

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

IDENTIFICAÇÃO DE REGIÕES PLUVIOMETRICAMENTE HOMOGÊNEAS NA SUB BACIA TROMBETAS

*Raisa Rodrigues Neves¹
Edkeyse Dias Gonçalves¹
Francisco Carlos Lira Pessoa¹
Lindemberg Lima Fernandes¹
Yapur Dumit Gómez¹
Jessyca Ingles Nepomuceno dos Santos¹

IDENTIFICATION OF RAINFALL HOMOGENOUS
REGIONS IN THE TROMBETAS SUB-BASIN

Recibido el 17 de marzo de 2016; Aceptado el 23 de marzo de 2017

Abstract

Precipitation is a highly relevant climatic factor, mainly in tropical regions, since it affects elements such as: temperature, relative humidity and wind. Knowledge about the hydrological behavior of a region is directly related to the implantation of hydraulic, industrial, agricultural and human supply activities. However, due to the lack of rainfall data, techniques such as hydrological regionalization are used to transfer data from well-monitored sites to those with poor monitoring. For this, grouping techniques are applied to create the homogeneous regions. The work aimed at the application of Ward's hierarchical method for the creation of pluviometrically homogeneous groups in the Trombetas Sub - basin, using latitude, longitude, altitude and monthly mean precipitation as grouping variables. This technique was applied in 32 pluviometric stations, resulting in the generation of 5 groups with a good spatial representation of the homogeneous regions. After the interpolation of the data, it was possible to notice that the type of activity predominant along the sub basin, as well as the altitude in which the seasons are, had a significant influence on the rainfall indexes, And reduction in more anthropized areas. Despite the absence of some rainfall data, the application of the Ward method with the aid of the Kriging interpolator formed islands of homogeneous groups well distributed in the sub basin. The resulting rainfall spatialisation is well represented by the isoietas map, which contributes to the improvement of the management of water resources in the region and to the planning of works in the field of engineering.

Key Words: cluster analysis, rainfall, Ward method.

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Belém, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Brasil.

*Autor correspondiente: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (LAESA), Universidad Federal de Pará. Calle Augusto Corrêa, 01, Guamá, Campus Belém. Belém, Pará, Brasil. CEP 66075-110. Email: raisanevesufpa@gmail.com

Resumo

A precipitação é um fator climático de alta relevância, principalmente nas regiões tropicais, uma vez que afeta elementos, como: temperatura, umidade relativa e vento. O conhecimento acerca do comportamento hidrológico de uma região está diretamente ligado à implantação de atividades hidráulicas, industriais, de agricultura e abastecimento humano. No entanto, devido a carência de dados pluviométricos, utilizam-se a técnicas como regionalização hidrológica para transferir dados de locais bem monitorados para aqueles com pouco monitoramento. Para isto aplicam-se as técnicas de agrupamento para criação das regiões homogêneas. O trabalho objetivou a aplicação do método hierárquico de Ward para criação de grupos pluviometricamente homogêneos na Sub Bacia Trombetas, usado a latitude, longitude, altitude e precipitação média mensal como variáveis de agrupamento. Esta técnica foi aplicada em 32 estações pluviométricas, resultando na geração de 5 grupos com uma boa representação espacial das regiões homogêneas. Após a interpolação dos dados, pôde-se perceber que o tipo de atividade predominante ao longo as sub bacia, bem como a altitude em que se encontram as estações influenciaram de forma significativa nos registros dos índices pluviométricos, havendo aumento desses valores em área mais preservadas e redução em área mais antropizadas. Apesar da ausência de alguns dados pluviométricos, a aplicação do método de Ward com auxílio do interpolador de Krigagem formaram ilhas de grupos homogêneos bem distribuídas na sub bacia. A espacialização das chuvas resultante é bem representada pelo mapa de isoietas, o que contribui para a melhoria na gestão dos recursos hídricos na região e para o planejamento de obras no campo da engenharia.

Palavras-chave: análise de cluster, método de Ward, precipitação.

Introdução

A precipitação é considerada a variável climática com maior número de registros no Brasil, sendo representada pela espacialização de pluviômetros e pluviógrafos em número significativo, e por isso, é considerada um fator climático de alta relevância, principalmente nas regiões tropicais, uma vez que afeta elementos, como: temperatura, umidade relativa e vento. A região amazônica possui uma precipitação média de 2300 mm por ano, contudo existem áreas que o total anual atinge 3500 mm (regiões de fronteira entre Brasil, Colômbia e Venezuela) (Fisch *et al.*, 1998).

As regiões homogêneas consistem na delimitação de áreas compostas por elementos semelhantes, sendo sua identificação importante para melhor compreensão da dinâmica ambiental, onde é possível verificar períodos de maiores e menores índices pluviométricos, contribuindo para o planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas (Menezes *et al.* 2015). Para Gonçalves *et al.* (2016), a definição de regiões homogêneas é considerada a fase da regionalização com maior grau de dificuldade, pois requer frequentemente decisões subjetivas do pesquisador.

Segundo Dourado *et al.* (2013), a Análise de Agrupamento ou *Clusterização* é uma técnica utilizada para transformar séries históricas de chuva em regiões pluviometricamente homogêneas, sendo representado por um grupo de técnicas multivariadas, cujo objetivo é agregar objetos baseado nas características que eles apresentam. Essa técnica classifica objetos que possuem semelhanças de acordo com algum critério de seleção predefinido, sendo que os grupos formados devem apresentar alta homogeneidade interna e alta heterogeneidade externa.

Na hidrologia as técnicas de agrupamento são utilizadas principalmente para agrupar dados de chuva ou de vazão e criar regiões hidrologicamente homogêneas, como nos estudos de Santos et al. (2015), que criaram seis regiões pluviometricamente homogêneas na Amazônia Legal e de Menezes et al. (2015), que criaram três regiões homogêneas de chuva para o Estado do Pará.

O entendimento da precipitação através de áreas homogêneas contribui para a melhoria na gestão dos recursos hídricos, visto que tornam-se mais perceptíveis os períodos e áreas de maiores ou menores índices pluviométricos. A importância da definição dessas áreas facilita a identificação das prioridades relacionadas ao planejamento de atividades que dependem do comportamento das chuvas (Menezes et al, 2015).

Nesse contexto, este trabalho tem o objetivo de identificar regiões pluviometricamente homogêneas na sub bacia do Rio Trombetas através do agrupamento da precipitação média mensal de 10 anos (2006-2015), com o intuito de contribuir para a melhoria na gestão dos recursos hídricos na região, além de servir como uma importante ferramenta no processo de planejamento de atividades para o desenvolvimento local.

Materiais e métodos

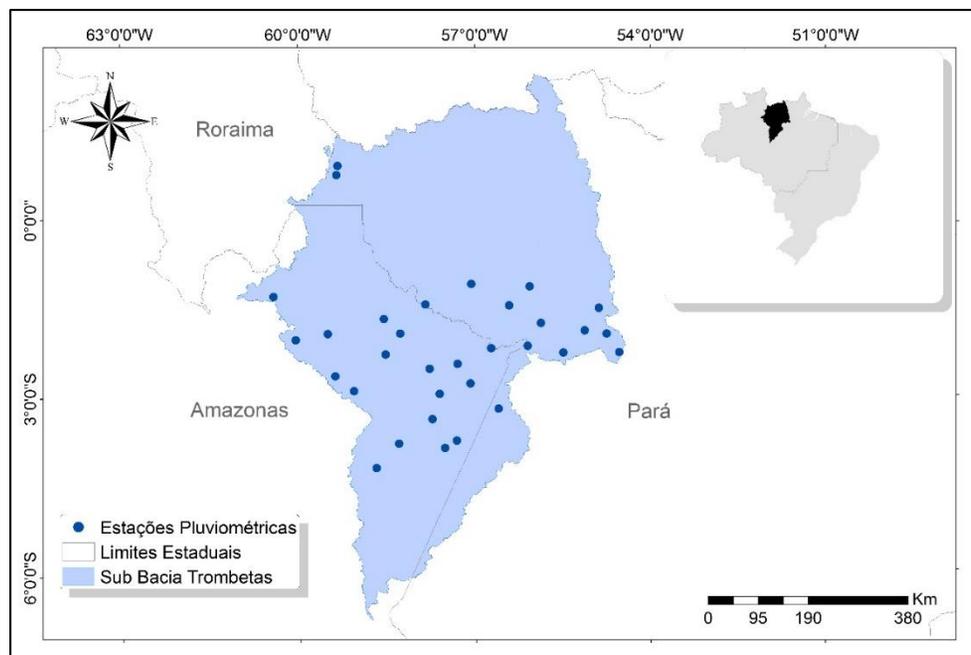


Figura 1. Distribuição espacial dos Pluviômetros na sub bacia Trombetas.

Tabela 1. Estações Pluviométricas da Sub Bacia Trombetas.

| CÓDIGO | NOME DA ESTAÇÃO | LONGITUDE (graus decimais) | LATITUDE (graus decimais) | ALTITUDE (m) |
|---------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|
| 458001 | CARAMURI | -57.0506 | -1.8683 | 35.915 |
| 357003 | MUCAJÁ | -57.2825 | -2.4556 | 56.045 |
| 358003 | OSÓRIO FONSECA | -56.7106 | -2.1897 | 28.92 |
| 357004 | MENINO DEUS | -57.7581 | -2.5378 | 45.36 |
| 357001 | MAUÉS | -56.0533 | -1.1303 | 41.015 |
| 356002 | GUARIBA | -56.4025 | -1.4556 | 57.505 |
| 257002 | BOA VISTA DO RAMOS | -55.8614 | -1.7597 | 30.300 |
| 358002 | BALSA DO RIO URUBÚ | -55.1156 | -1.8881 | 90.200 |
| 257001 | BARREIRINHA | -55.4806 | -2.2683 | 35.140 |
| 259005 | RIO URUBU | -54.7392 | -1.9428 | 90.200 |
| 257000 | URUCARA | -54.5244 | -2.2628 | 79.340 |
| 257003 | MOCAMBO | -58.6714 | -4.2308 | 77.360 |
| 258001 | SANTA LUZIA | -56.5861 | -3.2281 | 90.165 |
| 255000 | CURUAI | -58.2861 | -3.8167 | 63.270 |
| 254010 | PARANÁ RIO AMAZONAS, (BOA VISTA) | -57.3031 | -3.7728 | 32.720 |
| 256002 | NHAMUNDA | -57.5042 | -3.8967 | 94.515 |
| 256001 | JURUTI | -57.0644 | -2.7922 | 77.365 |
| 260007 | PRESIDENTE FIGUEIREDO | -57.5900 | -2.9703 | 135.92 |
| 154003 | ALENQUER | -57.7156 | -3.4006 | 39.705 |
| 159000 | BALBINA P-8 (UHE BALBINA) | -57.8275 | -1.4378 | 112.355 |
| 158003 | SÃO JOSÉ | -58.5333 | -1.6833 | 98.980 |
| 155002 | VILA CURUA | -59.4833 | -1.9381 | 93.615 |
| 155000 | ORIXIMINA | -60.0258 | -2.0417 | 98.370 |
| 158004 | BASE SIDERAMA - JUSANTE | -59.3608 | -2.6600 | 97.610 |
| 154001 | BOCA DO INFERNO | -59.0433 | -2.9131 | 314.585 |
| 156002 | PORTO TROMBETAS | -60.3997 | -1.2989 | 101.405 |
| 157001 | MINERAÇÃO CAIMA | -59.3353 | -2.1144 | 114.340 |
| 160000 | POSTO ABONARI - FUNAI | -57.0469 | -1.0875 | 127.895 |
| 156000 | VISTA ALEGRE - CONJ.2 | -56.0875 | -2.1522 | 161.370 |
| 157000 | CACH DA PORTEIRA - CONJ 1 | -58.2558 | -1.9328 | 125.210 |
| 8059001 | SÍTIO SANTA MARIA | -58.5058 | -2.2911 | 244.075 |
| 8059003 | PCH JATAPU | -54.8714 | -1.5000 | 244.075 |

Fonte: ANA- HIDROWEB (2010).

Área de estudo

A sub bacia Trombetas localiza-se na Bacia Hidrográfica Amazônica e abrange 3 estados da Federação: Pará, Roraima e Amazonas. O principal rio da sub bacia é o Rio Trombetas, com extensão de 260 km compreendido entre a Foz do Rio Amazonas e a Cachoeira da Porteira. O quadro econômico da região tem como principal atividade a Mineração através da exploração e exportação de bauxita (Agência Nacional de Transportes Aquaviários, 2013). A Figura 1 apresenta a distribuição espacial das estações pluviométricas com dados disponíveis na sub bacia Trombetas.

Coleta e tratamento de dados

As séries históricas de precipitação utilizadas nesta pesquisa foram obtidas através da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB). A sub-bacia Trombetas contém 39 estações pluviométricas distribuídas espacialmente, no entanto, apenas 32 estações possuem dados de monitoramentos, logo estas foram selecionadas para a realização do estudo. As informações dos pluviômetros escolhidos foram sintetizadas em uma tabela com os códigos, nome da estação, latitude, longitude e altitude (Tabela 1). Utilizou-se série histórica de 10 anos (2006-2015), por serem os dados mais recentes para a aplicação da técnica de agrupamento, no entanto, aproximadamente 13% dos dados apresentaram falhas, as quais foram preenchidas para permitir a consistência das informações utilizadas. Os dados de chuva com falhas foram preenchidos através do Método da Ponderação Regional (Tucci, 2012). Equação (1).

$$P_x = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{N_x}{N_A} \cdot P_A + \frac{N_x}{N_B} \cdot P_B + \frac{N_x}{N_C} \cdot P_C \right) \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

P_x - É a variável que representa a precipitação a ser estimada;

N_x - Precipitação média da estação com falha;

N_A , N_B e N_C - Média aritmética das precipitações nas estações vizinhas;

P_A , P_B e P_C - São as precipitações correspondentes ao mês (ou ano) que se deseja preencher, observadas nas estações circunvizinhas utilizadas.

Escolha das variáveis

Os dados de precipitação mensal, latitude e longitude das estações foram obtidos pelo portal HIDROWEB- ANA. As variáveis utilizadas foram selecionadas utilizando os seguintes critérios: acessibilidade aos dados (latitude e longitude), influência direta no volume de precipitação (altitude) e a precipitação mensal como alvo da análise de agrupamento.

Técnica para análise de agrupamento: cluster

Foram selecionadas 4 variáveis para aplicar a técnica de agrupamento: precipitação média mensal, altitude, latitude e longitude. As informações sobre altitude foram obtidas no programa ArcGis 10.1 pela ferramenta ArcHidro, através do Modelo Digital de Elevação da área em estudo.

A análise de agrupamento (cluster analysis) proposta por Hosking e Wallis (1997) apud (Malhotra, 2006), tem o objetivo de reunir elementos relativamente semelhantes, chamados de conglomerados, sendo que esses elementos devem ser homogêneos entre si dentro de um grupo e heterogêneos entre os demais grupos. Linden (2009) afirma que esta técnica pode ser usada para diminuir a quantidade de um conjunto de dados à informação do centro de seu conjunto. Huang *et al.*, (2015) afirmam que não existe um método capaz de identificar todas as formas e estruturas de cluster em dados e que a maior parte dos métodos apresentam duas limitações: agrupamento de baixa qualidade por falta de dados originais e dificuldades em unir todos os elementos para criar um modelo unificado.

As técnicas utilizadas para análise de agrupamento são aplicadas em diversas áreas do conhecimento a fim de compreender todos os dados através da formação de grupos com elementos semelhantes. Na hidrologia as técnicas de agrupamento são utilizadas principalmente para agrupar dados de chuva ou de vazão e criar regiões hidrologicamente homogêneas, como o trabalho realizado por Filho *et al.*, (2005), determinaram 25 regiões homogêneas no território brasileiro quanto à distribuição de probabilidade de chuvas, com o objetivo de contribuir para estudos de riscos climáticos na agricultura e Santos *et al.*, (2011), que identificaram 5 regiões pluviometricamente homogêneas na Região Hidrográfica da Calha Norte, a fim de melhorar o monitoramento de algumas estações de chuva.

Medidas de similaridade

Antes de aplicar a técnica de agrupamento é necessário escolher uma medida que verifique a semelhança entre duas observações. Essa medida é chamada de medida de similaridade, sendo que as mais utilizadas são as seguintes: a distância euclidiana, a distância euclidiana ao quadrado (distância de Mahalanobis), a distância de Pearson, a distância de Manhattan, a distância de Chebychev etc. No estudo foi utilizada a distância de Mahalanobis por representar de forma mais clara a distribuição dos dados.

A utilização da distância de Mahalanobis como medida de similaridade pode provocar maior influência de algumas variáveis na análise de agrupamento, por isso é recomendável realizar a padronização das variáveis para minimizar os efeitos da distância considerada, a fim de verificar com o mesmo peso qual variável interfere mais na formação dos grupos (Hair *et al.*, 2009). Para Ventorini (2009) essa medida de similaridade corresponde à menor distância entre dois pontos, desconsiderando os obstáculos entre eles. A distância euclidiana entre dois pontos é dada por: Equação (2).

$$D(i, j) = \sqrt{\sum (X_{ij} - X'_{i'j})^2}$$

Equação (2)

Em que:

X_{ij} : é a variável padronizada no ponto i ;

$X'_{i'j}$: é a variável padronizada no ponto i' .

Método hierárquico de Ward e interpolação por Krigagem

Após a escolha da medida de similaridade aplica-se o método de agrupamento aos dados de precipitação, sendo mais utilizado para agrupar dados climatológicos e hidrológicos o método hierárquico de Ward, como nos estudos de Hassan e Ping (2012) e Sarhadia e Heydarizadehb (2013). Segundo Santos *et al.* (2011), o método hierárquico de Ward é caracterizado pela construção de um diagrama bidimensional denominado de Dendograma ou diagrama de árvore.

O método de Ward é definido no trabalho de Hassan e Ping (2012) como a distância entre dois agregados que é calculada pela soma dos quadrados entre dois conjuntos, acrescentado em cima de todas as variáveis. Na formação de cada grupo, a soma dos quadrados é minimizada. Se CK e CL são dois clusters que formam um novo cluster CM, a distância entre o novo cluster gerado e o outro cluster é dada por: Equação (3).

$$D_{J,M} = \frac{((N_j + N_k)D_{jk} + (N_j + N_L)D_{jL} - N_j D_{kL})}{N_j + N_m} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

N_j , N_k , N_L e N_m são o número das estações pluviométricas em clusters em J, K, L e M respectivamente; D_{JK} , D_{JL} e D_{KL} representam as distâncias entre as observações de precipitação nos clusters J e K, J e L, e K e L, respectivamente.

Após a formação dos grupos pelo método de Ward utilizou-se o interpolador de Krigagem para a obtenção da espacialização dos grupos homogêneos. O método de Krigagem consiste no uso de funções matemáticas para distribuir os pesos aos dados amostrais, sendo os maiores valores fornecidos aos pontos mais próximos dos dados e os menores valores aos pontos mais distantes (Jakob, 2002; Druck *et al.*, 2004).

Resultados e discussões

A técnica de agrupamento aplicada nas 32 estações pluviométricas dividiu a sub bacia Trombetas em 5 grupos homogêneos, os quais foram determinados a partir do corte transversal no dendograma da Figura 2. Como não existe uma metodologia específica para selecionar o ponto de corte, foi escolhido o ponto que gerou melhor representação das regiões homogêneas após a interpolação dos dados.

A aplicação do método hierárquico de Ward permitiu a formação 5 grupos homogêneos (Figura 3), os quais são descritos a seguir:

- O Grupo I possui chuva média mensal de 192.13 mm e é formado pelas estações: PCH Jatapu, Boca do Inferno e Sítio Santa Maria;
- O Grupo II possui chuva média mensal de 239.08 mm e é formado pelas estações: Presidente Figueiredo, São José, Cachoeira da Porteira, Juruti e Santa Luiza;

- O Grupo III possui chuva média mensal de 188.65 mm e é formado pelas estações: Vista Alegre – Conj.2, Mineração Caima, Balbina P-8 (UHE Balbina), Vila Curua, Urucara, Balsa do Rio Urubú, Posto Abonari- FUNAI, Base Siderama – Jusante, Oriximiná, Rio Urubú e Nhamundá;
- O Grupo IV possui chuva média mensal de 141.80 mm e é formado pelas estações: Mocambo, Porto Trombetas e Guariba;
- O Grupo V possui chuva média mensal de 178.20 mm e é formado pelas estações: Alenquer, Paraná Rio Amazonas – (Boa Vista), Curuai, Boa Vista do Ramos, Barreirinha, Menino Deus, Osório Fonseca, Mucajá, Maués e Caramuri.

A Figura 3 mostra as estações e a formação das regiões pluviometricamente homogêneas, sendo representadas pelos grupos 1, 2, 3, 4 e 5.

As estações encontraram-se distribuídas de forma mais concentrada a Leste, Sul e Oeste da Sub Bacia. A Figura 4 representa a distribuição espacial da chuva na Sub Bacia Trombetas através do mapa de isoietas, no qual verificou-se que a formação dos grupos não ocorre de forma isolada, sendo aproximadamente 70% das estações localizadas na área de elevadas precipitações (áreas mais preservadas e com densas florestas).

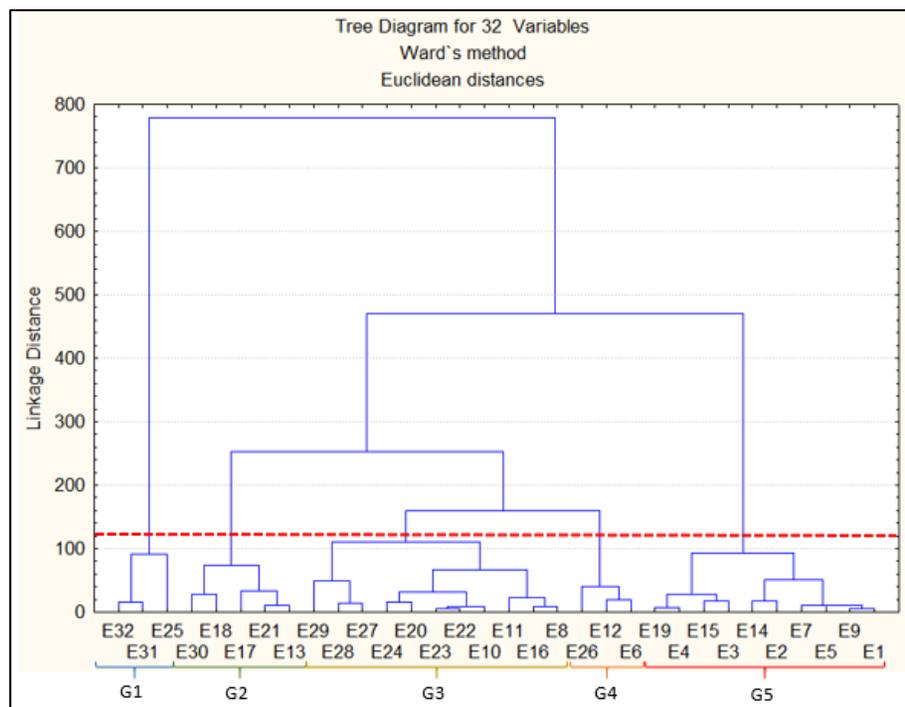


Figura 2. Dendrograma de classificação dos 5 grupos homogêneos na Sub Bacia Trombetas

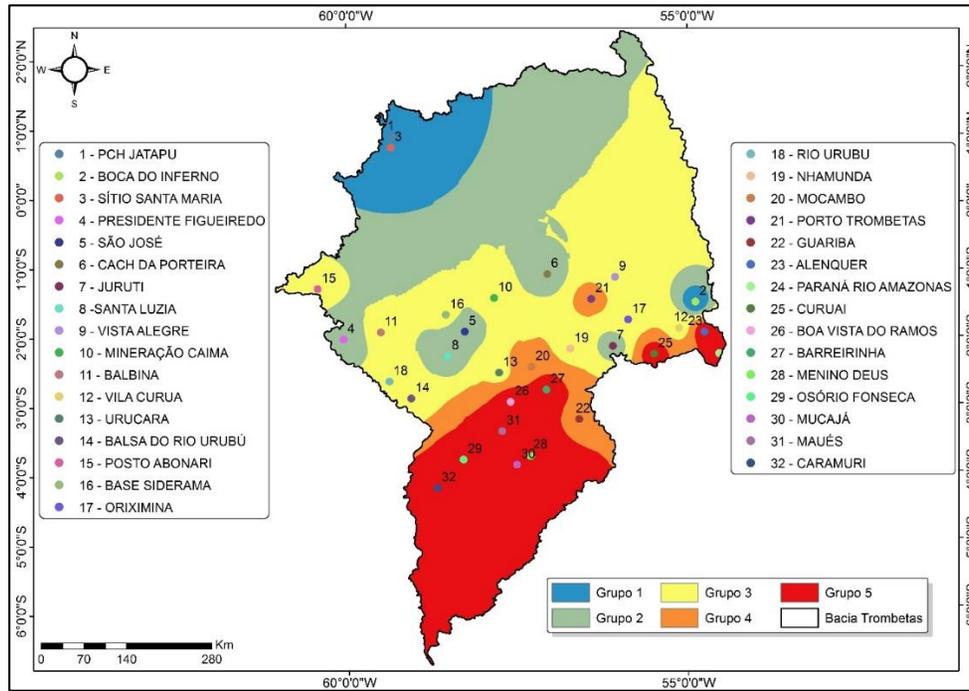


Figura 3. Regiões Pluviometricamente Homogêneas e comportamento das precipitações médias mensais (mm).

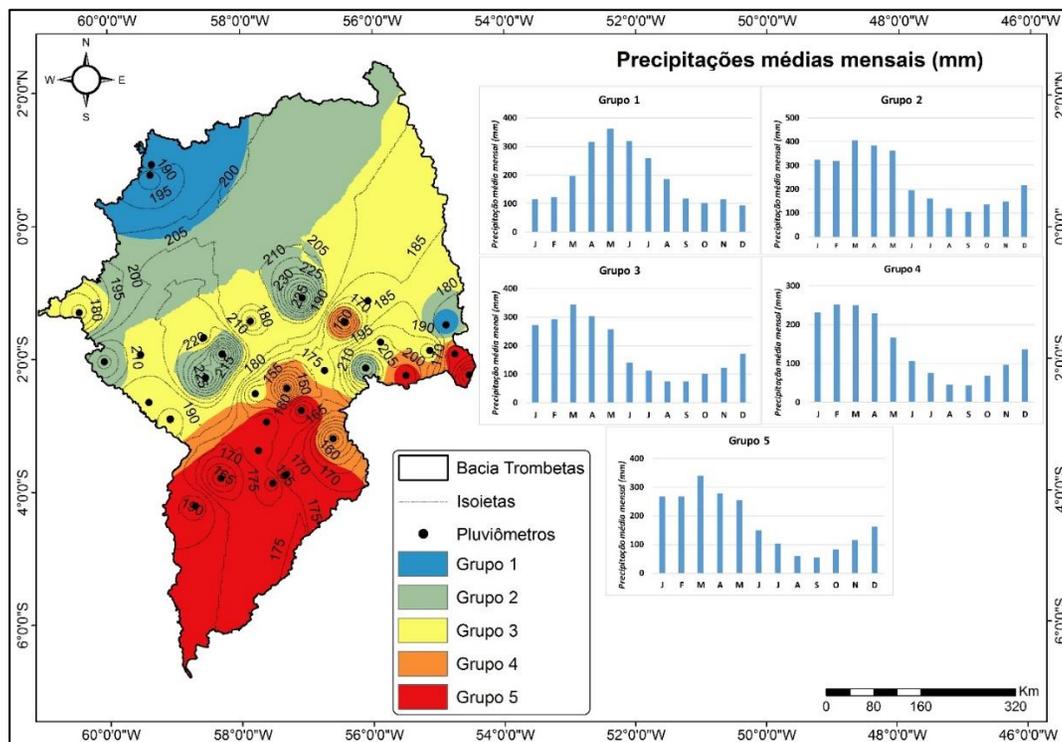


Figura 4. Regiões Pluviometricamente Homogêneas e comportamento das precipitações médias mensais (mm).

Após a interpolação dos dados, verificou-se que os grupos IV e V apresentaram os menores índices pluviométricos, o que pode estar relacionado com o tipo de atividade predominante na área. Segundo informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), essa área possui forte influência de pastagens, sendo para isso necessário retirar a vegetação inicial para criação do gado. Já as áreas de maiores precipitações estão localizadas mais ao Norte da sub bacia, sendo representadas pelos grupos I e II, área de vegetação predominantemente do tipo Floresta Ombrófila Densa, caracterizada por apresentar altos índices pluviométricos e as maiores altitudes.

Conclusões

O trabalho objetivou a aplicação do método hierárquico de Ward para criação de grupos pluviometricamente homogêneos na Sub Bacia Trombetas. Esta técnica foi aplicada em 32 estações pluviométricas e forneceu boa representação espacial das regiões homogêneas através da geração de 5 grupos. No entanto, a formação dos grupos poderia ser mais eficiente caso fossem utilizados os dados das 39 estações localizadas na área em estudo, o que implicaria na melhor compreensão das informações geradas.

Após a interpolação dos dados, pôde-se perceber que o tipo de atividade predominante ao longo da sub bacia, bem como a altitude em que se encontram as estações influenciaram de forma significativa nos registros dos índices pluviométricos, havendo aumento desses valores em áreas mais preservadas e redução em áreas mais antropizadas.

Apesar da ausência de alguns dados pluviométricos, a aplicação do método de Ward e o auxílio do interpolador de Krigagem formaram ilhas de grupos homogêneos bem distribuídas na sub bacia e a espacialização das chuvas foi bem representada pelas isoietas, contribuindo para a melhoria na gestão dos recursos hídricos na região e para o planejamento de obras no campo da engenharia.

Referências bibliográficas

- Agência Nacional De Transportes Aquaviários (2013). *Bacia Amazônica: Plano Nacional de Integração Hidroviária*. Acesso em: 23 nov. 2015, disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/PNIH/RTBaciaAmazonica.pdf>>.
- Dourado, C.S., Oliveira, S.R.M., De Avila, A.M.H.D. (2013). Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia. *Bragantina*, **72**(2), p.192-198.
- Durck, S., Carvalho, M.S., Câmara, G., Monteiro, A.M.V. (2004). Análise Espacial de Dados Geográficos. Planaltina, DF. EMBRAPA, 12pp. Acesso: mar. de 2016, disponível em: http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00075490.pdf
- Filho, T.K, Assad, E.D., Lima, P.R.S.R. (2005). Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **40**(4), 311-322.
- Fisch, G., Marengo, J.A., Nobre, C.A. (1998). Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazônica*, **28**(2), 101-126.

- Gonçalves, M.F., Blanco, C.J.C., Dos Santos, V.C., Oliveira, L.L.S., Pessoa, F.C.L (2016). Identification of Rainfall Homogenous Regions taking into account El Niño and La Niña and Rainfall Decrease in the state of Pará, Brazilian Amazon. *Acta Scientiarum*, **38**(2), 209-216.
- Hair, J.J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., Black, W.C. (2009). *Análise multivariada de dados*, 6ª ed., Bookman, Porto Alegre, 686pp.
- Hassan, B.G.H., Ping, F. (2012). Regional Rainfall Frequency Analysis for the Luanhe Basin – by Using L-moments and Cluster Techniques. *APCBEE Procedia*, **1**, 126-135.
- Huang, D., Lai, J.H., Wang, C.D. (2015). Combining multiple clusterings via crowd agreement estimation and multi-granularity link analysis. *Neurocomputing*, **72**(2), 240-250.
- Jakob, A.A.E. (2002). A Krigagem como método de análise de dados demográficos, *XIII Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, Ouro Preto, Brasil.
- Linden, R. (2009). Técnicas de Agrupamento. *Revista de Sistemas de Informação da FSMA*, **4**, 18-36.
- Malhotra, N. (2006) *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*, 4ª ed., Bookman, Porto Alegre, 720pp.
- Menezes, F.P., Fernandes, L.L., Rocha, E.J.P. (2015). O Uso da Estatística para Regionalização da Precipitação no Estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, **16**. Acesso em: 15 mar. 2016, disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/revistaabclima/article/view/40023/25985>
- Santos, L.L.; Blanco, C.J.C.; Gonçalves, M.F. (2011). Identificação de Regiões Pluviométricas Homogênea a Região Hidrográfica da Calha Norte, Pará. *XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Maceió, Brasil.
- Santos, E.B., Lucio, P.S., Silva, C.M.S (2015). Precipitation regionalization of the Brazilian Amazon. *Royal Meteorological Society*, **16**, 185–192.
- Sarhadi, A., Heydarizadeh, M. (2013). Regional frequency analysis and spatial pattern characterization of Dry Spells in Iran. *International Journal of Climatology*, **34**(3), 835-848. doi: 10.1002/joc.3726.
- Tucci, C. E.M. (org) (2012). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*, 4ª Edição, Editora da UFRGS e EDUSP ABRH, Porto Alegre, Brasil, 944pp.
- Ventorini, S.E. (2009). *A experiência como fator determinante na representação espacial da pessoa com deficiência visual*. Ed. UNESP, 112pp.