

Análise de agrupamento aplicado ao ciclo diário das variáveis meteorológicas nos biomas do estado de Mato Grosso

Patricia Simone Palhana Moreira¹, Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin², Rivanildo Dallacort², Ronaldo José Neves²

¹Mestra, Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT - Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sismemas de Produção Agrícola – Nível Mestrado, Tangará da Serra-MT

²Prof. Dr, Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT - Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sismemas de Produção Agrícola – Nível Mestrado, Tangará da Serra-MT

patriciapalhana@gmail.com, galvanin@gmail.com, rivanildo@unemat.br, rjneves@unemat.br

Resumo: O objetivo deste trabalho é analisar o ciclo diário de variáveis meteorológicas utilizando técnicas de estatística multivariada. Foi utilizado dados de cinco estações meteorológicas (bioma Amazônia, Pantanal, e três áreas de transição dos biomas Cerrado-Amazônia), estado de Mato Grosso. Foram calculadas médias horárias para as variáveis (temperatura, umidade e vento), para a precipitação pluviométrica foi realizado o somatório da quantidade de chuva em cada horário. As análises de agrupamento horário para cada variável foi realizada pelo método de ligação média com base na distância euclidiana. Os horários de ocorrência de menor e maior temperatura foram seis e quatorze horas, respectivamente. A umidade apresentou uma evolução contrária à temperatura. As chuvas apresentaram um ciclo diário semelhante em Tangará da Serra, Diamantino e Barra do Bugres. A velocidade do vento apresentou uma tendência de aumentar a partir das oito horas, atingindo valores máximos entre doze e quatorze horas. Os agrupamentos formados para a temperatura indicam que um grupo é formado pelas horas mais quentes do dia, e o outro grupo pelas horas de temperatura mais amena. Para a umidade um grupo é formado pelo período de maior umidade e o outro de menor umidade. Os grupos formados para a precipitação indicam um pequeno grupo com os horários mais chuvosos do dia. O vento apresentou um grupo composto pelas horas de maior velocidade e o outro de menor. Os agrupamentos ilustrados na forma de dendrograma apresentaram uma boa representação com base no coeficiente de correlação cofenética.

Palavras-chave: Análise multivariada, ciclo diurno, dendrograma.

Cluster analysis applied to the daily cycle of meteorological variables in biomes of Mato Grosso State

Abstract: The aim of this work was to assess the daily cycle of meteorological variables using multivariate statistical techniques. Data from five weather stations were used (Amazon biome, Pantanal biome and three in Cerrado-Amazon biome transition areas) in Mato Grosso State. Hourly averages were calculated for the variables temperature, humidity and wind; and for precipitation, data was given by the rainfall sum in each hour. The hourly cluster analysis for each variable was performed through the average connection method based on the Euclidean distance. The horary occurrence of lower and higher temperature were 06h00 and 14h00, respectively. Moisture presented an evolution contrary to the temperature. The rainfall

had similar daily cycle in Tangara da Serra, Diamantino and Barra do Bugres. The wind speed tended to increase from 08h00, reaching peak values between 12h00 and 14h00. The temperature grouping indicated a group formed from the hottest hours of the day, and another from the hours with milder temperatures; for moisture, a group was formed from the higher humidity period and another from the lower. The precipitation grouping indicated a small group formed from the wettest times of the day. The wind presented a group composed of higher speed hours and other of the lower. The clusters formed were presented in dendrograms showing a good representation based on the cophenetic correlation coefficient. Hourly clustering were considered satisfactory for most evaluated variables.

Keywords: Multivariate analysis, diurnal cycle, dendrogram.

Introdução

As variáveis meteorológicas estão entre os fatores que mais influenciam as atividades agrícolas. Para a agricultura, que é uma das principais atividades econômicas do país, o conhecimento sobre o comportamento das condições de tempo é de extrema importância, pois as condições de tempo ainda causam muitos prejuízos, uma vez que os fatores adversos são difíceis de serem previstos (AYOADE, 2004; PEREIRA et al. 2002).

Sabe-se que as variáveis meteorológicas passam por um ciclo diário, que se deve ao movimento de rotação da Terra. Neste sentido, no âmbito das atividades agrícolas o regime diurno das variáveis meteorológicas é especialmente importante para o planejamento para aplicação de defensivos agrícolas, pois estes somente podem ser aplicados com condições ambientais adequadas. A temperatura do ar apresenta um ciclo diário relacionado com a radiação solar, que aquece o solo e conseqüentemente o ar, geralmente a temperatura mais alta ocorre entre 14 e 15 horas, e a mais baixa antes do sol nascer (VIANELLO e ALVES, 2000, PEREIRA et al. 2002). A umidade relativa geralmente apresenta um comportamento inverso ao da temperatura no ciclo do dia, desde que o ar não esteja saturado com vapor de água (AYOADE 2004; PEREIRA et al. 2002).

Em relação à chuva, Ayoade (2004) destaca que os regimes diurnos são bastante regulares em regiões tropicais, todavia seu estudo é muitas vezes limitado, devido a carência de dados na maioria das regiões, pois para analisar do ciclo diário são necessários dados horários.

As técnicas de estatística multivariada podem ser aplicadas em diferentes situações. Dentre as ferramentas da estatística multivariada, a análise de agrupamento é uma das técnicas mais utilizadas. Segundo Linden (2009) as análises de agrupamento são procedimentos formados por um conjunto de técnicas computacionais, com objetivo de separar objetos diferentes e unir objetos semelhantes, formando dessa forma grupos distintos.

De modo que, os grupos formados por um agrupamento de qualidade devem apresentar alta homogeneidade interna e heterogeneidade externa, ou seja, os objetos similares devem formar um grupo que seja bastante distinto dos objetos do outro grupo.

A análise de agrupamentos tem sido bastante utilizadas na análise de dados meteorológicos, porém para identificação de regiões homogêneas (SOUZA et al. 2012; DOURADO et al. 2013; FREITAS et al. 2013). Ainda pouco utilizada para avaliação do ciclo diário dessas variáveis, todavia, Linden (2009) afirma que as análises de agrupamento são ferramentas que podem ser utilizadas em diversas situações.

Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar o ciclo diário de variáveis meteorológicas utilizando técnicas de estatística multivariada em áreas dos biomas Amazônia, Pantanal e transição Cerrado-Amazônia no estado de Mato Grosso.

Material e Métodos

Áreas de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido utilizando o banco de dados meteorológicos disponibilizados pelo Laboratório de Agrometeorologia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), *Campus* de Tangará da Serra. Os dados foram coletados nos municípios de Alta Floresta, Diamantino, Tangará da Serra, Barra do Bugres e Cáceres, estado de Mato Grosso (Figura 1).

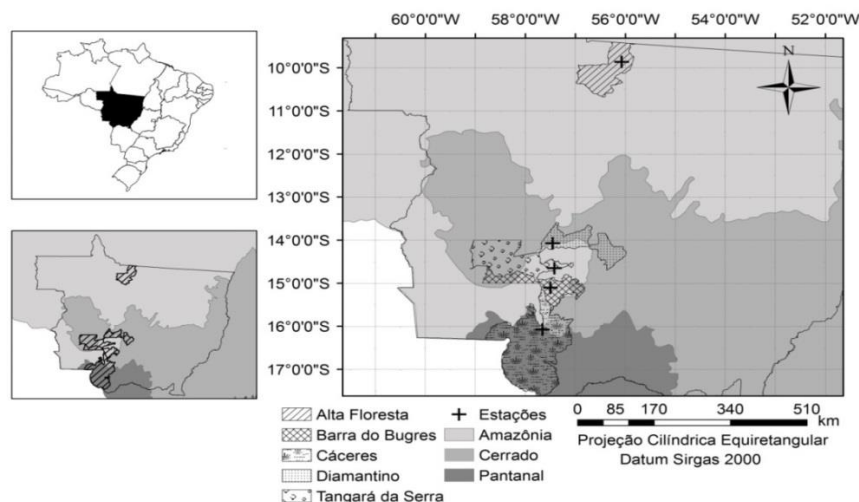


Figura 1. Localização das áreas de estudo, municípios de Alta Floresta, Diamantino, Barra do Bugres, Tangará da Serra e Cáceres e biomas no estado de Mato Grosso.

Dados Meteorológicos

Foram utilizados dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e vento. Os dados correspondem ao período de janeiro a dezembro de 2013, com exceção dos dados de temperatura e umidade relativa de Tangará da Serra, que foi do período de janeiro a outubro de 2013, devido a falhas no equipamento.

Análise de Agrupamento

Para a análise de agrupamento foi utilizado os valores das médias horárias de temperatura, umidade e vento. Para os dados de precipitação foi utilizado o somatório dos totais de precipitação em cada horário do dia.

Os agrupamentos foram realizados pelo método de dissimilaridade baseado na distância euclidiana, que é a medida de distância mais utilizada (VICINI e SOUZA, 2005; METZ 2006). Foi utilizado o método de ligação, em que a distância de dois grupos é definida como a média da distância entre todos os pares de objetos. Ainda conforme Vicini e Souza (2005) o método da ligação média é usualmente preferível em virtude de sua insensibilidade aos valores extremos.

A consistência do padrão de agrupamento foi verificada por meio do coeficiente de correlação cofenética calculado entre os valores de similaridade da matriz original e da matriz resultante da simplificação do dendrograma, e quanto maior for o valor menor será a distorção provocada pelos agrupamentos dos dados (VICINI e SOUZA, 2005; KOPP et al. 2007).

Os agrupamentos foram representados em dendrogramas, e para as análises foram considerados 2 grupos. As análises de agrupamento foram calculadas com auxílio do software computacional Action 2.8 (ESTATCAMP, 2014) e o coeficiente de correlação cofenética com auxílio do software PAST 3.04 (HAMMER et al. 2001).

Resultados e Discussão

A evolução da temperatura do ciclo diário apresentou um padrão com temperatura mais baixa no começo da manhã, às 6 horas e mais alta as 14 horas. Observa-se na Figura 2, que após as 6 horas a temperatura começa a aumentar gradativamente até atingir seu valor máximo as 14 horas, momento a partir do qual volta a cair, com valores mais baixos durante a madrugada.

O processo de evolução da temperatura do ar apresentado na Figura 2 é considerando um comportamento clássico. Pois o ar é aquecido pelo solo, que por sua vez é aquecido pela disponibilidade de energia solar, a partir do nascer do sol o solo vai ganhando energia e aquecendo o ar, atingindo valores máximos ocorrem cerca de 2 ou 3 horas após a culminação

sol. Após este momento o solo começa a perder energia, resfriando-se, e conseqüentemente também resfriando o ar, que atinge valores mínimos pouco antes do sol nascer (OMETTO, 1981 PEREIRA et al. 2002; VAREJÃO-SILVA 2006).

A análise do ciclo diário da temperatura é de grande importância para o desenvolvimento das plantas, pois tanto as temperaturas que ocorrem durante o dia, quanto as que ocorrem durante a noite são importantes (PEREIRA et al. 2002). Para a agricultura o estudo do ciclo diário da temperatura do ar é importante para a aplicação de produtos fitossanitários, pois estes produtos devem ser aplicados com temperatura mais baixa, pois as aplicações não devem ser realizadas com temperaturas muito altas para que não ocorra evaporação do produto (ANTUNISSI 2005).

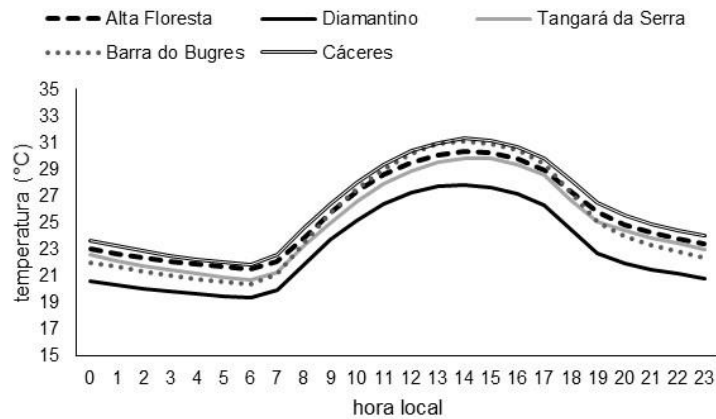


Figura 2. Ciclo diário da temperatura do ar em 2013.

As análises de agrupamento demonstraram que os dois grupos formados, apresentam as horas mais frias do dia no grupo 1 e as horas mais quentes do dia no grupo 2 (Figura 3). O grupo de horas mais quentes do dia foi composto pelos intervalos de 9 a 19 horas em Alta Floresta, 9 a 18 horas em Diamantino, 10 a 18 horas em Tangará da Serra e Barra do Bugres, e 9 a 20 horas em Cáceres. Os grupos formados pelo período de horas com temperatura mais amenas foram compostos pelos intervalos (0 a 8 e 20 a 23 horas) em Alta Floresta; (0 a 8 e 19 a 23) em Diamantino; (0 a 9 e 19 a 23 horas) em Tangará e Barra do Bugres; e (0 a 8 e a 21 a 23 horas) em Cáceres.

O grupo formado pelas horas mais amenas foi maior do que o grupo das horas mais quentes, com exceção de Cáceres que os dois grupos tiveram a mesma quantidade de horas (Figura 3).

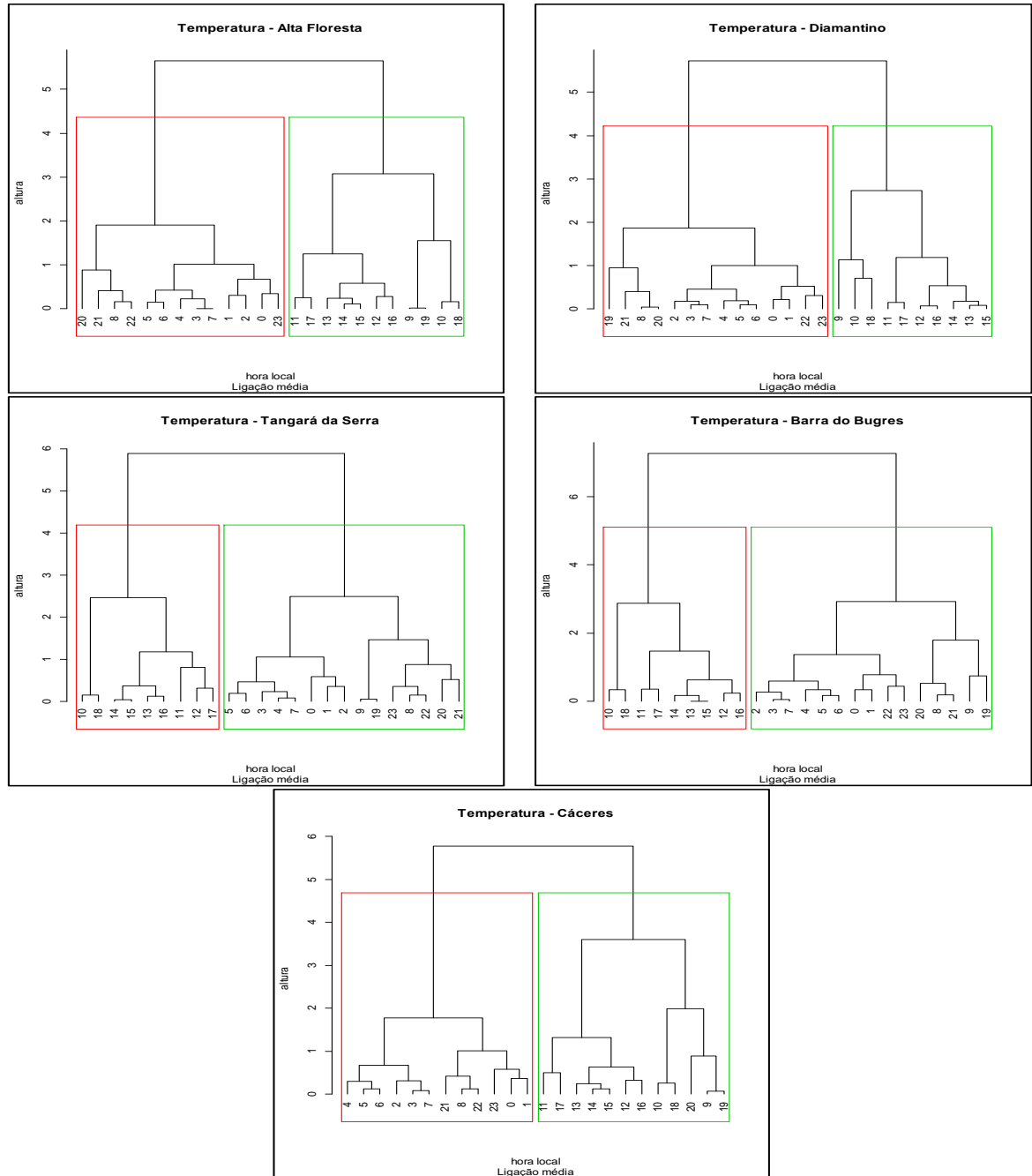


Figura 3. Análise de agrupamento para os dados horários de temperatura do ar, em Alta Floresta, Diamantino, Tangará da Serra, Barra do Bugres e Cáceres do ano de 2013.

A umidade relativa do ar apresentou valores mais altos durante a madrugada e mais baixos durante a tarde. Os valores máximos ocorreram às seis horas, e a partir deste horário a umidade do ar começa a baixar, atingindo valores mínimos por volta das quatorze horas. A partir deste horário a umidade do ar volta a subir (Figura 4).

A umidade do ar segue um comportamento inverso ao da temperatura. Segundo Pereira et al. (2002) e Costa et al. (2004) a temperatura e umidade são variáveis inversas, conforme a temperatura aumenta devido a disponibilidade energética a umidade diminui em

função do aquecimento, pois a temperatura aumenta o potencial de evaporação. A evolução da temperatura e umidade no ciclo diário é essencial para as atividades de aplicação de defensivos agrícolas, pois deve-se observar os horários de maiores temperaturas e baixa umidade para que não ocorra a evaporação dos produtos (ANDEF, 2004).

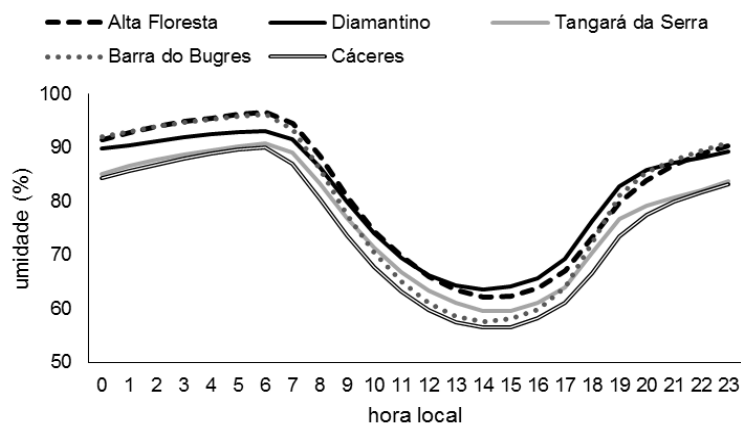


Figura 4. Ciclo diário da umidade relativa do ar em 2013.

Os grupos formados para a umidade do ar indicam um grupo formado pelas horas em que a umidade é mais alta e outro grupo pelas horas de umidade do ar mais baixa. Em Alta Floresta os dois grupos foram compostos por 12 horas cada, os horários de umidade mais alta (0 a 8 e 21 a 23 horas), e mais baixa (9 a 20 horas). Em Diamantino o grupo formado pelas horas de umidade mais baixa foi menor (11 a 17 horas) em relação ao grupo com maior umidade (0 a 10 e 18 a 23 horas). Os grupos formados em Tangará da Serra foram compostos pelo intervalo (10 a 18 horas) menor umidade do ar, e (0 a 9 e 19 a 23) período com umidade mais alta. Em Barra do Bugres o grupo de horas com menor umidade foi de 9 a 19 horas, e grupo de maior umidade foi de (0 a 8 e 20 a 23 horas). Em Cáceres os grupos para o período mais seco e mais úmido do dia, foram respectivamente os intervalos (9 a 20 horas) e (0 a 8 e 21 a 23 horas) (Figura 5).

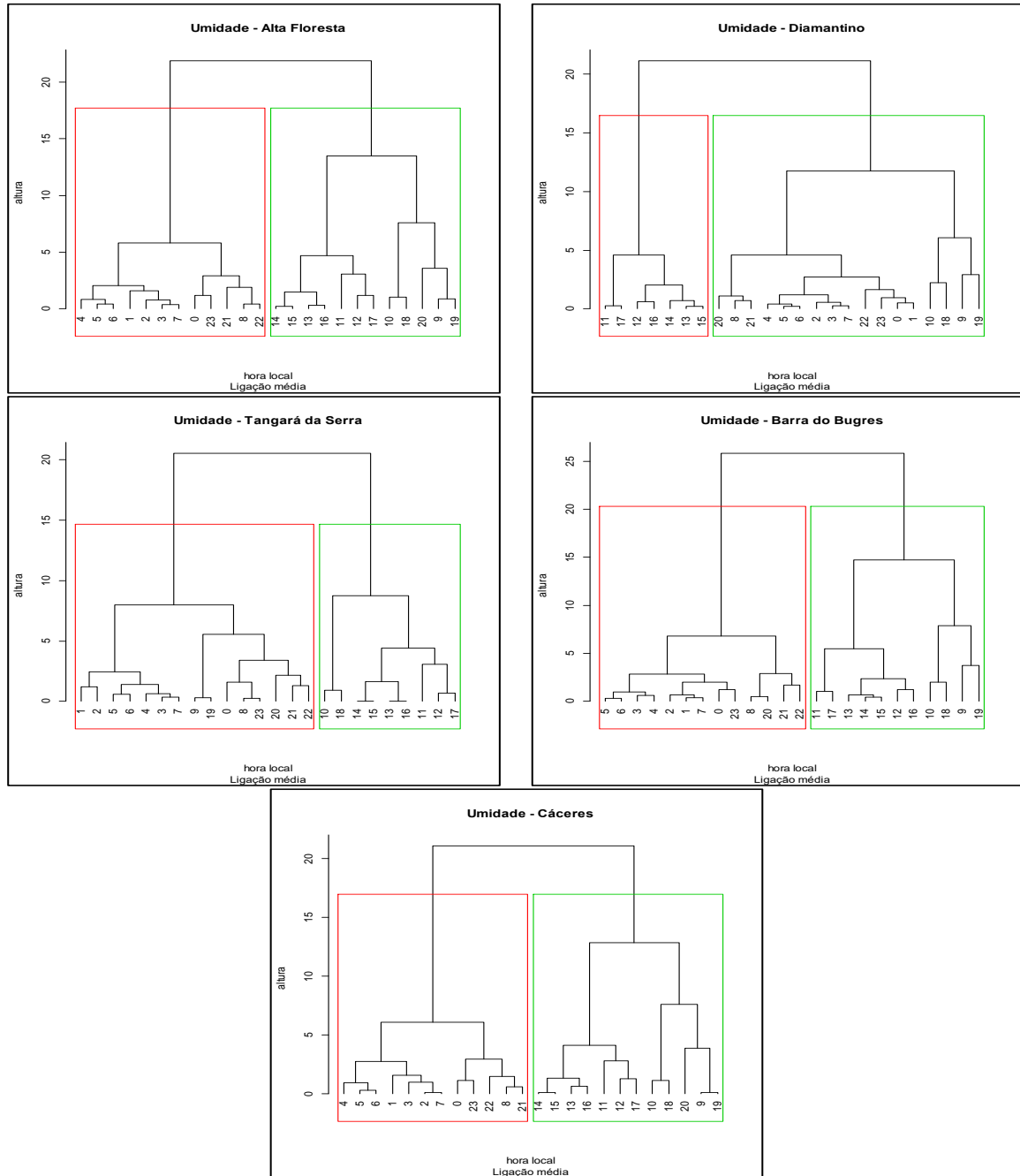


Figura 5. Análise de agrupamento (ligação média) para os dados horários de umidade relativa do ar, em Alta Floresta, Diamantino, Tangará da Serra, Barra do Bugres e Cáceres em 2013.

O ciclo diurno das chuvas demonstrou que em Alta Floresta ocorreram picos durante a madrugada (1 e 4 horas), a tarde (15 as 17 horas) e a noite (20 horas). Em Diamantino, Tangará da Serra e Barra do Bugres os picos ocorreram com maior frequência durante a tarde e começo da noite. Em Cáceres as chuvas picos durante a manhã (6 horas) e tarde (15 horas) e começo da noite (18 horas) (Figura 6).

O conhecimento sobre o ciclo diurno das chuvas é especialmente importante para a agricultura, pois as chuvas que ocorrem durante o dia, estão fortemente sujeitas a grandes

perdas por evaporação (AYOADE, 2004). Para Yang & Smith (2006) a precipitação sobre o continente ocorre principalmente a partir da metade para o final da tarde, sendo que na região central da América do sul os picos máximos de precipitação pluviométrica ocorrem entre o intervalo de 18 a 21 horas, com picos secundários ocorrendo entre 6 e 9 horas.

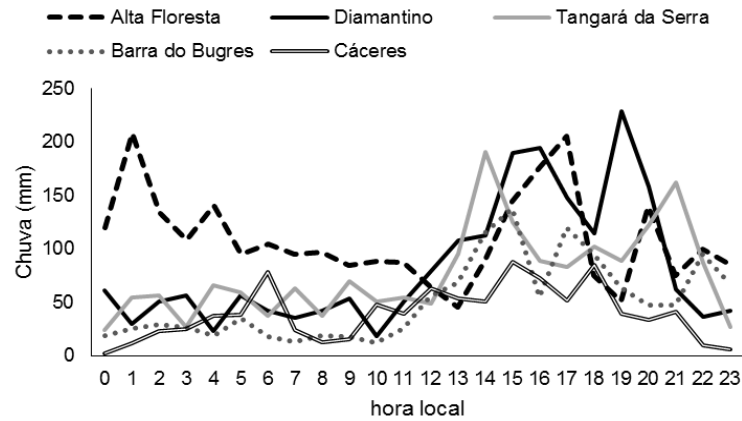


Figura 6. Ciclo diurno da precipitação pluviométrica em 2013.

Por meio dos agrupamentos apresentados na Figura 7, verifica-se em todos os locais um grupo menor, em que foram agrupadas as horas do dia que apresentaram maiores volumes de chuva, e o grupo maior que apresentam as horas com menores ocorrências de chuvas. Em Alta Floresta o grupo mais chuvoso foi composto pelo período de (1, 16 e 17 horas); Diamantino (15, 16 e 19 horas); Tangará da Serra (14 e 21 horas); Barra do Bugres (14, 15, 17, 18 e 22 horas) e Cáceres (6, 15, 16 e 18 horas). Já o grupo maior foi composto pelas horas menos chuvosa do dia (Figura 7).

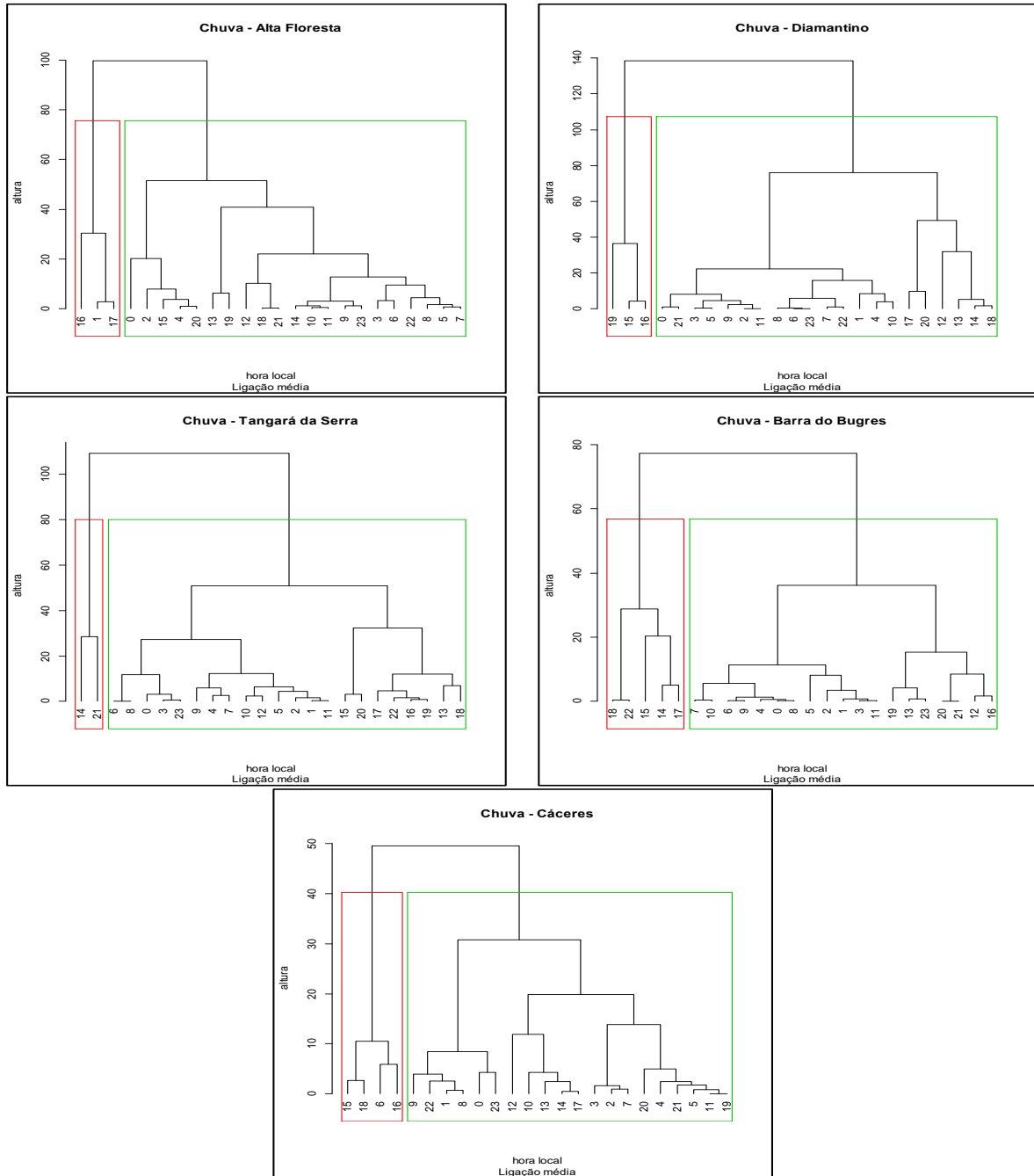


Figura 7. Análise de agrupamento (ligação média) para os dados horários de precipitação pluviométrica em Alta Floresta, Diamantino, Tangará da Serra, Barra do Bugres e Cáceres em 2013.

No que se refere a evolução da velocidade do vento, observa-se na Figura 8 para os três locais analisados que a partir das 8 horas a velocidade do vento começa a aumentar gradativamente. Em Alta Floresta e Tangará da Serra os valores máximos ocorreram ao meio dia e, em Cáceres às 14 horas. Momento a partir do qual a velocidade do vento começa a cair, atingindo valores mais baixos durante a madrugada, com valores mínimos às 6 horas da manhã nos três locais analisados (Figura 8).

O conhecimento sobre a evolução da velocidade do vento no ciclo diário pode contribuir para aplicações de defensivos agrícolas, pois estes só devem ser aplicados com condições ambientais adequadas, pois os produtos não devem ser aplicados com ventos muito fortes, tampouco na ausência de ventos (ANTUNIASSI, 2005). Os valores de velocidade do vento recomendados são entre 0,88 a 1,50 m.s⁻¹, pois ventos muito calmos podem impedir que o produto atinja o alvo, e ventos muito fortes podem transportar o produto para longe do alvo de ação (SHIRATSUCHI e FONTES, 2002).

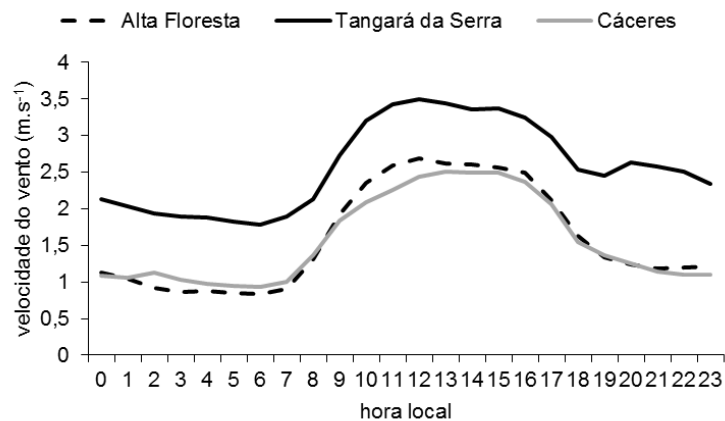


Figura 8. Ciclo diário da velocidade do vento em Alta Floresta, Tangará da Serra e Cáceres, 2013.

Através da análise dos dendrogramas apresentados na Figura 9, é possível evidenciar dois grupos. O grupo que apresenta o maior número de elementos é composto pelos agrupamentos das horas do dia em que a velocidade do vento é mais baixa. Já o grupo menor representa o período do dia em que a velocidade do vento é mais alta (10 a 17 horas) em Alta Floresta; (9 a 17 horas) em Tangará da Serra e Cáceres.

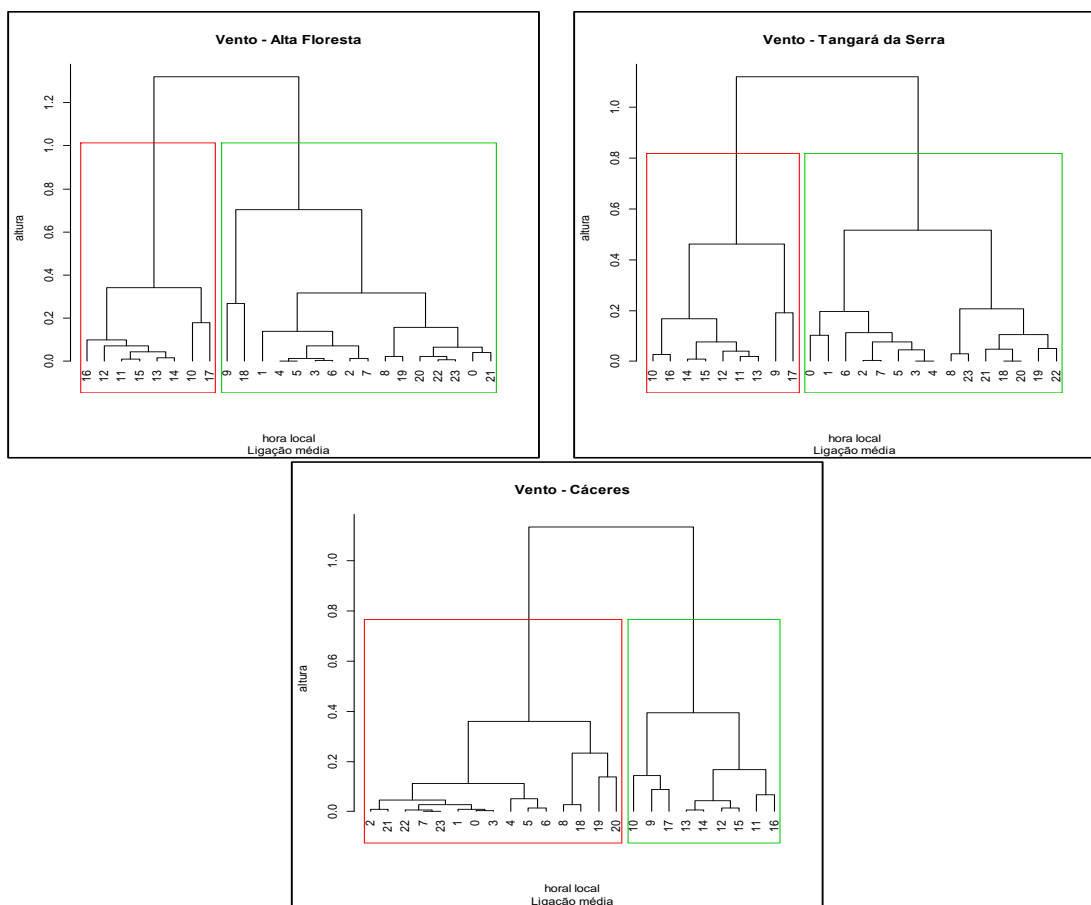


Figura 9. Análise de agrupamento (ligação média) para os dados horários de velocidade do vento, em Alta Floresta, Tangará da Serra e Cáceres, 2013.

As análises de agrupamento vêm sendo muito utilizada para identificar padrões de comportamento em dados de observações (ALENCAR et al. 2013). Segundo Linden (2009) e Metz (2006) os objetos de um mesmo grupo formado a partir de técnicas de agrupamentos devem apresentar alta similaridade, e ser altamente diferentes de objetos de outros grupos, ou seja, os grupos formados devem ter alta homogeneidade interna, e baixa homogeneidade externa.

A representação dos agrupamentos na forma de dendrograma é uma das mais utilizadas. Segundo Alencar (2009) o dendrograma constitui-se em uma representação gráfica extremamente útil para representação dos agrupamentos. Porém, Albuquerque (2005) ressalta que as análises de agrupamento com construção de dendrograma são de difícil interpretação dos resultados, o que se deve ao fato de não existir um critério objetivo para identificar os grupos formados.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores do coeficiente de correlação cofenética. Para a temperatura o coeficiente de correlação cofenética variou de 0,79 em Cáceres a 0,87 em Diamantino e Tangará da Serra. Os agrupamentos formados para a umidade apresentaram

valores do coeficiente de correlação cofenética que variaram de 0,80 em Cáceres a 0,88 em Diamantino. Para o vento os valores foram de 0,82 a 0,91, para os agrupamentos de Tangará da Serra e Cáceres, respectivamente. Os agrupamentos da precipitação pluviométrica apresentaram valores do coeficiente de correlação cofenética que variaram de 0,79 em Cáceres a 0,97 em Alta Floresta.

Através do método de ligação média, os agrupamentos que apresentaram as melhores representações na forma de dendrograma foram para o vento em Alta Floresta (0,91) e Cáceres (0,92); e Chuva em Alta Floresta (0,97). Os valores mais baixos do coeficiente de correlação cofenética foram 0,79 para as variáveis temperatura e chuva de Cáceres, demonstrando que o dendrograma não apresentou um bom ajuste (Tabela 1).

Tabela 1. Valores do coeficiente de correlação cofenético dos agrupamentos pelo método de Ligação média com base na distância euclidiana.

	Temperatura	Umidade	Chuva	Vento
Alta Floresta	0,83	0,81	0,97	0,91
Diamantino	0,87	0,88	0,87	--
Tangará da Serra	0,85	0,86	0,86	0,86
Barra do Bugres	0,87	0,85	0,87	--
Cáceres	0,79	0,80	0,79	0,92

Segundo Vicini e Souza (2005) quanto maior o valor do coeficiente de correlação cofenético menor será o grau de distorção, e melhor será o agrupamento. Porém, Metz (2006) destaca que apenas o valor do coeficiente de correlação cofenético não é suficiente para identificar os melhores dendrogramas, o autor salienta que também deve ser realizada a inspeção visual do dendrograma.

Kopp et al. (2007) destaca que o coeficiente de correlação cofenética pode ser aplicado à análise de agrupamento para aumentar a confiabilidade em relação a interpretação dos diagramas de árvores. Segundo Alencar (2009) a avaliação do dendrograma, seja pela correlação cofenética ou outra técnica, é importante, pois esta avaliação vai demonstrar se a representação realizada foi satisfatória ou não.

Conclusão

O ciclo diário da temperatura apresentou um comportamento clássico, como menores valores a seis horas da manhã e maiores valores às quatorze horas. A umidade apresentou um comportamento inverso ao da temperatura. Em Tangará da Serra, Diamantino e Barra do

Bugres as chuvas ocorreram com maior frequência à tarde e a noite. A velocidade do vento aumenta a partir das 8 horas, atingindo valores máximos entre doze e quatorze horas.

Os agrupamentos dividiram as horas do dia em grupos com horas de maior e menor temperatura e umidade, grupos com horas do dia mais chuvosa e menos chuvosa, e grupos com horas com maior e menor velocidade do vento.

Conforme o coeficiente de correlação cofenético os dendrogramas se mostraram satisfatórios para representar os agrupamentos.

Referências

ALBUQUERQUE, M. A. **Estabilidade em análise de agrupamento (cluster analysis)**. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

ALENCAR, B. J. **A Análise Multivariada no Tratamento da Informação Espacial: Uma Abordagem Matemático - Computacional em Análise de Agrupamentos e Análise de Componentes Principais**. Tese (Doutorado em Geografia) – PPUC Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

ALENCAR, B. J.; BARROSO, L. C.; ABREU, J. F. Análise multivariada de dados no tratamento da informação espacial: uma abordagem com análise de agrupamento. **Sistemas, Cibernética e Informática**, v.10, n.2, p.6-12, 2013.

ANDEF - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. **Manual de tecnologia de aplicação**. Campinas: Linea Creativa, 2004. 50p.

ANTUNIASSI, U. R. Qualidade em tecnologia de aplicação. In: V Congresso Brasileiro de Algodão, 2005, Salvador/BA. **Anais...** V Congresso Brasileiro de Algodão. Salvador/BA: Fundeagro, 2005. v. 1. p. 1-6.

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

COSTA, E.; LEAL, P. A.; CARMO JÚNIOR, M. 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, 2004.

DOURADO, C. S.; OLIVEIRA, S. R. M.; AVILA, A. M. Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.2, p.192-198, 2013.

ESTATCAMP (2014). Software Action. Estatcamp – Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos, Brasil. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/>.

FREITAS, J. C.; ANDRADE, A. R. S.; BRAGA, C.C.; GODOI NETO, A. H.; ALMEIDA, T. F. Análise de Agrupamentos na Identificação de Regiões Homogêneas de Índices Climáticos

no Estado da Paraíba, PB – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.6, n.4, p.732-748, 2013.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica** v.4, n.1, p.9, 2001. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

KOPP, M.M.; DE SOUZA, V.Q.; COIMBRA, J.L.M.; LUZ, V.K.; MARINI, N.; OLIVEIRA, A.C. Melhoria da correlação cofenética pela exclusão de unidades experimentais na construção de dendrogramas. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.14, n.2, p.46-53, 2007.

LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, Macaé, n.4, p.18-36, 2009.

METZ, J. **Interpretação de clusters gerados por algoritmos de clustering hierárquico**. 2006. 156f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

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

SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A. **Tecnologia de aplicação de herbicidas**. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2002, 36p. (EMBRAPA CERRADOS, Documentos).

SOUZA, A.; FERNANDES, W. A.; ALBREZ, E. A.; GALVÍNIO, J. D. Análise de agrupamento da precipitação e da temperatura no Mato Grosso do Sul. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.6, n.12, p.109-124, 2012.

VAREJÃO-SILVA, M.A. 2006. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital. Brasília: INMET. 463p. disponível em: http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000. 449 p.

VICINI, L.; SOUZA, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM; CCNE, 2005. 215 p.

YANG, S.; SMITH, E. A. Mechanisms for Diurnal Variability of Global Tropical Rainfall Observed from TRMM. **Journal of Climate**, v. 19, n. 20, p. 5190–5226. 2006.