados e de conhecimento do impacto da doença no desenvolvimento das culturas, existindo a tendência de se usar resultados apenas de trabalhos de laboratório (BOURKE, 1970, KRAUSE; MASSIE, 1975).

4.2.1.2 Sistema de previsão de doença

Os sistemas de previsão podem ser divididos em previsão da doença e previsão da infecção. Os de previsão da doença prognosticam a ocorrência dos sintomas em função de certas condições ambientais conhecidas, que podem favorecer a infecção do hospedeiro pelo patógeno. Alguns desses sistemas consideram a quantidade de inóculo ou de doença presente num determinado momento; outros partem da presunção de que o inóculo sempre está presente em quantidade suficiente para iniciar uma infecção. Esta presunção leva a certo grau de incerteza, que se reduz quando se aumenta a probabilidade da presença do inóculo. Já os de previsão da infecção, principalmente prognosticam o avanço da condição favorável para a ocorrência da doença, considerando-se que o controle químico é realizado, principalmente, de forma preventiva, pois é mais importante o conhecimento do período infeccioso que poderá ocorrer do que o período infeccioso que está ocorrendo (KRAUSE; MASSIE, 1975).

Os sistemas empíricos, apesar de serem baseados em relações muito simples, não apresentam limitação geográfica ao local onde foram desenvolvidos, já que estes se baseiam na inter-relação de condições biológicas e meteorológicas, que afetam a interação hospedeiro – patógeno, podendo ser aplicado, com pequenas modificações, em outros locais onde o hospedeiro e o patógeno ocorram (KRAUSE; MASSIE, 1975).

O importante de um sistema de previsão do progresso da doença em relação às condições meteorológicas, é que sejam razoavelmente exatos e amigáveis para sua implementação. Um modelo que oferece 95% de exatidão sob condições de laboratório, porém não pode ser usado em condições de campo, devido à complexidade dos dados

requeridos, é menos útil que um modelo empírico simples que possa ser implementado, mesmo que este apresente uma exatidão de 80% (KRAUSE et al., 1975). O principal objetivo na elaboração de modelos de previsão das doenças é atingir a máxima simplicidade, para uma fácil e uniforme aplicação, sem sacrificar os aspectos essenciais da inter-relação clima – doença (BOURKE, 1970).

Portanto, conhecendo-se as condições de tempo favoráveis para o desenvolvimento da doença é possível se determinar o momento oportuno para a pulverização da cultura, alcançado um controle eficiente, com mínimo custo, além de reduzir a contaminação ambiental e retardar o desenvolvimento de resistência no patógeno alvo (BOURKE, 1970; GILLESPIE, 1994).

A maioria dos métodos emprega dados em tempo real, no entanto existem aplicações com dados climatológicos que indicam o desenvolvimento provável, a extensão ou a alteração do ciclo da doença, informações essas especialmente úteis nas áreas propensas a climas que favorecem uma determinada doença, a fim de evitar o crescimento de culturas susceptíveis (GILLESPIE, 1994).

Os modelos mais frequentes são os numéricos, em que as informações meteorológicas usadas são em geral: molhamento, umidade relativa e temperatura do ar. O molhamento, dependendo do modelo, é representado pela quantidade de chuva, totalizada progressivamente ou em períodos de dias, pela duração da chuva, duração do período de molhamento, ou, excepcionalmente, pela intensidade da chuva como fator de disseminação dos esporos (BOURKE, 1970).

4.2.1.3 Geofitopatologia

Em 1967, o fitopatologista Weltzien introduziu o termo geofitopatologia para descrever a técnica de apresentação da distribuição espacial das doenças de plantas numa determinada área. Tal técnica mostra como as doenças se distribuem num espaço geográfico (mapa) estabelecendo relações com fatores climáticos, da vegetação e do solo que favoreçam sua ocorrência, de modo a permitir a compreensão da causa desses padrões de distribuição. Esses mapas ilustram a expansão das doenças das plantas numa escala regional ou até mesmo em escala continental, os

quais podem ser classificados em: mapas de localização, mapas de intensidade, mapas de áreas de ocorrência, mapas de datas de ocorrência e mapas da distribuição das áreas de risco de ocorrência ou das áreas de escape (WELTZIEN, 1967).

Os mapas mais comumente utilizados são os de ocorrência da doença, normalmente baseados em estudos sistemáticos de campo. Portanto, a aparente ausência de uma doença indica a ausência do patógeno. Se as distribuições geográficas de um patógeno e seu hospedeiro são conhecidas e há disponibilidade suficiente de informações sobre seus requerimentos ecológicos, é possível se prever a ocorrência da doença, sendo esta uma das principais aplicações da geofitopatologia (WELTZIEN, 1967)

Levando-se em consideração os pontos anteriores, Weltzien (1967) propôs a definição do controle ou manejo da doença em função de seu aspecto geográfico. Mas o uso desses mapas permaneceu limitado por muito tempo, já que implicava em muito trabalho de cartografia, o que não era de fácil acesso na época, além dos problemas relacionados às imprecisões dos mesmos e ao tempo necessário para sua confecção. Com o surgimento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e outras ferramentas como a Geoestatística e os Sistemas de Geoposicionamento (GPS), os estudos nessa área têm se incrementado e fortalecido, especialmente pela combinação das diferentes técnicas como SIG, sensores remotos, dados ou ferramentas agrometeorológicas e modelos de previsão da ocorrência de doenças das culturas.

A Geoestatística oferece o meio para se descrever a continuidade espacial de muitos fenômenos naturais e baseando-se nela é possível se fazer estimativas de locais não amostrados. Um estudo geoestatístico pode ser realizado em quatro fases: análise exploratória dos dados, modelagem (variograma) da autocorrelação espacial, estimação de locais não amostrados (interpolação), através dos mapas de superfície, e avaliação da confiabilidade dos valores estimados (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989). O variograma é uma maneira de se descrever a autocorrelação espacial existente. As menores variâncias no variograma, representam a alta correlação entre os pontos observados, sendo esses pontos os considerados dentro do procedimento de interpolação de superfície conhecido como Krigagem.

Algumas das vantagens que a Geoestatística apresenta em relação às outras técnicas de interpolação são: o estudo da variabilidade espacial (análise de variograma para medir a variabilidade espacial de uma variável regionalizada), a suavização da interpolação, o desagrupamento (anula o efeito de concentrações localizadas de observações), a determinação de anisotropia (determina a existência de efeito direcional na variabilidade), a precisão da interpolação e a incerteza (associa a margem de erro da estimativa) (ANDRIOTTI, 2004).

A Krigagem consiste na estimação por médias móveis de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes, obtendo-se a variância de estimação mínima possível, enquanto considerados como interdependentes, por uma função denominada variograma. A krigagem usa informações a partir do variograma para encontrar os pesos ótimos a serem associados às amostras com valores conhecidos que irão estimar pontos desconhecidos. O estimador de Krigagem é do tipo BLUE (“best linear unbiased estimator”), o qual é formado por uma combinação linear dos dados, sendo um estimador sem tendência (“unbiased”), desde que a média do erro residual seja igual a zero. É o melhor porque seu objetivo é minimizar a σ_R^2 do erro ou seja:

$$Z_k^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot z(x_i) \dots\dots\dots(1)$$

em que: λ_i são os ponderadores, $z(x_i)$ são os dados experimentais, n o número total desses dados e Z_k^* o estimador da Krigagem.

A função variograma $2\gamma(h)$ é definida como sendo a esperança matemática do quadrado da diferença entre os valores de pontos no espaço, separados por uma distância h , conforme a seguinte equação:

$$2\gamma(h) = \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \dots\dots\dots(2)$$

em que: n é o número de pares de ponto separados por uma distância h , $z(x_i)$ é a variável regionalizada no ponto x , $Z(x_i + h)$ é a variável regionalizada no ponto $(x + h)$

O gráfico da função variograma $2\gamma(h)$ versus a distância h é conhecido como variograma experimental, o qual é calculado a partir das observações disponíveis, passível de modelagem ou não, dependendo da variação espacial da variável regionalizada. O variograma expressa a variação espacial da variável, baseado no efeito pepita (C_0), que mostra a descontinuidade da origem, e no alcance ou amplitude (a), que indica a distância a partir da qual os valores da variância se tornam essencialmente constantes. Nesse ponto, as amostras passam a não possuir correlação espacial e a relação entre elas torna-se aleatória, sendo que o patamar ($C + C_0$) indica o valor no qual a função se estabiliza (Figura 3).

Figura 3 – Representação de um variograma experimental

A função do variograma deve ser ajustada a uma função matemática que descreva a continuidade, a variabilidade ou a correlação espacial existente entre os dados. Dentre dos modelos teóricos mais usados tem-se: esférico, exponencial, linear e gaussiano.

Na fitopatologia, a Krigagem tem sido utilizada para analisar epidemias de doenças ou padrões de inóculo em diferentes escalas, que podem variar desde a superfície das raízes das plantas até a lavoura (NELSON et al., 1999; JAIME-GARCIA

et al., 2001). Dentre alguns dos exemplos do uso da geoestatística em fitopatologia pode-se citar Jaime-García et al. (2001), que analisaram a severidade da Requeima para as condições de Del Fuerte Valle, México, mediante o uso da Krigagem. Os autores encontraram que a epidemia da Requeima apresentou uma estrutura espacial diferente a cada ano para esse local.

Outros estudos são aqueles relacionados com o inóculo e sua relação com a incidência da doença. Nesse sentido, Chellemi et al. (1988) usaram a geoestatística para determinar a variabilidade espacial da densidade inicial do inóculo e sua relação com a incidência da doença no campo. Os autores observaram que a geoestatística foi versátil, já que permitiu medir a variabilidade espacial e detectar a independência de amostras tanto na densidade de inóculo como nas datas de incidência da doença.

A capacidade de análise dos SIG's permite a associação de modelos de previsão de doenças aos prognósticos do tempo de alta resolução, possibilitando assim se prever o desenvolvimento da doença. Baseando-se na dependência existente entre a doença, alguns valores críticos do tempo, a distribuição do inóculo e os mapas de risco de ocorrências, são gerados mapas de áreas de escape.

Nessa linha de estudos, Hijmans et al. (2000), usando dois modelos de prognóstico da Requeima da batata (BLITECAST e SimCast) acoplados a um SIG, realizaram o zoneamento agroecológico desta doença, baseado no número estimado de pulverizações necessárias para um manejo efetivo da mesma. Consideraram a precipitação, a temperatura diária e a duração do período de molhamento (estimada pelo número de horas com umidade relativa superior a 90%) como variáveis climáticas de entrada dos modelos. Partiram de dados climáticos mensais globais para obter, por meio de interpolação, os dados diários. Estimaram o número ótimo de pulverizações e compararam este com o número atual de pulverizações realizadas pelos agricultores. Este trabalho evidenciou o sucesso da integração dos modelos de prognóstico de doenças com o SIG, permitindo oferecer informações úteis sobre a severidade da doença.

Com o objetivo de se determinar áreas de escape à *Cylindrocladium quinqueseptatum* "leaf blight" (Requeima) em eucalipto, Booth et al. (2000) usaram uma regra simples baseada em dados climáticos (precipitação média anual > 1400 mm e a

temperatura do mês mais frio $\leq 16^{\circ}\text{C}$) para identificar locais com alto risco de ocorrência desta doença na África, na Austrália, na América Latina e o no sudoeste da Ásia. Esse estudo também permitiu identificar áreas vulneráveis onde o patógeno ainda não estava presente e áreas de risco potencial.

A disponibilidade de informações detalhadas da ocorrência da doença permite se desenvolver modelos ajustados à realidade, no entanto, a limitação é que na maioria dos casos essas informações não estão disponíveis. Assim, modelos simples, baseados em médias climáticas, são os mais acessíveis, produzindo uma primeira aproximação das áreas de risco, o que é de utilidade para a tomada de decisões estratégicas (BOOTH et al., 2000).

4.2.1.4 Generalidades da cultura da Batata

A batata pertence ao gênero *Solanum L.*, subgênero *Potatoe* (G. Don) D'Arcy (MONTALDO, 1984), cujo nome científico é *Solanum tuberosum*. O centro de origem da batata foi nos Andes, próximo do lago Titicaca. A batata é conhecida na América a mais de 10.500 anos e na literatura são citados os povos dos quais era a alimentação básica, os Calla, que habitavam o altiplano Boliviano próximo ao lago Titicaca, e os Araucanos, que moravam ao sul do Rio Bio-Bio no Chile. Foi levada para Europa durante o século XVI, onde é atualmente amplamente produzida (MONTALDO, 1984).

A batata é uma planta anual, herbácea, caracterizada por formar um caule subterrâneo intumescido pela acumulação de reservas, denominado tubérculo, sendo este a parte comercializável. A época mais crítica do ciclo da cultura é após 60 dias da semeadura até a maturação. Dentro dos aspectos agrônômicos da batata, tem-se que é uma cultura de clima frio, classificada na Venezuela dentro do sistema “olerícola de piso alto” (LINARES; GUTIERREZ, 2002).

O clima é um fator muito importante para a cultura, que se adapta melhor às condições amenas, com temperaturas noturnas baixas, o que favorece a tuberação (MIRANDA et al., 2003). Os fatores do ambiente que mais influenciam a batata são: temperatura, fotoperíodo e água. As temperaturas ótimas para as diferentes fases de desenvolvimento são: 22°C na emergência, 18°C no alongamento dos talos, $12-14^{\circ}\text{C}$

para a produção de folhas e acima de 17°C para a formação dos tubérculos, com um limite superior de 26 a 29°C durante todo o ciclo (MONTALDO, 1984).

A batata é relativamente sensível ao estresse hídrico. Quando isto ocorre no início da estação de crescimento, diminui o número de tubérculos formados pela planta. No caso de ocorrerem excedentes hídricos superiores a 200 mm por mês e condições favoráveis para a Requeima, a produção nas regiões tropicais é severamente afetada (HAVERKORT, 1990). Se o excesso hídrico ocorrer no final do ciclo, poderá haver podridão dos tubérculos. Oscilações bruscas entre períodos secos e chuvosos também são prejudiciais favorecendo a ocorrência do chamado “Chocolate” ou mancha ferruginosa (MIRANDA et al., 2003)

A batata na Venezuela é semeada desde os 400 até 3.000 manm, o que não difere muito do que se faz a nível mundial, que vai desde abaixo do nível do mar, na Holanda até 5.000 manm, no Himalaia. As regiões de maior importância, em função da área de produção estão situadas nos estados de Lara, região dos Andes (Táchira, Mérida e Trujillo), nos vales centrais (Carabobo e Aragua) e na região oriental (Monagas e Anzoategui).

O ciclo da batata nas condições de produção da região dos Andes é de aproximadamente três meses, com datas de semeadura durante os períodos de janeiro a abril, de maio a julho e de agosto a outubro, definindo três épocas ou safras. A cultura da batata é afetada por vários fatores que depreciam o rendimento, sendo a ocorrência de doenças nessa região e nessas épocas um dos principais. Dentre essas doenças, a Requeima, causada pelo fungo *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, é considerada a de maior importância econômica. As principais variedades semeadas na região até 1998 foram: Granola, Atlantic, Kenebec (muito susceptível), Andinita e D.Capiro (moderadamente resistente) (ÑÚSTEZ, 1999).

4.2.1.5 Requeima da Batata

A bataticultura tem sido afetada pela Requeima desde o século XIX, quando causou severos danos na Irlanda (1845-1848), ocasionando inúmeras perdas econômicas e humanas. Essa tragédia evidenciou o potencial destrutivo da doença,

favorecida pelas condições de tempo da região e pela população Irlandesa depender totalmente da cultura da batata como principal fonte de alimento naquela área. Isso resultou em aproximadamente um milhão de mortes e um fluxo migratório de mais de 1,5 milhões de pessoas para os Estados Unidos (UNIVERSITY ILLINOIS, 1990).

No período 1995-1998, a Requeima foi considerada, na maioria dos países da América Latina, um problema de alta prioridade. Existem casos de variedades que são resistentes em um país e altamente susceptíveis em outros, o que se deve às diferentes raças do *P. Infestans* (ÑÚSTEZ, 1999). Durante os anos 80 e início dos 90, a Requeima ressurgiu nos Estados Unidos e no Canadá, devido à migração de raças exóticas do *Phytophthora infestans* (FRY; GOODWIN, 1997). Sob condições favoráveis de desenvolvimento, a Requeima pode destruir lavouras inteiras em 10 a 14 dias (UNIVERSITY ILLINOIS, 1990). Atualmente, é considerada uma doença de extrema importância no mundo inteiro (MIZUBUTI; FRY, 1998), já que ocorre em todas as áreas produtoras, estando relacionada com a ocorrência de baixas temperaturas e altas umidades, sendo altamente destrutiva (HOOKER, 1980; FRY, APPLE; BRUHN, 1983; AGRIOS, 1988; CIP, 2003).

A planta pode ser infectada em qualquer fase do seu desenvolvimento, afetando tanto a parte aérea como os tubérculos. Nas folhas, os sintomas aparecem como manchas inicialmente pequenas e irregulares, usualmente nas folhas mais baixas, variando de cor verde-clara a verde-escuro, quando existem condições adequadas de temperatura (12°C a 15°C) e umidade (100%). Os sintomas nas folhas são altamente variáveis dependendo da temperatura, umidade, intensidade luminosa e variedade de batata (UNIVERSITY ILLINOIS, 1990). Essas lesões podem aumentar rapidamente de tamanho, evoluindo para pardo escuro, marrom ou preto, as quais podem-se disseminar pelos pecíolos até o talo e, eventualmente, causar a morte da planta.

Geralmente, as lesões se delimitam do tecido sadio por um halo de tecido de cor verde-claro a amarelo. Nessas condições é possível se verificar a presença de um míldio nas bordas das lesões, na parte inferior da folha, que correspondem aos esporângios e esporangioforos, sinal da doença. Em condições secas, os tecidos infestados das folhas secam rapidamente e o míldio desaparece (ROWE et al. 1995). No pecíolo, nos ramos, e no talo, as manchas são pardo-escuras, com tendência de

anelamento de todo o órgão, causando a morte da planta na parte acima da lesão (HOOKER, 1980; AGRIOS, 1988; APONTE; JIMÉNEZ, 1990; BARRETO; SCALOPPI, 2002). As plantas severamente atacadas por *P. infestans* apresentam um odor característico de morte do tecido, produto da rápida destruição das folhas e dos talhos. Na parte externa dos tubérculos infestados, observa-se áreas irregulares, com uma coloração purpúrea a pardo-escura. Essas lesões podem ser pequenas ou se espalhar na superfície inteira do tubérculo sem penetrar muito. Internamente, ocorre uma podridão granular seca de cor marrom-avermelhada, de bordas irregulares que se estendem até uma profundidade de 5 a 15 mm (HOOKER, 1980; AGRIOS, 1988; APONTE; JIMÉNEZ, 1990; ROWE et al., 1995).

Na Venezuela, a Requeima é conhecida como “Candelilla Tardia” ou “Tizón Tardío”, sendo considerada a doença de maior importância da cultura da batata no país. Foi relatada pela primeira vez em 1939 e tornou-se a doença mais limitante a partir de 1949, chegando a causar perdas de até 100% quando a infecção ocorreu nas épocas críticas de desenvolvimento e anteriormente à tuberização (GARCIA, 2001). O controle da doença tem sido feito principalmente com o uso de fungicidas, programas de manejo integrado e rotação de fungicidas. As rotações são feitas normalmente de forma inadequada, com produtos com ingredientes ativos similares e pulverizações em épocas impróprias (APONTE; JIMÉNEZ, 1990).

Nos últimos anos, têm-se desenvolvido fungicidas sistêmicos, porém suas vantagens se contrapõem à capacidade do *P. infestans* de desenvolver resistência específica. A existência de raças fisiológicas do *P. infestans* é conhecida há muitos anos. Essa variabilidade patogênica, ou seja, a capacidade de mudar seus poderes patogênicos, formando novas raças fisiológicas, especificamente no ciclo sexual onde pode ocorrer à recombinação genética, tem dificultado a obtenção de variedades comerciais com resistência estável (APONTE; JIMENEZ, 1990).

Escalante e Farrera (2004) observaram que as condições climáticas da região produtora de batata no estado de Táchira na Venezuela estão dentro das condições propícias para o desenvolvimento do patógeno (temperatura entre 18,3°C e 23,3 °C e umidade relativa acima de 90%) e observaram que a curva de progresso da doença

mostra sua fase exponencial depois de ocorrer os valores mais altos de precipitação (58 mm).

Uma medida que vem sendo colocada em prática na Venezuela é a mudança das datas de semeadura da batata, de modo a se escapar das condições favoráveis para a Requeima. As regiões produtoras e as épocas de plantio são caracterizadas em função da incidência da Requeima em: alta (61-100%), média (11-60%) e baixa (<10%) (GARCIA, 2001).

4.2.1.6 Modelos de previsão da Requeima da batata

Em doenças como a Requeima, em que a infecção rapidamente progride, o conhecimento das condições favoráveis para o desenvolvimento da doença é muito importante (KRAUSE et al., 1975). Existe na literatura uma grande quantidade de modelos de previsão de ocorrência da Requeima da batata, os quais variam em complexidade (Tabela 1). Esses modelos têm sido desenvolvidos desde a década de 20, considerando diferentes variáveis, sendo as mais utilizadas a temperatura média do ar, a DPM, e a precipitação (Tabela 1).

Dentre esses modelos, existem aqueles para o prognóstico da primeira eclosão da doença, outros que permitem prever as aplicações de fungicida durante a estação de crescimento e alguns que apresentam ambas as características. A maioria desses modelos foi testada em diferentes condições, apresentando resultados satisfatórios (CALIFORNIA PESTCAST, 2002).

Alguns dos modelos mais relevantes são detalhados a seguir. O modelo Negative prognosis (CALIFORNIA PESTCAST, 2002) define o risco acumulado, baseado em dados de temperatura, umidade relativa e chuva, que permite prognosticar o momento da primeira aplicação de fungicida. A temperatura varia entre 10°C e 23,9°C em combinação com o número de horas com umidade relativa acima de 90% ou precipitação superior a 0,1 mm. A doença é esperada quando o risco acumulado atinge o valor de 150. Este modelo apresenta algumas limitações, como a de se considerar a quantidade de inóculo inicial igual para todos os anos e a utilização de dados de temperatura e umidade relativa horários, os quais nem sempre estão disponíveis. Esse

modelo tem como maior limitação o fato de somente poder ser usados em regiões com inverno rigoroso.

Tabela 1-Modelos de previsão da Requeima da batata e seus respectivos autores e requerimentos de dados

MODELO	REFERÊNCIA	VARIÁVEIS DE ENTRADA							
		T-H	URH	P	TM	Tmin	Tmax	URN	OUTRO
NEGFRY	Hansen (1995)	x	x	x					
Neg.									
Prognosis	Ullrich et al. (1966)	x	x	x					
Fry	Fry et al. (1983)	x	x	x					
	Winstel (1993)	x	x						
	Johnson et al. (1996)			x		x			
	Forsund (1983)			x		x	x	x	
PhytoPRE	Forrer et al. (1993)	x	x	x					
PROGEB	Gutsche (1993)	x	x	x					
BLITECAST	Krause et al. (1975)	x	x	x		x		x	
IPM-WISDOM	University Wisconsin (1995)	x	x	x		x		x	
HYRE	Hyre (1954)			x		x		x	
WALLIN	Wallin (1962)	x	x						
IRISH RULES	Bourke (1953)	x	x	x					
	Smith (1956)		x			x			
	Cook (1949)			x	x				
PROPHY	Schepers (1995)	x	x	x/h					DPM

T-H =Temperatura horária; URH = Umidade relativa horária; P = Precipitação; TM =Temperatura média; Tmin = Temperatura mínima; Tmax =Temperatura máxima; URN = Umidade relativa noturna; DPM = Duração do período de molhamento. x/h = número de horas de precipitação. Fonte: CALIFORNIA PESTCAST (2002)

Fry; Apple; Bruhn (1983) desenvolveram um modelo derivado de dois modelos de simulação: um que descreve os efeitos do tempo na distribuição e quantidade de fungicida e o outro que descreve os efeitos da resistência do patógeno e do tempo no desenvolvimento do *P. infestans*, permitindo se conhecer o momento para a aplicação do fungicida. Utiliza a precipitação diária e a média da temperatura e umidade relativa diária, sendo acumuladas unidades de Requeima em função do número de horas consecutivas com umidade relativa acima de 90% em cinco intervalos de temperatura (<3, 3-7, 8-12, 13-22, 23-27, > 27 °C), num período de 24 horas. O fato do modelo ter

sido desenvolvido considerando-se apenas o chlorothalonil como produto para o controle, é uma de suas limitações, além de não prognosticar a primeira aplicação. Este modelo está sendo usado na região Andina da América do Sul, em países como Peru e Equador.

O modelo NEGFY (CALIFORNIA PESTCAST, 2002) é baseado no modelo Negative prognosis, para definir a primeira aplicação, e no modelo de Fry; Apple; Bruhn (1983), para determinar as aplicações subseqüentes ao longo da estação de crescimento. A primeira aplicação é definida por um risco acumulado de 160 e um risco da noite anterior maior que oito. Os tratamentos seguintes consideram a condição de precipitação e o valor da unidade de Requeima do modelo de Fry; Apple; Bruhn (1983), segundo a susceptibilidade da cultura. As unidades de Requeima e o valor da precipitação é zerado depois de cada aplicação. Como é baseado no modelo negative prognosis, apresenta as mesmas limitações deste.

Um modelo para batatas precoces foi desenvolvido por Winstel, 1993 apud CALIFORNIA PESTCAST (2002) composto por duas fases. A fase I prevê a infecção depois de ocorrer uma média diária de temperatura entre 10 e 23 °C, 10 ou mais horas com temperaturas maiores que 10 °C e umidade relativa maior que 90%. A fase II ocorre quando a temperatura máxima diária permanece por dois dias entre 23 e 30 °C. Esta fase deve ocorrer por pelo menos 24 horas, porém por não mais do que 10 dias depois da fase I. O tratamento é iniciado quando a fase I ocorre seguida da fase II. O modelo não prognostica as aplicações de fungicida subseqüentes.

Provavelmente, um dos modelos mais utilizado para o controle da Requeima em batata é o BLITECAST desenvolvido por Krause et al. (1975), o qual integra os modelos de Hyre (1954) e Wallin (1962). A parte I do programa prognostica a primeira ocorrência da Requeima 7-14 dias depois de acumulados os primeiros 10 dias favoráveis, segundo os critérios de Hyre ou a acumulação de 18 valores de severidade do modelo de Wallin. A parte II recomenda as aplicações de fungicida baseadas no número de dias com chuva favoráveis e os valores de severidade acumulada durante os sete dias prévios, os quais são ajustados numa matriz de correlação. Uma versão modificada deste modelo foi incorporada dentro de um programa de manejo da cultura, denominado WISDOM (CALIFORNIA PESTCAST, 2002).

Um dos modelos mais simples dentre os utilizados para o prognóstico da Requeima é o desenvolvido por Hyre (1954), nos EUA. Esse modelo baseia-se na chuva diária e nas temperaturas máxima e mínima. Prevê a eclosão da Requeima 7 a 14 dias após a ocorrência de 10 dias favoráveis consecutivos, sendo um dia favorável aquele quando a média da temperatura dos últimos cinco dias é menor que 25,5°C e o total de precipitação dos últimos 10 dias é 30 mm ou mais. É um modelo amplamente empregado e avaliado (CALIFORNIA PESTCAST, 2002), porém Hyre (1954) sugere que este método seja adaptado a diferentes condições climáticas.

Wallin (1962) usou dados horários de temperatura, considerando as temperaturas máxima e mínima durante os períodos de umidade relativa (UR) superior a 90% e o número de horas de $UR \geq 90\%$. O modelo prevê a primeira aparição da doença e as subseqüentes aplicações do fungicida, baseado no valor de severidade acumulado (SV). O SV é definido pela combinação das horas com $UR \geq 90\%$ e a média da temperatura durante esse período. A contagem dos SVs inicia-se com a emergência da planta. Costa et al. (2002) adaptou este modelo para o uso da DPM, e encontrou que os tratamentos baseados nos sistemas de previsão foram eficientes no controle da Requeima, sendo que os valores de SV de 12 e 14 apresentaram maior eficiência em prever a ocorrência da doença. Os autores ainda sugerem que para o uso deste modelo em diferentes localidades, os valores de SV devem ser ajustados para as condições climáticas e da cultivar em questão.

A principal limitação dos modelos apresentados é que foram desenvolvidos para zonas temperadas. Forbes et al. (2000) demonstraram que modelos desenvolvidos e testados em condições temperadas têm uma limitada aplicabilidade nas condições de produção de batata nos trópicos altos, devido principalmente às baixas temperaturas presentes nessas regiões, o que leva a uma subestimação da severidade da doença. Conclusões semelhantes são apresentadas por Escalante e Farrera (2004) para as condições de produção de batata do estado Táchira, Venezuela. Os autores propuseram três modelos simples para as três épocas de produção da região, baseados na inter-relação entre temperatura máxima, precipitação e a proporção de plantas doentes ou a proporção de folhas afetadas.

Os resultados encontrados por Escalante e Farrera (2004) sugerem que a precipitação tem maior importância no desenvolvimento das epidemias de Requeima nas regiões tropicais. Considerando as diferenças evidentes entre o clima das zonas temperadas e do trópico alto, existe uma clara necessidade de se avaliar o controle da Requeima da batata neste último. Grünwald et al. (2001), comparando as regiões de Gamefarm, NY, e Toluca, México, encontram que o desenvolvimento da epidemia da Requeima foi mais lento em Toluca, e que o sistema de prognóstico SimCast foi o que melhor funcionou, sendo que em todos os casos as previsões do SimCast resultaram em um excelente controle da doença.

As futuras gerações de sistemas de prognóstico deverão fazer uso de modelos mais complexos, no sentido de considerar as condições do tempo passadas, presentes e futuras e a quantidade de inóculo presente na área, os quais permitirão prognosticar a eclosão da doença, caso esta ainda não tenha ocorrido, e o aumento da severidade, quando a epidemia já tenha se estabelecido.

4.2.2 Material e Métodos

4.2.2.1 Localização da área de estudo

A região de estudo é constituída pelos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da Venezuela (Tabela 2), que ocupa uma área aproximada de 29.200 km² (Figura 1). Essa região apresenta os seguintes tipos de clima, segundo a classificação de Koppen: Savana tropical (Aw) nas regiões de menores altitudes, Clima de montanha (Am), Semi-árido tropical (BSi), Temperado de altura (G) e frios de alta montanha (H).

Foram considerados no estudo dados de 106 estações meteorológicas que pertencem ao Ministério do Ambiente e Recursos Naturais da Venezuela, distribuídas na região em estudo (Figura 3). A série considerada no estudo foi de 31 anos, de 1967 a 1997.

Tabela 2 - Coordenadas geográficas dos estados venezuelanos considerados no presente estudo

ESTADO	LATITUDE (N)		LONGITUDE (W)	
TÁCHIRA	7°21'52"	a 8°39'0"	71°18'47"	a 72°29'15"
MÉRIDA	7°39'53"	a 9°19'05"	70°32'23"	a 71°54'54"
TRUJILLO	8°57'17"	a 10°02'42"	69°59'50'	a 71°04'13"

Na região, as épocas de semeadura da batata são basicamente três: de janeiro a abril, de maio a julho e de agosto a outubro. Para o estudo foram definidas datas de semeadura (DS) a cada 15 dias, com início em 1° de janeiro e avançando a cada 15 dias até 15 de outubro, totalizando 20 datas (DS0101, DS1501, DS0102, DS1502, DS0103, DS1503, DS0104, DS1504, DS0105, DS1505, DS0106, DS1506, DS0107, DS1507, DS0108, DS1508, DS0109, DS1509, DS0110, DS1510).

4.2.2.2 Dados de clima

Para obter os valores de precipitação foram selecionadas estações com uma série de no mínimo 20 anos de dados diários dentro do período 1967-1997. Essas séries apresentavam falhas que variavam em períodos de apenas um dia até o ano inteiro. Para o preenchimento desses dados faltantes foram consideradas várias alternativas, sendo realizado o preenchimento com os dados da estação mais próxima, baseado na análise de cluster. A análise de cluster considerou as estações dentro de cada estado e as variáveis: precipitação diária, altitude, latitude e longitude. Maiores detalhes sobre o procedimento para o preenchimento de falhas na série de dados diários de precipitação podem ser encontradas no capítulo 3.

No caso das temperaturas, foram consideradas 22 estações meteorológicas. Tendo em conta que a variabilidade interanual da temperatura nessa região é pequena e a escassez de disponibilidade de dados é grande, houve a necessidade de se estimar as médias diárias das temperaturas mínimas, máximas e médias, pelo método da regressão linear múltipla, conforme apresentado no capítulo 2.

Por requerimento do modelo de prognóstico da doença a ser aplicado, os valores da precipitação, uma vez preenchidas as falhas foram agrupadas em períodos móveis de 10 dias, os quais se iniciaram em 10 de janeiro de 1967, indo até o dia 31 de

dezembro de ano 1997. No caso das temperaturas, previamente estimadas com os modelos de regressão os valores foram agrupados em médias móveis de cinco dias, a partir de 1° de janeiro até 31 de dezembro, mediante rotinas desenvolvidas em Visual Basic (6). Esses procedimentos foram realizados para cada um dos 106 pontos de coleta de dados.

Figura 4 – Localização e código das estações meteorológicas pertencentes ao MARN/ Venezuela, consideradas no presente estudo

4.2.2.3 Modelo de Prognóstico da Requeima da Batata

Partindo-se da ampla disponibilidade de modelos de prognósticos de ocorrência da Requeima na batata, optou-se pela utilização do modelo de Hyre (1954), baseado no fato deste ser um dos modelos com menor requerimento de dados meteorológicos e ter sido testado satisfatoriamente em muitos ambientes, assim como por ser base para de

outros modelos que requerem maior quantidade de informação (CALIFORNIA PESTCAST, 2002).

O modelo de Hyre (1954) permite o uso de dados de estações meteorológicas regionais, tendo como variáveis de entrada: a chuva diária e a temperatura média diária, estimada a partir dos valores extremos.

Este modelo prevê a eclosão (primeira aparição) da Requeima 7 a 14 dias após a ocorrência de 10 dias consecutivos favoráveis a Requeima. Como dia favorável (DF) considera-se:

$$DF = T_{m(5)} < 25,5^{\circ}\text{C} \text{ e } Ch_{T(10)} \geq 30\text{mm}$$

em que: $T_{m(5)}$ é a temperatura média nos últimos 5 dias e $Ch_{T(10)}$ a chuva total nos últimos 10 dias. Hyre (1954) propôs o uso de uma média móvel de 10 dias para a determinação dos DF, mais considera que essa média móvel pode ser adaptada as diferentes condições climáticas da região em estudo.

Baseado na análise das condições de temperatura da região, o termo da temperatura do modelo de Hyre (1954) foi ajustado para a região em função de que:

- Os valores ótimos de temperatura para a germinação e esporulação do patógeno citados na literatura variam de 18 a 25°C, sendo que Fry et al (1983) citam que a germinação a temperaturas > 21°C diminui, e os ótimos estão entre 18 e 21 °C
- Existem evidências e registros da incidência da Requeima da batata na região em estudo (GARCIA, 2001; ESCALANTE: FARRERA, 2003), ainda quando as médias diárias da temperatura média são menores que 25 °C, valor máximo considerado no modelo de Hyre (1954), e quando consideradas as médias móveis de 5 dias a temperatura média varia entre 18 e 22 °C.

Em função das condições acima, o termo da temperatura foi ajustado para $T_{m(5)} < 22^{\circ}\text{C}$, ficando o modelo da seguinte forma:

$$DF = T_{m(5)} < 22^{\circ}\text{C} \text{ e } Ch_{T(10)} \geq 30\text{mm}$$

Além disso, foram assumidas as seguintes condições neste estudo:

- O inóculo se encontra sempre presente nas áreas de cultivo.
- As variedades e/ou híbridos semeados na região apresentam susceptibilidade à pelo menos uma raça do patógeno.
- O acúmulo de DF se iniciará após a emergência das plantas até uma semana antes de se atingir alguma das seguintes condições: acúmulo de 1500 °Cdia; 140 dias após a semeadura; ou ocorrência de temperatura limitante que corresponda a um alto risco de geada igual a 3°C, de acordo com Hijmans et al. (1999).

Definiu-se como ocorrência (O) o número de vezes em que aconteceram 10 DF contínuos a partir da emergência até o acúmulo dos 1500 °Cdia ou aos 140 dias após a emergência, e pulverizações (P) como um valor semelhante à ocorrência, se diferenciando dessa por se considerar os cinco dias de efeito do produto aplicado, nos quais mesmo existindo DF estes não foram contabilizados. Em cada caso, uma vez atingida uma ocorrência ou pulverização o contador dos DF era reiniciado.

Para a aplicação do modelo foi desenvolvido um aplicativo em Microsoft Visual Basic 6.0 (Apêndice A), sendo os dados de entrada: as datas de semeadura, as séries de dados diários de temperatura e precipitação e as condições limites de temperatura e precipitação estabelecidas pelo modelo. Este aplicativo permite criar diferentes cenários das condições avaliadas pelo modelo através da modificação das condições limites de temperatura e precipitação. Os resultados da aplicação são extraídos através de arquivos de textos. O modelo foi rodado para cada DS, para todos os anos e locais (estações meteorológicas). Os resultados da aplicação do modelo são: DF, O e P. Foi obtida a média dos 31 anos de valores de DF, O e P para cada estação e DS (Apêndice A).

A partir desses resultados foram definidos dois índices de risco:

- Índice de Risco Máximo (IRM): considerou-se as condições climáticas que potencializam a ocorrência da doença, sendo definido como o número de

pulverizações requeridas (NPR) em função do máximo de pulverizações factíveis de acontecer (MPF), expresso em porcentagem.

$$IRM = \frac{NPR}{MPF} \times 100$$

Para isso se determinou o número de pulverizações potenciais ajustando-se o aplicativo para condições ótimas de precipitação e temperatura, ou seja, foi considerado que qualquer valor de precipitação e temperaturas $< 25,5^{\circ}\text{C}$ eram suficientes para gerar um DF, se mantendo fixas as demais condições assumidas para a aplicação do modelo, tendo então que DF:

$$DF = T_{m(5)} < 25,5^{\circ}\text{C} \quad e \quad Ch_{T(10)} \geq 0\text{mm}$$

- Índice de Risco Provável (IRP): é o número de pulverizações factíveis de ocorrer em cada local levando-se em consideração os 31 anos de dados, utilizando-se as probabilidades empíricas de 25, 50 e 75 %.

Esses índices caracterizam de forma diferente o risco de ocorrência da Requeima, o IRP expressa o máximo de pulverizações que poderiam ser feitas em quanto que o IRM mostra o nível de risco em função das condições climáticas ao longo do ciclo da batata nas diferentes localidades e épocas de semeadura.

4.2.2.4 Espacialização do risco

Para a espacialização do risco climático da ocorrência da Requeima da batata foram escolhidos os valores do IRM. As interpolações se realizaram mediante o uso da Geoestatística, a qual é citada por diversos autores como a ferramenta mais precisa neste tipo estudo (NELSON et al., 1994). Neste estudo foi utilizada a técnica da Krigagem para a espacialização do IRM.

Os passos seguidos para a interpolação dos IRM de cada DS formam:

- Avaliação da tendência e da estacionaridade da variável IRM
- Obtenção dos variogramas experimentais mediante o software VARIOWIM 2.2 (Vario2D) (PANNATIER, 1966)
- Ajustes dos variogramas experimentais aos modelos teóricos, mediante o software VARIOWIM 2.2 (Model) (PANNATIER, 1966)
- Interpolação dos IRM, por meio do software usado TNTmips 6.7

4.2.3 Resultados e Discussão

4.2.3.1 Caracterização climática da região em estudo

Os estados de Táchira e Mérida apresentam em média um regime de precipitação unimodal, caracterizado por um período seco de dezembro a março e um chuvoso de abril a novembro. A precipitação média diária para esses estados atinge o máximo em abril, com valores próximos a 40 mm para Táchira e a 20 mm em Mérida. (Figura 5)

No estado de Trujillo o regime é bimodal, com o máximo principal em abril e outro em outubro, com valores ao redor de 10 mm, e um período seco na mesma época dos estados Táchira e Mérida (dezembro-março) e outro em julho.

Cabe lembrar que os valores apresentados são das médias diárias considerando-se todas as estações de cada estado, o que pode estar mascarando regimes diferenciados nos diversos locais do estado.

As médias diárias das $Ch_{T(10)}$ são maiores que 30 mm durante o período chuvoso para os três estados. No caso de Trujillo, se observa que somente em julho a $Ch_{T(10)}$ é menor que 30 mm. Isto significa, em média, que em oito dos 12 meses do ano, esta região apresenta as condições de precipitação favoráveis para a ocorrência da Requeima da batata, segundo o modelo de Hyre (1954) ($Ch_{T(10)} \geq 30mm$).

As médias das temperaturas ($T_{m(5)}$) apresentam os valores menores no estado de Mérida ($\approx 17^\circ\text{C}$), e no estado de Táchira são próximas a ($\approx 20^\circ\text{C}$). Nesses dois

estados, a $T_{m(5)}$ é menor que a condição estabelecida pelo modelo de Hyre (1954) (25°C), e pelo modelo ajustado (22,5°C). Já no estado de Trujillo, observaram-se temperaturas maiores, variando entre 24 e 25°C, portanto superiores ao modelo ajustado, e próximo ao limite do modelo de Hyre (1954).

Essas características, de precipitação do estado de Trujillo, levam a pensar que a ocorrência de Requeima nesse estado é menor que aquela que acontece nos estados de Táchira e Mérida.

4.2.3.2 Favorabilidade (DF), Ocorrência (O) e Pulverizações (P)

Em geral, se observou uma ampla variação do número de DF, O e P entre os differences locais, datas de semeadura e anos, o que mostra a elevada variação do clima da região, tanto espacialmente como temporalmente. Sendo assim, para análise foram obtidas as médias dos 31 anos em estudo dos valores de DF, O e P para cada DS em cada local.

Analisando-se as médias por local considerando todas as DS, observou-se que existe um grupo de deles (33%) que não apresentam riscos, o que esta dentro do esperado, sendo esses locais aqueles com altitudes baixas, portanto com maiores temperaturas, e com menores índices de chuva.

Em cerca de 13% das estações os DF são superiores a 50 dias, isso estaria indicando que no mínimo podem acontecer 5 ocorrências da doença, no caso desses DF serem contínuos. O valor máximo (em média) atingido é de 79 DF na estação 3072, localizada no estado de Mérida, num dos municípios com maior incidência da doença (GARCIA, 2001). Em 39% das estações os DF estão entre 20 e 50, e em 15% delas com DF menores que 20 (Figura 6).

A ocorrência máxima média ocorreu na estação 8067, localizada no estado de Táchira. Em 47% das estações, em média, não houve ocorrências da doença ou estas foram muito esporádicas. Em 18,8 % das estações houve 1 e 3 ocorrências. O mesmo porcentual foi observado para ocorrências entre 3 e 5, em quanto que 6,6% das estações apresentaram mais de 5 ocorrências (Figura 6). O número de ocorrências expresso como pulverização reduziu-se, em geral, em mais ou menos uma aplicação.

Figura 5 – Precipitação média diária (PMD), precipitação média acumulada de 10 dias ($Ch_{T(10)}$) e temperatura média ($T_{m(5)}$), temperatura do modelo (TM) e Chuva do modelo (CHM), dos estados de Táchira, Mérida e Trujillo na Venezuela

Figura 6 - Média dos dias favoráveis (DF), ocorrências (O) e pulverizações (P) de cada estação, dos estados de Táchira, Mérida e Trujillo, na Venezuela, considerando todas as datas de semeadura

Observou-se que os DF não refletem diretamente o número de ocorrências da doença, o que significa que os DF nem sempre ocorrem de forma contínua, evidenciando que em algumas ocasiões as condições do clima poderiam ser consideradas favoráveis provocando pulverizações desnecessárias por parte dos agricultores. Em termos gerais, pode-se considerar que a ampla variação das condições do clima na região se reflete nas três variáveis em estudo (DF, O e P).

Analisando-se a variação dos DF, O e P para cada DS, se percebe que os maiores valores tanto de DF, O e P, ocorrem durante o período chuvoso da região, entre as datas de semeadura de 1° de abril a 15 de agosto (Tabelas 3, 4 e 5).

4.2.3.3 Espacialização do Índice de Risco Máximo

Análise exploratória dos IRM: Realizou-se a análise exploratória dos IRM de cada DS, encontrando-se que os IRM se ajustam a uma distribuição normal. Observou-se a existência de alguns dados discrepantes que foram avaliados posteriormente na análise do variograma experimental. Não se observou tendência nos dados, o que confirma a hipótese de estacionaridade.

Análise dos variogramas: Os valores de IRM para as diferentes DS e épocas, estiveram espacialmente auto correlacionados, de acordo com o variograma que melhor se ajustou ao modelo teórico esférico, com alcances variando entre 28 e 70 km, estando principalmente entre 43 e 56 km (Tabela 6) (Anexo 2). O menor alcance ocorreu na DS 01/abr. e o maior na DS 01/jan, Não foi observada anisotropia e nem efeito direcional diferente ao próprio arranjo dos dados. Os valores do efeito pepita (c) se mantiveram na maioria dos casos sob um terço do valor do patamar, o qual é um nível de erro aceitável.

Mapas do IRM para cada DS: Os mapas do IRM para as diferentes datas de semeadura mostram que geral o risco aumenta do início do ano (DS 01/jan) até julho, quando observaram-se as máximas porcentagens de risco, com IRM atingindo valores de 100%. A partir de agosto inicia-se o decréscimo do IRM, que vai até outubro. Observou-se que os maiores riscos se concentraram principalmente na zona central da região, a qual corresponde às áreas de maiores altitudes (Figuras 7 a 16).

Tabela 3 - Médias dos dias favoráveis (31 anos) para cada estação nas 20 datas de semeadura consideradas no estudo, para os estados de Táchira, Mérida e Trujillo da Venezuela

ESTACIÓN	D A T A D E S E M E A D U R A																																
	DS0101	DS1501	DS0102	DS 1502	DS0103	DS1503	DS0104	DS1504	DS0105	DS1505	DS0106	DS1506	DS0107	DS1507	DS0108	DS1508	DS0109	DS1509	DS0110	DS1510													
2113	0	7	12	19	23	27	29	29	27	25	27	29	33	37	40	40	37	34	28	21													
2115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2136	0	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	5	9	12	13	12													
2141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2147	11	16	22	28	30	30	28	24	15	11	10	10	14	19	25	29	31	33	29	24													
2149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0													
2166	8	11	19	25	30	34	46	54	59	59	60	59	52	45	41	39	34	30	24	19													
2167	12	17	25	29	32	34	43	48	48	48	48	48	42	38	35	35	31	29	25	20													
2172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
2176	2	2	4	7	9	10	13	15	21	29	33	32	25	19	13	17	20	20	18	14													
2185	5	8	9	10	11	10	8	7	4	3	3	3	3	4	8	14	18	22	22	18													
2186	5	7	12	19	27	31	34	34	28	22	17	19	22	27	32	36	35	32	27	22													
2187	8	10	16	21	25	28	32	36	39	45	49	50	48	46	42	42	37	32	25	20													
2190	0	0	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	0	2	2	3	3	2													
2193	3	5	11	16	20	24	25	24	19	16	13	12	14	19	25	27	27	25	21	14													
2195	4	8	15	21	28	32	34	31	24	20	17	18	22	29	36	40	40	37	30	22													
2196	7	14	22	28	34	42	57	63	65	67	67	63	56	50	43	37	30	23	19	13													
2199	11	15	24	32	39	46	58	67	70	72	69	62	56	51	46	38	33	27	21														
3005	25	33	43	50	58	65	77	84	91	92	96	94	94	90	88	82	73	62	52	43													
3023	6	9	17	22	27	31	37	42	43	44	45	46	47	49	46	47	44	40	33	26													
3024	48	54	62	65	66	64	64	64	61	60	61	66	73	81	85	82	75	70	60	52													
3027	54	59	62	64	66	60	64	63	63	63	62	65	68	70	69	64	59	52	45	38													
3030	5	8	17	26	33	40	47	53	55	56	57	58	58	59	56	51	46	40	30	21													
3035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
3038	13	18	27	36	44	51	56	56	52	49	47	47	51	56	62	64	65	62	50	41													
3040	18	26	37	46	54	59	71	76	82	83	85	85	88	87	86	81	72	60	49	38													
3042	6	8	12	19	27	32	36	38	35	31	26	26	27	31	37	40	42	42	35	27													
3052	13	13	13	11	12	11	9	9	9	9	8	6	4	2	0	1	1	4	9	12													
3061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
3072	123	123	123	124	124	69	80	85	86	87	88	84	75	66	55	46	35	28	20	13													
3073	21	26	33	36	36	35	32	27	21	16	14	14	20	26	32	38	40	39	35	30													
3074	18	24	30	33	35	33	30	30	25	20	17	18	24	30	36	40	43	40	36	30													
3080	2	4	8	11	14	16	19	20	18	17	16	16	17	19	22	25	24	23	19	14													
3081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
3082	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
3089	28	36	46	55	66	76	87	94	96	98	99	99	95	89	81	72	60	50	39	30													
3091	24	25	22	17	20	18	16	18	15	13	10	7	4	1	0	1	1	2	8														
3094	19	24	29	32	34	33	32	32	27	23	23	24	29	34	38	42	45	41	38	32													
3098	8	13	22	30	40	46	59	65	68	71	72	74	73	70	66	61	52	44	32	24													
3099	27	35	45	54	64	74	84	93	99	104	107	108	104	97	71	64	55	43	39	33													
3111	0	0	0	0	0	0	67	77	84	84	85	86	83	74	65	55	45	34	27	20													
3112	0	0	0	0	0	0	67	78	81	81	81	82	80	73	63	53	44	34	28	20													
3114	10	16	27	35	44	54	66	76	80	83	87	87	84	79	70	62	49	37	26	18													
3115	9	15	23	32	40	49	59	69	79	87	94	99	104	107	108	104	97	71	64														
3132	10	15	20	24	27	29	30	28	26	26	27	33	34	37	35	32	32	26	20														
3133	1	2	3	6	9	10	19	29	35	46	51	54	49	46	46	39	35	24	27	19													
3134	4	6	15	24	33	42	55	65	69	73	78	79	77	76	72	67	55	51	39	28													
3135	15	15	14	10	7	5	2	3	2	1	0	1	2	1	0	1	2	5	10	10													
3138	4	8	16	25	33	41	53	60	64	67	68	69	67	66	61	58	50	43	32	23													
3141	7	8	8	7	6	5	3	4	8	11	12	11	8	4	0	0	1	1	3	6													
3142	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
3161	0	0	0	0	0	0	78	89	15	14	15	15	14	12	11	9	6	5	4	3													
3168	4	14	24	34	41	45	45	45	42	41	37	41	42	41	37	42	42	36	26	17													
3169	15	17	24	30	37	40	42	42	39	33	28	29	34	38	43	49	57	57	52	45													
3170	1	1	2	5	7	8	12	12	9	9	6	4	3	3	4	5	7	9	9	7													
3195	12	15	23	31	38	45	53	57	64	61	61	62	62	62	62	62	58	52	43	32													
3197	24	34	46	55	65	74	84	94	96	94	95	94	95	94	95	94	95	94	95	94													
4002	7	5	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1													
4012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
4014	7	6	9	11	14	16	17	17	15	15	14	12	11	8	4	2	1	1	1	4													
4019	12	14	20	26	31	36	44	51	56	58	60	61	58	56	52	51	49	47	41	33													
4020	12	14	19	25	31	37	44	51	56	58	60	61	58	56	52	51	49	47	41	33													
4026	6	5	6	5	7	7	10	18	27	36	37	32	23	12	3	2	1	1	1	4													
4027	9	11	14	19	25	30	33	37	38	36	37	37	38	36	37	39	39	36	34	28													
4037	12	11	13	19	25	30	41	51	57	62	65	63	61	60	53	44	40	37	35	36													
4041	17	19	24	30	36	42	48	54	58	63	66	64	62	60	53	44	40	37	35	36													
4045	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0													
4050	23	28	35	39	43	46	47	48	46	46	48	50	52	54	57	58	54	48	40	33													
4051	18	21	28	32	37	42	48	51	49	46	47	47	46	45	48	50	50	48	42	35													
4057	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0													
4058	0	0	0	0	0	0	1																										

Tabela 4 – Médias das ocorrências (31 anos) para cada estação nas 20 datas de semeadura consideradas no estudo, para os estados de Táchira, Mérida e Trujillo da Venezuela

ESTACIÓN	DATA DE SEMEADURA																			
	DS0101	DS1501	DS0102	DS 1502	DS0103	DS1503	DS0104	DS1504	DS0105	DS1505	DS0106	DS1506	DS0107	DS1507	DS0108	DS1508	DS0109	DS1509	DS0110	DS1510
2113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2147	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	0	1	1	1	2	2	2	2	2
2149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2166	1	1	1	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	1	1
2167	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1
2172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
2186	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1
2187	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
2190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2193	0	0	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1
2195	0	0	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	2	1
2196	0	1	1	2	2	3	4	5	5	5	5	5	4	3	3	2	2	1	1	1
2199	1	1	1	2	3	3	5	5	6	6	6	6	5	4	4	3	3	2	2	1
3005	2	2	3	4	5	5	6	7	7	8	8	8	8	8	7	7	6	5	4	3
3023	0	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
3024	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	6	7	7	6	6	5	4
3027	4	4	4	4	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	3	3
3030	0	0	1	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2	1
3035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3038	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	5	5	5	4	3
3040	1	2	3	3	4	5	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	6	5	4	3
3042	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2
3052	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3072	9	9	9	9	9	5	6	7	7	7	7	6	5	4	4	3	3	2	2	1
3073	1	2	2	2	3	3	3	3	2	1	1	1	1	2	2	2	3	3	2	2
3074	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	3	3	3	3	2
3080	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3082	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3089	2	3	3	4	5	6	7	8	8	8	8	8	8	7	6	5	4	3	3	2
3091	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3094	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	3	3	3	3	2
3098	1	1	2	2	3	4	5	5	6	6	6	7	6	6	5	5	4	3	3	2
3108	1	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2
3111	0	0	0	0	0	5	6	7	6	6	6	6	5	4	4	3	2	1	1	1
3112	0	0	0	0	0	5	6	6	6	6	6	5	5	4	3	2	2	1	1	1
3114	0	1	2	2	3	4	5	6	7	7	7	7	7	6	5	4	3	2	2	1
3115	1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6	6	6	5	4	4	3	2	1
3132	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
3133	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	4	3	3	1	1	0	0	0
3134	0	0	1	2	2	3	4	5	6	6	7	7	7	7	6	6	5	4	3	2
3135	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3138	0	0	1	2	2	3	4	4	5	5	5	6	5	5	5	4	4	3	3	2
3141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3161	0	0	0	0	0	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3166	0	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1
3169	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	4	4	5	4
3170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3195	0	1	1	2	2	3	4	5	5	5	5	5	5	6	6	5	5	5	4	3
3197	1	2	4	4	5	6	7	8	8	8	8	8	7	7	6	5	4	3	3	2
4002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4018	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	3	3	2
4024	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2
4026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
4027	1	1	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2
4037	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6	6	6	5	5	3	3	2	2	2	2
4041	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
4045	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4050	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	2
4051	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3
4057	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4058	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4060	1	1	1	1	1	1	1	1</												

Tabela 5 - Médias das pulverizações (31 anos) para cada estação nas 20 datas de semeadura consideradas no estudo, para os estados de Táchira, Mérida e Trujillo da Venezuela

ESTACIÓN	DATA DE SEMEADURA																			
	DS0101	DS1501	DS0102	DS 1502	DS0103	DS1503	DS0104	DS1504	DS0105	DS1505	DS0106	DS1506	DS0107	DS1507	DS0108	DS1508	DS0109	DS1509	DS0110	DS1510
2113	0	0	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
2115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2147	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
2149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2166	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1
2167	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1
2172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
2185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
2186	0	0	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1
2187	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1
2190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2193	0	0	0	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
2195	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1
2196	0	1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	1	1
2199	1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	5	4	4	4	3	3	3	2	2	1
3005	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6	5	5	4	4	3	2
3023	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
3024	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	3
3027	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2
3030	0	0	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	2	2	1
3035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3038	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3
3040	1	1	2	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	6	5	5	4	4	3	2
3042	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3052	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3072	7	7	7	7	7	4	5	5	5	5	5	5	4	4	3	2	2	1	1	0
3073	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
3074	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2
3080	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3082	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3089	2	2	3	3	4	5	5	6	6	6	6	6	6	6	5	5	4	3	2	2
3091	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3094	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	2
3098	0	1	1	2	2	3	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	3	2	2	1
3108	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	3	2	2
3111	0	0	0	0	0	0	4	4	5	5	5	5	4	4	3	3	2	1	1	1
3112	0	0	0	0	0	0	4	4	5	5	5	5	4	3	3	2	2	1	1	1
3114	0	1	2	2	3	3	4	5	5	5	5	6	5	5	4	4	3	2	1	1
3115	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2	2	1
3132	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
3133	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	2	1	1	0	0	0
3134	0	0	1	1	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	4	3	2	2	2
3135	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3138	0	0	0	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2	1
3141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3161	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3166	0	1	1	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	2	1	1
3169	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	3	3
3170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3195	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2
3197	1	2	3	3	4	5	5	6	6	6	6	6	6	5	5	4	3	2	2	1
4002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4018	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2
4024	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
4026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4027	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4037	1	1	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	3	2	1	1	1	2
4041	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2
4045	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4050	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
4051	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
4057	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4058	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4060	1	1	1	1	1	1	1	1												

Tabela 6 – Modelos de variograma para os índices de risco máximo e provável, das diferentes datas e épocas de semeadura, dos estados Táchira, Mérida e Trujillo da região andina, na Venezuela

<i>Variavel</i>	<i>Modelo</i>	<i>Alcance</i>	<i>Efeito pepita</i>	<i>Patamar</i>
DS0101	Esférico	70,78	48,73	116,08
DS1501	Esférico	53,06	244,68	104,95
DS0102	Esférico	45,14	51,63	192,45
DS1502	Esférico	46,98	79,10	250,00
DS0103	Esférico	46,49	111,79	325,99
DS1503	Esférico	68,65	150,00	429,69
DS0104	Esférico	28,19	67,58	222,16
DS1504	Esférico	54,48	192,75	723,56
DS0105	Esférico	52,00	230,18	770,77
DS1505	Esférico	50,98	235,20	798,01
DS0106	Esférico	51,00	200,00	886,96
DS1506	Esférico	55,00	280,00	843,00
DS0107	Esférico	55,00	215,00	823,00
DS1507	Esférico	53,00	209,00	813,50
DS0108	Esférico	57,00	175,89	720,60
DS1508	Esférico	55,70	130,29	602,95
DS0109	Esférico	55,00	162,40	486,08
DS1509	Esférico	49,00	127,45	414,18
DS0110	Esférico	43,14	77,11	329,58
DS1510	Esférico	46,25	104,90	232,02
ESJANABR	Esférico	50,00	70,29	182,40
ESMAIJUL	Esférico	52,00	192,00	835,20
ESAGOOOUT	Esférico	54,52	128,92	402,97
ESJANABR25	Esférico	56,00	0,82	2,21
ESJANABR50	Esférico	60,00	0,74	1,60
ESJANABR75	Esférico	58,98	0,92	1,06
ESMAIJUL25	Esférico	58,00	1,77	4,50
ESMAIJUL50	Esférico	54,00	1,29	3,40
ESMAIJUL75	Esférico	56,00	1,02	2,40
ESAGOOOUT25	Esférico	53,38	0,55	2,76
ESAGOOOUT50	Esférico	52,00	0,34	2,00
ESAGOOOUT75	Esférico	53,38	0,22	1,07

Foram estabelecidos quatro faixas de risco, para os valores do IRM sendo: baixo entre 0 e 25 %, médio de 26 a 50 %, alto de 51 a 75 % e muito alto entre 76 e 100 %.

O IRM da DS01/jan é menor que 20 % na maior parte da região, onde se observam três pontos críticos de risco, um ao sudeste do estado de Táchira com valores próximos a 25%, outro próximo à divisa entre os estados de Táchira e Mérida, ao nordeste do estado Táchira, com valores aproximados de 30% e um terceiro no nordeste do estado de Mérida, com aproximadamente 50%. Já para a DS15/jan os valores de risco diminuem em toda a região, variando entre 0 e 17%, não se observaram pontos críticos de risco (Figura 7).

Nas condições climáticas de fevereiro observou-se que na DS01/fev se inicia o incremento do IRM nos mesmas áreas mencionadas para a DS01/jan, estendendo-se espacialmente no sentido sudeste – nordeste, atingindo nas áreas mais críticas IRM próximos a 77%, sendo que dentro das áreas produtoras de batata o IRM se mantém em níveis inferiores a 50% em algumas áreas do estado de Mérida e em outras o IRM é de cerca de 17%. No estado de Trujillo, o IRM não chega a 25% e no estado de Táchira os valores do IRM também são inferiores a 50% (Figura 8).

Em março, com o incremento nas chuvas aumentam também as áreas com risco superior a 30%, com os valores máximos do IRM chegando próximos de 74%. Observa-se um forte incremento no risco em algumas áreas do estado Táchira, passando de valores próximos a 25% para 50%. Nos estados de Mérida e Trujillo, se observa áreas de baixo risco no sentido nordeste, porém grande parte dos municípios produtores desses estados apresenta um IRM entre 30% e 50% em pontos mais localizados, na divisa desses estados (Figura 9).

Na DS 01/abr. o IRM aumenta em função das chuvas e observa-se uma maior distribuição espacial do IRM com relação às datas anteriores. Na área de produção localizada nos três estados, o aumento do IRM (>60%) é geral. Já para a DS15/abr, a distribuição espacial e o nível do IRM diminuem, especialmente nos estados de Mérida e Trujillo, porém observa-se que o nível do IRM aumenta, > 75% (muito alto), para a região central do estado de Táchira (Figura 10).

No mês de Maio a situação espacial do IRM continua semelhante ao mês anterior, porém os níveis de risco aumentam para valores próximos a 75% nas áreas produtoras dos estados de Táchira e Trujillo. Em Mérida observa-se um ligeiro aumento do IRM, na área de produção mais ao norte do estado (Figura 11). Em junho e julho a distribuição espacial do IRM continua semelhante aos meses de maio e abril, observando se o aumento nos valores do mesmo. O IRM atinge em algumas das áreas produtoras valores de $\approx 80\%$ no mês de Julho (Figuras 12 e 13).

Figura 7 – Índice de risco máximo (IRM) de ocorrência da Requeima da batata nas datas de semeadura (DS) de 1° e 15 janeiro, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Figura 8 – Índice de risco máximo (IRM) de ocorrência da Requeima da batata nas datas de semeadura (DS) de 1° e 15 de fevereiro, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Figura 9 – Índice de risco máximo (IRM) de ocorrência da Requeima da batata nas datas de semeadura (DS) de 1° e 15 de março, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Figura 10 – Índice de risco máximo (IRM) de ocorrência da Requeima da batata nas datas de semeadura (DS) de 1° e 15 de abril, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Nas semeaduras de agosto observa-se que o IRM diminui tanto em seus valores como espacialmente, a que é mais evidente na DS15/ago. O IRM da área ao sudeste do estado Táchira diminui para menos de 50%, igualmente nos municípios mais ao norte o IRM reduz-se a valores próximos a 25%. Em Mérida, a área produtora no nordeste do estado mantém a condição de IRM dos meses anteriores, com tendência de diminuição, porém observa-se que na área localizada ao norte do estado o IRM aumenta para valores próximos a 70%. No estado de Trujillo mantêm-se as condições de risco semelhante às datas de semeadura de julho (Figura 14).

O IRM das semeaduras do mês de setembro apresenta uma redução ainda maior do que nos meses anteriores. Os IRM mais elevados se concentram em áreas menores, localizadas na área produtora na divisa dos estados de Mérida e Trujillo, com valores próximos a 60%. No estado de Táchira, na área localizada ao sudeste, o risco cai para $\approx 40\%$ e no restante da área produtora do estado se observa uma maior área com IRM $< 25\%$, ainda quando algumas áreas mantêm valores próximos a 40% (Figura 15).

Observa-se nas datas de semeadura de outubro que os valores do IRM diminuem drasticamente em algumas áreas, porém algumas se mantêm com níveis de risco próximos a 40%, como no ao sudeste do estado de Táchira, ao norte do estado de Mérida e na divisa dos estados de Mérida e Trujillo, sendo todas essas, áreas produtoras. Já na DS15/out a redução do IRM é mais evidente, com as áreas produtoras apresentando IRM menores que 20% (Figura 16).

Mapas do IRM para as épocas de semeadura (ES): Considerando-se as diferentes épocas de semeadura, que agrupam as DS de um período, se observa que durante a época de janeiro a abril os níveis de IRM são de médios a altos.

Na maior parte das áreas produtoras o IRM atinge valores próximos a 30%, com algumas áreas com valores entre 50-60% (Figura 17).

Figura 11 – Índice de risco máximo (IRM) de ocorrência da Requeima da batata nas datas de semeadura (DS) de 1° e 15 de maio, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Figura 12 – Índice de risco máximo (IRM) de ocorrência da Requeima da batata nas datas de semeadura (DS) de 1° e 15 de junho, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Figura 13 – Índice de risco máximo (IRM) de ocorrência da Requeima da batata nas datas de semeadura (DS) de 1° e 15 de julho, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Figura 14 – Índice de risco máximo (IRM) de ocorrência da Requeima da batata nas datas de semeadura (DS) de 1° e 15 de agosto, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Figura 15 – Índice de risco máximo (IRM) de ocorrência da Requeima da batata nas datas de semeadura (DS) de 1° e 15 de setembro, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Figura 16 – Índice de risco máximo (IRM) de ocorrência da Requeima da batata nas datas de semeadura (DS) de 1° e 15 de outubro, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida y Trujillo da região Andina, na Venezuela

A época de maior risco é de maio a julho, quando os valores do IRM podem chegar a 100%, mantendo-se a distribuição espacial da época anterior, atingido todas as áreas produtoras em maior ou menor grau. O IRM dentre das áreas produtoras varia de $\approx 25\%$ a $\approx 80\%$. Já durante a época de agosto a outubro o IRM diminui. Se observam três pequenas áreas, uma ao sudeste do estado de Táchira, outra ao norte do estado Mérida e outra na divisa dos estados de Mérida e Trujillo com valores mais elevados que o resto das áreas produtoras (IRM = 30%) (Figura 17).

4.2.3.4 Espacialização do Índice de Risco Provável

Observa-se que o IRP, na probabilidade de 25%, aumenta da época de jan/abr para a época de mai/jul, e logo diminui durante ago/out. O IRP varia de 1 até aproximadamente 5 pulverizações. Na época de mai/jul se observou uma maior distribuição espacial do IRP para áreas de produção da batata (Figura 18).

Ao nível de 50%, a situação do IRP muda, se observando que os maiores valores do IRP ocorrem durante a época de jan/abr, com a necessidade de 6 a 7 pulverizações. As áreas produtoras dos três estados apresentam níveis altos do IRP. Na época de mai/jul, tanto a distribuição espacial do IRP como os níveis do mesmo se reduzem, porém observa-se que permanece uma área ao centro do estado de Táchira, com IRP próximo a 6 pulverizações, e outras duas nos estados de Mérida e Trujillo. Na época de ago/out o IRP é menor e a distribuição espacial se mantém. Observam-se algumas pequenas áreas com IRP próximo a 4 pulverizações nos estados de Mérida e Táchira, afetando muito pouco as áreas produtoras. No estado de Trujillo diminui a área com IRP (Figura 19).

Para a probabilidade de 75%, na época de jan/abr o IRP mantém a mesma distribuição espacial e níveis da probabilidade de 50%. A época de ago/out novamente apresenta os menores IRP, amplamente distribuídos nas áreas produtoras, com uma área com IRP maior, localizada ao norte do estado de Mérida.

Figura 17 – Índice de risco máximo (IRM), de ocorrência da Requeima da batata nas épocas de semeadura (ES) janeiro-abril, maio-julho e agosto-setembro, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Figura 18 – Índice de risco provável (IRP), a 25% de probabilidade de ocorrência, da Requeima da batata nas épocas de semeadura (ES) janeiro-abril, maio-julho e agosto-setembro, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Figura 19 - Índice de risco provável (IRP), a 50% de probabilidade de ocorrência, da Requeima da batata nas épocas de semeadura (ES) janeiro-abril, maio-julho e agosto-setembro, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

Os maiores IRP, à probabilidade de 75% ocorrem na época de jan/abr, quando podem acontecer até 7 pulverizações em quase toda as áreas produtoras da região (Figura 20).

A variação do IRM ao longo do ano (datas de semeadura) acompanha as condições climáticas, especialmente as de precipitação da região em estudo. Os maiores IRM acontecem durante o período chuvoso, ou seja, de abril até setembro. O modelo permitiu mostrar essa variação do IRM nas áreas produtoras de batata.

Pode-se resumir que nos estados de Táchira e Trujillo ocorrem maiores níveis de risco (IRM) do que no estado de Mérida, e que esses riscos acontecem em épocas diferentes entre esses estados. No entanto, esses riscos são menores que aqueles apresentados por García e García (2004) e Escalante e Farrera (2004), o que indica que mesmo havendo dias favoráveis a doença pode não se estabelecer, caso esses não ocorram de forma consecutiva.

A variação observada do IRM, mesmo num período de 15 dias, incrementa a importância deste tipo de estudo, já que o agricultor poderá contar com uma ferramenta a mais, com suficiente nível de detalhe tanto espacial como temporal para suas tomadas de decisão, de quando e onde semear.

O fato de o estudo ter considerado a área total dos três estados, aumenta o uso potencial da informação resultante deste estudo, no planejamento agrícola da região, especialmente relacionada com as possibilidades de expansão das áreas produtoras da cultura de batata. Dentre as alternativas de manejo da cultura para se diminuir os riscos as áreas de escape da Requeima da batata é uma das possíveis ferramentas. No processo de decisão, podem ser escolhidas áreas de escape (risco inexistente ou baixo) ou se descartar algumas áreas por seu alto nível de risco.

A informação do IRM e o IRP são de grande utilidade no planejamento agrícola da região, tanto a nível estratégico, já mencionado, como a nível tático, pois o produtor estará preparado para um certo nível de risco, podendo decidir sobre a antecipação ou retardamento da semeadura da cultura, o que poderá reduzir em média duas ou mais pulverizações por ciclo da cultura.

Figura 20 - Índice de risco provável (IRP), a 75% de probabilidade de ocorrência, da Requeima da batata nas épocas de semeadura (ES) janeiro-abril, maio-julho e agosto-setembro, para as regiões produtoras de batata, nos estados de Táchira, Mérida e Trujillo da região Andina, na Venezuela

A variação observada no valor do IRP sugere que o risco de ocorrência da Requeima nesta região, acompanha a variação interanual da chuva. Essa variação não afeta exclusivamente o nível do IRP como também a sua distribuição espacial.

A interpolação por Krigagem ordinária e bastante sensível a existência de valores muito altos isolados, portanto em algumas áreas os valores de IRM e IRP podem estar sendo superestimados localmente.

O uso do SIG e a geoestatística neste estudo permitiram criar mapas com um bom nível de detalhe e assim disponibilizar uma base racional para a toma de decisões no manejo da Requeima da batata, nas áreas produtoras da região andina da Venezuela.

4.3 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O modelo de Hyre (1954) permitiu caracterizar o nível de risco de ocorrência da Requeima da batata, como uma expressão do número de pulverizações requeridas para as diferentes datas de semeadura ao longo do ano.

O estado de Mérida apresenta menores índices de risco potencial máximo, e sua ocorrência se concentra principalmente de fevereiro a maio.

O estado de Táchira apresenta as maiores áreas com risco de ocorrência da Requeima da batata, assim como os maiores valores de risco.

No estado de Trujillo, a área com risco de ocorrência da Requeima é menor que nos estados de Táchira e Mérida, decorrente dos valores de temperatura.

Recomenda-se nos próximos estudos o teste, com dados de campo, dos mapas aqui apresentados, com a finalidade de ajustá-los o máximo possível à realidade local.

4.4 REFERÊNCIAS

AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**, Third edition. San Diego: Academic Press, 1988. 803p.

ANDRIOTTI, J.L.S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2004. 165 p.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução de M.J.Z. dos Santos; A. Cristofolletti, coord. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.

APONTE, A.; JIMÉNEZ, B. Determinación de razas fisiológicas de *Phytophthora infestans* en papa en el estado Lara, Venezuela. **Fitopatologia Venezolana**, Maracay, v. 3, n. 2, p.29-34. 1990.

BARRETO, M.; SCALOPPI, E.A.G. **Doenças do tomateiro** (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Boletim Técnico. Disponível em: www.agroalerta.com.br/tomateito. Acesso em: (25 set. 2002.).

BOURKE, P.M.A. Use of weather information in the prediction of plant disease epiphytotics. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 8, p. 345-370, 1970.

BOOTH, T.H.; JOVANOULO, T.; OLD, K.M.; DUDZINSKI, M.J. Climatic mapping to identify high-risk areas in mainland south East Asia and around the world. **Environmental Pollution**, Kidlington, v. 108, p. 365-372, 2000.

CALIFORNIA PESTCAST **Disease Model Database**. Disponível em: (<http://www.ipm.ucdavis.edu/DISEASE/DATABASE/potatolateblight.htm>) Acesso em: (10 set. 2002.).

CHELLEMI, D.O.; RONRBACH, K.G.; YOST, R.S.; SONODA, R.M. Analysis the spatial pattern of plant pathogens and disease plants using Geostatistics. **Phytopathology**, St. Paul, v. 78, n. 2, p. 221-226, 1988.

CIP. **Potato. Late Blight. Overview**. Late Blight Research at CIP. Disponível em: www.cipotato.org/potato/pest_disease/lateblight/lateblight.htm Acesso em: (22 jan. 2003.).

COLHOUN, J. Effects of environmental factors on plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, St. Paul, v. 11, p.343-364, 1973.

COSTA, R.V.; ZAMBOLIM, L.; DOVALE, F.R.; MIZUBUTI, E.S.G., Previsão da Requeima da batateira. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 349-354, 2002.

ESCALANTE O., M.; FARRERA P., R. Epidemiología do Tizón Tardío (*Phytophthora infestans* Mont de Bray) de la papa em zonas productoras del Estado Táchira, Venezuela. **BIOAGRO**, Barquisimeto, v. 16, n. 1, p. 47-54, 2004.

FAO. **La papa en la década de 1990. Situación y perspectivas de la papa a nivel mundial**. 2001. Disponível em: <http://www.fao.org/es/SC/escs/escb/roots/pots.htm>, Acesso em: (02 fev.2003.).

FAOSTAT, **Statistical Database**. <http://apps.fao.org/default.htm>. Acesso em: (10 fev.2003.).

_____, **Statistical Database**. <http://apps.fao.org/default.htm>. Acesso em: (10 abril 2005.).

FRY, W.E.; APPLE, A.E.; BRUHN, J.A. Evaluation of potato late blight forecasts modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. **Phytopathology**, St. Paul, v. 73, n. 7, p.1054-1059, 1983.

FRY, W.E.; GOODWIN, S.B. Re-emergence of potato and tomato Late Blight in the United States. **Plant Disease**, St. Paul, v. 12, p.1349-1357, 1997.

FORBES, G.A.; CHACÓN, M.G.; TALPE, M.V.; HIJMANS, R.J. **Simulating potato late blight in the highland tropics**. Lima: CIP, 2000. p. 87-93. (Program Report)

GARCIA, R. **La candelilla de la papa (*Phytophthora infestans*) en Venezuela**. Perfil de país. Estado actual del manejo integrado del Tizón Tardío (MIP-Tizón) en países Andinos. In: Memorias del taller Internacional Complementando la resistencia al Tizón (*Phytophthora infestans*) en los Andes. Bolivia. GILB, Taller Latinoamérica 1. E.N. Fernández-Northcote, ed. CIP. Lima, Perú, 2001. p. 41-45.

_____; GARCÍA, A. Evaluación de estrategias para el control químico del Tizón Tardío de la papa en dos localidades del Estado Mérida, Venezuela. **BIOAGRO**, Barquisimeto, v. 16, n. 2, p. 77-83, 2004.

GILLESPIE, T.J. **Pest and disease relationships**. In: GRIFFITHS, J.F. **Handbook of agricultural meteorology**. New York: Oxford University Press. 1994. Chap 19, p.203-209

GERÜNWALD, N.J.; ROMERCO, G.; FRY, W.E. **Epidemiología comparativa del Tizón Tardío de la papa**. Implicaciones del manejo contrastando climas del trópico alto y climas templados. In: Memorias del taller Internacional Complementando la resistencia al Tizón (*Phytophthora infestans*) en los Andes. Bolivia. GILB, Taller Latinoamérica 1. E.N. Fernández-Northcote, (Ed). CIP. Lima, Peru, 2001 p.

HAVERKORT, A.L. Ecology of potato cropping systems in relation to latitude and latitude. **Agricultural systems**, Oxford, v. 32, p.251-272, 1990.

HIJMANS, R.J.; FORBES, G.A.; WALKER, T.S. Estimating the global severity of potato Late Blight with a GIS-Linked Disease forecaster. **Plant Pathology**, Oxford, v. 49, p.697-705, 2000.

HOOKE, W.J. **Compendio de enfermedades de la papa**. Trad. de T. Ames de I.. Lima: CIP, 1980. 166p.

HYRE, R.A. Progress in forecasting late blight of potato and tomato. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v 38, n. 4, p. 245-253, 1954.

JAIME-G, R.; ORUM, T.V.; GASTELUM, R.F.; TRINIDAD C, R.; VANETTEN H.D.; NELSON M.R. Spatial analysis of phytophthora infestans genotypes and Late Blight severity on tomato and potato in the Del Fuerte Valley using Geostatistics and Geographic Information systems. **Phytopathology**. St. Paul, v. 91, n. 12, p. 1156-1165, 2001.

ISAAKS, E.H. ; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. Oxford: Oxford University Press, 1989. 561p.

KRAUSE, R.A.; MASSIE, L.B. Predictive systems: Modern approaches to disease control. **Annual Reviews of Phytopathology**, Palo Alto, v., p. 31-47, 1975.

KRAUSE, R.A.; MASSIE, L.B.; HYRE, R.A. BLITECAST: A computerized forecast of potato late blight. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 59, n. 2, p.95-98, 1975.

LINARES, Y.; GUTIÉRREZ, A. La competitividad de la producción de la papa (*Solanum tuberosum*) en el municipio Pueblo Llano, Estado Mérida, Venezuela. **Agroalimentaria**, Caracas, v. 15, p. 37-47. 2002.

MAFFEI, M.I.; QUINTERO, Y.; GARCIA, R. Combinación de fungicidas protectivos y sistémicos para el control químico de la "candelilla tardía" de la papa (*Phytophthora infestans*) en Mucuchíes, estado Mérida, Venezuela. **Revista Facultad Agronomía (LUZ)**, Maracaibo, n. 16, p.517-527, 1999.

MARCANO, D.A. de; MARCANO A, J.J.; PIRE, A. Presencia de cepas del hongo *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary resistentes a metalaxil en siembras de papa del estado Lara. **Agronomía Tropical**, Maracay, v. 35, n. 1/3, p.43-55, 1986.

MIGROIMAGES. **TNTmips 6.8**, Lincon.. CD-ROM

MICROSOFT. **Visual Basic 6.0**. CD-ROM.

MIRANDA, H.S.F.; GRANJA, N do P.; MELO, T.P.C.de. **Cultura da batata**. Vargem Grande do Sul, 2003. 68 p. (Apostila.)

MIZUBUTI, E.S.G.; FRY, W.E. Temperature effects on developmental stages of isolates from three clonallinages of *Phytophthora infestans*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 88, n. 8, p.837-843, 1998.

MONTALDO, A. **Cultivo y mejoramiento de la papa**. IICA. Costa Rica: IICA, 1984. 706 p. (IICA, 54.).

NELSON, M R.; ORUM, T.V.; JAIME-GARCIA, R.; NADEEM, A. Applications of Geographic Information Systems and Geostatistics in plant disease Epidemiology and Management. **Plant disease**, St. Paul, v. 83, n. 4, p.308-319, 1999.

ÑÚSTEZ, C.E. **Phytophthora infestans**. Situación en Latinoamérica. 1999 Disponible em: www.corpoica-regionaluno.org/nustez.zip. Acesso em: (29 jun. 2003.).

PANNATIER, Y. **Variowin**: Software for spatial data analysis in 2d. New York: Springer. 1996. 91p.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, PC. **Agrometeorologia:** fundamentos e aplicações práticas. Piracicaba: Editora Agropecuária, 2002. 478 p.

ROWE, R.C.; MILLER, S.A.; RENDEL, R.M. **Late blight of potato and tomato.** Extension fast sheet. HYG-3102-95. Disponível em: www.ohioline.osu.edu/hyg-fact/3000/3102.html. Acesso em: (03 maio 2003.).

UNIVERSITY ILLINOIS. **Late blight of potato.** Report on Plant Disease. RPD N° 936 – july 1990. Disponível em: www.ag.uiuc.edu/vista/pdf_pubs/936.pfd Acesso: 15/04/2003.

SPRINGER. **Variowim 2.2.** New. York. 1996. Disponível em: <http://www-sst.unil.ch/research/variowin/index.html>. Acesso em: (12 maio 2003).

WALLIN, J.R. Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in United States and Canada. **American Potato Journal**, Orono, v. 39, p. 306-312, 1962.

WELTZIEN, H.C. Geophytopathology. **Annual Reviews of Phytopathology**, Palo Alto, v. 10, p. 227-298, 1972.

WMO. **Agrometeorological aspects of operational crop protection.** Genebra: WMO, 1988. 185p. (Technical note, 192)

APÊNDICE

APÊNDICE A

**SISTEMA PARA APLICAÇÃO DO MODELO HYRE (1954) PARA A PREVISÃO DA
REQUEIMA DA BATATA**

**Beatriz I. Lozada G.
Luciano Tapia**

SISTEMA PARA APLICAÇÃO DO MODELO HYRE (1954) PARA A PREVISÃO DA REQUEIMA DA BATATA

Este aplicativo foi desenvolvido com o objetivo de facilitar a manipulação dos dados e automatizar a execução do modelo de Hyre (1954) para a previsão da Requeima da batata, além da preparação dos dados climáticos a serem utilizados pelo modelo.

O aplicativo foi desenvolvido em módulos, mediante o software VisualBasic 6.0 e para o manejo da base de dados foi utilizado o software Access.

Os módulos que constam no aplicativo são:

- Importação de arquivos
- Preenchimento de falhas
- Precipitação acumulada em 10 dias
- Simulação do preenchimento das falhas
- Aplicação do modelo

1. MÓDULO DE IMPORTAÇÃO DE ARQUIVOS

O formato original dos dados levou ao desenvolvimento de uma ferramenta que permitisse importar os diferentes arquivos de dados de precipitação e temperatura. Os dados são importados para o Access, para uma melhor manipulação.

O modulo está subdividido em:

Os dados ficaram organizados de forma que cada registro corresponde a 1 dia. Foram criadas diversas tabelas:

- Estrutura da tabela **Dados** (armazena os dados das estações). Esta é a tabela principal do aplicativo, usada para as diversas rotinas.

	Nome do campo	Tipo de dados
?	Ano	Texto
?	Estacao	Texto
	Valor	Número
	Codigo	Número
?	MesNro	Número
?	DiaNro	Número
	Acumulado	Número
	CorrigidoPela	Texto
	ExisteNull	Sim/Não
	TempMinima	Número
	TempEstimada	Número
	TempMedia5	Número
	Data	Data/Hora

Descrição dos campos:

Ano: ano cronológico

Estação: código de identificação da estação.

Valor: precipitação diária, em mm

Acumulado: corresponde aos dados de precipitação acumulada em 10 dias

Corrigido pela: conserva a informação das estações usadas no processo de preenchimento das falhas.

ExisteNull: registra a existência de falhas durante o processo de estimação da precipitação acumulada

Tempminima: armazena os valores das temperaturas mínimas

TempEstimada: armazena os valores das temperaturas médias

TempMedia5: corresponde aos valores da média da temperatura média para os últimos 5 dias.

- Estrutura da tabela **Correção**: Armazena a lista das estações selecionadas na análise de agrupamento, a serem usadas no processo de preenchimento das falhas dos dados de precipitação.

	Nome do campo	Tipo de dados
▶	Codigo	Número
	Estacao	Texto
	Mes	Número
	Estacao1	Texto

Descrição dos campos:

Código: número de controle

Estação: armazena os códigos das estações

Mês: armazena o mês que será utilizado para o preenchimento da falha.

Estação1: armazena o código das estações selecionadas para o preenchimento das falhas

- Estrutura da tabela **Temperatura e TemperaturaMinima**

	Nome do campo	Tipo de dados
▶	Mes	Número
?	Dia	Número
?	Estacao	Texto
	Valor	Número
	Media5	Número

	Nome do campo	Tipo de dados
▶	Mes	Número
?	Dia	Número
?	Estacao	Texto
	Valor	Número

Descrição dos campos:

Estação: código das estações

Valor: armazena o valor da temperatura média ou mínima

Media5: armazena em forma temporal aos valores da média da temperatura média para os últimos 5 dias.

2. CORREÇÃO DE FALHAS

O preenchimento das falhas se realiza mediante este módulo com o procedimento a seguir:

1. Identifica falha em uma determinada estação
2. Identifica para a estação a primeira opção para preenchimento da falha
3. Localiza o dia na estação selecionada
4. Verifica existência de valor
5. No caso de existir valor, realiza o preenchimento e registra (campo: corrigido pela) o código da estação utilizada.
6. No caso de não existir, passa a selecionar a estação classificada como segunda opção
7. Repete o procedimento 5.
8. Segue assim até o final do arquivo.
9. Inicia novamente o procedimento com uma nova estação.

3. PRECIPITAÇÃO ACUMULADA DE 10 DIAS

Uma vez preenchidas as falhas nos dados de precipitação, gera-se o total móvel dos últimos 10 dias, dado requerido pelo modelo. Iniciando em 10 de janeiro de 1967 e terminando em 31 de dezembro de 1997.

4. TEMPERATURA MÉDIA 5 DIAS

No caso da temperatura média, o modelo tem como dado de entrada o valor da temperatura média dos últimos 5 dias, este módulo permite fazer essa determinação, iniciando no dia 1º de janeiro 1967 e terminando no dia 31 de dezembro do 1997.

5. SIMULAÇÃO DA CORREÇÃO DE FALHAS

Este módulo permite selecionar um número pré-determinado pelo usuário, de valores a serem simulados, nos seguintes agrupamentos temporais: diário, decendial, quinzenal e mensal.

[Simulação do preenchimento de falhas]

Digite a quantidade de valores a serem simulados :

O procedimento seguido neste módulo é:

- Ingresso pelo usuário do número (n) de valores a serem simulados.
- Geração aleatória de um número de código, dentre os gerados para cada registro da base de dados.
- Verifica a existência de valor (es) nesse registro, dependendo do agrupamento temporal.
- Seleciona a estação para preenchimento e registra o valor
- Cria uma tabela temporal dos dados observados e os dados preenchidos (simulados).
- Repete o procedimento “n” vezes, como indicado pelo usuário no primeiro passo.
- Gera um arquivo de texto com os resultados da simulação.

6. APLICAÇÃO DO MODELO

O modelo de Hyre (1954) para a previsão da requeima da batata apresenta as seguintes características:

Este modelo prevê a eclosão (primeira aparição) da Requeima 7 a 14 dias após a ocorrência de 10 dias consecutivos favoráveis a Requeima. Como dia favorável (DF) considera-se:

$$DF = T_{m(5)} < 25,5^{\circ}C \text{ e } Ch_{T(10)} \geq 30mm$$

em que: $T_{m(5)}$ é a temperatura média nos últimos 5 dias e $Ch_{T(10)}$ a chuva total nos últimos 10 dias.

O módulo realiza os seguintes passos:

- O usuário insere os dados: data de semeadura para iniciar a simulação, chuva e temperaturas a serem consideradas.

- Localiza a data inserida pelo usuário, inicia a contagem dos graus-dia acumulados para determinar o ciclo da cultura, no caso deste ser maior 140 dias, se define um ciclo igual a 140 dias.
- Verifica as condições do modelo e registra os dias favoráveis (DF), a Ocorrência (O) e as Pulverizações (P) previstas no modelo modificado.
- Repete o procedimento para cada estação e ano.
- Gera o arquivo texto de saída: Arquivo final.txt
- Ao clicar em exibir os resultados na tela (Figura 1).

The image shows a software window titled "[Aplicação do Modelo - Parâmetros]". Inside the window, there are three input fields with labels above them: "Data (dd/mm):", "Chuva :", and "Temperatura :". The "Data (dd/mm):" field contains the placeholder text "##/##". The "Chuva :" field contains the value "30". The "Temperatura :" field contains the value "25,5". To the right of these fields are two buttons: "Executar" (top) and "Exibir" (bottom).

Aplicação do modelo de HYRE

Arquivo Correções

[Aplicação do Modelo - Parâmetros]

Data (dd/mm): Chuva : Temperatura : Executar

 / 30 25,5 Exibir

Dia	Estação	Favorável	Ocorrência	Aplicação	Estacao	Ano	Qtde. Favor...	Qtde. Ocorr...	Qtde. Aplic...
01/04/1967	2113	Não	Não		2113	1967	0	0	0
02/04/1967	2113	Não	Não		2113	1968	41	4	3
03/04/1967	2113	Não	Não		2113	1969	38	2	1
04/04/1967	2113	Não	Não		2113	1970	35	2	2
05/04/1967	2113	Não	Não		2113	1971	33	3	2
06/04/1967	2113	Não	Não		2113	1972	46	3	3
07/04/1967	2113	Não	Não		2113	1973	23	1	1
08/04/1967	2113	Não	Não		2113	1974	14	2	2
09/04/1967	2113	Não	Não		2113	1975	15	1	1
10/04/1967	2113	Não	Não		2113	1976	11	0	0
11/04/1967	2113	Não	Não		2113	1977	30	2	2
12/04/1967	2113	Não	Não		2113	1978	66	5	4
13/04/1967	2113	Não	Não		2113	1979	60	5	4
14/04/1967	2113	Não	Não		2113	1980	25	1	1
15/04/1967	2113	Não	Não		2113	1981	57	5	4
16/04/1967	2113	Não	Não		2113	1982	48	3	2
17/04/1967	2113	Não	Não		2113	1983	42	3	3
18/04/1967	2113	Não	Não		2113	1984	2	0	0
19/04/1967	2113	Não	Não		2113	1985	47	4	4
20/04/1967	2113	Não	Não		2113	1986	51	4	3
21/04/1967	2113	Não	Não		2113	1987	11	1	1
22/04/1967	2113	Não	Não		2113	1988	8	0	0
23/04/1967	2113	Não	Não		2113	1989	16	0	0

[Simulação do preenchimento de falhas]

Digite a quantidade de valores a serem simulados : 1000 Simular

Dados carregados com sucesso...

Figura 1 - Exemplo da saída do módulo de aplicação do modelo de previsão da requeima.