

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**UTILIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS MULTIVARIADOS NA  
PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E CLIMÁTICA NA REGIÃO  
SUDESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO**

**JOSÉ ROBERTO TEMPONI DE OLIVEIRA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP

Maio – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**UTILIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS MULTIVARIADOS NA  
PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E CLIMÁTICA NA REGIÃO  
SUDESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO**

**JOSÉ ROBERTO TEMPONI DE OLIVEIRA**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Padovani**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP

Maio – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO  
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTCA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA  
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Oliveira, José Roberto Temponi de, 1962-  
048u Utilização de procedimentos multivariados na produtivi-  
dade agrícola e climática na região sudeste do Estado de  
Mato Grosso / José Roberto Temponi de Oliveira. - Botucatu  
: [s.n.], 2009.  
xv, 86 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Fa-  
culdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2009  
Orientador: Carlos Roberto Padovani  
Inclui bibliografia.

1. Produtividade agrícola. 2. Correlação canônica. 3.  
Variação climática. 4. Análise multivariada. I. Padovani,  
Carlos Roberto. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio  
de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de  
Ciências Agronômicas. III. Título.

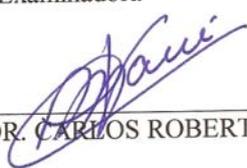
**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**  
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

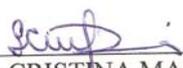
TÍTULO: "UTILIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS MULTIVARIADOS NA PRODUTIVIDADE  
AGRÍCOLA E CLIMÁTICA NA REGIÃO SUDESTE DO ESTADO DE MATO  
GROSSO"

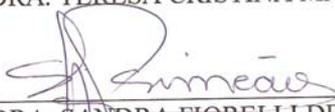
ALUNO: JOSÉ ROBERTO TEMPONI DE OLIVEIRA

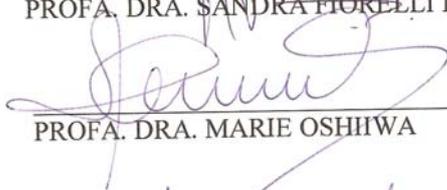
ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ROBERTO PADOVANI

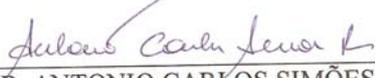
Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CARLOS ROBERTO PADOVANI

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. TERESA CRISTINA MARTINS DIAS

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. SANDRA FIORELLI DE A. P. SIMEÃO

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. MARIE OSHIWA

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANTONIO CARLOS SIMÕES PIÃO

Data da Realização: 12 de maio de 2009.

*“homo sum: humani nihil a me alienum puto”*

(sou homem, nada do que é humano me é alheio)

Terêncio

“...sei que sou barro nas mãos do grande oleiro do universo,  
procuro ser um bom barro,  
quem sabe um dia, serei um tijolinho nalguma parede caiada...”

JRTO, 2007

“Como sei pouco e sou pouco, faço o pouco que me cabe, me dando inteiro,  
sabendo que não vou ver o homem que quero ser.”

(Thiago de Mello)

“ Assim como  
Todas as portas são diferentes  
Aparentemente  
Todos os caminhos são diferentes  
Mas vão dar todos no mesmo lugar ”

(Caminhos II - Raul Seixas)

## DEDICATÓRIA

*Ao meu avô José, com orgulho de tê-lo como avô,*

*Aos meus pais Geraldo e Genir, por todo amor e ensinamentos,*

*À minha esposa Eliana, pela presença constante em todos os momentos da minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar neste difícil caminho, pela fé, coragem, vontade e força.

Ao Professor Dr. Carlos Roberto Padovani, cuja apresentação ao público letrado se teme fazer, porque bem pode dar-se o desequilíbrio, ficando os elogios muito aquém do valor intrínseco da sua obra e do mestre; pela orientação dedicada e competente, além da amizade, contribuindo não só para a realização desta pesquisa, mas também para minha formação profissional.

À minha esposa e companheira Eliana, pela compreensão, apoio e ternura, às minhas filhas Fernanda e Tatiane pela tolerância dispensada.

À minha família que sempre acreditou em mim, em especial a Luciana que forneceu parte dos dados utilizados no estudo, além de suas valiosas revisões críticas e sugestões.

À Vera Sandanielo, pela amizade e atenção que desde o início incentivou e acompanhou todas as etapas deste trabalho.

À Professora Maria Delgi pelas leituras e sugestões oportunas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa PICDT.

À Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT e ao Departamento de Estatística, que oportunizaram minha saída para o doutorado, apesar do momento.

Aos professores da FCA pela dedicação à docência em sua amplitude.

Aos funcionários do IB, da Seção de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura, da Biblioteca central, pela presteza nas necessidades e condução nas tarefas de atendimento às normas regulamentares que permitiram a apresentação desta tese.

Aos amigos do departamento de Estatística da UFMT e da pós-graduação FCA , cujos nomes não citarei para não cometer injustiças devido ao esquecimento, que marcaram presença nesta jornada.

## ÍNDICE ANALÍTICO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XIV</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>XVI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1. COLONIZAÇÃO, PRODUTIVIDADE E CLIMATOLOGIA DO ESTADO DE MATO GROSSO. ....	5
2.2. TÓPICOS DE ANÁLISE MULTIVARIADA. ....	11
2.2.1. <i>Análise de Agrupamento.</i> .....	12
2.2.2. <i>Análise Fatorial.</i> .....	13
2.2.3. <i>Análise de Correlação Canônica.</i> .....	14
2.3. ANÁLISE MULTIVARIADA NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS. ....	15
2.4. CLIMATOLOGIA .....	20
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	26
3.2. VARIÁVEIS AGRÍCOLAS .....	30
3.3. VARIÁVEIS CLIMÁTICAS .....	30
3.3.1. <i>Precipitação</i> .....	32
3.3.2. <i>Temperatura</i> .....	33
3.3.3. <i>Evapotranspiração</i> .....	35
3.3.4. <i>Umidade relativa do ar</i> .....	36
3.4. TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA.....	37
3.4.1. <i>Análise de Agrupamento</i> .....	39
3.4.2. <i>Análise Fatorial.</i> .....	40
3.4.3. <i>Análise de Correlação Canônica</i> .....	42
3.5. ASSOCIAÇÃO ENTRE TÉCNICAS MULTIVARIADAS .....	44

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
4.1. ESTIMATIVAS DOS VALORES CLIMÁTICOS.....	46
4.2. ANÁLISE DE AGRUPAMENTO .....	47
<b>4.2.1. Agrupamento pelas variáveis climáticas.....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.2. Agrupamento pelas variáveis agrícolas. ....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.3. Agrupamento pelas variáveis climáticas e produtividade agrícola.....</b>	<b>57</b>
4.3. ANÁLISE FATORIAL.....	62
4.4. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA.....	65
4.5. ASSOCIAÇÃO ENTRE TÉCNICAS MULTIVARIADAS .....	69
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>81</b>
APÊNDICE 1.....	81
APÊNDICE 2.....	83

## LISTA DE FIGURAS

<i>Número</i>	<i>Página</i>
Figura 1. Mapa das mesorregiões do estado de Mato Grosso .....	27
Figura 2. Espacialização da altitude (m) em relação ao nível do mar.....	28
Figura 3. Área territorial e localização dos postos pluviométricos (SE do Mato Grosso) .....	29
Figura 4. Agrupamento das microrregiões pelas variáveis climáticas .....	48
Figura 5. Agrupamento das microrregiões pela temperatura média compensada do ar.....	49
Figura 6. Agrupamento das microrregiões pela evapotranspiração .....	49
Figura 7. Agrupamento das microrregiões pela precipitação.....	50
Figura 8. Agrupamento das microrregiões pela umidade relativa do ar. ....	50
Figura 9. Agrupamento das microrregiões pelo conjunto das variáveis agrícolas. ....	51
Figura 10. Agrupamento das microrregiões pela produção da cultura de algodão. ....	52
Figura 11. Agrupamento das microrregiões pela produção da cultura de arroz .....	52
Figura 12. Agrupamento das microrregiões pela produtividade da cultura da banana. ....	53
Figura 13. Agrupamento das microrregiões segundo a cultura de cana-de-açúcar .....	53
Figura 14. Agrupamento das microrregiões segundo a cultura de feijão.....	54
Figura 15. Agrupamento das microrregiões segundo a cultura de mandioca.....	55
Figura 16. Agrupamento das microrregiões segundo a cultura de milho. ....	55
Figura 17. Agrupamento das microrregiões segundo a cultura de soja. ....	56
Figura 18. Agrupamento das microrregiões segundo a cultura de sorgo.....	56
Figura 19. Síntese dos agrupamentos segundo as variáveis climáticas e unidade operacional....	57
Figura 20. Síntese dos agrupamentos segundo as variáveis agrícolas e unidade operacional .....	57
Figura 21. Síntese da associação entre componentes climático e agrícola .....	58
Figura 22. Síntese da associação entre temperatura e componente agrícola .....	59
Figura 23. Síntese da associação entre evapotranspiração e componente agrícola .....	59
Figura 24. Síntese da associação entre precipitação e componente agrícola.....	60
Figura 25. Síntese da associação entre umidade relativa e componente agrícola.....	60
Figura 26. Gráfico <i>Scree-plot</i> da matriz de correlação.....	63
Figura 27. Gráfico dos coeficientes dos fatores.....	65

Figura 28. Distribuição dos coeficientes de desempenho agrícola e climático para as microrregiões.....	68
Figura 29. Espacialização da temperatura máxima média mensal (°C) para o mês de janeiro....	81
Figura 30. Espacialização da temperatura máxima média mensal (°C) para o mês de julho.....	81
Figura 31. Espacialização da temperatura mínima média mensal (°C) para o mês de janeiro.....	81
Figura 32. Espacialização da temperatura mínima média mensal (°C) para o mês de julho.....	81
Figura 33. Espacialização da precipitação média mensal (mm) para o mês de janeiro .....	82
Figura 34. Espacialização da precipitação média mensal (mm) para o mês de julho .....	82
Figura 35. Espacialização da umidade relativa média mensal para o mês de janeiro .....	82
Figura 36. Espacialização da umidade relativa média mensal para o mês de julho .....	82
Figura 37. Espacialização da evapotranspiração média mensal (mm) para o mês de janeiro.....	82
Figura 38. Espacialização da evapotranspiração média mensal (mm) para o mês de julho.....	82
Figura 39. Temperatura máxima do ar para a estação meteorológica de Rondonópolis.....	83
Figura 40. Temperatura mínima do ar para a estação meteorológica de Rondonópolis .....	83
Figura 41. Temperatura média compensada do ar para a estação meteorológica de Rondonópolis. .....	84
Figura 42. Gráfico de probabilidade normal dos resíduos .....	85
Figura 43. Dispersão dos resíduos padronizados versus valores preditos de umidade relativa do ar para a estação meteorológica de Rondonópolis. ....	85
Figura 44. Umidade relativa do ar para a estação meteorológica de Poxoréo.....	86
Figura 45. Umidade relativa do ar para a estação meteorológica de Rondonópolis.....	86

**LISTA DE TABELAS**

<i>Número</i>	<i>Página</i>
Tabela 1. Variáveis agrícolas com respectivas unidades e notação convencional .....	30
Tabela 2. Variáveis climáticas com respectivas unidades e notação convencional .....	31
Tabela 3. Autovalores e porcentagens de variação da matriz de correlação.....	62
Tabela 4. Coeficientes dos fatores das variáveis agrícolas.....	63
Tabela 5. Coeficientes de correlação canônica entre variáveis climáticas e agrícolas .....	66
Tabela 6. Coeficientes canônicos correspondentes às três primeiras correlações .....	66
Tabela 7. Estrutura canônica para a primeira função canônica.....	67
Tabela 8. Desempenhos climático e agrícola das microrregiões .....	68
Tabela 9. Associação entre técnicas multivariadas.....	69

## RESUMO

A necessidade de entender o relacionamento entre variáveis biológicas faz da análise multivariada uma metodologia com grande potencial de aplicação em várias áreas do conhecimento. Na agricultura, sua utilização vem auxiliando a compreensão e a obtenção de respostas altamente interessantes e práticas, que permitem optar pelo seu emprego, tanto pela eficiência como pela acurácia do método na interpretação dos resultados. A partir da utilização de técnicas multivariadas pautadas em procedimentos quantitativos mais robustos e sensíveis, buscou-se caracterizar o perfil produtivo e climático das microrregiões do Sudeste do estado de Mato Grosso e construir modelos para quantificar e aprofundar a interrelação entre produtividade e variáveis climáticas nas respectivas regiões. Para classificar microrregiões semelhantes segundo suas características, quando nenhuma suposição foi feita concernente ao número de grupos ou a estrutura do grupo, utilizou-se a análise de agrupamento. Buscando identificar as dimensões separadas da estrutura de variação dos dados e então determinar a extensão na qual cada variável é explicada por cada dimensão e interpretar a estrutura das interrelações entre os produtos cultivados na região, definindo num conjunto de dimensão menor que o original utilizou-se a análise fatorial. Para descrever a associação entre o conjunto de

variáveis agrícolas e de produtividade e a incorporação de novos procedimentos multivariados na interrelação desses indicadores, utilizou-se a análise de correlação canônica. Para a operacionalização desses procedimentos multivariados foram estabelecidas técnicas para estimar os componentes climáticos não disponíveis em algumas das microrregiões estudadas. A análise de agrupamento permitiu desenhar um mosaico de heterogeneidade espacial e estabelecer diferentes perfis na composição dos grupos de microrregião, reunindo as mais tradicionais no cultivo de uma espécie, ou mais produtivas, ou aquelas mais propícias ao desenvolvimento de determinada cultura. A análise fatorial estabeleceu dois eixos canônicos para as interrelações entre as culturas, sendo o primeiro fator explicando 42,22% da variância total correlacionado com as culturas anuais, podendo ser denominado de “fator de culturas anuais” e o segundo fator, que explicou 16,11%, “fator de culturas semiperenes”. O resultado da primeira correlação canônica (0,67) mostrou associação significativa entre as componentes agrícolas e as condições climáticas. Os resultados obtidos pelos procedimentos de estimação e multivariados na busca da interrelação produtividade agrícola e característica climatológica sobre a região, possibilitaram o fornecimento de informações sistematizadas que permitirão aos produtores rurais uma melhor tomada de decisão quanto à competitividade e a manutenção do fluxo de investimentos no setor agrário do sudeste matogrossense.

Palavras-chave: produtividade agrícola; correlação canônica, variação climática; análise multivariada.

**USING OF MULTIVARIATE PROCEDURES IN THE FARM PRODUCTIVITY AND CLIMATOLOGIC IN SOUTHEAST OF MATO GROSSO STATE.** Botucatu, 2009. 86 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JOSÉ ROBERTO TEMPONI DE OLIVEIRA

Adviser: CARLOS ROBERTO PADOVANI

## SUMMARY

The knowledge of the relationship between biological variables makes the multivariate analysis a potential tool for applications in several science fields. In agriculture, this technique has enabled the understanding and obtaining responses very real, which show the possibility of use by both the efficiency and the accuracy of the method in the interpretation of results. The purpose of this research is to use of multivariate techniques based on quantitative procedures to improve the knowledge about the climatic variables of the southeast of Mato Grosso state, which helps to solve problems in the agricultural sector. Also, the grouping analysis classified the micro regions in similar groups. The factorial analysis showed the dimensions of the variation structure of data, enabling the determination of the extent of each variable in each dimension. The smaller regions were defined from interpreting of the interrelationship between the products grown in the region. The correlation canonic analysis was used to describe the association between the number of variables and agricultural productivity. Thus, new procedures were incorporated in multivariate interrelationship of these indicators. Some climatic components, not available in a few micro regions, were estimated through multivariate techniques. Cluster analysis allowed the design of a mosaic of spatial heterogeneity regions. It established different profiles in the composition of groups, joining the more

traditional in the culture of a species, or more productive, or those for the development of a particular culture. The factorial analysis established two canonical axes for the interrelationships between cultures. The first factor explaining 42.22% of total variance associated with annual crops (called "annual crops factor "). The second factor explained 16, 11% ("semi perennial crop factor"). The result of the first canonical correlation (0.67) showed significant association between the agricultural components and climatic conditions. The results obtained by estimation of the climatic parameters and the multivariate procedures enabled the provision of systematic information that will allow farmers to better decision-making on the competitiveness and maintaining the flow of investment in agricultural sector southeastern Mato Grosso.

---

Keywords: agricultural production; canonical correlation; climate change; multivariate analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças econômicas e políticas juntamente com a evolução da tecnologia, ocorridas no final do século XX e início do XXI, afetaram o agronegócio de uma forma geral. Novos conceitos e ações ganharam espaço no contexto, em que alta produtividade, baixos custos e maior eficiência surgem como regras de sobrevivência no mercado globalizado.

Por ser o Brasil um dos responsáveis pelos maiores volumes de produção agrícola do mundo, muitas mudanças de manejo e relações comerciais e sociais foram sentidas pelos produtores ao longo dos anos.

De acordo com Scolari (2006), o país tem apresentado um grande desempenho nas exportações de produtos do agronegócio e conquistado novos mercados em diferentes partes do mundo. O crescimento da produção agropecuária é impressionante, pois em 15 anos conseguiu aumentar em mais de 100 por cento a produção de grãos, saindo de 57 milhões de toneladas em 1990 para 115 milhões de toneladas em 2005, e assim tornando-se um grande exportador agropecuário, participando com mais de 4% do comércio mundial do

agronegócio. Possui liderança mundial consolidada e é um dos principais exportadores de soja, açúcar, carnes de frango, suína e bovina, café, suco de laranja e fumo. Nos últimos 15 anos, o crescimento das exportações agrícolas tem sido acima de 6% e existem reais possibilidades de continuar crescendo a taxas iguais ou até mesmo superiores a esta.

Diversos fatores contribuíram para este desempenho, em particular, o desenvolvimento tecnológico que tem alavancado a expansão da agricultura no país, com novas práticas agrícolas no manejo do solo, de culturas, de proteção de doenças e no uso racional de insumos e corretivos. Destaca-se também o empreendedorismo dos produtores que utilizam de mão de obra especializada no aproveitamento racional dos recursos naturais (solo, clima, água) nas diferentes regiões produtoras. Observa-se um grande progresso econômico e social, que tem produzido riquezas e benefícios para toda a sociedade, e ampliado, em várias ordens de grandeza, a capacidade de se obter informações de fenômenos naturais climáticos ao longo do tempo.

No estado de Mato Grosso o processo de expansão agrícola é recente, tendo ocorrido de forma bastante intensa a partir da década de 80. A necessidade de produtos competitivos no mercado nacional, frente a estados com maior tradição e produtividade agrícola, e internacional, com exigências de características genéticas e certificações, conduziram à prática de uma agricultura mais racional como parte integrante do processo produtivo.

Os empresários rurais do Mato Grosso utilizam técnicas agrícolas que consistem de um ciclo de análise da produtividade e das características do solo, do controle da aplicação de insumos e correção da terra e, ainda do controle da aplicação de agrotóxicos. Mas se as técnicas de análise e coleta são facilmente dominadas pelo homem, os dados climáticos representam ainda um problema a ser mais bem estudado, pois a alta variabilidade encontrada nos indicadores de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração propiciam situações onde o trabalho humano e tecnológico podem estar sujeitos a esforços desperdiçados.

Diante destes fatos, existe uma grande necessidade de informações climáticas mais específicas que capacitem os agricultores a tomarem decisões operacionais.

Embora o homem não seja capaz de mudar o tempo e o clima, exceto em escala muito reduzida, ele é capaz de ajustar as práticas agrícolas ao clima (MOTA, 1983). Portanto, são necessários estudos que mostrem as condições climáticas de forma sistematizada, que sirvam de ferramenta para diagnosticar, e até prognosticar, a capacidade dos produtores em atender as novas exigências da agricultura no país.

A dinâmica da cadeia produtiva agrícola como meta de desenvolvimento compreende as condições de produtividade e a espacialidade das variações climáticas, identificando e indicando localidades com sistemas produtivos com desempenho diferenciados.

Para a efetivação da agricultura de precisão, uma grande quantidade de informações deve ser processada antes de ser transformada em conhecimento. Em diferentes naturezas, a complexidade dos dados cria uma forte demanda por ferramentas estatísticas capazes de considerarem simultaneamente todos os aspectos biológicos da cultura, destacando-se em especial a análise multivariada de dados, que fornece uma visão global dos fenômenos envolvidos nos processos dinâmicos da produção agrícola, o que não seria possível numa abordagem univariada, mesmo que repetida diversas vezes.

O conhecimento multidimensional das interrelações entre produtividade-clima serve como referencial para compreensão da forma e da intensidade em que se verifica a produção de culturas entre as localidades, nos diversos espaços e sua associação com as variáveis climáticas e quais relações podem ser úteis para as tomadas de decisão.

Considerando a agricultura associada às condições climáticas da região Sudeste do estado de Mato Grosso, onde o avanço da soja foi diferenciado, a diversificação de explorações agrícolas que se destaca com conseqüente distinção na geração de emprego e renda e que um novo modelo desenvolvimentista está se estruturando no considerado estado, onde oportunidades para o produtor com características específicas se sobrepõem, a necessidade de um estudo mais refinado e adequado do conjunto de operações da cadeia produtiva exige o emprego de estatística multivariada como uma metodologia mais

apropriada para caracterizar a relação mútua entre produtividade e as condições climáticas na região.

Neste sentido, tem-se como finalidade de pesquisa caracterizar o perfil produtivo e climático das microrregiões do Sudeste do estado de Mato Grosso e construir modelos multivariados para quantificar e reconhecer a acurácia da interrelação entre produtividade e índices climáticos nas respectivas regiões.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Colonização, produtividade e climatologia do estado de Mato Grosso.**

De acordo com Siqueira (2002), a expressão colonização é utilizada desde as grandes navegações, quando portugueses se estabeleceram no Brasil, na África e na Ásia, tomaram terras e nelas desenvolveram a agricultura, a pecuária, o extrativismo e a mineração.

Com a proclamação da República, após a Constituição de 1891, as terras devolutas passaram ao domínio das Unidades Federativas, sendo que, a cada estado, coube a responsabilidade pelas terras circunscritas ao seu território. Além das terras legalizadas, o governo de Mato Grosso implementou um vigoroso processo de vendas de terras devolutas a partir de 1893. O primeiro movimento promovido pelo Governo Federal objetivando a ocupação das terras matogrossenses ficou conhecido como Marcha para o Oeste, sob o patrocínio do presidente Getúlio Vargas e implementado, principalmente, a

partir de 1937. As vendas indiscriminadas das terras matogrossenses e amazônicas se intensificam a partir do Plano de Metas, adotado no governo Juscelino Kubitschek (1956-60).

A partir de 1960, com a intensa leva de migrantes, especialmente advindos das regiões Sudeste e Sul do país, teve início o processo de concentração de terras, uma vez que antigos pequenos proprietários, impossibilitados de concorrer com o grande capital, acabaram vendendo seus lotes. No início de 1970, a colonização ganhou um outro sentido, as terras que se situavam em Mato Grosso e Amazônia eram vistas como espaços vazios, inabitados, sendo necessário abrir a fronteira atraindo para esse território elementos que, fugindo dos problemas enfrentados nas regiões de origem, migrassem em direção ao espaço aberto à moderna colonização.

Na região de Rondonópolis, a agricultura foi inicialmente caracterizada por uma produção de subsistência, capaz de abastecer os centros mineradores. Com a decadência das jazidas diamantíferas, o capital acumulado foi aplicado nas atividades agrícolas e pastoris, não mais sob a forma rudimentar de produção, mas com fins comerciais. As primeiras penetrações na região que constitui, atualmente, o município de Itiquira foram caracterizadas pela migração de garimpeiros vindos da região do Pontal do Araguaia. Estes, encantados com a fertilidade das terras e pelos extensos campos, terminaram por se estabelecer definitivamente na região cuja característica econômica se assentava na trilogia mineração, pecuária e agricultura.

Segundo Figueiredo (2003), o movimento divisionista vinha de longa data e foi se fortalecendo cada vez mais. A primeira tentativa de se criar um novo estado ocorreu em 1892, e, somente em 11 de outubro de 1977, o presidente Ernesto Geisel assinava a lei complementar nº 31, criando o estado de Mato Grosso do Sul, pelo desmembramento de área do estado de Mato Grosso. De acordo com estimativas baseadas no censo de 1970, com o desmembramento o novo Estado passou a contar com uma população de 1.400.000 habitantes, distribuídos em 55 municípios, numa área de cerca de 350.000 km<sup>2</sup>. Mato Grosso remanescente ficou com uma população de cerca de 900.000 habitantes, com área de cerca de 903.400 km<sup>2</sup>, em 38 municípios, que se multiplicaram em decorrência da explosão agrícola. Atualmente, de acordo com as estatísticas da Secretaria de Planejamento o Estado, conta com 141 municípios.

A concentração de terras no território matogrossense se processou de forma espantosa. Levantamento do IBGE relativo ao ano de 1996, mostra que, menos de 30% das propriedades de terra estão nas mãos de pequenos e médios proprietários, e que 70% delas constituem-se em grandes propriedades, latifúndios entre 10 e 100 mil hectares.

O estado de Mato Grosso apresenta vantagem em termos de aptidão agrícola, suas terras planas permitem que a região adquira ganho nas atividades mais beneficiadas pela mecanização. Entre os principais produtos agrícolas cultivados na região Sudeste do estado, destacam-se: algodão, arroz, banana, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho, soja e sorgo.

A cultura do algodão começou a ser explorada no cerrado do Centro-Oeste como alternativa para a soja, em função de problemas de rentabilidade e fitossanitários advindos da exploração contínua da soja. Até 1983, tinha pouca importância, ocupando área de apenas 4.000ha. A partir de 1984, sofreu incrementos anuais chegando a 276.314ha na safra de 2002/2003. O grande crescimento foi devido principalmente a uma alta de preço no mercado interno e externo. Entretanto, a cultura só pôde se expandir de maneira sustentável nesta região devido ao desenvolvimento de cultivares e tecnologias apropriadas. O Mato Grosso ainda é considerado um estado promissor para a expansão de novas áreas cotonícolas no Brasil (MORESCO, 2003). Freire et al. (1999) verificaram que a expansão da cotonicultura no cerrado traz grandes vantagens para a região por significar uma nova alternativa econômica para as grandes áreas cultivadas com soja, milho ou pastagens. A implantação de agroindústrias e indústrias têxteis, da economia advinda da redução das importações de algodão e seus derivados, possibilitam a criação de empregos e a geração de impostos e renda.

A cultura do arroz no Brasil apresenta características decorrentes das peculiaridades em relação às condições edafoclimáticas, de infra-estrutura das diferentes regiões, assim como os objetivos a que se propõem os orizicultores. De acordo com Almeida (2004), o arroz se insere no Mato Grosso de uma forma não muito convencional, pois após o seu cultivo em abertura de área (permanecendo até dois anos na mesma área), é substituído pela cultura de soja, cujo plantio é realizado entre três e seis anos consecutivos. Findo o

cultivo da soja, o arroz retorna ao sistema com o objetivo de reduzir a incidência de pragas e doenças da soja, completando uma espécie de ciclo de cultivo.

A banana está presente no cotidiano do matogrossense, sendo cultivada em sua maioria por pequenos agricultores, esta desempenha um notável papel sócio-econômico no Estado, sendo de importância tanto como fonte de alimento como de renda. Trata-se de uma planta tipicamente tropical, exigindo calor constante e elevada umidade para o seu bom desempenho e produção. Apesar do fruto não ter grande significado como fonte de proteínas e calorias, a sua participação na dieta alimentar é de fundamental importância, devido ao fato de ser fonte de vitaminas e minerais. Da produção total de bananas a maior parte é consumida nas próprias regiões produtoras, dando uma característica particular a esta cultura, que realça a sua importância na alimentação de população de baixa renda, o que contribui para reduzir sensivelmente a carência alimentar, por ser considerada uma das principais fontes de carboidratos para a população (ALVES et al., 1999).

A cultura da cana-de-açúcar é uma das mais antigas lavouras exploradas no Brasil, tendo o ciclo de crescimento de 14 a 18 meses e necessitando de condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento e o sucesso da cultura. No Brasil, a produção de cana-de-açúcar torna-se importante tanto no aspecto social como econômico, pois da industrialização são obtidos o açúcar e o álcool, sendo o açúcar um dos principais produtos brasileiros. Atualmente, essa importância cresceu ainda mais em função da crise energética mundial, fato que obrigou o país a investir maciçamente na produção do álcool, na tentativa de substituir-se o petróleo como fonte de energia automotiva. Os incentivos governamentais criados para a produção de um volume maior de álcool provocam uma expansão na área de cultivo da planta gramínea. Essas novas áreas são, na sua maioria, constituídas de solos com baixo suprimento de nutrientes, e o uso adequado de fertilizantes torna-se, uma prática indispensável para a obtenção de produções rentáveis (SOBRAL; WEBER, 1983).

O feijão destaca-se como importante fonte de proteína na dieta alimentar do povo brasileiro, sendo um prato quase obrigatório da população rural e urbana. Devido a sua boa adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas do Brasil, o feijoeiro faz parte da maioria dos sistemas produtivos dos pequenos e médios agricultores, cuja

produção é direcionada ao consumo familiar e à comercialização do excedente. Mas recentemente, o feijoeiro passou a ser cultivado também na época de inverno (período seco), sob irrigação, atraindo médios e grandes produtores, geralmente usuários de tecnologias. No Brasil o feijoeiro é cultivado nos mais variados tipos de solo, clima e, principalmente, sistemas de produção, tais como cultivo solteiro, consorciado ou ainda intercalado com uma ou mais espécies (ARAÚJO, 1996).

A mandioca é cultivada em todas as regiões tropicais, entre latitude 30°N e 30°S, colocando-se em várias delas como principal planta de subsistência e economia. As razões de sua difusão se devem, indubitavelmente, a sua capacidade de adaptação a diferentes condições de clima e solo, a facilidade de cultivo, ao seu rendimento e as variadas formas de utilização. Aliada à sua rusticidade, verifica-se ainda uma alta capacidade de regeneração. A região Centro-Oeste é considerada como possuidora de grande potencialidade para a exploração de mandioca, posto que apresenta, em sua maior extensão territorial, condições de cerrados, onde a cultura pode competir com outras de maior exigência de fertilidade e de água (CONCEIÇÃO, 1981). Deve ser considerado que as condições climáticas durante o desenvolvimento da cultura podem afetar a qualidade das raízes de mandioca. A exploração agrícola dessa cultura destina-se ao mercado e às indústrias de transformação.

O milho representa um dos principais e mais tradicionais cereais cultivados em todo o Brasil devido a sua capacidade de adaptação. Ao longo das últimas décadas, com o avanço tecnológico, as ofertas de genótipos bem adaptados e a otimização dos sistemas de produção, a área cultivada tem sido muito incrementada. A cultura de milho no Mato Grosso é considerada uma das principais alternativas para a ocupação do solo durante a entressafra, cujo sistema de cultivo é denominado de milho safrinha. Os fatores climáticos podem afetar o desenvolvimento da cultura levando a uma alta variabilidade nos rendimentos observados.

A soja no Mato Grosso, introduzida na década de 70 ocupa posição de destaque, sendo a cultura que apresenta a maior área de cultivo no estado. Desde então seu cultivo e produção têm tomado grandes áreas apresentando boa produtividade. Segundo Roessing e Guedes (1992) a soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo e seu

alto teor de proteínas proporcionou múltiplas utilizações e a formação de um complexo industrial destinado ao seu processamento. A lavoura, nessa região, foi sendo implantada em novas áreas, com emprego de técnicas evoluídas e se tecnificando progressivamente em alguns locais de ocupação agrícola tradicional, refletindo o processo de transformação que afetou toda a economia agrária regional.

O sorgo é uma planta forrageira, cujo valor tem merecido a atenção dos especialistas, em várias partes do mundo. Os sorgos adaptam-se melhor às regiões de baixa precipitação pluviométrica, com média anual de 400 a 600 mm e temperatura média de 23 a 25°C. Os tipos que apresentam maior interesse são os anuais, que podem ser agrupados em graníferos, utilizados para a produção de grãos de valor alimentício equivalente ao milho, ou para a produção de forragens para o gado (CAMPOS; CANÉCHIO F<sup>o</sup>, 1973). O sorgo é também uma das opções de culturas de entressafra. Devido a sua grande capacidade de produção em regiões áridas e semi-áridas, no Centro-Oeste é indicado para o plantio intercalado com a soja.

A época de semeadura de culturas anuais é dependente da ocorrência de chuvas e das condições de temperatura, sendo que estas podem ser distintas entre as diferentes regiões. A temperatura constitui-se em um elemento climático muito importante para predizer os eventos fenológicos<sup>1</sup> das culturas, portanto quanto melhor o entendimento de seu comportamento, mais produtiva torna-se a informação para a área agrícola. Moreno et al. (2003) observam que ao longo de um gradiente altitudinal, muitos fatores do complexo ambiental, tais como temperatura, precipitação pluviométrica, umidade, velocidade dos ventos e outros, mudam concomitantemente.

A representação de um fenômeno no espaço ou a sua espacialização implica situar geograficamente esse fenômeno a partir de coordenadas de referência. A maneira mais simples consiste em coletar os dados que caracterizam o fenômeno em estudo, situando-o no espaço, em geral através de latitude e longitude, afirma Assad et al. (1994).

---

<sup>1</sup>Estudo das relações dos processos biológicos periódicos com o clima.

## 2.2. Tópicos de Análise Multivariada.

As técnicas de análise multivariada não são recentes conforme relatado em Anderson (2003). No texto há descrição que Adrian, em 1808, estudou a função densidade da distribuição normal bivariada, com seguimento por Gauss em 1823, Bravais em 1846 e Laplace em 1911. Messetti (2007) descreve aspectos gerais envolvendo as construções teóricas e os grandes estudiosos da área de estatística multivariada do século XX e aponta que embora os métodos tenham se consolidado, o uso destes na área das ciências aplicadas está abaixo do desejado. Destaca ainda que com o avanço computacional o uso começa a acontecer em maior escala, porém continua ainda abaixo do esperado.

Segundo Kendall (1950), as técnicas de análise multivariada classificam-se em: 1- Análise de interdependência: estuda as relações de um conjunto de variáveis entre si, destacando-se as análises de agrupamento, componentes principais e fatores; 2- Análise de dependência: estuda a dependência de uma ou mais variáveis em relação a outras, destacando-se pelas análises discriminante linear, correlação canônica, variância, medidas repetidas e regressão.

Qualquer análise simultânea envolvendo duas ou mais variáveis, de certo modo, pode ser considerada análise multivariada (HAIR JR. et al., 2005). De modo geral, a análise multivariada refere-se a todos os métodos estatísticos que investigam simultaneamente múltiplas medidas sobre cada elemento amostral.

Quando as variáveis são correlacionadas entre si e quanto maior for seu número, mais complexa torna-se a análise por métodos comuns de estatística univariada (MINGOTI, 2005). O interesse em medir mais de uma variável, simultaneamente, se dá muitas vezes pelo fato das variáveis isoladas não conseguirem caracterizar adequadamente as estruturas de variabilidade ou o conteúdo biológico dos dados.

Para a utilização de métodos estatísticos multivariados faz-se necessário que as características observadas nos grupos amostrais ou populacionais estejam correlacionadas entre si. Dentre os vários procedimentos e técnicas multivariadas alguns, muito interessantes, consistem na simplificação da estrutura dos dados, escrevendo a

informação por meio de um número reduzido de funções lineares das variáveis pesquisadas (REIS, 2001).

Na seqüência são descritos aspectos gerais das três técnicas (Análise de Agrupamento, Análise de Fatores e Análise de Correlação Canônica) que são utilizadas no estudo da interrelação entre produtividade agrícola e variáveis climáticas.

### **2.2.1. Análise de Agrupamento.**

A análise de agrupamento tem como objetivo classificar objetos semelhantes (variáveis) segundo suas características (variações) quando nenhuma suposição é feita concernente ao número de grupos ou à estrutura do grupo. Também é possível nesta técnica tratar cada variável como um ponto no espaço multidimensional descrito pelas amostras, ou seja, pode-se ter agrupamento de amostras ou de variáveis de acordo com o interesse em cada situação (HAIR JR. et al., 2005).

Quando uma determinada amostra é tomada como um ponto no espaço das variáveis é possível calcular a distância deste ponto a todos os outros pontos, constituindo-se assim uma matriz que descreve a proximidade entre todas as amostras estudadas. Os agrupamentos são formados baseados nas similaridades ou distâncias (JOHNSON; WICHERN, 2002).

Diversas medidas de similaridade estão disponíveis para a composição de grupos, o número de grupos pode ser definido a priori, por conveniência ou ainda, ser definido a posteriori com base nos resultados da análise. As medidas de similaridade mais usadas são: a distância euclidiana média e a correlação linear entre as unidades operacionais.

Existem muitos algoritmos para formar os agrupamentos, porém nem todos os critérios existentes para conceituar os grupos são aceitos completamente. Em relação às técnicas de agrupamento, estas são divididas em métodos hierárquicos e não-hierárquicos.

Segundo Barroso e Artes (2003), os agrupamentos hierárquicos são realizados por sucessivas fusões (método aglomerativo) ou por divisões (método divisivo). Os métodos hierárquicos aglomerativos principiam com tantos grupos quanto for o número de unidades operacionais, ou seja, cada unidade operacional corresponde a um grupo. Inicialmente, as unidades operacionais mais similares são agrupadas formando um único grupo. Sequencialmente, o processo é repetido, e com o decréscimo da similaridade, todas as unidades operacionais constituirão, no processo final, um único grupo. Os resultados finais destes agrupamentos podem ser apresentados por gráficos denominados dendrogramas (BUSSAB, MIAZAKI E ANDRADE, 1990).

### 2.2.2. Análise Fatorial.

Estuda as interrelações para um grande número de variáveis, com o objetivo de resumir a informação contida nestas em um conjunto menor de variáveis (fatores) com uma perda mínima de comunicação apresentando no resultado a quantificação do efeito residual (BARROSO E ARTES, 2003).

Segundo Mingoti (2005), o início do desenvolvimento da análise de fatores foi em 1904 com estudos de Spearman nas áreas de Psicologia e Ciências Sociais, na tentativa de identificar se fatores relacionados com a inteligência humana podiam ser associados, de algum modo, à etnia. É uma das técnicas multivariadas mais conhecidas e tem sido muito utilizada em áreas como química, educação, geologia, “marketing”, entre outras. Alguns exemplos comuns são: a identificação do perfil dos consumidores ou os fatores que os levam a comprar, ou preferir certos produtos e marcas; a análise do posicionamento de produtos e serviços perante os concorrentes de mercado, a descoberta dos fatores relacionados à satisfação do indivíduo com sua vida pessoal, atividade profissional, ou produtos de um modo geral.

A análise fatorial permite identificar as dimensões separadas da estrutura de variação dos dados e então determinar a extensão na qual cada variável é explicada por cada dimensão. Uma vez determinada as dimensões e explicações, os dois

primários usos para análise fatorial (sumarização e redução dos dados) podem ser atingidos. Na sumarização dos dados, a análise fatorial deriva dimensões subjacentes que, quando interpretadas e compreendidas, descreve os dados em um número menor de conceitos (constructos) do que as variáveis originais individuais. A redução dos dados pode ser atingida calculando-se escores para cada dimensão subjacente e substituindo então as variáveis originais (HÄRDLE e SIMAR, 2003).

### 2.2.3. Análise de Correlação Canônica.

A quantificação da associação entre dois grupos de variáveis pode ser efetuada pela análise de correlação canônica. Tem-se como objetivo avaliar a máxima correlação entre uma combinação linear de variáveis em um dos grupos com uma outra combinação linear das variáveis do outro grupo de variáveis. Os pares de combinações lineares são denominados variáveis canônicas e suas correlações são chamadas de correlações canônicas. Essa correlação mede basicamente o grau máximo de associação existente entre os dois conjuntos de variáveis (RENCHER, 2002; MANLY, 2004).

A análise de correlação canônica é um modelo estatístico multivariado que facilita o estudo de interrelações de conjuntos de múltiplas variáveis aleatórias, desenvolvendo diversas funções canônicas independentes entre si que maximizam a correlação entre as composições lineares, também conhecidas como variáveis estatísticas canônicas. Constitui-se como função canônica a relação entre duas variáveis estatísticas canônicas<sup>2</sup>, uma para variáveis da primeira componente do par e outra, para a segunda. A característica singular da correlação canônica é que as variáveis estatísticas são obtidas para maximizar a correlação entre as componentes dos pares (HAIR JR. et al., 2005).

Como técnica exploratória, esta análise pode ser utilizada com a finalidade da simplificação estrutural dos dados, pode-se resumir grandes vetores de variáveis em um número menor e restabelecer as interrelações entre as variáveis originais.

---

<sup>2</sup> Combinações lineares que representam a soma ponderada de duas ou mais variáveis e podem ser definidas para variáveis dependentes ou independentes.

### 2.3. Análise Multivariada nas Ciências Agrárias.

A necessidade de entender o relacionamento entre variáveis biológicas faz da análise multivariada uma metodologia com grande potencial de aplicação em várias áreas do conhecimento. Na Agricultura sua utilização vem auxiliando na compreensão e obtenção de respostas interessantes e práticas, que permitem optar por seu emprego pela eficiência do método e acurácia na explanação dos resultados.

Claro et al. (1998) estudam a cultura do feijão por meio de análise fatorial com o objetivo de identificar os fatores que influenciam a oferta de feijão no estado de Minas Gerais. O procedimento multivariado permitiu mostrar dois fatores relacionados ao desempenho da cultura, sendo um relativo às variáveis econômicas e outro às variáveis físicas. A interpretação dos fatores mostra um aumento da importância da safra de inverno no processo e uma redução no preço do produto devido à melhoria da produtividade.

Messetti e Padovani (2000) a partir de características agrônomicas das fases vegetativas investigam a variabilidade genotípica de 12 populações de girassol e apresentam um procedimento multivariado para identificar as similaridades biológicas entre espécies, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como indicador genotípico no melhoramento genético. O uso da distância generalizada de Mahalanobis, como coeficiente de dissimilaridade e a robustez gráfica da primeira variável canônica respondem com propriedade às divergências genotípicas das espécies.

Rodrigues et al. (2002) empregam técnicas multivariadas como componentes principais e métodos de agrupamento para estudar a variabilidade genética no germoplasma de feijão em uso na agricultura familiar no Brasil. O uso destas técnicas possibilita identificar descritores ineficientes ou redundantes no estudo da variabilidade genética e reunir as cultivares estudadas em grupos distintos de similaridade genética.

Guarienti et al. (2003) utilizam o método da análise fatorial com o objetivo de verificar quais são as principais variáveis meteorológicas que afetam a qualidade industrial e o rendimento de grãos de trigo, nas condições da região tritícola sul-brasileira. Verifica-se que a maior parte dos períodos estudados, apresenta duas ou três variáveis

meteorológicas, afetando simultaneamente as características de qualidade e rendimento de grãos de trigo e que os dois eixos descritores (componentes principais) explicam consideravelmente a variabilidade dos dados.

Teixeira, Spehar e Souza (2003) avaliam 48 acessos de três espécies de amaranto para cultivo na entressafra no cerrado, utilizando a análise de componentes principais. Verifica-se que os dois primeiros eixos canônicos representam 92,18% da variação e permitem concluir que o amaranto se adapta às condições climáticas e edafológicas do Brasil Central e, além de se ter potencial para se tornar uma opção de cultivo na entressafra, apresenta características agronômicas desejáveis.

Souza-Sobrinho et al. (2004) buscam estimativas de repetibilidade para a produtividade de matéria seca de alfafa na região sudeste do Brasil. A técnica dos componentes principais mostra-se como um interessante suporte entre as diferentes metodologias de estimação aplicadas em todos os ensaios e apresenta como resultado ser suficiente a realização de quatro cortes para a estimativa do real valor genotípico das cultivares de alfafa, com 85% de confiabilidade.

Nanni et al. (2004) utilizam equações discriminantes para classes de solos em uma área no sudoeste do estado de São Paulo a partir de respostas espectrais. Os resultados revelam que as classes de solos podem ser individualizadas e distinguidas pela função discriminante linear com taxa de erro superior a 80% e que o método sugerido auxilia na discriminação das classes de solo pela reflectância, devido às interações físicas com a energia eletromagnética.

Barbieri et al. (2005) utilizam análise de componentes principais para avaliar os caracteres morfológicos de bulbos de 16 acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Cebola (*Allium cepa*) da Embrapa Clima Temperado, no município de Pelotas - RS. Foi evidenciada a presença de variabilidade genética para os caracteres considerados. Os acessos foram divididos em três grupos e os três primeiros componentes principais explicam, conjuntamente, 77% da variação dos dados.

Khoury Junior et al. (2005) utilizam os componentes principais para estabelecer os eixos canônicos na classificação de defeitos e madeira isenta de defeitos a partir de imagens digitais de tábuas de eucaliptos. Utilizando o sistema RGB (histograma das

bandas vermelho, verde e azul) em amostras retiradas de dois tamanhos de blocos de imagens foram estabelecidos os descritores linear e quadrático para a classificação das classes de defeito. Ambos descritores revelam uma taxa mínima de erro cujo procedimento operacional foi realizado por meio do software SAS.

Costa et al. (2006) avaliam a divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira. As características analisadas foram: início do florescimento (FR), número de racemos por planta (NRP), comprimento efetivo do racemo primário (CR), altura de planta (AP), potencial produtivo (PP) e teor de óleo nas sementes (TO). A divergência genética é estimada por meio de variáveis canônicas e análise de agrupamento, sendo empregada a distância euclidiana média como medida de similaridade. A formação de dois grupos: um composto por oito genótipos e o outro por apenas um genótipo, a cultivar Mirante-10. Apesar de este último ter sido o mais divergente, não deve ser recomendado para hibridação, por sua baixa média de desempenho. As demais cultivares também apresentam restrições para hibridação, por serem bastante similares. As variáveis que mais contribuem para a divergência genética são FR, AP, TO e CR.

Baretta et al. (2006) utilizam técnicas multivariadas como a análise canônica e a análise de correspondência para avaliar o efeito de sistemas de preparo de cultivo de solo sobre a diversidade de animais e fauna edáfica. Os resultados obtidos no estudo evidenciam que a fauna do solo pode ser utilizada como bioindicador das alterações advindas do manejo do solo, especialmente pelo emprego de ferramentas estatísticas multivariadas. A análise discriminante identificou os grupos Acarina, Hymenoptera, Isopoda e Collembola como os que mais contribuem para discriminar sistemas de preparo e cultivo do solo, pela separação dos tratamentos de semeadura direta e preparo reduzido do solo, com sucessão de culturas, dos demais tratamentos, com rotação de culturas. A análise de correspondência, além de separar os tratamentos, demonstra associações entre os grupos da fauna edáfica e os sistemas de manejo do solo. A partir da identificação destes grupos de organismos, podem ser desenvolvidos estudos complementares, com maior detalhamento taxonômico, para verificar a contribuição desses animais em termos de serviços ecológicos no solo, o que ampliaria sua utilização como bioindicadores da qualidade do solo.

Carreiras et al. (2006) realizam um estudo discriminatório da vegetação na área da Amazônia legal brasileira no ano de 2000 considerando as seguintes técnicas de análise multivariada: agrupamento, discriminante linear, árvore simples de classificação e discriminação quadrática. O estudo conclui que a aquisição de dados, via sensor, é bastante adequada para a cobertura das regiões tropicais e que os melhores resultados para a classificação são obtidos com as árvores simples de classificação.

Messetti (2007) estuda a divergência genética de 12 populações de girassol avaliadas sob cinco caracteres morfoagronômicos, utilizando diversas técnicas multivariadas. A análise de componentes principais possibilita a redução bidimensional explicando 82,5% da variação total; a análise de variáveis canônicas indica a existência de divergência genética entre as populações e, por fim, a análise de agrupamento, com emprego das distâncias euclidiana e generalizada de Mahalanobis como medidas da dissimilaridade genética, permite a formação de grupos de cultivares semelhantes, assim como, concluir que o material em estudo possui diversidade para selecionar populações e iniciar cruzamentos envolvendo populações que se posicionaram em grupos diferentes.

Bertan et al. (2007) utilizam a análise de agrupamento com a distância generalizada de Mahalanobis para estudar a divergência genética entre e dentro de genótipos de trigo sul-brasileiros. As análises permitem avaliar que as estimativas de distância demonstraram presença de variabilidade genética entre o conjunto de genótipos avaliados, e que estas diferenças podem ser exploradas na recomendação de combinações híbridas promissoras.

Cardoso et al. (2007) avaliam a variabilidade morfológica de um conjunto de acessos de cravo-de-campo-catarinense e de *Gerbera* sp. de origem desconhecida encontrados vegetando espontaneamente em áreas urbanas. Por meio de análise multivariada envolvendo estimativa de dissimilaridade entre os acessos através da distância euclidiana média, cálculo da contribuição relativa dos caracteres para divergência genética e análise de agrupamento pelo método hierárquico de ligação completa, concluem que todos os genótipos avaliados mostram ter diversidade genética que pode ser explorada em programas de melhoramento.

Kuva et al. (2008) buscam a obtenção de padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar colhida mecanicamente e sem queima prévia da palha. Por meio de análise de agrupamento hierárquica considerando as variáveis relativas a índices fitossociológicos, de importância relativa e de agregação das diferentes espécies e grupos de espécies, tendo como medida de semelhança a distância euclidiana e como estratégia de agrupamento o método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using arithmetic Averages*), conseguem distinguir quatro grupos em função da importância relativa e cinco grupos de talhões em função do índice de agregação com formação de subgrupos dentro de alguns grupos.

Cavalcante et al. (2008) estudam a divergência genética de uma população F5 representada por 131 genótipos de melão. Para a avaliação da divergência genética, utilizou-se a dispersão gráfica por meio dos dois primeiros componentes principais associada à distância euclidiana média padronizada, sendo o agrupamento entre os genótipos similares realizada pelo método de Tocher. Os resultados sugerem divergência genética entre os genótipos indicados pelas técnicas utilizadas.

Koga et al. (2008) detalham os ciclos de infecção da *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. em genótipos de soja para o estabelecimento de grupos de genótipos mais promissores como fontes de resistência à ferrugem. Dois métodos estatísticos de análise multivariada são usados: análise fatorial, pelo método de componentes principais, e análise de agrupamento, pelo método de K-médias. Os resultados indicam que estudos genéticos devem ser conduzidos para se determinar a possibilidade de combinar as características quantitativas distintas de cada grupo, isto é, baixa quantidade de doença, resistência tardia e alta resistência inicial, em um mesmo genótipo.

O levantamento bibliográfico sobre as aplicações de técnicas de análise multivariada na área de ciências agrárias mostra que, embora o uso dessas técnicas permita o melhor entendimento da informação biológica contida nos dados, encontra-se num estado abaixo do desejável frente à importância do aprofundamento da interação do método quantitativo com o resultado experimental.

## 2.4. Climatologia

Segundo Mota (1983), as plantas dependem, para o seu crescimento e desenvolvimento, da sua constituição genética e das condições ambientais do solo e do clima. Como um fator ecológico na agricultura, o solo tem sido mais bem estudado e é mais bem compreendido do que o clima. Em geral, os agricultores conhecem mais sobre o manejo do solo do que como explorar completamente os recursos climáticos.

A atmosfera pode ser descrita como uma imensa máquina térmica cuja principal fonte de calor é a energia solar. A percepção dos fenômenos atmosféricos é muito importante na compreensão das análises das relações existentes entre agricultura e climatologia. Também, se faz necessário, entender conceitualmente que tempo meteorológico refere-se às condições atmosféricas de um dado local em um dado momento e que clima reporta-se a uma generalização das condições atmosféricas por um período maior.

Segundo Varejão-Silva (2005), para o conhecimento da oscilação anual das temperaturas máxima, compensada e mínima, devem-se obter, inicialmente, as respectivas médias mensais. As curvas que representam a variação mês a mês dessas temperaturas revelam uma acentuada correlação com a energia recebida do sol. O mar atua como um regulador da temperatura do ar, tendendo a suavizar as flutuações e, portanto, reduzindo a sua amplitude anual. As localidades longe da costa, ostentam curvas com amplitudes muito maiores que as litorâneas. Essa influência é chamada efeito de continentalidade. Quanto à altitude, o efeito sobre a temperatura média do ar é evidente. Duas localidades próximas (com latitude e longitude semelhantes), mas situadas a altitudes muito diferentes, devem apresentar curvas anuais da temperatura praticamente isomorfas, mudando apenas as ordenadas dos pontos correspondentes. Em muitas situações, embora existam longas séries de dados de temperatura do ar, para algumas localidades de uma dada região, não há registro algum em relação àquela localidade em que se está interessado. Pode acontecer, ainda, que o número de estações meteorológicas seja pequeno, tornando baixa a densidade das informações disponíveis sobre a temperatura, dificultando a caracterização do campo térmico. Tais situações são muito freqüentes na prática e estimulam a concepção de

técnicas que busquem a estimar a temperatura média para locais aonde não há dados. Pode-se estimar o valor da média (mensal ou anual) da temperatura do ar à superfície para localidades situadas dentro de uma determinada área, desde que suas características climatológicas sejam semelhantes às dos locais para os quais existem dados observados. Com esse objetivo é costumeiro estabelecer um modelo matemático que leve em conta à influência exercida pela altitude sobre a temperatura e o efeito de continentalidade. A temperatura do ar desempenha um papel muito importante dentre os fatores que condicionam o ambiente propício aos animais, às plantas e ao próprio homem. De uma maneira geral, cada raça ou cultivar tem exigências próprias quanto às variações da temperatura, requerendo uma faixa ótima, dentro da qual o crescimento e o desenvolvimento ocorrem normalmente. De acordo com Tubelis (1980) a temperatura do ar apresenta uma variação inversa com o aumento da altitude, pelo fato de ocorrer uma descompressão adiabática à medida que o ar se eleva na atmosfera, que lhe causa um resfriamento de  $0,6^{\circ}\text{C}$  por 100 m, em termos médios.

Conforme Ayoade (2004), o vapor d'água é a origem de todas as formas de condensação e de precipitação. A transferência de vapor d'água para a atmosfera é causada pela evaporação da água do solo e das superfícies líquidas. A atividade biológica dos seres vivos, principalmente a transpiração vegetal, também contribui muito para o enriquecimento do ar em vapor d'água. O conhecimento da quantidade de vapor d'água existente no ar é essencial em vários outros ramos da atividade humana. Sabe-se, por exemplo, que a umidade ambiente é um dos fatores condicionador ao desenvolvimento de muitos microorganismos patógenos que atacam as plantas cultivadas e a própria transpiração vegetal está intimamente relacionada com o teor de umidade do ar adjacente.

Conforme definido em Castro et al. (1994), chama-se pluviometria a quantificação das precipitações. A quantidade de precipitação é normalmente expressa em termos da espessura da camada d'água que se formaria sobre uma superfície horizontal, plana e impermeável, com  $1\text{m}^2$  de área. A unidade adotada é o milímetro, onde 1 mm corresponde à queda de um litro de água por metro quadrado da projeção da superfície terrestre. As precipitações pluviais estão diretamente relacionadas às convecções, movimentos ascendentes de ar úmido resultantes de pressões atmosféricas mais baixas junto à superfície da Terra, podendo ser restritas a escalas locais ou provenientes da transmissão do calor por

um movimento horizontal de massas de ar. A ascensão pode resultar do aquecimento do ar em contato com a superfície, chuva convectiva, e ser influenciada pela topografia do local, chuva orográfica, e/ou pela ação de sistemas atmosféricos transientes de caráter dinâmico conhecidos como sistemas frontais. As convecções são intensificadas ou inibidas pela circulação geral da atmosfera, fenômeno de escala global, resultado do balanço de energia diferenciado e de interações complexas entre oceano e a atmosfera. A precipitação pluviométrica é um fator altamente afetador da produção agrícola, devido ao seu caráter aleatório, aumentando, conseqüentemente, os riscos na programação da agricultura.

Segundo Varejão-Silva (2005), a evapotranspiração que se verifica em uma dada parcela de solo cultivado depende das condições meteorológicas reinantes, da atividade biológica da vegetação presente e, ainda, da umidade disponível na zona das raízes. A determinação da evapotranspiração de referência é importante por constituir-se na base comum de comparação, que objetiva avaliar diferentes demandas evapotranspiratórias, visando ao planejamento e à condução de atividades de rega. Conhecida a evapotranspiração de referência pode-se estimar as necessidades hídricas de uma cultura, também chamadas evapotranspiração da cultura ( $EP_c$ ). Existem algumas dezenas de procedimentos empíricos, usados na prática, para estimar a transferência de vapor d'água para a atmosfera em condições climáticas específicas.

Na área agrônômica, com o suporte de procedimentos estatísticos, alguns estudos de climatologia têm sido realizados, e os resultados apresentam estimáveis aportes às predições das variáveis climáticas.

Sugahara (2000) afirma que os modelos estatísticos de previsão de tempo são, em geral, equações de regressão linear múltipla. Utilizando os métodos chamados Estatísticas das Saídas do Modelo ou MOS (sigla em inglês para *Model Output Statistics*) e Prognóstico Perfeito (PP) faz previsões da temperatura mínima diária do ar na cidade de Bauru. Conclui que os modelos MOS podem ser úteis para a previsão pontual de elementos de tempo e encoraja o desenvolvimento de equações MOS para previsão de outros elementos de tempo e para outras localidades.

Pezzopane et al. (2004) mostram que a caracterização espacial da temperatura do ar de uma região pode ser realizada pela interpolação dos valores medidos em estações meteorológicas. Por meio dos modelos de estimativas, são calculadas as temperaturas máxima, média e mínima mensais do ar, possibilitando a geração de cartas digitais da condição térmica em todo o estado do Espírito Santo com o auxílio do modelo digital de elevação (MDE). Concluem que modelos matemáticos desenvolvidos a partir de um pequeno número de estações meteorológicas permitem estimar, satisfatoriamente, a temperatura do ar para um número maior de localidades.

Costa et al. (2004) testam um modelo de simulação da temperatura média e da umidade relativa média do ar num determinado período do ano, no interior de estufa plástica com laterais móveis, utilizando o balanço de energia e os dados obtidos por sensores. Concluem que os valores simulados apresentam-se próximos dos valores obtidos pelos sensores, mostrando que o modelo pode ser usado para estimar a temperatura e a umidade relativa do ar no interior de estufa plástica.

Nunes et al. (2005) desenvolvem a partir de dados meteorológicos das regiões de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranaíba e Pinhais, estado do Paraná, equações que estimam os valores da Umidade Relativa às 13 horas com base nos dados das 9 e 15 horas. As equações que apresentam melhores resultados, com base nos coeficientes de determinação e nos erros-padrão residuais foram submetidas à análise de covariância e às consideradas estatisticamente semelhantes foram combinadas dando origem a uma equação geral que corrige a umidade relativa das 9 para as 13 h e, outra, que corrige a umidade relativa das 15 para as 13 h.

Vescove e Turco (2005) comparam três métodos de estimativa da evapotranspiração de Referência, Radiação Solar, Makkink e Tanque Classe A em relação ao método de Penman-Monteith, em dois períodos distintos das fases de desenvolvimento da cultura de citros, com dados médios quinzenais para os períodos inverno-primavera e verão-outono. A análise de regressão indica que, para o método Tanque Classe A, pode ser utilizado o modelo de regressão  $y = bx$ , para os demais, o modelo mais adequado foi  $y = bx + a$ . Os resultados obtidos evidenciam que o método do Tanque Classe A superestima a evapotranspiração de referência em 26% no período verão-outono e, em 24%, no inverno-

primavera. O método de Makkink subestima a evapotranspiração de referência nos dois períodos analisados, enquanto o método da Radiação Solar superestima a evapotranspiração de referência.

Cavalcanti et al. (2006) estabelecem modelo de estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas geográficas e das anomalias de temperaturas da superfície do mar. O modelo proposto, Estima\_T, mostra-se capaz de reconstruir séries temporais de temperatura do ar com razoável precisão para todo o nordeste do Brasil. Os resultados mostram correlações estatisticamente significantes, ao nível de 1%, entre as temperaturas do ar observada e estimada pelo modelo.

Cargnelutti Filho et al. (2006) propõem verificar se a temperatura mínima média decenal pode ser estimada em função da altitude, latitude e longitude. E concluem que a temperatura mínima média decenal do ar, no estado do Rio Grande do Sul, em qualquer local e decênio, pode ser estimada por meio das coordenadas geográficas e que a altitude e a latitude, nessa ordem, exercem maior efeito sobre a temperatura mínima média decenal do ar.

Zanetti et al. (2006) utilizam o modelo ClimaBR no que se refere à geração de séries sintéticas de precipitação total diária em diferentes localidades brasileiras. A partir das séries pluviométricas, disponíveis nas estações meteorológicas das localidades selecionadas, o modelo foi utilizado para gerar séries sintéticas de precipitação para um período de 100 anos para cada localidade. A qualidade dos resultados foi analisada comparando-se o ajuste entre os valores observados e os gerados pelo ClimaBR, por meio de regressão linear simples e de outros indicadores estatísticos. Os resultados obtidos permitem afirmar que, de acordo com as condições consideradas no estudo, o modelo ClimaBR apresenta bom desempenho na geração de séries sintéticas de precipitação para todas as localidades testadas.

Damé et al. (2007) apresentam vários modelos de precipitação dando ênfase, aos que seguem o Processo Poisson onde se situa o Modelo Bartlett-Lewis do Pulso Retangular. A modelagem estocástica da precipitação permite que, se conhecendo as características estatísticas de uma série de dados, seja possível ajustar os parâmetros de um

modelo escolhido e simular “n” séries com as mesmas características estatísticas, obtendo com isto, uma maior compreensão do processo. Concluem que dentre os diversos modelos existentes no campo estocástico, em termos de simulação de precipitação, o modelo Bartlett-Lewis do Pulso Retangular Modificado tem-se apresentado como àquele com melhores resultados.

Junqueira Júnior et al. (2007) caracterizam a precipitação provável na região do município de Madre de Deus, MG, comparando quatro diferentes modelos de distribuição de probabilidades (Gama, Normal, Log-normal 2 e 3 parâmetros). Utiliza-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a adequabilidade das mesmas e verificar qual modelo é mais indicado para cada uma das séries históricas. Observa-se que os modelos de probabilidade adequaram-se melhor ao período chuvoso, sendo a distribuição Log-normal 3 parâmetros a mais indicada para as séries históricas de período mensal e a distribuição Gama para os períodos quinzenal e decenal.

Oliveira et al. (2008) desenvolvem uma rotina computacional para ajustar os parâmetros do modelo de Bell para alguns municípios do Estado de Goiás. Para isto, foram empregadas séries históricas de precipitações diárias e de relações intensidade-duração-frequência disponíveis para alguns municípios. As informações geradas foram regionalizadas, permitindo a construção de mapas temáticos, visando estimar a relação altura precipitada-duração-frequência para as localidades desprovidas de registros. Para os municípios estudados, o modelo de Bell ajusta-se perfeitamente, apresentando alternativa interessante na obtenção das alturas de chuvas intensas a partir de séries curtas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudo

A escolha da região sudeste matogrossense foi motivada pela necessidade do conhecimento mais aprofundado das características climáticas e produtivas, tanto isoladas como interrelacionadas, além da disponibilidade de dados agrícolas e sua relação com o processo histórico de ocupação e, também, onde as primeiras pesquisas na agricultura foram desenvolvidas. O estado de Mato Grosso ocupa uma área total de 903.357,908 km<sup>2</sup>, acolhe em seu território, parte de três dos mais importantes biomas brasileiros, a Amazônia, o Cerrado e o Pantanal, além de uma vasta área de transição entre formações de floresta e cerrado.

A área territorial do estudo corresponde à mesorregião Sudeste matogrossense, é mostrada na Figura 1. Ela está enquadrada entre a latitude sul de 14,58° a 18,05° e longitude oeste de 52,27° a 55,63°, com altitudes variando de 227 a 851m (Figura 2),

compreendendo os municípios: Alto Araguaia, Alto Taquari, Campo Verde, Rondonópolis, Pedra Preta, São José do Povo, Juscimeira, São Pedro da Cipa, Itiquira, General Carneiro, Pontal do Araguaia, Poxoréo, Dom Aquino, Jaciara, Primavera do Leste, Tesouro, Alto Garças, Araguainha, Guiratinga, Torixoréu, Ponte Branca e Ribeirãozinho.

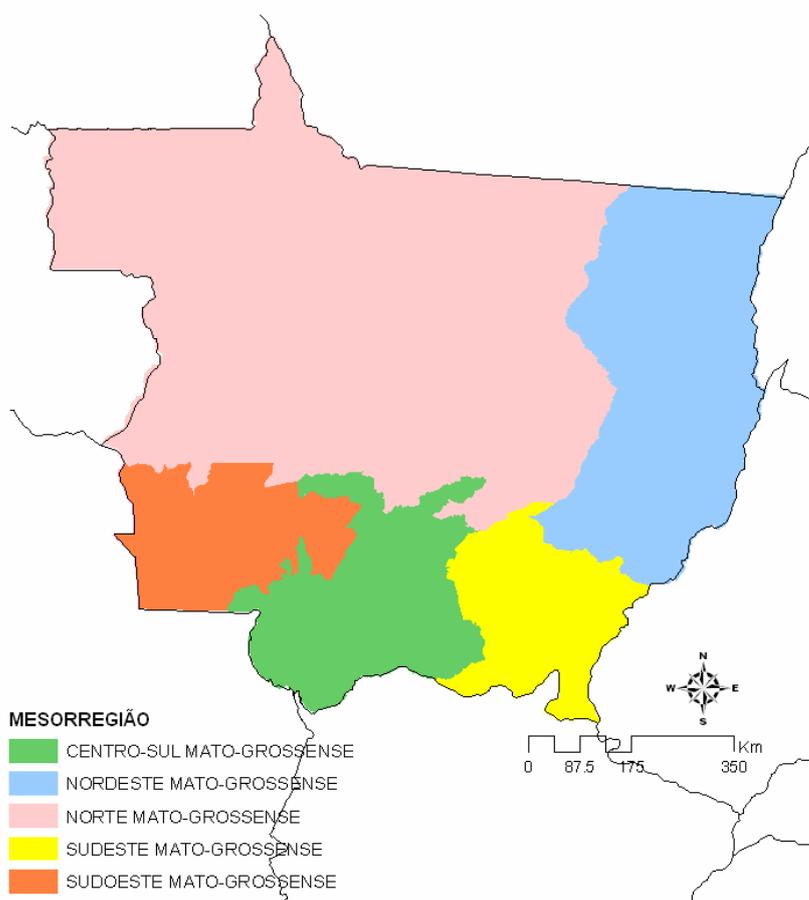


Figura 1. Mapa das mesorregiões do estado de Mato Grosso  
Fonte IBGE - 2005

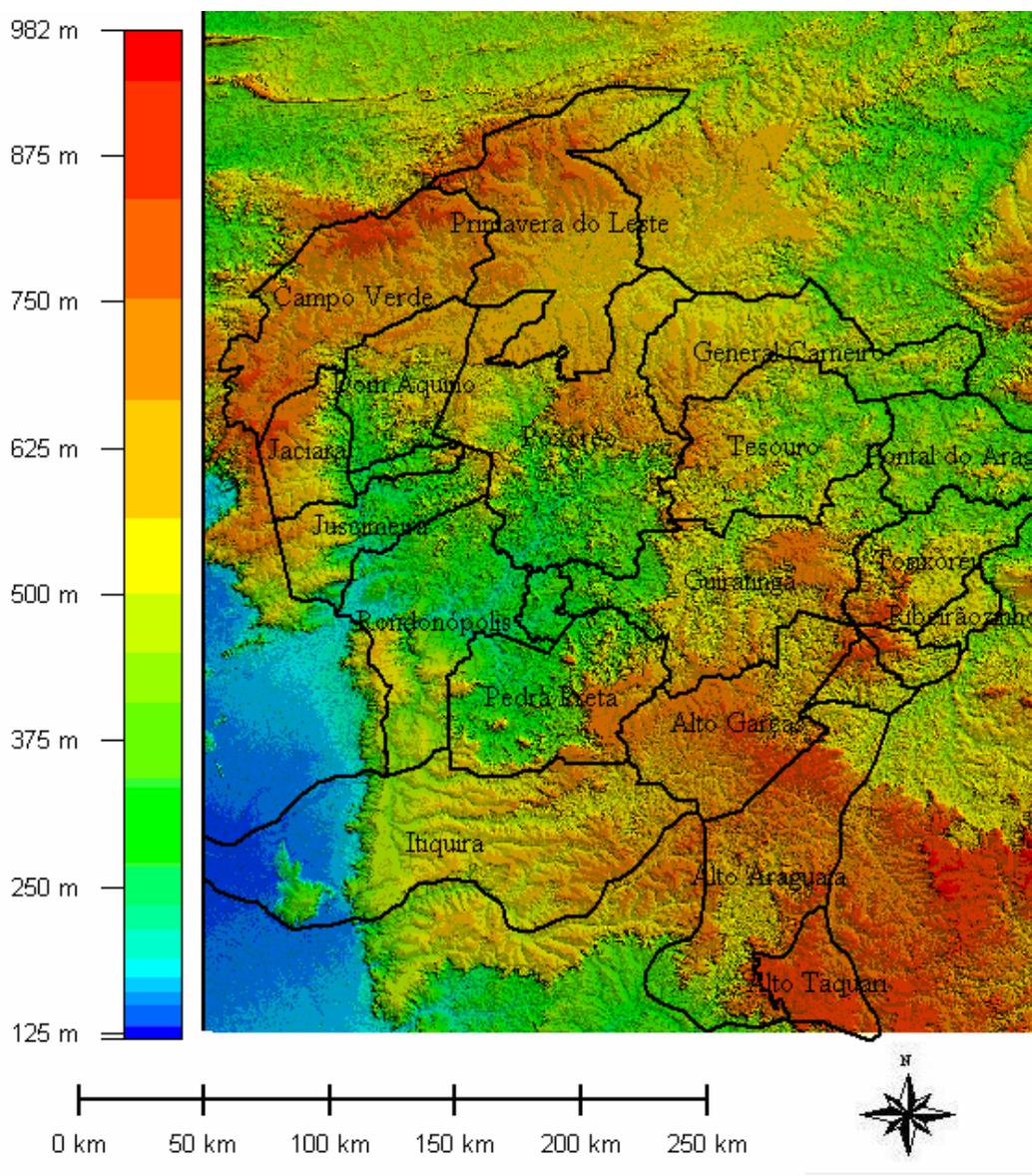


Figura 2. Espacialização da altitude (m) em relação ao nível do mar  
Fonte IBGE - 2005

A mesorregião Sudeste matogrossense totaliza uma área de 70.394,355 km<sup>2</sup>, 7,79% do território estadual conforme mostrado na Figura 3 e foi subdividida em oito microrregiões em torno dos postos pluviométricos:

- Microrregião 1 (MR1): Alto Araguaia – composta pelos municípios de Alto Araguaia e Alto Taquari;

- Microrregião 2 (MR2): Campo Verde – município de Campo Verde;
- Microrregião 3 (MR3): Rondonópolis – composta pelos municípios de Pedra Preta, São José do Povo, Juscimeira e São Pedro da Cipa;
- Microrregião 4 (MR4): Itiquira – município de Itiquira;
- Microrregião 5 (MR5): General Carneiro – composta pelos municípios de General Carneiro e Pontal do Araguaia;
- Microrregião 6 (MR6): Poxoréo – composta pelos municípios de Poxoréo, Dom Aquino, Jaciara e Primavera do Leste;
- Microrregião 7 (MR7): Tesouro – composta pelos municípios de Tesouro, Alto Garças, Araguainha e Guiratinga;
- Microrregião 8 (MR8): Torixoréu – composta pelos municípios de Torixoréu, Ponte Branca e Ribeirãozinho.

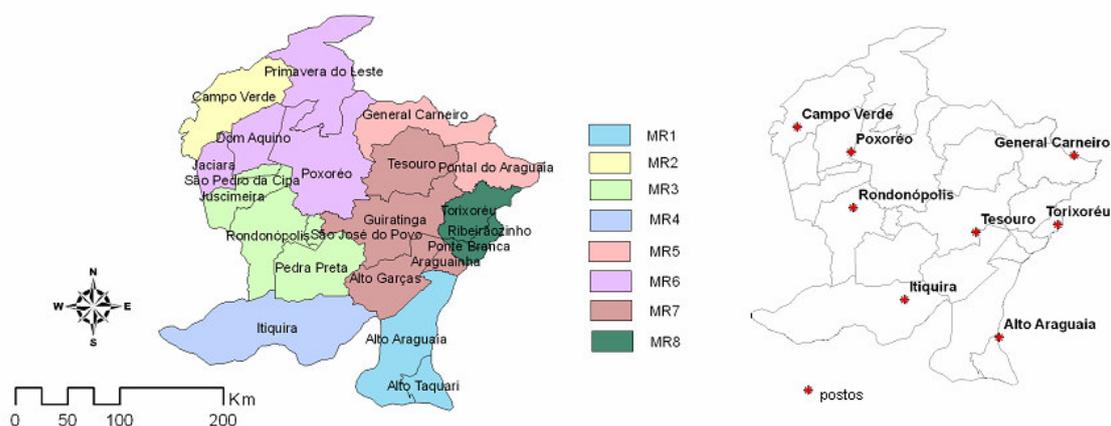


Figura 3. Área territorial e localização dos postos pluviométricos (SE do Mato Grosso)  
Fonte IBGE - 2005

### 3.2. Variáveis Agrícolas

As séries históricas de produção agrícola (em toneladas) utilizadas foram obtidas de consultas por cidades do Banco Multidimensional de Estatísticas – BME, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, no período de 1975 a 2005.

Para os dados de produção agrícola consideraram-se as culturas mais relevantes para a região. As variáveis (Tabela 1) são apresentadas em produtividade média, isto é, quantidade produzida/área colhida em tonelada/hectare, sendo os períodos observados e considerados de 1975 a 2005 para a análise fatorial e para a análise de correlação canônica e de 1989 a 2005 para a análise de agrupamento. Este procedimento se fez necessário devido à falta de algumas informações no banco de dados.

Tabela 1. Variáveis agrícolas com respectivas unidades e notação convencional

Notação	Variável Agrícola	Unidade (ton/ha)
X <sub>1</sub>	Algodão	produtividade (ton/ha)
X <sub>2</sub>	Arroz	produtividade (ton/ha)
X <sub>3</sub>	Banana	produtividade (ton/ha)
X <sub>4</sub>	Cana-de-açúcar	produtividade (ton/ha)
X <sub>5</sub>	Feijão	produtividade (ton/ha)
X <sub>6</sub>	Mandioca	produtividade (ton/ha)
X <sub>7</sub>	Milho	produtividade (ton/ha)
X <sub>8</sub>	Soja	produtividade (ton/ha)
X <sub>9</sub>	Sorgo	produtividade (ton/ha)

### 3.3. Variáveis Climáticas

O estado de Mato Grosso possui uma malha de informação climática bastante deficitária. Na região Sudeste do estado existem duas estações meteorológicas, a

primeira e mais antiga na região de Poxoréo localizada na latitude 15° 42' 00''S e longitude 54° 18' 15''W a 360 metros de altitude em relação ao nível do mar, dispõe de observações diárias desde outubro de 1978; a outra mais recente, em Rondonópolis, está localizada na latitude 16° 15' 00''S e longitude 54° 51' 51'' W a 227 metros de altitude e dispõe de observações diárias desde março de 1992.

As variáveis climáticas disponíveis para o estudo consistiram das temperaturas do ar mínima, máxima e média compensada mensal, umidade relativa média mensal, evaporação total acumulada mensal e precipitação acumulada mensal, cujas séries de dados apresentaram algumas falhas de observação. As indicadas para o estudo da interrelação estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Variáveis climáticas com respectivas unidades e notação convencional

Notação	Variável Climática	Unidade
X <sub>10</sub>	Precipitação	mm
X <sub>11</sub>	Temperatura média do ar	°C
X <sub>12</sub>	Evapotranspiração	mm
X <sub>13</sub>	Umidade relativa do ar	%

No preenchimento de eventuais falta de informação (*missing*) em qualquer variável estudada, adotou-se como procedimento metodológico utilizar a média dos três últimos valores no período do mesmo mês imediatamente anterior ou posterior à data da falha, similarmente aos avaliados por Chibana et al. (2005).

As séries de precipitação, referente aos oito postos pluviométricos da região em estudo, foram obtidas do banco de dados HidroWeb da Agência Nacional de Águas – ANA e do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, no período de 1979 a 2005.

Diante da escassez e dificuldade na obtenção de informações sistematizadas desses dados climáticos para as microrregiões consideradas, alguns foram gerados a partir das estações meteorológicas de Rondonópolis e Poxoréo. A escassez de dados meteorológicos em grande parte do território nacional é um dos fatores que mais

limitam a realização de estudos suficientemente detalhados sobre os tipos climáticos de diversas regiões, principalmente quando as mesmas apresentam uma ampla extensão territorial, conforme já destacado por Sedyama et al. (1998).

Os procedimentos adotados para as estimativas são apresentados, por variável, na seqüência.

### 3.3.1. Precipitação

Foram coletados dados diários de chuva para o Brasil disponível em ftp no endereço eletrônico: <ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/wd52ws/>, com as seguintes características: 1) Origem dos dados: CMCD/INPE, INMET, FUNCEME/CE, LMRS/PB, EMPARN/RN, DMRH/PE, DHME/PI, CEPES/SE, NMRH/AL, SRH/BA, CEMIG-SIMGE/MG, SEAG/ES, SIMEPAR/PR, CLIMERH/SC. 2) Definição: 1.0 grau x 1.0 grau no Sistema de Coordenada Geográfica (lat/lon). 3) Domínio espacial: 80W - 30W; 40S - 10N 4. Domínio temporal: Janeiro (1) de 1975 a dezembro (31) de 2005.

A partir do banco de dados georreferenciado, processaram-se os valores com acúmulo para períodos mensais, evitando aumentar sobremaneira o número de registros.

Para a extração dos valores da precipitação pluviométrica do banco de dados, utilizaram-se as coordenadas de latitude e longitude de cada região. A base para o banco de dados utilizado para a aplicação das técnicas multivariadas foi composta pelo agrupamento dos 22 municípios em oito microrregiões, estas microrregiões foram determinadas pelos quadrantes definidos na malha de 1.0 grau x 1.0 grau no Sistema de Coordenada Geográfica (lat/lon).

### 3.3.2. Temperatura

Segundo Varejão-Silva (2005) duas localidades próximas (com latitude e longitude semelhantes), mas situadas a altitudes muito diferentes, devem apresentar curvas anuais da temperatura praticamente isomorfas, mudando apenas as ordenadas dos pontos correspondentes. Neste sentido, para a pesquisa em desenvolvimento, foi proposto um modelo para a determinação das observações de temperatura a partir das observações de temperatura do ar das duas estações meteorológicas disponíveis, Poxoréo e Rondonópolis. O critério estabelecido consistiu do cálculo da diferença da variação de temperatura para cada mês, utilizando-se para isto a razão da moda das informações pela diferença de altitude, e aplicada na altitude média de cada um dos oito postos pluviométricos. As estimativas das temperaturas média máxima, média mínima e média compensada ( $^{\circ}\text{C}$ ), foram obtidas pela equação (1).

$$t_{ij} = t_{ij(Px)} + \theta \quad (1)$$

onde

$t_{ij}$  = temperatura média máxima, média mínima ou média compensada, no  $i$ -ésimo mês do  $j$ -ésimo ano,

$t_{ij(Px)}$  = temperatura média máxima, média mínima ou média compensada, no  $i$ -ésimo mês do  $j$ -ésimo ano, na estação meteorológica de Poxoréo e

$\theta$  dado pela expressão:

$$\theta = \left( \frac{mo_{t_{ij}(Px^*R)}}{d_A} \right) \times d_{ARB} \quad (1a)$$

com,

$mo_{t_{ij}(Px^*R)}$  = moda das diferenças de temperatura mensal entre as estações de Poxoréo e Rondonópolis,

$d_A = [ alt_{Px} - alt_R ] =$  diferença de altitude das estações de Poxoréo e Rondonópolis e

$d_{ARB} = [ alt_{Px} - alt_{MRG} ] =$  diferença de altitude da microrregião estudada em relação à base (POXORÉO).

Para a validação do modelo proposto para a estimativa da temperatura do ar, equação (1), foram utilizados os valores obtidos pela proposta e os valores efetivamente observados na estação de Rondonópolis, conforme detalhamento a seguir.

Para o teste do modelo utilizaram-se dois índices estatísticos de ajuste: coeficiente de correlação linear de Pearson (quantidade adimensional que pode ser usada para comparar as relações lineares entre pares de variáveis em diferentes unidades) e de exatidão  $d$  (índice de concordância).

O índice de concordância “ $d$ ” de Willmott (SENTELHAS et al., 1997), o qual indica o grau de exatidão entre os valores de temperaturas estimada e observada, variam de zero, para nenhuma concordância, a 1, para a concordância perfeita. O valor do índice “ $d$ ” é calculado a partir de:

$$d = 1 - \frac{\sum (Ei - Oi)^2}{\sum (|Ei - \bar{O}| + |Oi - \bar{O}|)^2} \quad (2)$$

onde,

$Ei$  = temperatura do ar estimada pelo modelo proposto, °C;

$Oi$  = temperatura do ar observada, °C e

$\bar{O}$  = média da temperatura do ar observada.

Para a validação do modelo proposto eq. (1), considerou-se a estação meteorológica de Rondonópolis e utilizando os dados observados e os estimados pelo modelo (Apêndice 2 – Figuras 39 a 41 – pág. 83 e 84), calcularam-se os dois índices propostos na metodologia das estimativas de temperatura.

### 3.3.3. Evapotranspiração

A evapotranspiração de referência é definida como a perda de água de uma superfície extensa e uniforme, sob vegetação rasteira, em crescimento ativo, e cobrindo inteiramente o solo que se encontra sem restrição hídrica (FARIA et al., 2003). Para o cálculo em cada microrregião foi utilizado o método de Thornthwaite cujo modelo é dado por:

$$ETTW = 16D_j \times \left( 10 \frac{Tm_j}{I_l} \right)^a \quad (3)$$

onde,

$Tm_j$  = temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) no mês  $j$ ,

$D_j$  = fator de ajuste para os diferentes meses do ano ( $j, j=1, \dots, 12$ ), que é contabilizado para o 15 $^{\circ}$  dia do mês ( $N_{j,15}$ ), expresso como:

$$D_j = \frac{N_{j,15}}{12} \times \frac{nd_j}{30} \quad (3a)$$

onde  $nd_j$  = número de dias do  $j$ -ésimo mês,  $N_{j,15} = \frac{24}{\pi} W_s$  a duração do dia ou horas de brilho solar  $N$ (horas) [para o cálculo de  $N_{j,15}$  foi utilizado os valores tabelados de Varejão-Silva (2005) pela facilidade e precisão], onde  $W_s$  é o ângulo horário do pôr-do-sol (radiano) calculado pela relação

$$W_s = \arccos[\tan(\delta) \times (-\tan(\phi))] \quad (3b)$$

em que  $\phi$  é a latitude (radiano) e  $\delta$  é a declinação solar (radiano) dada em função do dia do ano contado após 1 $^{\circ}$  de janeiro ( $pj$ ) e

$$\delta = 0,4093 \operatorname{sen} \left[ 2\pi \left( 284 + \frac{pj}{365} \right) \right], \quad (3c)$$

e  $I_l$  o índice de calor anual,  $l = 1, \dots, n$ , calculado pela soma de valores mensais, conforme a seguinte relação:

$$I_l = \sum_{m=1}^{12} \left( \frac{T_m^*}{5} \right)^{1,514}, \quad (3d)$$

na qual  $T_m^*$  é a temperatura média mensal calculada com dados da série histórica e

$a$  o termo expoente da eq. (3) dado como função de  $I$  descrito por:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I_l^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I_l^2 + 1,792 \times 10^{-2} \times I_l + 0,49239 \quad (3e)$$

#### 3.3.4. Umidade relativa do ar

Segundo Delgado et al. (2007), a aplicação de equações para o cálculo da umidade relativa do ar é essencial na agricultura, visto que esta variável meteorológica extrema pode causar danos principalmente aos cultivos agrícolas. O uso de métodos de estimativa da umidade relativa do ar pode ser de grande utilidade, tanto ao setor agrícola como a qualquer outro.

No presente trabalho para estabelecer o modelo de estimativa da umidade relativa do ar, considerou-se uma amostra aleatória simples da estação de Poxoréo, relativa às variáveis climáticas e ajustaram-se uma regressão linear múltipla da umidade relativa do ar em função das variáveis independentes evapotranspiração, temperaturas máxima e mínima do ar e precipitação, expressa por:

$$\hat{UR} = 153 - 3,22 \times tmáx + 2,64 \times tmín + 0,00255 \times prec - 0,168 \times evap$$

A qualidade do ajuste do modelo de regressão foi verificada por meio dos valores dos coeficientes de determinação  $R^2$  (é uma medida da quantidade de redução na variabilidade de  $y$ , obtida pelo uso das variáveis independentes) e  $R^2_{ajustado}$  (leva em conta o número de variáveis regressoras no modelo) e da análise de resíduos (que é importante no julgamento da adequação do modelo, cujos resíduos devem apresentar as seguintes propriedades: linearidade, normalidade e variância constante).

Em continuidade à metodologia proposta, à semelhança da estimativa da temperatura, para a validação do modelo proposto para a estimativa da umidade relativa do ar, foram utilizados os valores obtidos pelo proposto e os valores efetivamente observados nas estações de Poxoréo e Rondonópolis, conforme detalhamento descrito anteriormente, trocando-se a temperatura pela umidade relativa. Ou seja, coeficiente de correlação linear de Pearson e de exatidão  $d$ .

Consideraram-se os dados observados e estimados das estações de meteorológicas de Poxoréo e Rondonópolis, para a validação do modelo de regressão múltipla. Os gráficos com os resultados das duas estações e análise de resíduos, encontram-se no Apêndice 2 (Figuras 42 a 45 – pág. 85 e 86).

Os mapas de espacialização de todas as variáveis climáticas consideradas no estudo, para os meses de janeiro e julho, estão apresentados no Apêndice 1 (Figuras 29 a 38 – pág. 81 e 82).

#### 3.4. Técnicas de Análise Multivariada

Os dados de produtividade agrícola e climatológicos foram estudados analiticamente por meio de procedimentos multivariados envolvendo intra e interdependência dos atributos a partir da utilização de técnicas de análise de agrupamento, análise fatorial e análise de correlação canônica. Nesta linha denotou-se o número total de variáveis (agrícolas

e climáticas) por  $p$ , o número de observações em cada grupo por  $n_i$  e o número de grupos (microrregiões) por  $g$ .

Foram consideradas 13 variáveis nos 31 anos do período de estudo ( $p=13$ ) e, oito grupos caracterizados pelos postos pluviométricos que determinam as microrregiões investigadas ( $g=8$ ). Desta forma, fazendo  $i$  representar as microrregiões, tem-se  $i = 1, \dots, 8$ ;  $j = 1, \dots, 13$  as componentes agrícolas e as condições climáticas (sendo  $j = 1, \dots, 9$  correspondente às componentes agrícolas e  $j = 10, \dots, 13$ , as condições climáticas) e,  $k = 1, \dots, 31$ , as safras anuais relativas aos 31 anos analisados.

Nos estudos com  $g$  grupos,  $p$  variáveis ( $p \geq 1$ ) e  $n_i$  observações por grupo, para cada vetor linha aleatório  $\mathbf{X}$  com medidas registradas como  $\mathbf{X}_{ijk}$ ,  $i=1, 2, \dots, g$ ;  $j = 1, \dots, p$  e  $k = 1, \dots, n_i$ , as mensurações podem ser agrupadas em uma matriz genérica de dados  $\mathbf{X}_{(n \times p)}$  (JOHNSON; WICHERN, 2002), descrita como:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_{111} & \mathbf{X}_{121} & \cdots & \mathbf{X}_{1p1} \\ \mathbf{X}_{112} & \mathbf{X}_{122} & \cdots & \mathbf{X}_{1p2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{X}_{11n_1} & \mathbf{X}_{12n_1} & \cdots & \mathbf{X}_{1pn_1} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \mathbf{X}_{g11} & \mathbf{X}_{g21} & \cdots & \mathbf{X}_{gp1} \\ \mathbf{X}_{g12} & \mathbf{X}_{g22} & \cdots & \mathbf{X}_{gp2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{X}_{g1n_g} & \mathbf{X}_{g2n_g} & \cdots & \mathbf{X}_{gpn_g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(1)} \\ \cdots \\ \vdots \\ \cdots \\ \mathbf{X}^{(g)} \end{bmatrix}; \quad (4)$$

onde,  $n = n_1 + \cdots + n_g$ , indica o número total de vetores observados no conjunto multivariado de dados.

Na presente pesquisa, cada submatriz  $\mathbf{X}^{(i)}_{(n_i \times p)}$  expressou as respostas de todas as características observadas no contexto histórico do período considerado para cada microrregião e o vetor de observação foi composto de duas partes  $\mathbf{X}_{ik} = [\mathbf{X}_{(1)ik}; \mathbf{X}_{(2)ik}]$ , com

$\mathbf{X}_{(1)ik} = [\mathbf{x}_{i1k}, \dots, \mathbf{x}_{i9k}]$  representando as variáveis agrícolas e  $\mathbf{X}_{(2)ik} = [\mathbf{x}_{i10k}, \dots, \mathbf{x}_{i13k}]$ , as condições climáticas.

### 3.4.1. Análise de Agrupamento

Para a operacionalização do método adotou-se a distância euclidiana média como coeficiente de parença para indicar a proximidade entre duas microrregiões. Essa medida pode ser tanto de similaridade ou de dissimilaridade.

O emprego da análise de agrupamento deveu-se ao interesse da formação de grupos tendo como característica principal a homogeneidade dentro desses grupos e a heterogeneidade entre eles, ou pequenas variações dentro do grupo em relação às variações entre os grupos, cujo número de grupos pode ser estabelecido por critérios definidos ‘a priori’, ou ‘a posteriori’, ou de conveniência. No presente estudo adotou-se a conveniência de no máximo cinco grupos.

Para a análise de agrupamento do conjunto geral das variáveis climáticas ou de produtividade agrícola o vetor resposta, unidade de observação, foi constituído das médias gerais dos valores observados em todo o período considerado. Para cada variável isolada, agrícola ou climática, o agrupamento das microrregiões foi realizado considerando como vetor de observação a média histórica dos 17 anos considerados que envolviam o período de 1989 a 2005.

Para o agrupamento das microrregiões segundo o vetor de características agrícolas ou climáticas, consideraram-se os perfis médios de respostas das microrregiões  $\{ \bar{\mathbf{X}}_{i..} = (\bar{\mathbf{X}}_{i1.}, \dots, \bar{\mathbf{X}}_{i13.}) \}$ , obtidos a partir da série histórica dos dados representados matricialmente como:

$$\bar{\mathbf{X}} = \begin{bmatrix} \bar{\mathbf{X}}_{11\bullet} & \cdots & \bar{\mathbf{X}}_{19\bullet} & \vdots & \bar{\mathbf{X}}_{111\bullet} & \cdots & \bar{\mathbf{X}}_{113\bullet} \\ \bar{\mathbf{X}}_{21\bullet} & \cdots & \bar{\mathbf{X}}_{29\bullet} & \vdots & \bar{\mathbf{X}}_{211\bullet} & \cdots & \bar{\mathbf{X}}_{213\bullet} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{\mathbf{X}}_{81\bullet} & \cdots & \bar{\mathbf{X}}_{89\bullet} & \vdots & \bar{\mathbf{X}}_{810\bullet} & \cdots & \bar{\mathbf{X}}_{813\bullet} \end{bmatrix} = [\text{Agrícolas} \vdots \text{Climáticas}] \quad (5)$$

Retornando ao processo de operacionalização da análise de agrupamento indica-se a medida de distância ou de similaridade entre as observações e o procedimento de formação de grupos baseado na medida selecionada. Diversas medidas de distância estão disponíveis para o coeficiente de similaridade, sendo a mais comum a distância euclidiana, que para dois objetos  $i$  e  $k$  é expressa por:

$$d_{ik} = \sqrt{(x_i - x_k)'(x_i - x_k)} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{kj})^2}$$

Na prática a opção pela distância euclidiana média, que é calculada a partir da distância entre cada ponto em um grupo e todos os outros pontos em um outro grupo, mostra-se mais adequada, pois o seu valor é corrigido pelo número de variáveis, fato que foi considerado no desenvolvimento deste trabalho. Para a formação dos grupos foi utilizada a técnica de agrupamento hierárquica pelo método das variâncias mínimas de Ward, na qual se pressupõe que um grupo será agregado a um outro se essa reunião proporcionar o menor aumento de variância intragrupo. Os resultados finais destes agrupamentos foram apresentados por gráficos denominados dendrogramas para cada situação considerada, agrícola e climática.

### 3.4.2. Análise Fatorial

Para as componentes agrícolas buscou-se pela análise fatorial a redução do número original de variáveis agrícolas, por meio da extração de fatores independentes, de tal forma que estes pudessem explicar, de forma simples e reduzida, as variáveis originais.

Para análise fatorial o vetor resposta foi construído como sendo a média anual dos cultivares considerando-se como repetição cada ano do período experimental de 1975 a 2005.

A construção de cada fator consistiu em encontrar uma combinação linear das variáveis agrícolas incluídas no estudo que maximize o poder de explicação do conjunto todo de variáveis. Na composição destes fatores, são considerados os seguintes aspectos: as variáveis mais correlacionadas combinam-se dentro de um mesmo fator e as variáveis que compõem um fator são independentes das que compõem outros fatores, determinando assim os coeficientes que relacionam as variáveis agrícolas observadas com os fatores comuns. Esses coeficientes denominados de cargas fatoriais desempenham a mesma função dos coeficientes de correlação.

Considerando o modelo fatorial  $\underline{Z} = \underline{L}\underline{F} + \underline{e}$ , onde  $\underline{F}$  é um vetor aleatório contendo os fatores comuns não correlacionados, também chamados de variáveis latentes e  $\underline{L}$  uma matriz de parâmetros, utilizou-se o método da máxima verossimilhança para estimação da matriz  $\underline{L}$  através da matriz de correlação (HAIR JR. et al., 2005).

A seguir foram determinadas algumas medidas que auxiliam na interpretação dos resultados, destacando-se entre elas, o autovalor que representa a quantia de variância explicada por um fator, as comunalidades que descrevem a quantidade de variância que uma variável original compartilha com todas as outras variáveis agrícolas consideradas na análise, a unicidade que mostra o resíduo da comunalidade em relação à unidade, a porcentagem da variação explicada de cada fator e a porcentagem cumulativa da variância total nos fatores selecionados.

Na determinação do número de fatores foi utilizado o critério de *Scree-plot*, que dispõe os autovalores da matriz de correlação ordenados em ordem decrescente e que procura por inspeção gráfica um “ponto de salto”, que represente um decréscimo de importância em relação à variância total. O número de fatores corresponde ao número de autovalores anteriores ao “ponto de salto” (CATTELL, 1966).

Finalmente, para verificar a adequabilidade do modelo de análise fatorial, utilizou-se a estatística de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) e o teste de *Bartlett*. O KMO

é um indicador que compara a magnitude do coeficiente de correlação observado com a magnitude do coeficiente parcial. Levando-se em conta que os valores variam de 0 a 1, pequenos valores de KMO (abaixo de 0,50) indicam a não adequabilidade da análise. O teste de esfericidade de *Bartlett* serve para testar a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade. Se esta hipótese for rejeitada a análise pode ser realizada (HAIR JR. et al., 2005).

### 3.4.3. Análise de Correlação Canônica

Com o objetivo de associar linearmente o conjunto das variáveis climáticas representadas por  $\mathbf{X}^{(1)}$  com as agrícolas representadas por  $\mathbf{X}^{(2)}$ , procurando o grau máximo da relação linear existente entre os dois conjuntos de variáveis, utilizou-se a análise de correlação canônica. O vetor resposta envolveu as nove variáveis agrícolas e as quatro climáticas expressadas por meio das médias anuais, e o procedimento foi repetido para cada microrregião em todos os anos observados.

Basicamente, desenvolveu-se uma combinação linear em cada um dos conjuntos, tal que a correlação entre os dois fosse maximizada. A combinação linear constitui-se numa forma simples de resumir o conjunto das informações contidas nas variáveis e, neste sentido, considerou-se as combinações lineares  $\mathbf{U}$  (conjunto das climáticas) e  $\mathbf{V}$  (conjunto das agrícolas) expressas por:

$$\mathbf{U} = \mathbf{a}' \mathbf{X}^{(1)}$$

$$\mathbf{V} = \mathbf{b}' \mathbf{X}^{(2)}$$

tal que:

$$\text{Corr}(\mathbf{U}, \mathbf{V}) = \frac{\mathbf{a}' \text{Cov}(\mathbf{X}^{(1)}, \mathbf{X}^{(2)}) \mathbf{b}}{\sqrt{\mathbf{a}' \text{Var}(\mathbf{X}^{(1)}) \mathbf{a}} \sqrt{\mathbf{b}' \text{Var}(\mathbf{X}^{(2)}) \mathbf{b}}}, \quad (6)$$

seja a maior possível, ou seja,  $\max_{\mathbf{a}, \mathbf{b}} \text{Corr}(\mathbf{U}, \mathbf{V})$ , que expressa a máxima associação entre as funções lineares dos dois grupos de variáveis (JOHNSON; WICHERN, 2002).

Para avaliar a significância das associações canônicas utilizou-se o teste estatístico que rejeita a hipótese nula (ausência de associação linear entre os conjuntos) se o valor numérico da estatística do teste for maior ou igual ao correspondente valor crítico de uma distribuição de qui-quadrado com graus de liberdade correspondentes à ordinalidade da correlação canônica.

Para o estudo foram determinado o autovalor (raízes canônicas) que fornece uma estimativa da quantidade de variância compartilhada entre as respectivas variáveis estatísticas canônicas e a correlação canônica que mede a força das relações gerais entre as composições lineares para as variáveis consideradas, que auxiliam na interpretação dos resultados.

As correlações entre as variáveis canônicas e as variáveis climáticas e agrícolas, foram obtidas considerando as correlações estruturais<sup>3</sup> (*'canonical loadings'* = cargas canônicas) que se referem às associações entre cada variável original e a correspondente variável canônica; e as correlações cruzadas (*'canonical cross-loadings'*) que associam cada variável original do primeiro conjunto (climático) com o correspondente canônico agrícola e vice-versa.

Além disso, foi calculada a proporção da variância total que é explicada pelas variáveis canônicas, considerando em separado, a contribuição no conjunto climático e no agrícola. Isso permite avaliar a relevância de cada conjunto.

---

<sup>3</sup> Reflete a variância que a variável observada compartilha com a variável estatística canônica relativa de cada variável a cada função canônica

### 3.5. Associação entre técnicas multivariadas

Uma das possibilidades da associação entre as técnicas multivariadas é expandir a habilidade explanatória da eficiência estatística. Com esse objetivo foram consideradas as três técnicas, análise de agrupamento, fatorial e correlação canônica, apresentadas anteriormente e estudada a associação entre elas, de forma a obter uma ferramenta mais poderosa na abordagem das questões tratadas no presente estudo.

O primeiro momento foi preservar os dados originais onde todas as variáveis agrícolas e climáticas foram consideradas, numa forma mais simples e direta para lidar com os dados, por meio da técnica de análise de correlação canônica, onde a matriz de correlação  $\mathbf{R}$  é expressa por:

Agrícolas				Climáticas			
$x_1$	$x_2$	...	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \mathbf{Agrícolas}_{9 \times 9} & \vdots & \mathbf{9 \times 4} \\ \dots & \vdots & \dots \\ \mathbf{4 \times 9} & \vdots & \mathbf{Climáticas}_{4 \times 4} \end{bmatrix}$$

O segundo momento foi associar a análise fatorial com a técnica de análise de correlação canônica, onde primeiramente foi aplicada a técnica de análise fatorial sobre os dados de produtividade, com o objetivo de identificar os fatores que explicassem a parte mais significativa da variância dos dados e as respectivas cargas fatoriais. O novo conjunto de dados foi formado a partir de uma relação linear com os coeficientes de sensibilidade dos  $k$  fatores, sendo constituídos pela soma ponderada das produtividades de cada fator, utilizando-se como pesos os coeficientes dos fatores. Em seguida, empregou-se a

técnica de correlação canônica sobre o novo conjunto de dados, onde a matriz de correlação  $\mathbf{R}$  é dada por:

Fatores		Climáticas			
$\mathbf{f}_1$	$\mathbf{f}_2$	$\mathbf{x}_{10}$	$\mathbf{x}_{11}$	$\mathbf{x}_{12}$	$\mathbf{x}_{13}$

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \mathbf{Fatores}_{2 \times 2} & \vdots & \mathbf{2 \times 4} \\ \dots & \vdots & \dots \\ \mathbf{4 \times 2} & \vdots & \mathbf{Climáticas}_{4 \times 4} \end{bmatrix}$$

Um terceiro passo de ação para lidar com os dados foi por meio da análise de agrupamento das variáveis agrícolas e o uso da técnica de análise de correlação canônica. Do resultado da aplicação da análise de agrupamento no conjunto de variáveis agrícolas, foram obtidos os grupos  $g_1$ = (algodão, arroz, feijão),  $g_2$ = (milho, soja, sorgo),  $g_3$ = (banana, cana-de-açúcar) e  $g_4$ = (mandioca), onde se encontrou a média aritmética de cada grupo. Daí empregou-se a técnica de análise de correlação canônica sobre a amostra onde a matriz de correlações  $\mathbf{R}$  foi dada por:

Agrupamentos				Climáticas			
$\mathbf{g}_1$	$\mathbf{g}_2$	$\mathbf{g}_3$	$\mathbf{g}_4$	$\mathbf{x}_{10}$	$\mathbf{x}_{11}$	$\mathbf{x}_{12}$	$\mathbf{x}_{13}$

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \mathbf{Agrupamentos}_{4 \times 4} & \vdots & \mathbf{4 \times 4} \\ \dots & \vdots & \dots \\ \mathbf{4 \times 4} & \vdots & \mathbf{Climáticas}_{4 \times 4} \end{bmatrix}$$

Para a realização das análises e construção de gráficos utilizou-se os softwares SAS (versão 9.1), SPSS (versão 12.0), Excell 2003, Minitab 14, Surfer 8 e Paint.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Estimativas dos valores climáticos

Observou-se que em quase toda região Sudeste do Mato Grosso, mais de 88% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipita de outubro a abril, sendo mais chuvoso o bimestre dezembro-janeiro. Em contrapartida, o inverno é seco e neste período as chuvas são muito escassas, sendo o mais escasso o mês de julho, com média de 6 mm de precipitação. A região apresenta temperatura média anual de 24°C, com máximas no mês de setembro em cerca de 34°C e mínimas no mês de julho por volta de 12°C. A precipitação média mensal é de 136 mm, com evapotranspiração média mensal de 106 mm e umidade relativa do ar em 80%.

De forma geral o modelo proposto eq.(1) pg.33 para estimar a temperatura do ar apresentou bom desempenho, com altos índices de correlação e de concordância, superando o patamar de 80%. Os resultados permitem concluir que a aplicação do modelo de estimativa proposto para temperatura do ar utilizando a estação de Rondonópolis como o referencial de representatividade teve resposta bastante satisfatório,

podendo desta maneira, ser utilizado com muita acurácia para estimar as temperaturas das microrregiões consideradas.

Em relação ao procedimento utilizado para a umidade relativa do ar a partir da amostra de dados da estação de Poxoréo, a equação de regressão ajustada para as estimativas nas demais microrregiões é dada pela equação a seguir:

$$\hat{UR} = 153 - 3,22 \times tmáx + 2,64 \times tmín + 0,00255 \times prec - 0,168 \times evap ,$$

onde apresentou  $R^2=0,822$  e  $R^2_{ajustado}= 0,810$ , indicando uma boa habilidade de predição do modelo, concluindo-se que o modelo está bem adequado quanto as variáveis regressoras consideradas.

Na análise visual dos gráficos de resíduos apresentados no Apêndice 2 observa-se a presença de linearidade, normalidade e aleatoriedade, indicando que o modelo ajustado é adequado. Os gráficos de comparação de valores observados e estimados para a validação da metodologia empregada mostraram os indicadores de correlação e exatidão adequados para as duas estações. De forma geral, o modelo ajustado de regressão múltipla apresentou altos índices de correlação e concordância, acima de 90%. Pode-se dizer que o modelo proposto para a estimativa da umidade relativa do ar utilizado para as estações de Poxoréo e Rondonópolis teve alta representatividade, indicando desta maneira que pode ser utilizado para estimar a umidade relativa do ar em toda a região Sudeste do estado de Mato Grosso.

#### 4.2. Análise de Agrupamento

Para a apresentação dos resultados considerou-se o conjunto das variáveis agrícolas e climáticas. Para o conjunto de variáveis agrícolas ou climáticas a unidade experimental foi constituída do vetor de médias da microrregião (vetor de dimensão

igual ao número de variáveis no conjunto). Porém, para o caso de cada variável em separado, a unidade constou do vetor histórico anual do período da coleta das informações (vetor com 17 componentes relativas ao período de 1989 a 2005).

#### 4.2.1. Agrupamento pelas variáveis climáticas.

Quanto às características climáticas a análise de agrupamento evidencia a região Sudeste do estado de Mato Grosso agrupada em quatro grupos compostos pelas microrregiões {MR6, MR8, MR7}, {MR3, MR5}, {MR1, MR2} e {MR4}, mostrados na Figura 4.

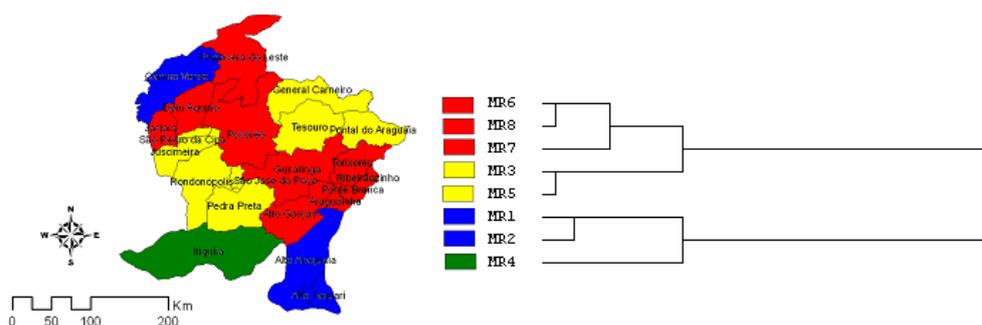


Figura 4. Dendrograma das microrregiões pelas variáveis climáticas

O agrupamento para a temperatura média compensada do ar mostrada na Figura 5, indicou a formação de quatro grupos de microrregiões: {MR4, MR7}, {MR6, MR8}, {MR3, MR5} e {MR1, MR2}. As microrregiões MR3 e MR5 apresentaram temperaturas médias compensadas mais altas, e as microrregiões MR1 e MR2, mais baixas. Isso era esperado uma vez que as microrregiões MR3 (Rondonópolis) e MR5 (General Carneiro) estão localizadas em um relevo mais baixo e as MR1 (Alto Araguaia) e MR2 (Campo Verde) em um mais alto.

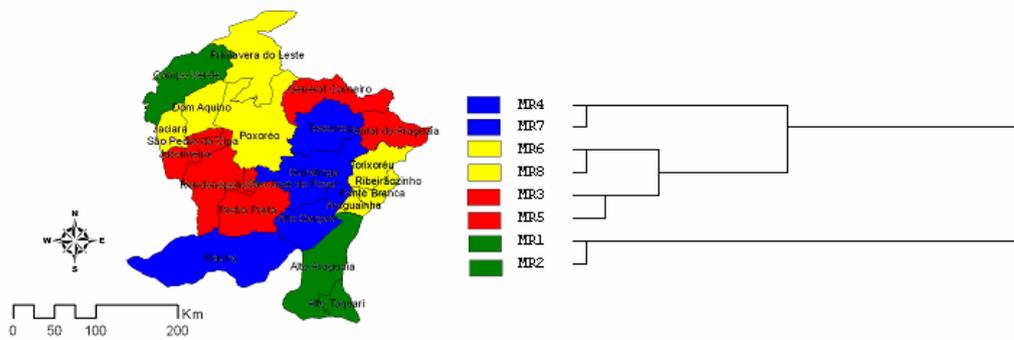


Figura 5. Dendrograma das microrregiões pela temperatura média compensada do ar

Os resultados da evapotranspiração (Figura 6) formaram quatro conjuntos de microrregiões: {MR4, MR7}, {MR6, MR8}, {MR3, MR5} e {MR1, MR2}. As microrregiões MR3 (Rondonópolis) e MR5 (General Carneiro) apresentaram maior evapotranspiração e, as microrregiões MR1 (Alto Araguaia) e MR2 (Campo Verde), menor, pelo agrupamento anterior isso leva a inferir que em temperaturas mais elevadas maior evapotranspiração, e vice-versa.

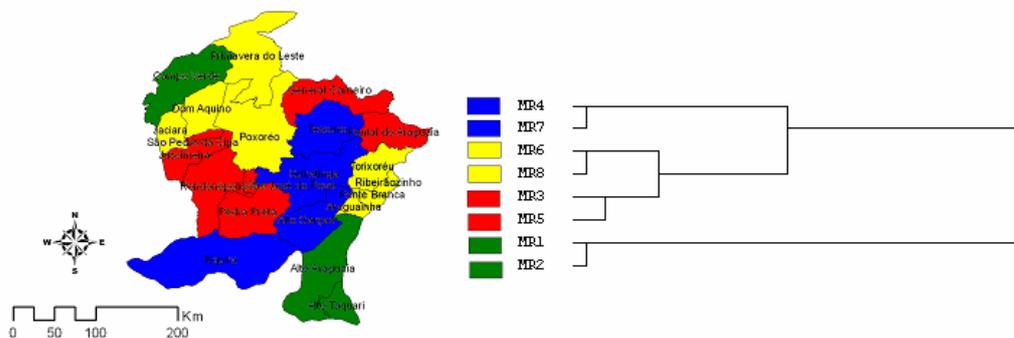


Figura 6. Dendrograma das microrregiões pela evapotranspiração

Em relação à precipitação média anual foram definidos cinco grupos de microrregiões: {MR5, MR7, MR8}, {MR1, MR3}, {MR6}, {MR2} e {MR4} (Figura 7).

As microrregiões MR5 (General Carneiro), MR8 (Torixoréu) e MR7 (Tesouro) apresentaram médias maiores de precipitação e MR4 (Itiquira), menor.

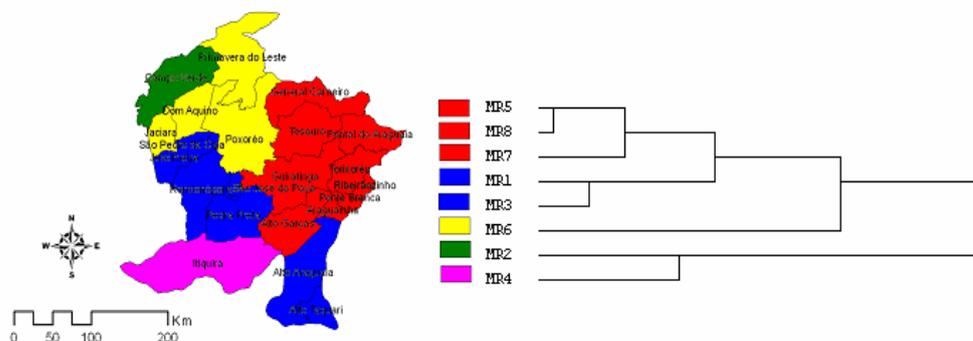


Figura 7. Dendrograma das microrregiões pela precipitação

A análise de agrupamento para a umidade relativa do ar, mostrado na Figura 8, caracterizou quatro conjuntos de microrregiões: {MR4, MR7}, {MR6, MR8}, {MR3, MR5} e {MR1, MR2}, onde MR1 (Alto Araguaia) e MR2 (Campo Verde) apresentaram maior umidade relativa e MR3 (Rondonópolis) e MR5 (General Carneiro) menor. Observa-se uma relação oposta em relação à temperatura que quanto mais elevada menor a umidade relativa do ar.

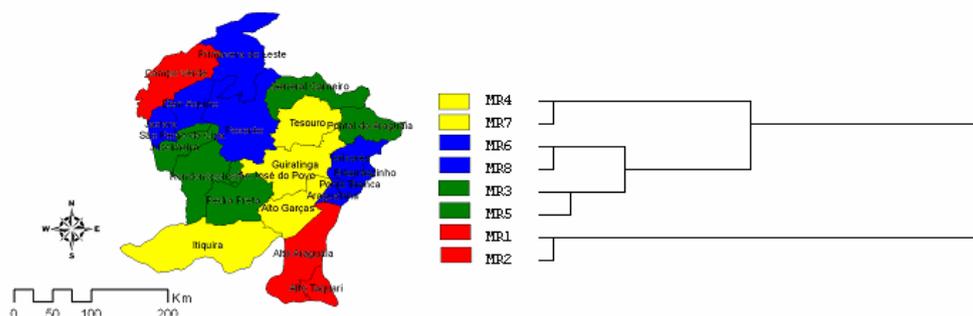


Figura 8. Dendrograma das microrregiões pela umidade relativa do ar

#### 4.2.2. Agrupamento pelas variáveis agrícolas.

Os resultados a seguir mostram os agrupamentos das microrregiões para as diferentes culturas em estudo e buscam assemelhar as produções entre as microrregiões.

A análise de agrupamento para o conjunto de todos os produtos agrícolas pesquisados da região Sudeste do estado de Mato Grosso mostrou quatro estratos composto pelas microrregiões {MR5, MR8, MR6}, {MR3}, {MR1, MR2} e {MR4, MR7} (Figura 9).

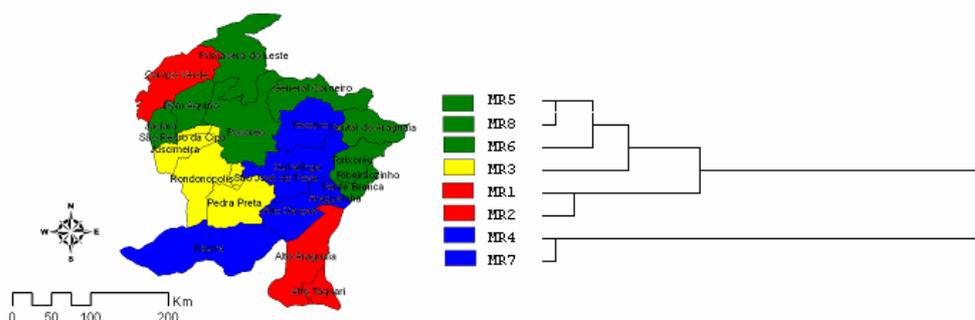


Figura 9. Dendrograma das microrregiões pelo conjunto das variáveis agrícolas

Para a cultura de algodão, a análise de agrupamento, mostrada na Figura 10, indicou a formação de quatro grupos de microrregiões: grupo1= {MR1, MR7}, grupo2= {MR3, MR6, MR4, MR2}, grupo3= {MR5} e grupo4= {MR8}. O grupo1, o qual é formado pelas microrregiões de Alto Araguaia e Tesouro caracteriza-se pelas áreas mais recentes na exploração da cultura; o grupo2 corresponde às microrregiões de Rondonópolis, Poxoréo, Itiquira e Campo Verde, que foram regiões tradicionais no cultivo de algodão; o grupo3 corresponde à microrregião de General Carneiro, apresentou safras somente nos últimos sete anos 1999/2005 e o grupo4, formado pela microrregião de Torixoréu, que não explorou a cotonicultura.

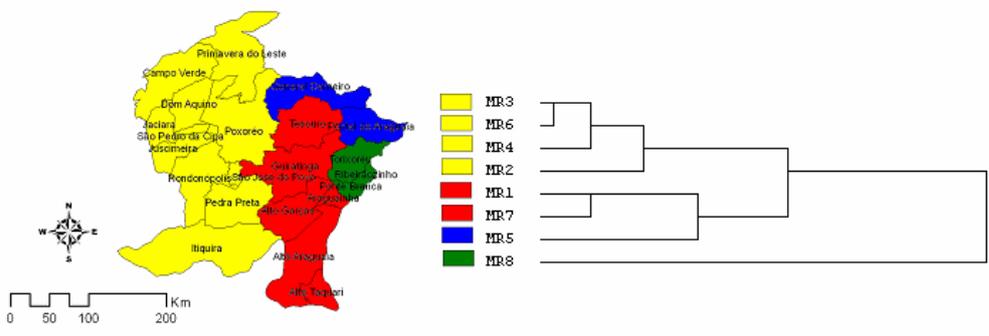


Figura 10. Dendrograma das microrregiões pela produção da cultura de algodão

Para a cultura de arroz formaram-se quatro grupos de microrregiões: {MR1}, {MR2}, {MR4} e {MR3, MR6, MR8, MR5 e MR7} (Figura 11). O grupo4 corresponde às microrregiões de Rondonópolis, Poxoréo, Torixoréu, General Carneiro e Tesouro, regiões tradicionais no cultivo de arroz; a microrregião MR1, Alto Araguaia, apresenta melhores resultados que todas as demais na rizicultura e a microrregião MR2, Campo Verde, é uma área recente na exploração desta cultura.

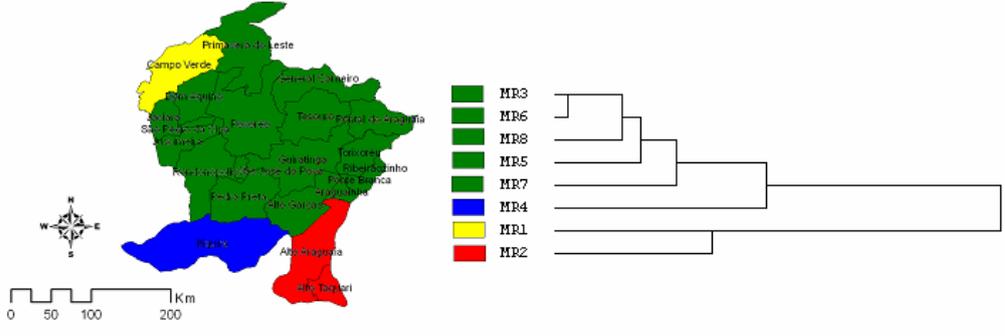


Figura 11. Dendrograma das microrregiões pela produção da cultura de arroz

A análise de agrupamento para cultura da banana, mostrada na Figura 12, indicou quatro grupos de microrregiões; grupo1= {MR2}, grupo2= {MR3}, grupo3= {MR4} e grupo4 = {MR1, MR6, MR8, MR7, MR5}. O grupo4 corresponde às microrregiões de Alto Araguaia, Poxoréo, Torixoréu, General Carneiro e Tesouro; a microrregião {MR3}, Rondonópolis, constitui-se na região dos melhores resultados, o grupo1, Campo Verde, é

uma área mais recente na exploração da cultura da banana e o grupo3, Itiquira, apresenta sazonalidade de safras.

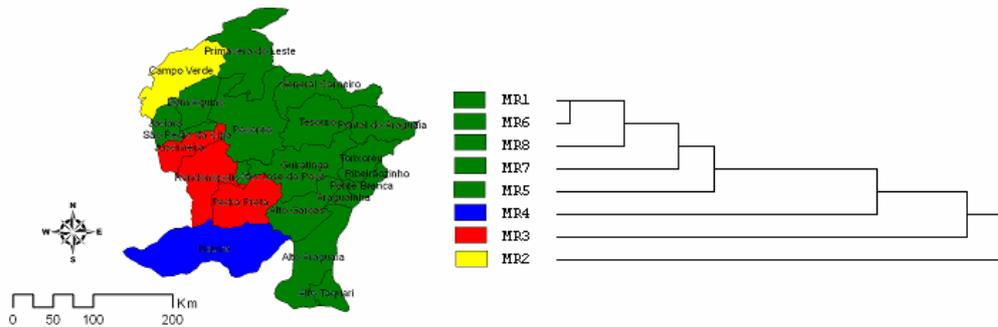


Figura 12. Dendrograma das microrregiões pela produtividade da cultura da banana

A cultura da cana-de-açúcar agrupou-se em três conjuntos de microrregiões, grupo1= {MR3, MR6}, grupo2= {MR1, MR2} e grupo3= {MR5, MR8, MR7, MR4} (Figura 13). O grupo3 corresponde às microrregiões de General Carneiro, Torixoréu, Tesouro e Itiquira, o grupo2 as microrregiões de Alto Araguaia e Campo Verde e, por fim, o grupo1 microrregiões de Rondonópolis e Poxoróe, que ficam próximas à usina de açúcar e álcool e recebem mais incentivos, investimentos e, conseqüentemente, melhores produções. As microrregiões MR1 e MR2 correspondentes ao grupo2, com perfil recente na prática do cultivo da cana-de-açúcar, candidatam-se a de se tornarem grandes produtoras.

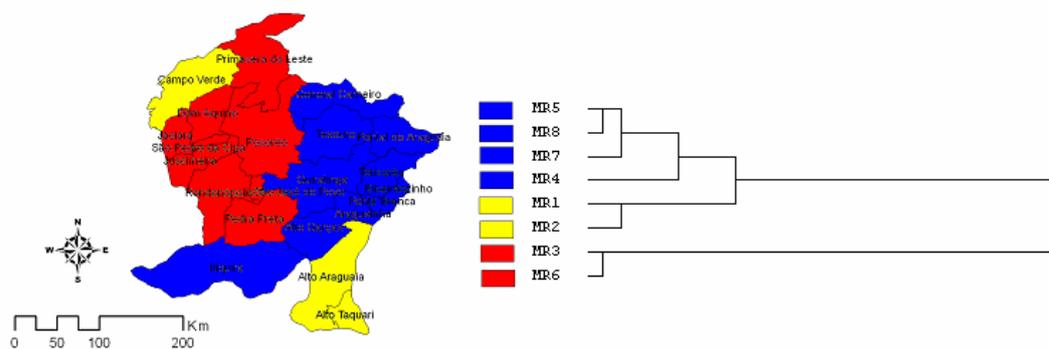


Figura 13. Dendrograma das microrregiões segundo a cultura de cana-de-açúcar

Em relação à cultura do feijão formaram-se quatro grupos de microrregiões grupo1= {MR6, MR7, MR2}, grupo2= {MR3, MR4, MR1}, grupo3= {MR8} e grupo4= {MR5} (Figura14). O grupo2, o qual corresponde às microrregiões de Rondonópolis, Itiquira e Alto Araguaia, apresenta baixa produtividade; o grupo1 formado pelas microrregiões de Campo Verde, Poxoréo e Tesouro apresenta bom desempenho, principalmente nas últimas safras; o grupo4 microrregião de General Carneiro não apresenta safras de feijão desde 1994 e o grupo3, microrregião de Torixoréu, apresenta alguns anos sem safras, apesar do bom rendimento nas últimas safras.

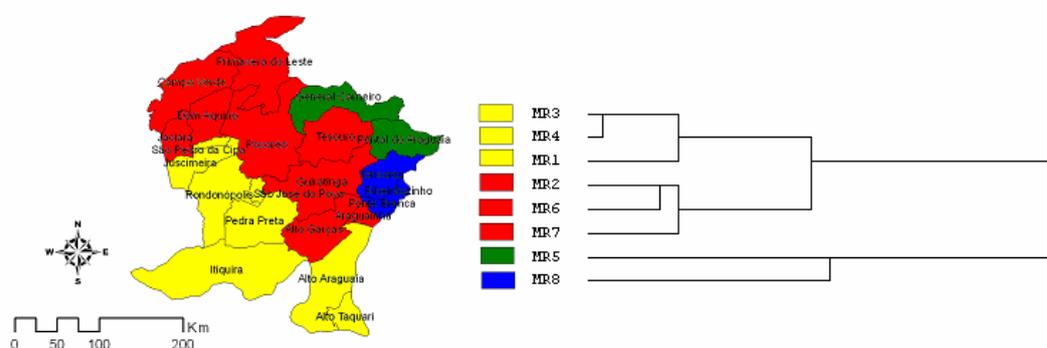


Figura 14. Dendrograma das microrregiões segundo a cultura de feijão

Para a cultura da mandioca formaram-se quatro grupos de microrregiões: grupo1= {MR2, MR6, MR4}, grupo2= {MR3, MR7}, grupo3= {MR1} e grupo4= {MR5, MR8} (Figura 15). O grupo2 corresponde às microrregiões de Rondonópolis e Tesouro que apresenta boa produtividade da cultura, o grupo1 com a maior produtividade reúne as microrregiões de Campo Verde, Poxoréo e Itiquira. O grupo4, microrregiões de General Carneiro e Torixoréu, apresenta baixo rendimento e, por fim, o grupo3 formado pela microrregião de Alto Araguaia tem apresentado uma queda na produtividade nas últimas safras.

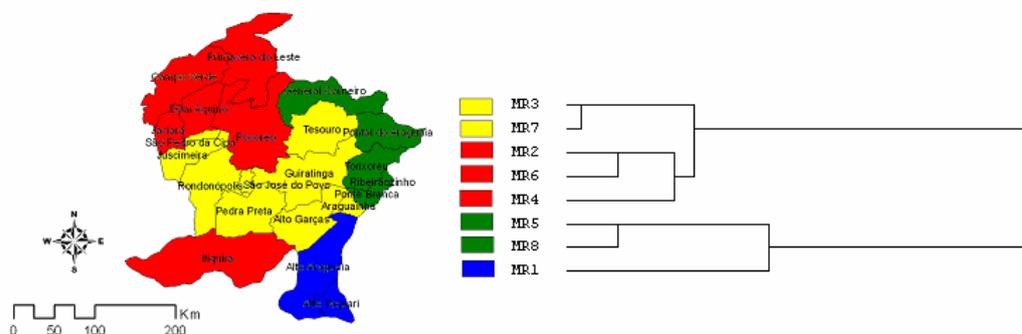


Figura 15. Dendrograma das microrregiões segundo a cultura de mandioca.

Para a cultura do milho, a análise de agrupamento, mostrada na Figura 16, indicou a formação de quatro grupos: grupo1= {MR1, MR2}, grupo2= {MR3, MR7, MR6}, grupo3= {MR5, MR8} e grupo4= {MR4}. O grupo1 corresponde às microrregiões de Alto Araguaia e Campo Verde, o grupo2 as microrregiões de Rondonópolis, Tesouro e Poxoréo, o grupo3 General Carneiro e Torixoréu e o grupo4 Itiquira.

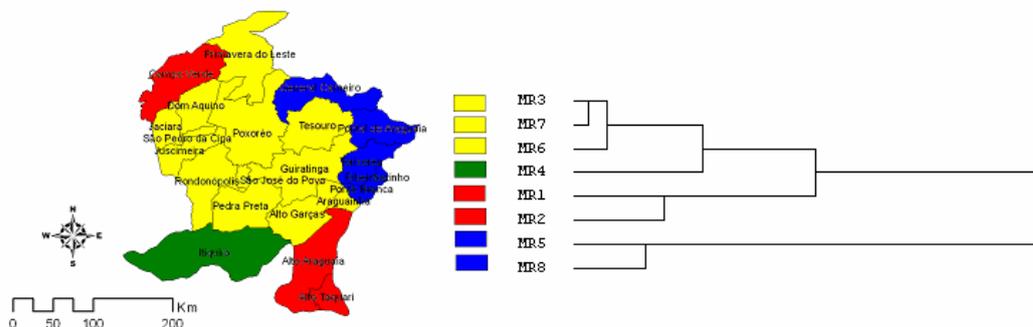


Figura 16. Dendrograma das microrregiões segundo a cultura de milho

Na cultura da soja a técnica caracterizou quatro grupos de microrregiões grupo1= {MR2, MR6, MR3, MR7, MR4}, grupo2= {MR1}, grupo3= {MR5} e grupo4= {MR8} (Figura 17). O primeiro grupo corresponde às microrregiões de Campo Verde, Poxoréo, Rondonópolis, Itiquira e Tesouro, o segundo grupo Alto Araguaia, microrregiões altamente produtivas; o grupo3 e o grupo4 correspondentes às microrregiões MR5 (General Carneiro) e MR8 (Torixoréu), respectivamente, também são microrregiões de

boa produtividade, mas apresentam maior variabilidade entre o rendimento médio por hectare.

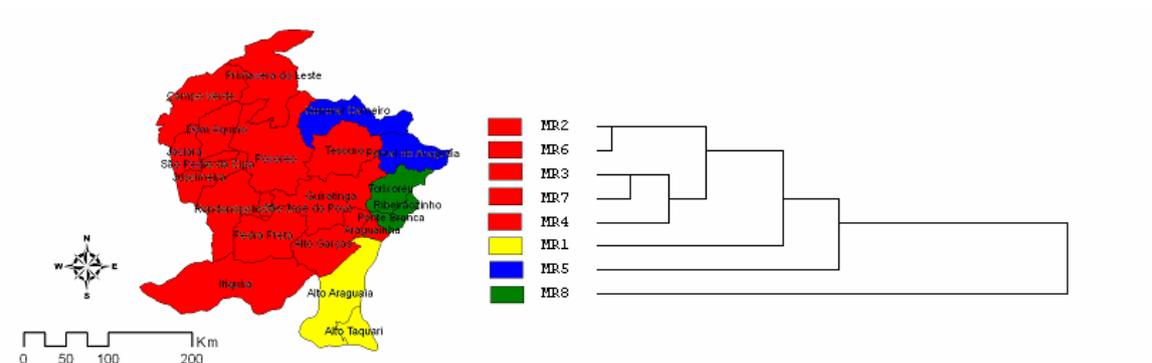


Figura 17. Dendrograma das microrregiões segundo a cultura de soja

O agrupamento para a cultura do sorgo, apresentado na Figura 18, formou três conjuntos de microrregiões: grupo1= {MR2, MR6, MR7, MR1}, grupo2= {MR3, MR4} e grupo3= {MR5, MR8}. O primeiro grupo corresponde às microrregiões de Campo Verde, Tesouro, Alto Araguaia e Poxoréo que são áreas que apresentaram maior produtividade no cultivo do sorgo; seguido do grupo2, formado pelas microrregiões de Rondonópolis e Itiquira, que são as regiões mais antigas na prática da cultura. General Carneiro e Torixoréu apresentam poucas e descontínuas safras anuais.

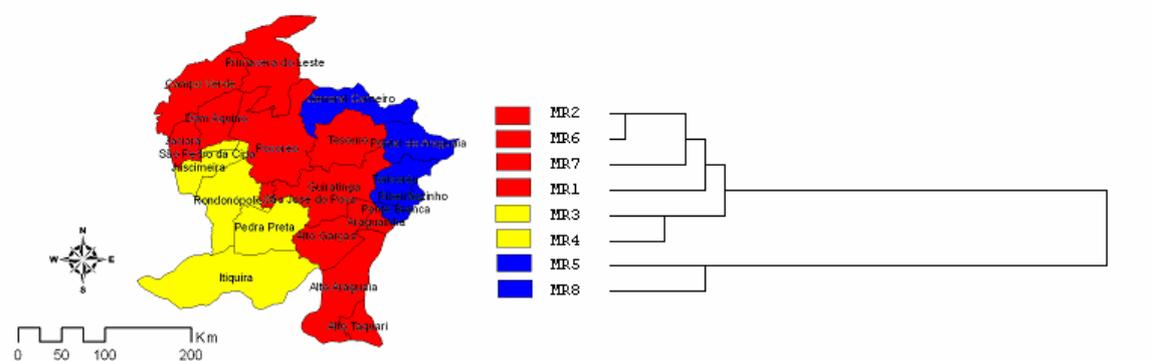


Figura 18. Dendrograma das microrregiões segundo a cultura de sorgo

### 4.2.3. Agrupamento pelas variáveis climáticas e produtividade agrícola

Na sequência são apresentadas as Figuras 19 e 20, que mostram a síntese dos agrupamentos, onde as cores estão associadas às maiores médias numa escala decrescente, sendo classificadas do 1<sup>o</sup> ao 5<sup>o</sup> lugar, e as Figuras 21 a 25 mostram as associações entre produtividade e variáveis climáticas obtidas pelos cruzamentos dos agrupamentos estabelecidos nas Figuras 19 e 20, respeitando a mesma escala de cores.

Variáveis	Unidade Operacional	Microrregião							
		MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	MR8
Climáticas	Vetor Médio da MR	Blue	Blue	Yellow	Green	Yellow	Red	Red	Red
Temperatura	Vetor Médio Anual do Período	Green	Green	Red	Blue	Red	Yellow	Blue	Yellow
Evapotranspiração	Vetor Médio Anual do Período	Green	Green	Red	Blue	Red	Yellow	Blue	Yellow
Precipitação	Vetor Médio Anual do Período	Blue	Green	Blue	Pink	Red	Yellow	Red	Red
Umidade relativa	Vetor Médio Anual do Período	Red	Red	Green	Yellow	Green	Blue	Yellow	Blue
Ordem de agrupamento		1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>			

Figura 19. Síntese dos agrupamentos segundo as variáveis climáticas e unidade operacional

Variáveis	Unidade Operacional	Microrregião							
		MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	MR8
Agrícolas	Vetor Médio da MR	Red	Red	Yellow	Blue	Green	Green	Blue	Green
Algodão	Vetor Médio Anual do Período	Red	Yellow	Yellow	Blue	Yellow	Red	Green	Green
Arroz	Vetor Médio Anual do Período	Red	Yellow	Green	Blue	Green	Green	Green	Green
Banana	Vetor Médio Anual do Período	Green	Yellow	Red	Blue	Green	Green	Green	Green
Cana-de-açúcar	Vetor Médio Anual do Período	Yellow	Yellow	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue
Feijão	Vetor Médio Anual do Período	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Blue
Mandioca	Vetor Médio Anual do Período	Blue	Red	Yellow	Red	Green	Red	Yellow	Green
Milho	Vetor Médio Anual do Período	Red	Red	Yellow	Green	Blue	Yellow	Yellow	Blue
Soja	Vetor Médio Anual do Período	Yellow	Red	Red	Red	Blue	Red	Red	Green
Sorgo	Vetor Médio Anual do Período	Red	Red	Yellow	Yellow	Blue	Red	Red	Blue
Ordem de agrupamento		1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>				

Figura 20. Síntese dos agrupamentos segundo as variáveis agrícolas e unidade operacional

A Figura 19 mostra que os agrupamentos formados pelas variáveis temperatura e evapotranspiração são exatamente os mesmos e que a ordem estabelecida pelo

método hierárquico se manteve. Os agrupamentos formados pelas variáveis: temperatura, evapotranspiração e umidade relativa são bastante semelhantes ao perfil do resultado do conjunto climático, salvo a microrregião MR7 (Tesouro) e a hierarquia das ligações entre os conjuntos. A variável precipitação mostrou-se aquela mais dissimilar entre as estudadas.

A Figura 20 mostra as culturas de arroz e banana como sendo as que mais assemelham na configuração dos agrupamentos das produções das microrregiões. O perfil de agrupamento do vetor agrícola médio não mostra similaridade com uma particular cultura. As culturas de cana-de-açúcar e sorgo mostraram-se mais homogêneas que as demais, pois em três grupos reuniram todas as microrregiões.

Climáticas	Algodão	Arroz	Banana	Cana-de-açúcar	Feijão	Mandioca	Milho	Soja	Sorgo
MR6	Amarelo	Verde	Verde	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Vermelho	Vermelho
MR7	Vermelho	Verde	Verde	Azul	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Vermelho
MR8	Verde	Verde	Verde	Azul	Azul	Verde	Azul	Verde	Azul
MR3	Amarelo	Verde	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Amarelo
MR5	Azul	Verde	Verde	Azul	Verde	Verde	Azul	Azul	Azul
MR1	Vermelho	Vermelho	Verde	Amarelo	Amarelo	Azul	Vermelho	Amarelo	Vermelho
MR2	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho
MR4	Amarelo	Azul	Azul	Azul	Amarelo	Vermelho	Verde	Vermelho	Amarelo

Figura 21. Síntese da associação entre componentes climático e agrícola

Observa-se pelos resultados da Figura 21 que a microrregião MR4 (Itiquira) ficou isolada das demais quanto às variáveis climáticas e essa situação associa-se às culturas de arroz, banana e milho. Nesta última cultura, o isolamento ocorreu com a mesma hierarquia climática na análise de agrupamento.

Em MR1 (Alto Araguaia) e MR2 (Campo Verde), para o conjunto climático, a associação verificou-se com cana-de-açúcar, milho e sorgo. Já no grupo MR3 (Rondonópolis) e MR5 (General Carneiro), esta associação ocorreu somente com arroz. No conjunto com maior número de microrregiões e aquele em que as médias das variáveis climáticas são maiores {MR6 (Poxoréo), MR7 (Tesouro), MR8 (Torixoréu)}, a associação verificou-se com as produtividades de arroz e banana.

Temperatura	Algodão	Arroz	Banana	Cana-de-açúcar	Feijão	Mandioca	Milho	Soja	Sorgo
MR3	Amarelo	Verde	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Amarelo
MR5	Azul	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
MR6	Amarelo	Verde	Verde	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Vermelho	Vermelho
MR8	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
MR4	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde	Vermelho	Verde	Vermelho	Amarelo
MR7	Vermelho	Verde	Verde	Verde	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Vermelho
MR1	Vermelho	Vermelho	Verde	Amarelo	Amarelo	Verde	Vermelho	Amarelo	Vermelho
MR2	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho

Figura 22. Síntese da associação entre temperatura e componente agrícola

Considerando a variável climática temperatura observa-se pelos resultados da Figura 22 a formação de quatro grupos e essa situação associa-se às culturas de arroz, banana, cana-de-açúcar, mandioca e soja para o grupo4, em particular para a cultura de arroz as maiores produtividades aparecem associadas à temperatura mais amena. Em MR4 (Itiquira) e MR7 (Tesouro) o isolamento ocorreu com as culturas de arroz e banana na mesma hierarquia que a análise de agrupamento. No grupo MR3 (Rondonópolis) e MR5 (General Carneiro) a associação ocorreu com as culturas de algodão, banana, feijão e soja.

Evapotranspiração	Algodão	Arroz	Banana	Cana-de-açúcar	Feijão	Mandioca	Milho	Soja	Sorgo
MR3	Amarelo	Verde	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Amarelo
MR5	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
MR6	Amarelo	Verde	Verde	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Vermelho	Vermelho
MR8	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
MR4	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde	Vermelho	Verde	Vermelho	Amarelo
MR7	Vermelho	Verde	Verde	Verde	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Vermelho
MR1	Vermelho	Vermelho	Verde	Amarelo	Amarelo	Verde	Vermelho	Amarelo	Vermelho
MR2	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho

Figura 23. Síntese da associação entre evapotranspiração e componente agrícola

Para a variável evapotranspiração observou-se a mesma configuração que para a variável temperatura. Os resultados podem ser observados na Figura 23.

Precipitação	Algodão	Arroz	Banana	Cana-de-açúcar	Feijão	Mandioca	Milho	Soja	Sorgo
MR5	Blue	Green	Green	Blue	Green	Green	Blue	Blue	Blue
MR7	Red	Green	Green	Blue	Red	Yellow	Yellow	Red	Red
MR8	Green	Green	Green	Blue	Blue	Green	Blue	Green	Blue
MR6	Yellow	Green	Green	Red	Red	Red	Yellow	Red	Red
MR1	Red	Red	Green	Yellow	Yellow	Blue	Red	Yellow	Red
MR3	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow
MR2	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
MR4	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow	Red	Green	Red	Yellow

Figura 24. Síntese da associação entre precipitação e componente agrícola

Observou-se, por meio da Figura 24, que para a variável precipitação houve a formação de cinco grupos onde, para a MR4 (Itiquira), o isolamento ocorreu com as culturas de arroz, banana e milho, para a MR2 (Campo Verde) com as culturas de arroz e banana e nas microrregiões MR5 (General Carneiro), MR7 (Tesouro) e MR8 (Torixoréu) para as culturas de algodão, feijão mandioca, milho, soja e sorgo.

Umidade relativa	Algodão	Arroz	Banana	Cana-de-açúcar	Feijão	Mandioca	Milho	Soja	Sorgo
MR1	Red	Red	Green	Yellow	Yellow	Blue	Red	Yellow	Red
MR2	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
MR4	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow	Red	Green	Red	Yellow
MR7	Red	Green	Green	Blue	Red	Yellow	Yellow	Red	Red
MR6	Yellow	Green	Green	Red	Red	Red	Yellow	Red	Red
MR8	Green	Green	Green	Blue	Blue	Green	Blue	Green	Blue
MR3	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow
MR5	Blue	Green	Green	Blue	Green	Green	Blue	Blue	Blue

Figura 25. Síntese da associação entre umidade relativa e componente agrícola

Considerando a variável climática umidade relativa observou-se pelos resultados da Figura 25 a formação de quatro grupos e essa situação associa-se às culturas de arroz, banana, cana-de-açúcar, mandioca e soja para o grupo4. Em MR4 (Itiquira) e MR7 (Tesouro) o isolamento ocorreu com as culturas de arroz, banana e milho. No grupo MR6 (Poxoréu) e MR8 (Torixoréu) a associação ocorreu com as culturas de feijão e soja. No

grupo MR1 (Alto Araguaia) e MR2 (Campo Verde) a associação ocorreu com as culturas de arroz, banana, cana-de-açúcar, mandioca e milho.

Por meio da análise de agrupamento observou-se para as variáveis climáticas que a temperatura média compensada do ar se mostrou mais elevada nas microrregiões de Rondonópolis e General Carneiro e mais baixa nas regiões de Alto Araguaia e Campo Verde. A evapotranspiração e a umidade relativa do ar se mostraram correlacionadas com a temperatura média compensada do ar, onde temperaturas mais elevadas provocam maior evapotranspiração, e menor umidade. A precipitação se mostrou mais intensa nas microrregiões de General Carneiro, Torixoréu e Tesouro e menos na microrregião de Itiquira.

Para as variáveis agrícolas, as microrregiões mais produtivas para a cultura de algodão são as de Alto Araguaia e Tesouro, para o arroz a microrregião de Alto Araguaia se mostrou mais produtiva. A banana tem maior produtividade na microrregião de Rondonópolis, esta também se mostra de alta produtividade na cultura da cana-de-açúcar juntamente com a microrregião de Poxoréu. As microrregiões de Campo Verde, Poxoréu e Tesouro apresentam bom desempenho na cultura do feijão, enquanto que a maior produtividade da cultura de mandioca reúne as microrregiões de Campo Verde, Poxoréu e Itiquira. A cultura do milho apresenta maior produtividade nas microrregiões de Alto Araguaia e Campo Verde, a soja se mostra de alta produtividade em quase todas as microrregiões e se destaca em Campo Verde, Poxoréu, Rondonópolis, Itiquira e Tesouro, assim também o sorgo nas microrregiões de Campo Verde, Tesouro, Alto Araguaia e Poxoréu.

Finalizando a discussão para a interrelação dos agrupamentos entre as variáveis climáticas e de produtividade agrícola verificou-se que nas regiões com evapotranspiração e temperatura mais baixas correspondem as maiores produtividades de milho e sorgo, enquanto que, nas de temperaturas mais altas a menor produtividade de arroz. Em relação à umidade relativa os resultados ocorreram de forma inversa aos obtidos nas duas variáveis descritas anteriormente. Quanto à precipitação, nas regiões com maior índice pluviométrico verificaram-se as menores produtividades das culturas de arroz e banana.

### 4.3. Análise Fatorial

Com a análise fatorial buscou-se um subconjunto gerado a partir dos produtos agrícolas cultivados na região Sudeste do estado de Mato Grosso, composto por duas ou três combinações lineares das variáveis observadas, denominadas fatores comuns que especificam as variáveis de maior interesse para a informação biológica contida na função. Os fatores são formados para maximizar o poder de explicação para o conjunto inteiro das variáveis agrícolas originais.

O resultado do teste de Bartlett para a matriz de correlação das variáveis agrícolas mostrou significância ( $p < 0,01$ ) entre as associações e, assim, a hipótese da matriz de correlação ser uma matriz identidade, ou seja, de as variáveis não estarem correlacionadas entre si é rejeitada. A estatística de Kaiser-Meyer-Olkin ( $KMO = 0,78$ ) que compara as correlações entre as variáveis, indicou adequação dos dados ao modelo fatorial, cujos componentes fatoriais e seu poder explanatório expresso por seus autovalores estão mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Autovalores e porcentagens de variação da matriz de correlação

Ordem do Fator	Autovalor	Porcentagem da variação	Porcentagem cumulativa
<b>1</b>	<b>3,80</b>	<b>42,22</b>	<b>42,22</b>
<b>2</b>	<b>1,45</b>	<b>16,11</b>	<b>58,33</b>
3	0,90	10,00	68,33
4	0,79	8,78	77,11
5	0,60	6,67	83,78
6	0,53	5,89	89,67
7	0,37	4,11	93,78
8	0,36	4,00	97,78
9	0,20	2,22	100,00

Para a indicação do número de fatores para o estudo agrícola da região, foram considerados o critério *Scree-plot*, apresentado na Figura 26 e o valor do autovalor (Tabela 3) superior à unidade.

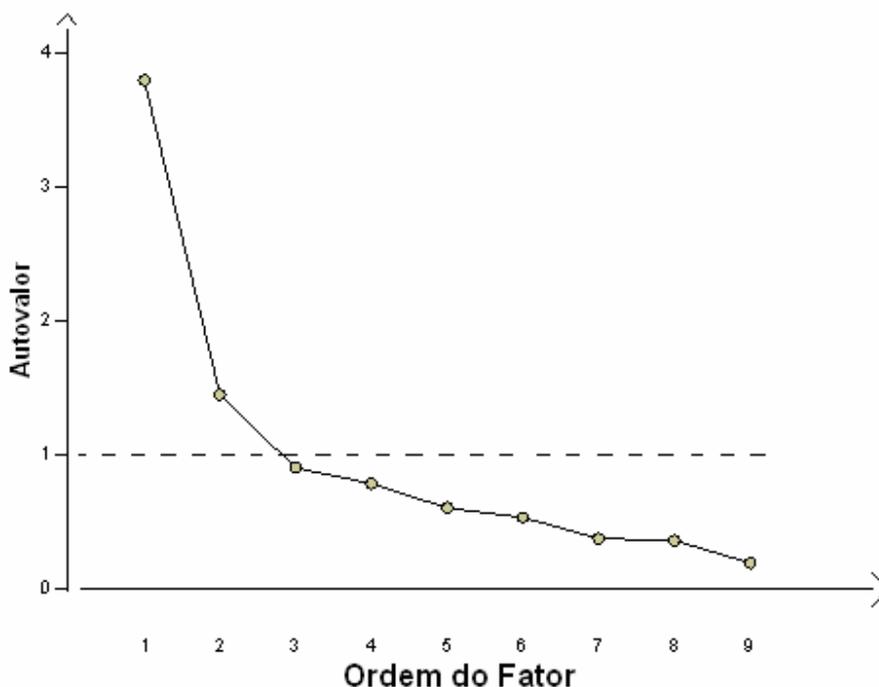


Figura 26. Gráfico *Scree-plot* da matriz de correlação.

A inspeção gráfica pelo critério *Scree-plot* e a superioridade do autovalor em relação à unidade na busca do ponto de salto do decréscimo da variância total (CATTELL, 1966) indicou que os dois primeiros fatores devem ser mantidos. Os dois fatores selecionados explicam, conjuntamente, 58,33% da variabilidade total dos dados e os coeficientes para a combinação linear das componentes agrícolas estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4. Coeficientes dos fatores das variáveis agrícolas

Variável	Fator		Comunalidade	Unicidade
	F1	F2		
Algodão	<b>0,86</b>	0,13	0,75	0,25
Arroz	<b>0,71</b>	-0,16	0,53	0,47
Banana	0,10	<b>0,78</b>	0,62	0,38
Cana-de-açúcar	0,37	<b>0,71</b>	0,64	0,36
Feijão	<b>0,72</b>	-0,05	0,52	0,48
Mandioca	0,28	<b>0,40</b>	0,24	0,76
Milho	<b>0,78</b>	-0,27	0,67	0,33
Soja	<b>0,74</b>	-0,24	0,60	0,40
Sorgo	<b>0,82</b>	-0,04	0,67	0,33

Na Tabela 4 as comunalidades descrevem a quantidade de variância da variável agrícola em consideração explicada pelos dois fatores ( $F_1$ ,  $F_2$ ) do modelo fatorial. Os valores de comunalidades encontrados com exceção à mandioca, foram elevados em relação à unicidade (comunalidade > unicidade) indicando que os dois componentes fatoriais informam bem o interesse biológico apresentado pelas variáveis agrícolas. No caso da mandioca a parte da variabilidade atribuída às produções casuais expressas na variância específica (unicidade = 0,76) indica que esta variável tem comportamento produtivo muito heterogêneo e independente dos outros no conjunto de dados considerados. Na possibilidade de acrescentar mais um fator, provavelmente a variável agrícola mandioca ficaria responsável isolada por esse acréscimo.

Os coeficientes lineares do primeiro fator permitem caracterizar a função como uma componente produtiva agrícola das culturas de algodão, arroz, feijão, milho, soja e sorgo, expressando estas como as mais relevantes para a região Sudeste. O segundo fator caracteriza-se como um indicativo secundário de produção formado por culturas agrícolas não menos importantes que àquelas do fator um, mas cultivadas em menor escala, destacados pela banana, cana-de-açúcar e mandioca.

Complementando essas considerações tem-se que o primeiro fator que retém 42,22% da variância total explicada pelo modelo (Tabela 4), mostrou-se mais correlacionado com as culturas anuais, podendo ser denominado de “fator de culturas anuais”. Em relação ao segundo fator, que explicou 16,11%, pode-se denominar “fator de culturas semiperenes”.

Considerado para cada par de valores ( $F_1$ ,  $F_2$ ), onde  $F_1$  representa o valor do coeficiente da variável agrícola no primeiro fator e  $F_2$ , o valor no segundo fator, tem-se a seguinte representação bidimensional dos coeficientes dos fatores (Figura 27).

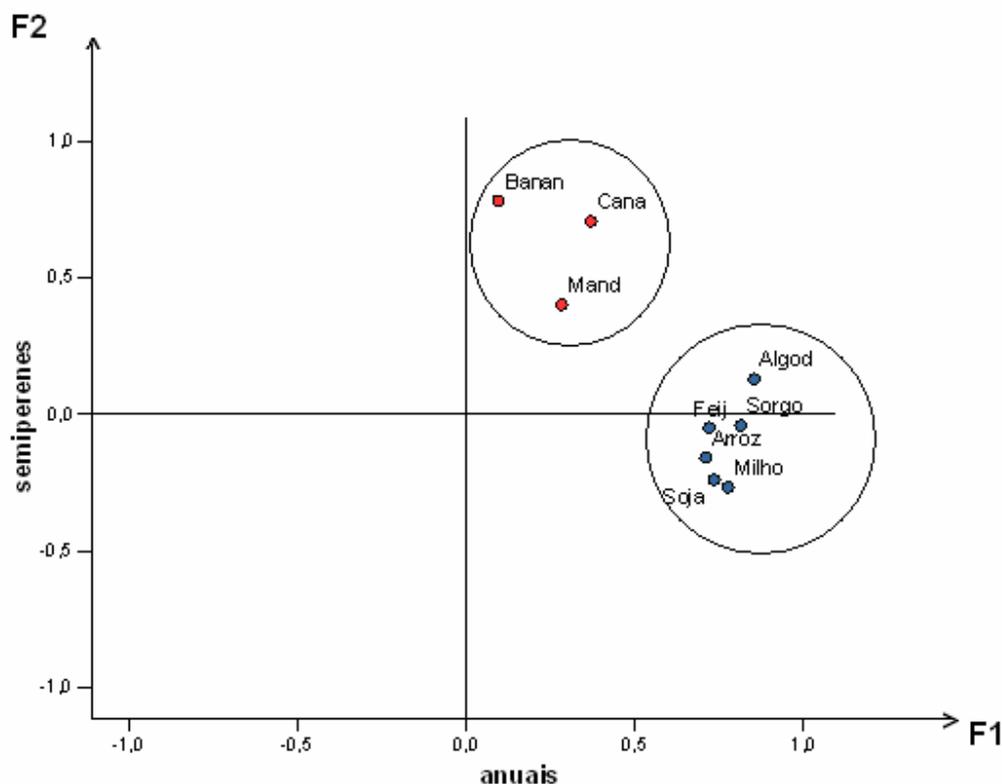


Figura 27. Gráfico dos coeficientes dos fatores

A disposição dos pontos no gráfico apresenta dois subconjuntos de pontos, um formado pelas culturas anuais (especificados no primeiro fator) e outro das culturas semiperenes (especificados no segundo fator).

#### 4.4. Análise de Correlação Canônica

O estudo inicial da associação entre os vetores climáticos e de produção agrícola foi realizado por meio da correlação canônica entre os conjuntos. As variáveis: temperatura, precipitação, evapotranspiração e umidade relativa do ar são designadas como o conjunto de variáveis climáticas  $X^{(1)}$  e as de produtividade das culturas: algodão, arroz, banana, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho, soja e sorgo são especificadas como o conjunto das variáveis agrícolas  $X^{(2)}$ , com o objetivo de estudar as

relações lineares entre os dois conjuntos de variáveis. A Tabela 5 apresenta os coeficientes de correlação canônica obtidos a partir da decomposição da matriz de correlação.

Tabela 5. Coeficientes de correlação canônica entre variáveis climáticas e agrícolas

Função canônica	Autovalor	Correlação canônica	Graus de Liberdade	Resultado do teste	Valor-p
$(U_1, V_1)$	0,4468	0,668	36	238,32	1,15E-31
$(U_2, V_2)$	0,3233	0,569	24	115,45	6,21E-14
$(U_3, V_3)$	0,1334	0,365	14	29,58	8,72E-03
$(U_4, V_4)$	0,0313	0,177	6	4,53	6,05E-01

Os resultados da Tabela 5 mostram as três primeiras funções canônicas estatisticamente significantes ( $p < 0,01$ ). A primeira e a segunda com correlação canônica de 0,67 e 0,57, respectivamente, indicam associação expressiva entre o conjunto das variáveis climáticas e o conjunto das variáveis agrícolas. A busca dos coeficientes canônicos (pesos canônicos) torna-se neste sentido bastante interessante, pois pode caracterizar informações biológicas altamente relevantes no estudo da importância das variáveis para o entendimento da associação (Tabela 6).

Tabela 6. Coeficientes canônicos correspondentes às três primeiras correlações

Conjunto	Variável	Variável Canônica			
		Primeira	Segunda	Terceira	Quarta
Climático	Temperatura	2,68	-1,45	-0,12	0,18
	Evapotranspiração	-1,83	2,17	0,52	-0,11
	Precipitação	-0,18	-0,23	0,79	0,55
	Umidade relativa	-0,57	0,01	-0,78	0,72
-----					
Agrícola	Algodão	0,23	0,38	-0,23	0,26
	Arroz	-0,03	0,87	-0,20	0,04
	Banana	-0,02	0,05	0,54	-0,13
	Cana-de-açúcar	0,24	0,20	0,29	-0,73
	Feijão	-0,17	-0,16	0,42	0,07
	Mandioca	-0,19	-0,02	-0,77	-0,51
	Milho	-0,11	-0,49	-0,02	-0,22
	Soja	0,86	-0,39	0,01	-0,22
	Sorgo	0,11	0,03	-0,08	0,64
Coeficiente de Correlação		0,67	0,57	0,37	0,18
Porcentagem Total Explicada (Conjunto Climático)		15,71	27,80	19,29	37,20
Porcentagem Total Explicada (Conjunto Agrícola)		25,90	11,08	10,61	11,28

Considerando a indicação convencionada para o vetor  $X^{(2)}$  constituído das variáveis agrícolas:  $X_1^{(2)} =$  algodão,  $X_2^{(2)} =$  arroz,  $X_3^{(2)} =$  banana,  $X_4^{(2)} =$  cana-de-açúcar,  $X_5^{(2)} =$  feijão,  $X_6^{(2)} =$  mandioca,  $X_7^{(2)} =$  milho,  $X_8^{(2)} =$  soja,  $X_9^{(2)} =$  sorgo e para o vetor  $X^{(1)}$  constituído das variáveis climáticas:  $X_{10}^{(1)} =$  temperatura,  $X_{11}^{(1)} =$  evapotranspiração,  $X_{12}^{(1)} =$  precipitação,  $X_{13}^{(1)} =$  umidade, tem-se para o primeiro par canônico ( $U_1, V_1$ ) as seguintes funções canônicas:

$$V_1 = 0,234 X_1^{(2)} - 0,031 X_2^{(2)} - 0,017 X_3^{(2)} + 0,243 X_4^{(2)} - 0,174 X_5^{(2)} - 0,195 X_6^{(2)} - 0,110 X_7^{(2)} + 0,865 X_8^{(2)} + 0,115 X_9^{(2)},$$

a função linear das produções agrícolas e

$$U_1 = 2,677 X_{10}^{(1)} - 1,826 X_{11}^{(1)} - 0,178 X_{12}^{(1)} - 0,575 X_{13}^{(1)},$$

a função linear das condições climáticas.

Considerando o primeiro par canônico, na Tabela 6, em relação à função  $U_1$  verifica-se o contraste entre a temperatura e o somatório dos outros três componentes climáticos. Quanto à função  $V_1$  tem-se a combinação das culturas algodão, cana-de-açúcar, soja e sorgo contrastando com arroz, banana, feijão, mandioca e milho.

A Tabela 7 apresenta as cargas canônicas e as cargas cruzadas relativas à primeira função canônica.

Tabela 7. Estrutura canônica para a primeira função canônica

Variável	Carga Canônica	Carga Cruzada
Temperatura	0,653	0,437
Evapotranspiração	0,419	0,280
Precipitação	-0,160	-0,107
Umidade	0,021	0,014
Algodão	0,659	0,441
Arroz	0,377	0,252
Banana	0,054	0,036
Cana-de-açúcar	0,377	0,252
Feijão	0,279	0,186
Mandioca	-0,029	-0,020
Milho	0,555	0,371
Soja	0,927	0,620
Sorgo	0,603	0,403

Os resultados mostram que no componente de produção agrícola, a maior contribuição ocorreu com a soja, e em seqüência com as culturas de algodão, sorgo e milho, assim como, no componente climático, ocorreu com a temperatura e evapotranspiração.

Considerando a variável canônica  $U_1$  como um indicador de desempenho climático da região e  $V_1$  como um indicador agrícola, foram calculados os desempenhos climático e agrícola para todas as microrregiões, cujos resultados são apresentados na tabela 8. A Figura 28 apresenta o diagrama de dispersão desses índices.

Tabela 8. Desempenhos climático e agrícola das microrregiões

Microrregiões	$U_1$	$V_1$
MR1	-0,758	0,031
MR2	-0,049	0,127
MR3	0,513	0,466
MR4	0,027	-0,008
MR5	0,294	-0,257
MR6	0,189	0,245
MR7	-0,251	-0,025
MR8	0,013	-0,523

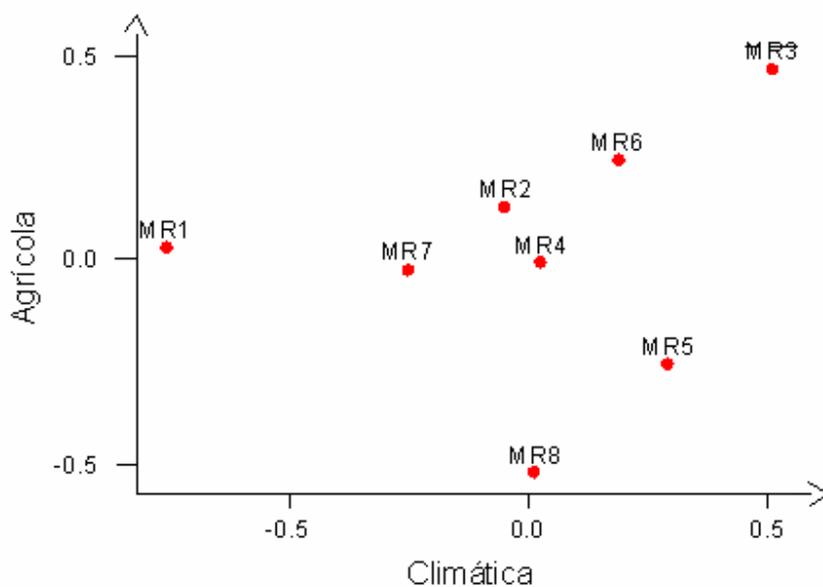


Figura 28. Distribuição dos coeficientes de desempenho agrícola e climático para as microrregiões.

Observou-se na Figura 28 que os desempenhos agrícola e climático nas microrregiões MR2 (Campo Verde), MR4 (Itiquira) e MR7 (Tesouro) estão apresentando respostas muito semelhante.

#### 4.5. Associação entre técnicas multivariadas

A incorporação da análise fatorial e da análise de agrupamento para avaliar a associação entre as variáveis climáticas e agrícolas foi realizada considerando o banco completo de dados para as três possibilidades: correlação canônica para o conjunto de todas as variáveis, correlação canônica envolvendo os dois fatores relacionados às variáveis de produtividade agrícola e as variáveis climáticas, e finalmente, correlação canônica envolvendo os agrupamentos das variáveis de produtividade agrícola com as variáveis climáticas. Os resultados da interrelação entre produtividade e climatologia, nas três possibilidades descritas, estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Associação entre técnicas multivariadas

<b>CORRELAÇÃO CANÔNICA PARA O CONJUNTO DE TODAS AS VARIÁVEIS</b>					
Função canônica	Autovalor	Correlação canônica	Graus de Liberdade	Resultado do teste	Valor-p
(U1,V1)	0,4468	0,668	36	238,32	1,15E-31
(U2,V2)	0,3233	0,569	24	115,45	6,21E-14
(U3,V3)	0,1334	0,365	14	29,58	8,72E-03
(U4,V4)	0,0313	0,177	6	4,53	6,05E-01
<b>CORRELAÇÃO CANÔNICA PARA OS FATORES AGRÍCOLA E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS</b>					
Função canônica	Autovalor	Correlação canônica	Graus de Liberdade	Resultado do teste	Valor-p
(U1,V1)	0,267	0,517	8	73,80	8,57E-13
(U2,V2)	0,062	0,249	3	12,57	5,66E-03
<b>CORRELAÇÃO CANÔNICA PARA AGRUPAMENTOS AGRÍCOLA E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS</b>					
Função canônica	Autovalor	Correlação canônica	Graus de Liberdade	Resultado do teste	Valor-p
(U1,V1)	0,327	0,572	16	159,17	1,20E-25
(U2,V2)	0,245	0,495	9	81,13	9,62E-14
(U3,V3)	0,104	0,323	4	25,88	3,34E-05
(U4,V4)	0,021	0,146	1	4,22	4,00E-02

Pela Tabela 9, considerando apenas a primeira função canônica verifica-se que a técnica de correlação canônica para o conjunto de todas as variáveis apresentou o melhor desempenho ( $p = 1,15E-31$ ), seguida da correlação canônica associada com a análise de agrupamento ( $p = 1,20E-25$ ) e por último, a associação com a análise fatorial ( $p = 8,57E-13$ ). Portanto, o fato de incorporar as técnicas análise fatorial ou análise de agrupamento no presente conjunto de dados não trouxe melhora para a acurácia encontrada na análise de correlação canônica considerando o conjunto de variáveis originais.

## 5. CONCLUSÕES

De forma geral os modelos propostos para estimar a temperatura e a umidade do ar apresentaram bom desempenho, com altos índices de correlação e de concordância, no caso da temperatura do ar acima de 80% e, acima de 90% para a umidade relativa do ar. Neste sentido, os procedimentos devem ser adotados para estimar ausência de informações quando as respostas envolverem variáveis climáticas ou estabelecer uma rede mais densa de estações meteorológicas para a obtenção de resultados mais precisos.

Na análise de agrupamento foi possível desenhar um mosaico de heterogeneidade espacial existente nessa região; diferentes culturas apresentaram perfis diferentes na composição dos grupos de microrregião, reunindo as mais tradicionais, ou mais produtivas, ou aquelas mais propícias ao desenvolvimento de determinada cultura.

Destacam-se pela análise de agrupamento que a temperatura média compensada do ar se mostrou mais elevada nas microrregiões de Rondonópolis e General Carneiro e mais baixa nas regiões de Alto Araguaia e Campo Verde, que a evapotranspiração e a umidade relativa do ar se mostraram correlacionadas com a temperatura média compensada do ar, onde temperaturas mais elevadas provocam maior evapotranspiração, e menor umidade. E que a precipitação se mostrou mais intensa nas microrregiões de General Carneiro, Torixoréu e Tesouro e menos na microrregião de Itiquira.

Nas variáveis agrícolas destacam-se as mais produtivas: algodão, no Alto Araguaia e Tesouro; arroz no Alto Araguaia; banana em Rondonópolis; cana-de-açúcar Rondonópolis e Poxoréo; feijão Campo Verde, Poxoréo e Tesouro; mandioca em Campo Verde, Poxoréo e Itiquira; milho na Alto Araguaia e Campo Verde; soja e sorgo praticamente em todas.

A análise fatorial estabeleceu dois níveis de produção agrícola: o primeiro referente às culturas que são viáveis tanto na produção quanto na adaptabilidade ao meio e o segundo referente àquelas que podem se tornar mais eficientes e interessantes.

Na análise de correlação canônica observou-se que as variáveis do grupo agrícola são relacionadas e confirmam a vocação agrícola da região Sudeste do estado do Mato Grosso. As variáveis climatológicas, temperatura e precipitação, fornecem importantes contribuições, e dessa forma são preditoras de resultados na implantação de culturas. No desenvolvimento de qualquer planejamento agrícola, para esta região, estas variáveis devem ser consideradas.

O fato de incorporar as técnicas análise fatorial ou análise de agrupamento no presente conjunto de dados não trouxe melhora para a acurácia encontrada na análise de correlação canônica considerando o conjunto de variáveis originais.

Os conhecimentos obtidos por meio de procedimentos multivariados na busca da interrelação produtividade agrícola e característica climatológica sobre a região, possibilitaram o fornecimento de informações sistematizadas que permitirão aos produtores rurais uma melhor tomada de decisão quanto à competitividade e a manutenção do fluxo de investimentos no setor agrário do sudeste matogrossense.

Para continuidade do trabalho, havendo maior quantidade de informações climatológicas, é importante conduzir estudos no sentido de relacionar a ocorrência e distribuição de veranicos<sup>4</sup> com a distribuição das variáveis climáticas. Isso poderá trazer mais informações na compreensão das relações existentes entre variações climáticas e conseqüências para a agricultura.

---

<sup>4</sup> Períodos de curta estiagem.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. N. A. **Fontes de crescimento e sistema produtivo da orizicultura no Mato Grosso**. 2004. 213 p. Dissertação (Mestrado em Economia)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ALVES, E. J. et al. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília,DF: EMBRAPA, SPI; Cruz das Almas: EMBRAPA, CNPMF, 1999. 585 p.

ANDERSON, T. W. **Introduction to multivariate statistical analysis**. 3rd ed. New York: Wiley, 2003. 258 p.

ARAÚJO, R. S. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 786 p.

ASSAD, M. L. L.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Chuvas extremas na região dos cerrados. In: ASSAD, E. D. **Chuva nos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1994. cap. 4, p. 49-54.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 332 p.

BARBIERI, R. L. et al. Divergência genética entre populações de cebola com base em marcadores morfológicos. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 35, n. 2, p. 303-308, mar./abr. 2005.

BARETTA, D. et al. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, nov. 2006.

BARROSO, L. P.; ARTES, R. Análise multivariada. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 10.; REUNIÃO ANUAL DA

REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 48., 2003, Lavras. **Minicursos...** Lavras: UFLA, 2003. 156 p.

BERTAN, I. et al. Variabilidade genética em trigo aferida por meio da distância genealógica e morfológica, **Scientia Agraria**, v.8, n.1, p.67-74, 2007.

BUSSAB, W. O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. Introdução à análise de agrupamentos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 9., 1990, São Paulo. **Minicursos...**São Paulo: ABE, 1990. 93 p.

CAMPOS, T.; CANÉCHIO FILHO, V. **Principais culturas**. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 410 p.

CARDOSO, R. D. L.; SCHEFFER-BASSO, S. M. E.; GRANDO, M. F. Divergência genética em um conjunto de acessos de gérbera e cravo-do-campo-catarinense. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 465-467, jul. 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decendial do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 6, p. 893-901, jun. 2006.

CARREIRAS, J. M. B. et al. Assessing the extent of agriculture/ pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using SPOT VEGETATION data. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 101, p. 283-298, 2006.

CASTRO, L. H. R. de; MOREIRA, A. M.; ASSAD, E. D. Definição e regionalização dos padrões pluviométricos dos cerrados brasileiros. In: ASSAD, E. D. **Chuva nos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1994. cap.1, p. 14-23.

CATTELL, R. B. The scree test for the number of factors. **Multivariate Behavioral Research**, Urbana, v. 1, n. 2, p. 245-276, 1966.

CAVALCANTE, M. et al. Divergência genética numa população f5 de melão, **Caatinga**, Mossoró, Brasil, v.21, n.4, p.140-146, out/dez. 2008.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG v.10, n.1, p.140–147, 2006.

CHIBANA, E. Y. et al. Estimativa de falhas em dados meteorológicos, In **anais V Congresso Brasileiro de Agroinformática**, SBI-AGRO, Londrina, 28 a 30 de setembro de 2005. Disponível em: <[http://www.sbiagro.org.br/pdf/v\\_congresso/trabalho41.pdf](http://www.sbiagro.org.br/pdf/v_congresso/trabalho41.pdf)>. Acesso em: 18 nov. 2007.

CLARO, D. P. et al. Uma utilização da análise multivariada, na identificação de fatores que afetaram a cultura de feijão em Minas Gerais período 1983/93. **Caderno Administração Rural**, Lavras, MG, v.10, n.1, jan./jun. 1998.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1981. 382 p.

COSTA, E.; LEAL, P. A. M.; CARMO JÚNIOR, R. R. Modelo de simulação da temperatura e umidade relativa do ar no interior de estufa plástica, **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.57-67, jan./abr. 2004

COSTA, M. N. et al. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 11, p. 1617-1622, nov. 2006.

DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; LORENSI, R. P. Simulação de precipitação com duração horária mediante o uso do modelo bartlett-lewis do pulso retangular modificado. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.1, p.13-18, jan-mar, 2007.

DELGADO, R. C. et al. Modelos para prognósticos da umidade relativa do ar em escala horária no município de Muriaé, MG: In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 1., 2007, Taubaté. **Eucalipto e o ciclo hidrológico: anais...** Taubaté, SP: IPABHi, 2007. p. 295-300.

FARIA, R. T. et al. CLIMA – Programa Computacional para Organização e Análise de Dados Meteorológicos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 372-387, maio/ago. 2003. Artigo técnico.

FIGUEIREDO, M. G. **Agricultura e estrutura produtiva do estado de Mato Grosso**: uma análise insumo-produto. 2003. 188 p. Dissertação (Mestrado em Ciências)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FREIRE, E. C.; FRANCISCO, J. C. F.; AGUIAR, P. H. Algodão de alta tecnologia no cerrado. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. (Eds.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. v.01, p.231-242.

GUARIENTI, E. M. et al. Avaliação do efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial e no rendimento de grãos de trigo pelo emprego de análise de componentes principais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 500-510, set./dez. 2003.

HAIR JUNIOR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 600 p.

HÄRDLE, W; SIMAR, L. **Applied multivariate statistical analysis**. Berlin: Springer-Verlag, 2003. 486 p.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 767 p.

JUNQUEIRA JUNIOR, J. A. et al. Precipitação provável para a região de Madre de Deus, alto rio grande: modelos de probabilidades e valores característicos. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 842-850, maio/jun., 2007.

KENDALL, M. G. Factor analysis. **Journal of the Royal Statistical Society**: Série B, London, v. 12, p. 60-94, 1950.

KHOURY JUNIOR, J. K. et al. Análise discriminante paramétrica para reconhecimento de defeitos em tábuas de eucalipto utilizando imagens digitais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 299-309, 2005.

KOGA, L. J. et al. Análise multivariada dos componentes da resistência à ferrugem-asiática em genótipos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.10, p.1277-1286, out. 2008.

KUVA, M.A. et al. Padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agroecossistema de cana-crua, **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 549-557, 2008.

MANLY, B. F. J. **Multivariate statistical methods: a primer**. 3rd ed. London: Chapman & Hall/CRC, 2004. 214 p.

MESSETTI, A. V. L.; PADOVANI, C. R. Utilização da análise de agrupamento no estudo da divergência genotípica de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 26-35, 2000.

MESSETTI, A. V. **Utilização de técnicas multivariadas na avaliação da divergência genética de populações de girassol**. 2007. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005. 297 p.

MORENO, M. R.; NASCIMENTO, M. T.; KURTZ, B. C. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na Mata Atlântica da encosta da região de Imbé, RJ. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 371-386, jul./set. 2003.

MORESCO, E. R. **Progresso genético no melhoramento do algodoeiro no estado de Mato Grosso**. 2003. 79 p. Tese (Doutorado em Agronomia)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. 6. ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1983. 376 p.

NANNI, M. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; FIORIO, P. R. Análise discriminante dos solos por meio da resposta espectral no nível terrestre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 10, p. 995-1006, 2004.

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Estimativa da umidade relativa das 13:00 h, com base nos dados das 9:00 h e das 15:00 h, para o estado do Paraná. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 35, n. 2, mai./ago. 2005.

OLIVEIRA, L. F. C.; ANTONINI, J. C. A.; GRIEBELER, N. P. Estimativas de chuvas intensas para o estado de Goiás. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.22-33, jan./mar. 2008.

PEZZOPANE, J. E. M. et al. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 151-158, 2004.

REIS, E. **Estatística multivariada aplicada**. 2. ed. Lisboa: Edições Silabo, 2001. 343 p.

RENCHER, A. C. **Methods of multivariate analysis**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2002. 708 p.

RODRIGUES, L. S. et al. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhorados de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v. 37, n. 9, p. 1275-1284, set. 2002.

ROESSING, A. C.; GUEDES, L. C. A. Aspectos econômicos do complexo soja: sua participação na economia brasileira e evolução na região do Brasil central. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA DE SOJA NOS CERRADOS, 1992, Uberaba, MG. **Anais**. Piracicaba: POTAFOS, 1992. p.1-104.

SCOLARI, D. G. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. Brasília: EMBRAPA - RORAIMA, 2006. Disponível em: <[http://www.cpafrf.embrapa.br/index.php/cpafrf/publica\\_es/documentos/](http://www.cpafrf.embrapa.br/index.php/cpafrf/publica_es/documentos/)>. Acesso em: 05 abr. 2007.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JUNIOR, J. C. F. Modelos para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no estado de Minas Gerais. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 6, n. 1, p. 57-61, 1998.

SENTELHAS, P. C., et al. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estações convencional e automática, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 215-221, 1997.

SIQUEIRA, E. M. **História de Mato Grosso**: da ancestralidade aos dias atuais. Cuiabá: Entrelinhas, 2002. 272 p.

SOBRAL, A. F.; WEBER, H. **Nutrição mineral da cana-de-açúcar (micronutrientes)**. In: ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: PLANALSUCAR, 1983. p. 103-122.

SOUZA-SOBRINHO, F. et al. Estimativas de repetibilidade para produção de matéria seca em alfafa. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 2, p. 531-537, mar./abr. 2004.

SUGAHARA, S. Uma experiência com modelo estatístico (Mos) para a previsão da temperatura mínima diária do ar. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 3-12, 2000.

TEIXEIRA, D. L.; SPEHAR, C. R.; SOUZA, L. A. C. Caracterização agronômica de amaranto para cultivo na entressafra no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 1, p. 45-51, jan. 2003.

TUBELIS, A. **Meteorologia descritiva**: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1980. 374 p.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara – SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.713-721, set./dez. 2005.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**: versão digital. Recife: INMET, 2005. 516 p.

ZANETTI, S.S.; OLIVEIRA, V. P. S.; PRUSKI, F. F. Validação do modelo ClimaBR em relação ao número de dias chuvosos e à precipitação total diária. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.96-102, jan./abr. 2006.

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1

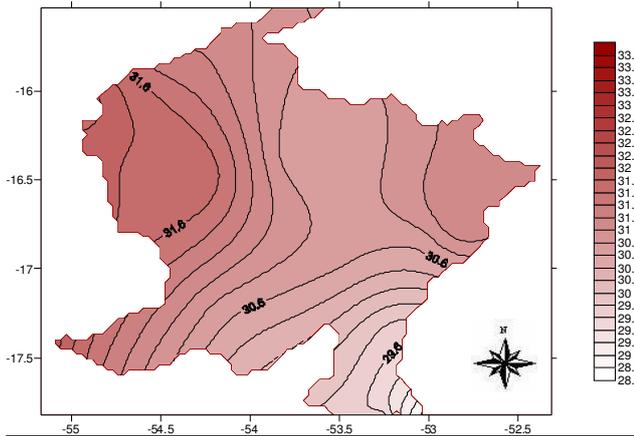


Figura 29. Espacialização da temperatura máxima média mensal (°C) para o mês de janeiro

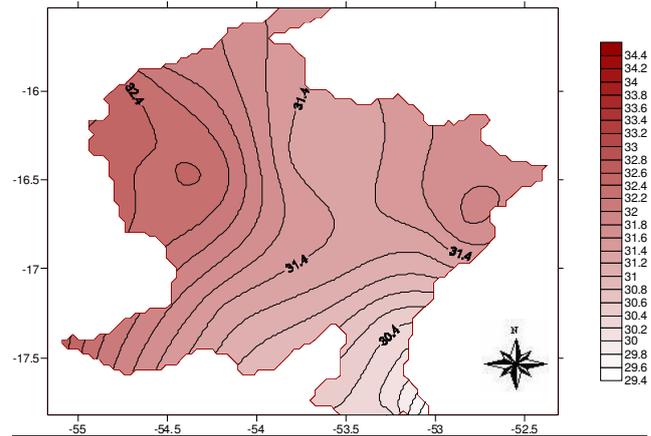


Figura 30. Espacialização da temperatura máxima média mensal (°C) para o mês de julho

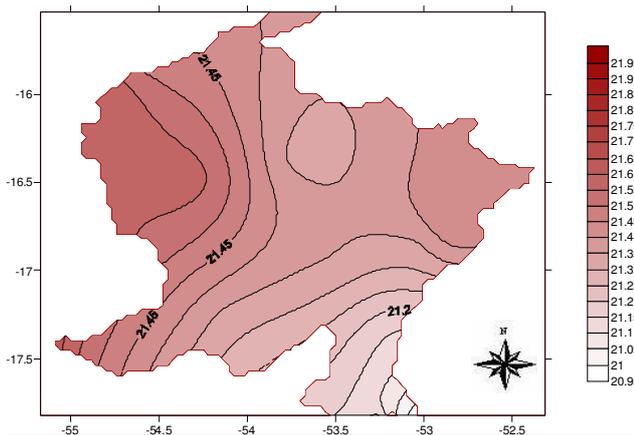


Figura 31. Espacialização da temperatura mínima média mensal (°C) para o mês de janeiro

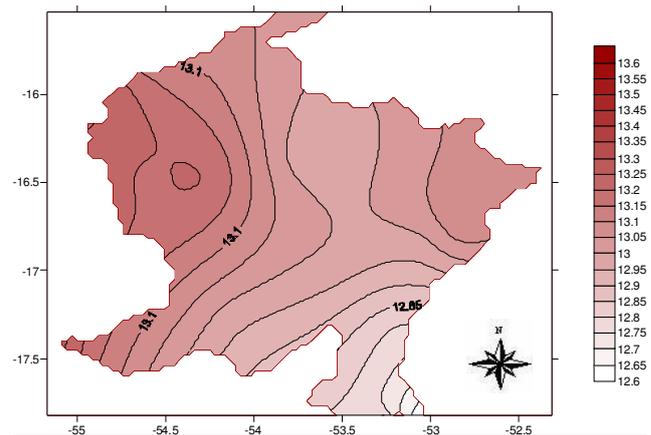


Figura 32. Espacialização da temperatura mínima média mensal (°C) para o mês de julho

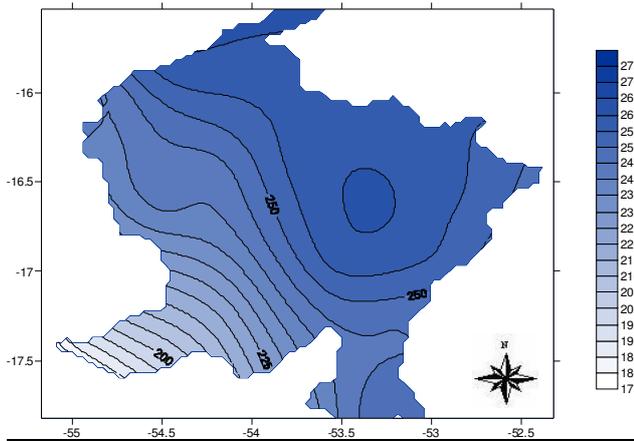


Figura 33. Espacialização da precipitação média mensal (mm) para o mês de janeiro

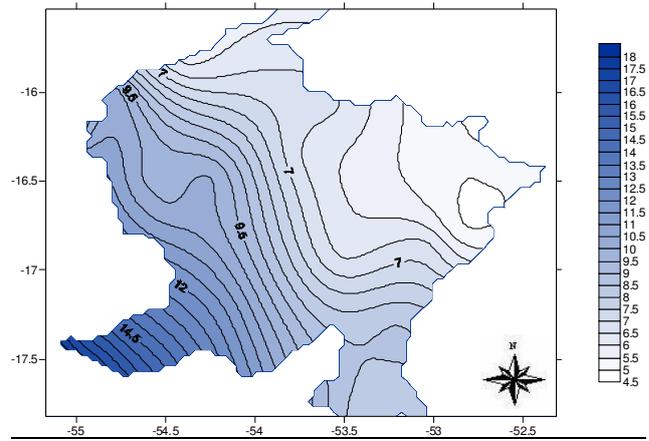


Figura 34. Espacialização da precipitação média mensal (mm) para o mês de julho

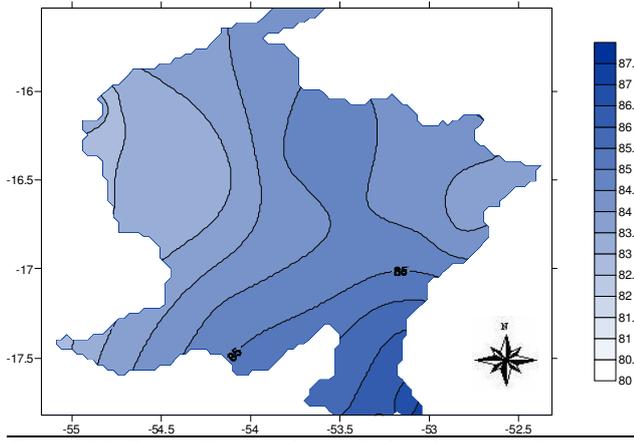


Figura 35. Espacialização da umidade relativa média mensal para o mês de janeiro

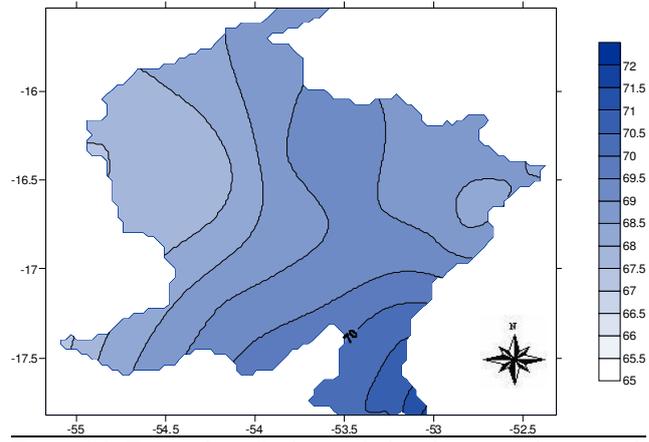


Figura 36. Espacialização da umidade relativa média mensal para o mês de julho

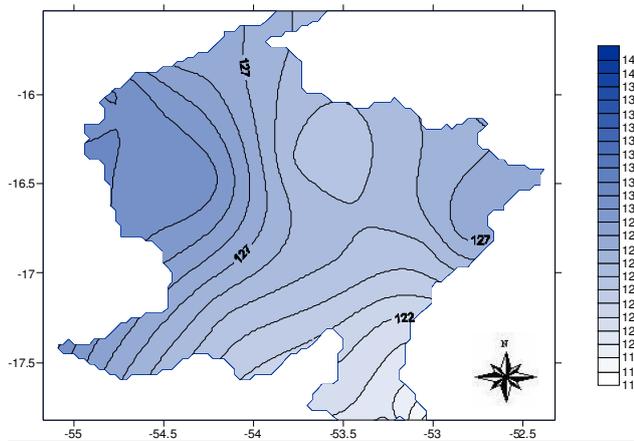


Figura 37. Espacialização da evapotranspiração média mensal (mm) para o mês de janeiro

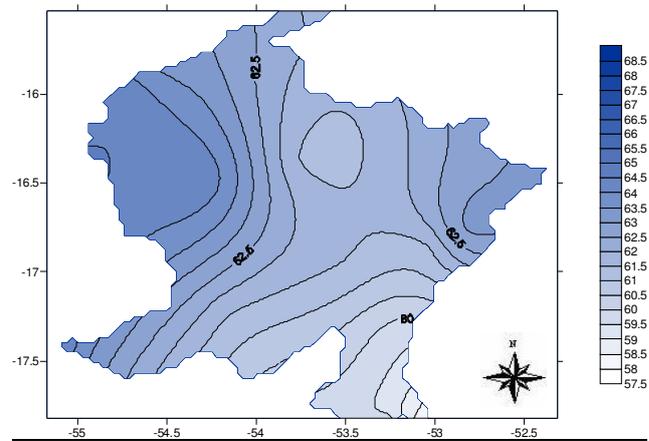


Figura 38. Espacialização da evapotranspiração média mensal (mm) para o mês de julho

## APÊNDICE 2

### Temperatura

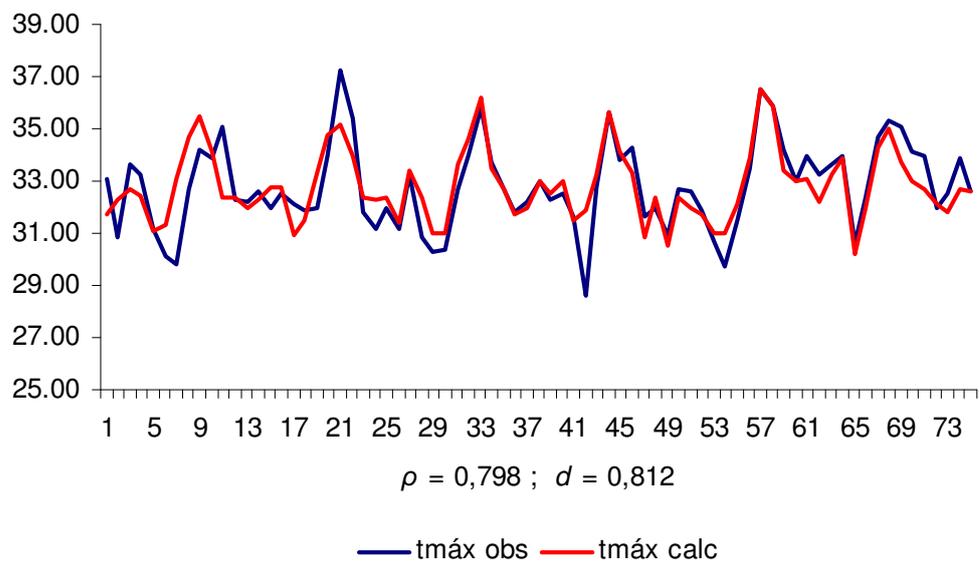


Figura 39. Temperatura máxima do ar para a estação meteorológica de Rondonópolis

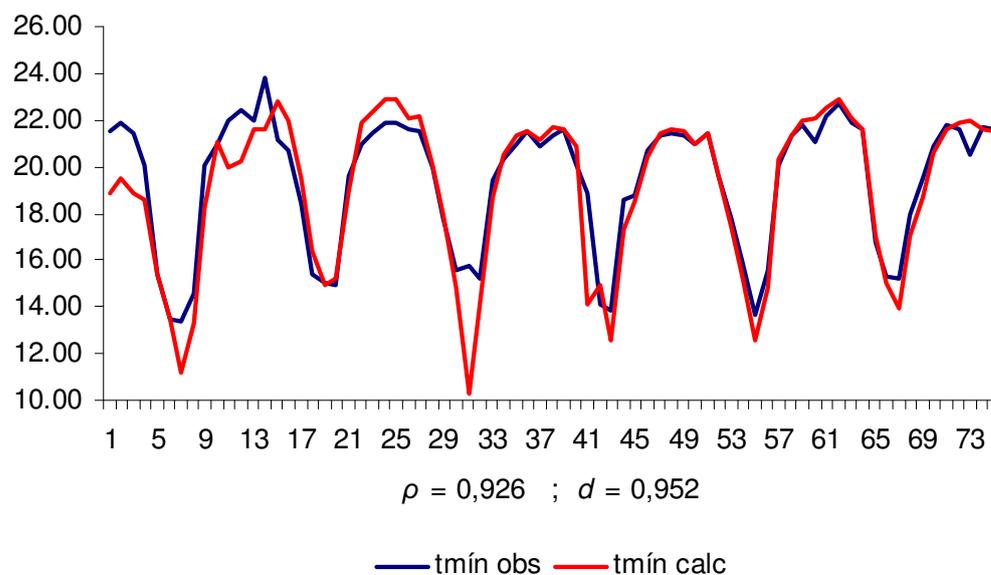


Figura 40. Temperatura mínima do ar para a estação meteorológica de Rondonópolis

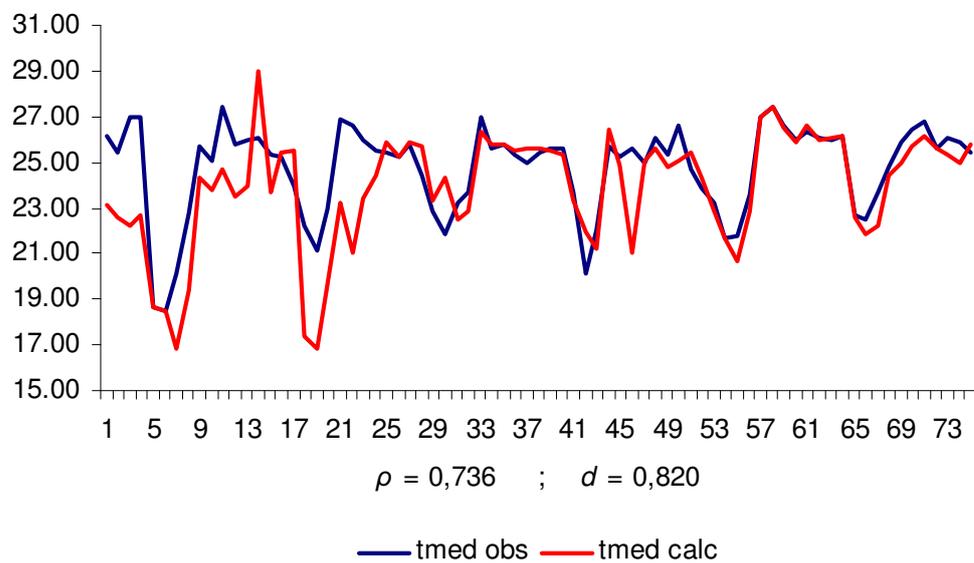


Figura 41. Temperatura média compensada do ar para a estação meteorológica de Rondonópolis

### Umidade relativa do ar

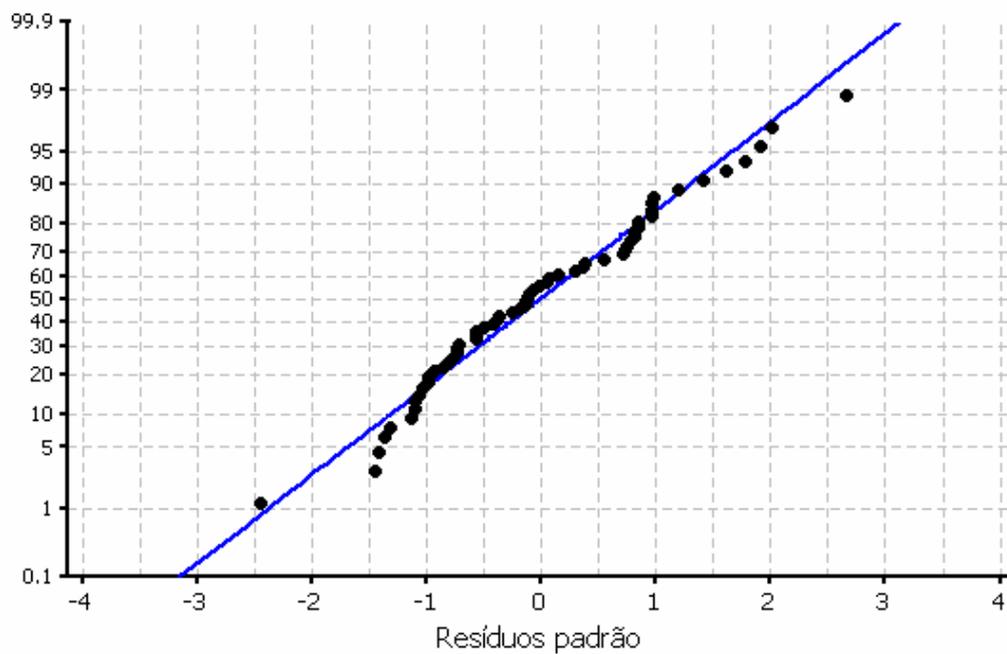


Figura 42. Gráfico de probabilidade normal dos resíduos

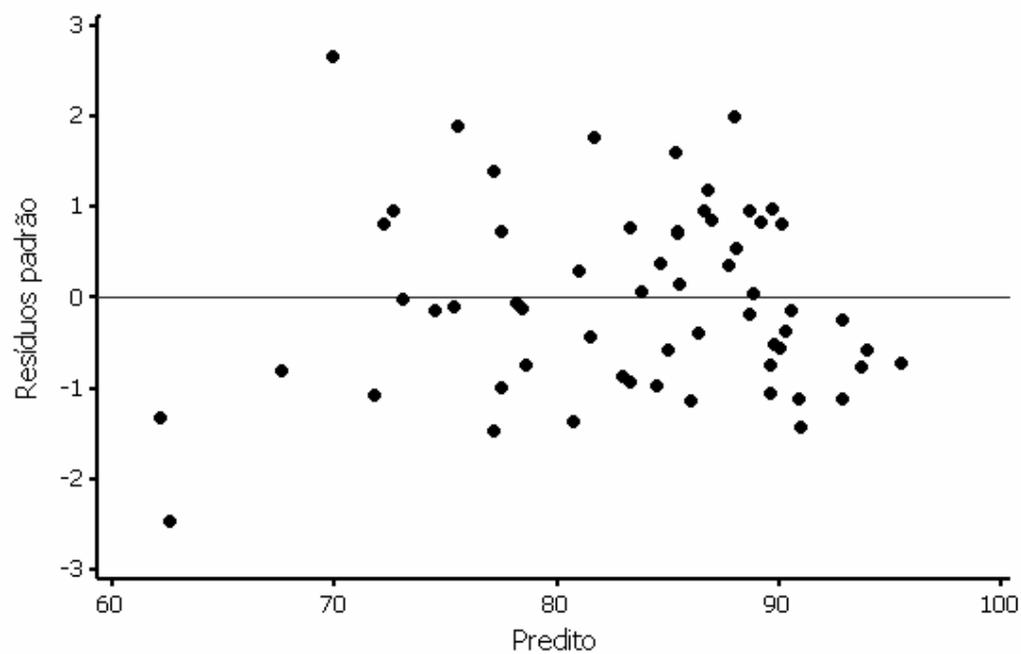


Figura 43. Dispersão dos resíduos padronizados *versus* valores preditos de umidade relativa do ar para a estação meteorológica de Rondonópolis

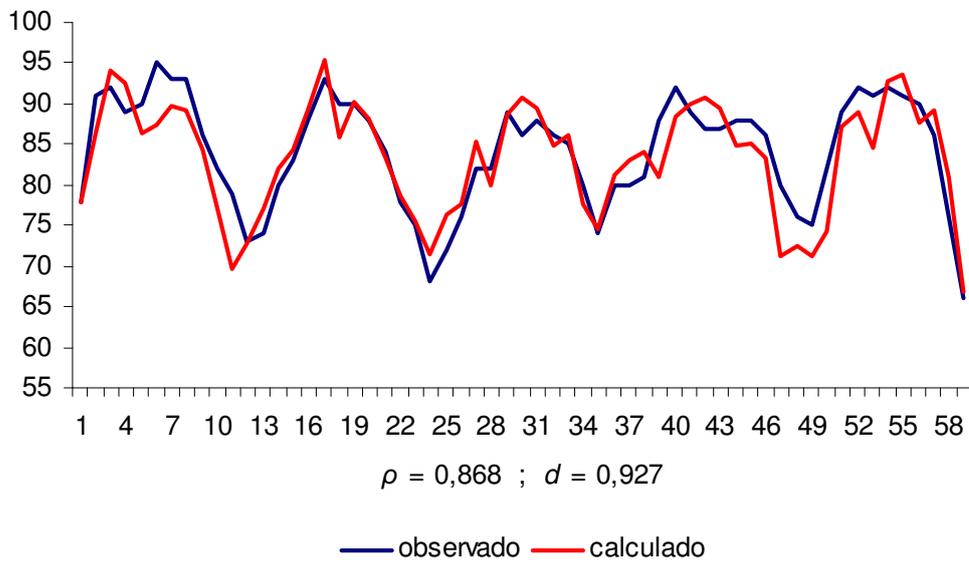


Figura 44. Umidade relativa do ar para a estação meteorológica de Poxoréo

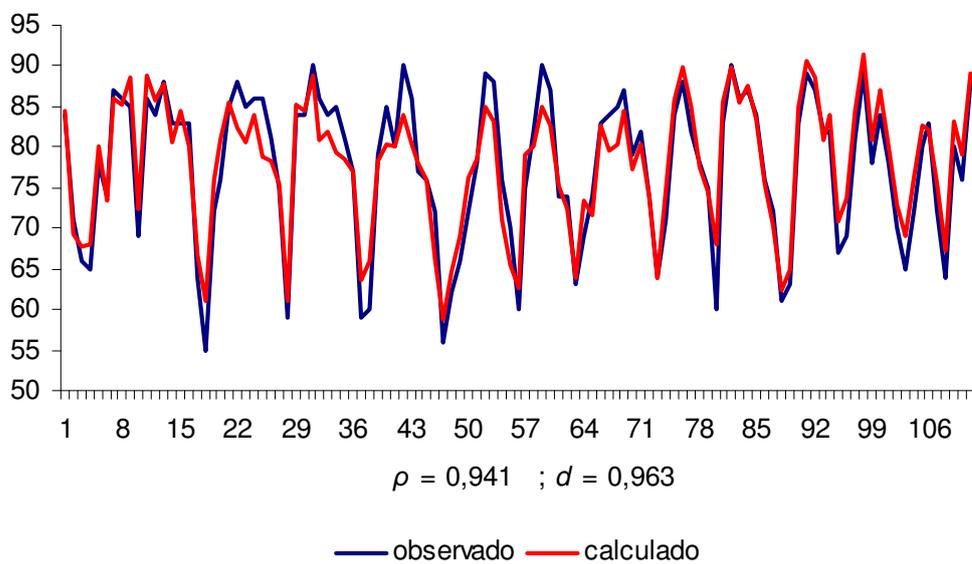


Figura 45. Umidade relativa do ar para a estação meteorológica de Rondonópolis