

APLICAÇÃO DA FUNÇÃO DE ANDREWS NA AVALIAÇÃO DA REGIONALIZAÇÃO DE BACIAS EM REGIÕES ÁRIDAS E SEMI-ÁRIDAS

Eunice M. de Andrade

Depto de Engenharia Agrícola - Centro de Ciências Agrárias (CCA) - Universidade Federal do Ceará
Caixa Postal 12168 - CEP 60450-760 Fortaleza, CE - Fax (085) 288-9755
eandrade@ufc.br

Richard H. Hawkins

School of Renewable Natural Resources
University of Arizona, Tucson AZ 85721, USA

RESUMO

A regionalização de bacias hidrográficas é uma técnica que vem sendo utilizada para transferir informações, buscando explorar, ao máximo, os dados existentes em uma determinada região geográfica. Na hidrologia, a técnica de regionalização é muito aplicada para estimar a relação precipitação-escoamento superficial em bacias desprovidas de séries históricas. A previsão das variáveis hidrológicas em bacias, com dados deficientes ou inexistentes, pode ser melhorada pela transferência de dados de bacias que pertençam à mesma região hidrológica.

Neste estudo foi aplicada uma metodologia onde grupos homogêneos foram avaliados através da função de Andrews. A referida técnica, além de permitir a inspeção da homogeneidade dos grupos, pode realizar a transposição de bacias entre grupos expressando, assim, a dinâmica do método; o qual mostra um alto potencial de uso na classificação de bacias não instrumentadas.

Para se testar a metodologia foram utilizadas 60 bacias hidrográficas localizadas em regiões áridas e semi-áridas de três diferentes países (Austrália, Brasil, USA). Através dos gráficos, gerados pelas funções, foi possível identificar as bacias discrepantes, existentes em cada grupo, previamente estabelecido como homogêneos por técnicas estatísticas de regionalização, "cluster analysis". Para se elaborar as funções de Andrews utilizaram-se as seis variáveis mais importantes, determinadas pela matriz de correlação.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso escasso e limitado em regiões áridas e semi-áridas. Nestas regiões o manejo da água deve enfocar um uso eficiente e conservativo. O desenvolvimento deste manejo requer conhecimento, do potencial de suprimento

de água, de tal maneira que se possa planejar e manejar o monitoramento de água durante o período seco. No entanto, tal fato se torna difícil, principalmente, em regiões secas devido à falta de dados hidrológicos tão comum nestas regiões.

A escassez de séries históricas é um problema constante nas análises hidrológicas em quase todas as condições. Nas regiões áridas e semi-áridas este problema se agrava, principalmente, pelo pequeno número de bacias instrumentadas, pela descontinuidade das séries, pela escala temporal, acuracidade e disponibilidade dos dados existentes. Portanto, o planejamento, o manejo e o uso adequado dos recursos água e solo, nestas regiões, dependem de um melhor conhecimento da hidrologia regional. A exploração dos intercâmbios, entre as respostas hidrológicas e os fatores que a influenciam, geram o suporte para um estudo de regionalização de bacias hidrográficas (Kovács, 1984; Lopes et al., 1999).

O principal propósito da regionalização hidrológica é a transferência e troca de conhecimentos entre bacias hidrográficas, ou seja, informações hidrológicas de uma bacia instrumentada podem ser transferidas para uma outra não instrumentada, desde que pertençam a uma mesma região hidrológica (Franchini & Suppo, 1996). As bases que constituem a definição das regiões hidrológicas não significam a necessidade da existência de uma continuidade geográfica, e que regiões contínuas não expressem, necessariamente, respostas hidrológicas análogas (Andrade, 1997).

A regionalização de bacias deve ocorrer com base nas suas características geomorfológicas e climáticas, independentes da continuidade geográfica, visto que estas características definem a resposta hidrológica da região (Franchini & Suppo, 1996). A regionalização é usada para identificar zonas que apresentem um comportamento semelhante e, assim, respostas hidrológicas possam ser comparadas, facilitando, desta maneira, a transferência de informações entre regiões (Obregon et al., 1999; Woo & Liu, 1994).

Na definição dos grupos homogêneos (regionalização), técnicas de estatísticas multivariadas como análise de agrupamento têm sido usada com frequência (Hawkins, 1991; Kim & Hawkins, 1993). A visualização destes agrupamentos também pode ocorrer através de gráficos, os quais apresentam sérias restrições em representar dados multidimensionais. Porém, em 1972, Andrews desenvolveu uma técnica gráfica onde dados multidimensionais podem ser representados e facilmente visualizados através de funções.

Neste trabalho, a função de Andrews é empregada para inspecionar grupos previamente definidos como homogêneos por técnicas estatísticas de agrupamentos e identificar a presença, ou não, das bacias discrepantes inseridas em cada grupo. Para se desenvolver esta análise foram utilizados dados de sessenta bacias localizadas em regiões áridas e semi-áridas de três diferentes países (Austrália, Brasil e USA). O emprego de bacias oriundas de diferentes países, nesta pesquisa, fundamenta-se no preceito exposto por Franchini & Suppo (1996), em que a similaridade entre regiões é independente da continuidade geográfica. De acordo com este trabalho, as variáveis climáticas e geomorfológicas foram utilizadas na definição dos agrupamentos e identificação dos elementos aberrantes, onde cada bacia é representada por uma função de Andrews.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

A distribuição por país das sessenta bacias usadas neste estudo está presente na Tabela 1. O número de bacias por continente ocorreu em função da existência e da disponibilidade de bacias instrumentadas em regiões de clima seco. Todas elas estão localizadas em regiões áridas e semi-áridas de acordo com o mapa de classificação das regiões secas do globo (UNESCO, 1977). São bacias em que as precipitações se caracterizam por uma alta variabilidade no tempo e no espaço, sendo que algumas delas (Nordeste brasileiro) chegam a apresentar um desvio padrão superior a média (Molinier et al., 1994). São regiões em que a precipitação apresenta uma distribuição bimodal com uma concentração de mais de 80% do total precipitado ocorrendo no verão/outono. A evapotranspiração potencial destas bacias registra um valor de 2500 mm/ano sendo em média três a quatro vezes superior ao total precipitado anualmente, expressando um alto déficit hídrico. Outra característica comum às bacias é que os cursos d'água presentes nas mesmas são efêmeros e ou intermitentes. A perenização de trechos de alguns canais naturais no nordeste brasileiro se faz em decorrência dos grandes reservatórios presentes na

Tabela 1. Bacias usadas neste estudo.

Local	Nº de bacias
Austrália	
• Brogalow	03
Brasil	
• Bahia	03
• Ceará	05
• Pernambuco	01
Estados Unidos	
• Arizona	16
• New Mexico	03
• Texas	29

região. A vegetação se caracteriza predominantemente por árvores perenifólias de caule retorcido, com folhas coriáceas, sendo classificadas como esclerófilas. Algumas vezes as herbáceas anuais estão presentes em combinação com árvores de maior porte. De uma forma geral são classificadas como plantas xerófilas e presença de algumas espécies cactáceas.

Seleção das variáveis

A etapa mais importante nos processos de regionalização de bacias é a seleção das variáveis. A exclusão de variáveis importantes pode conduzir a interpretações errôneas (Nathan & McMahon, 1990). Em geral, a hidrologia de uma bacia é afetada por variáveis climáticas e físicas (geomorfologia, vegetação, uso da terra e solo), visto estes parâmetros comporem a estrutura que define a resposta hidrológica da região. Com base em estudos prévios e na disponibilidade de dados foram usadas as seguintes variáveis para caracterizar as bacias empregadas neste estudo (Tabela 2). Outro problema comum em regionalização, é que a avaliação da similaridade entre as bacias é altamente dependente das escalas, das unidades e da ordem de magnitude de cada variável. A solução padrão para se evitar limitação desta natureza é atribuir a toda variável média zero e variância um, ou seja, fazer a normalização dos dados. Neste trabalho, os dados foram normalizados ($\bar{x} = 0$, $\sigma = 1$), pela seguinte relação:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{S_i},$$

onde X_{ij} representa o valor da jésima observação da iésima variável, \bar{X}_i é a média da variável X_{ij} , S_i representa o desvio padrão da variável X_{ij} , e Y_{ij} é a representação da jésima observação da iésima variável transformada.

Tabela 2. Valores médios por país das variáveis usadas neste estudo.

Variável	Descrição	Unidade	Austrália	Brasil	Estados Unidos
LAT.	Latitude da bacia	grau	24,50	8,00	31,28
LONG.	Longitude da bacia	grau	149,47	40,11	100,38
ALT.	Altitude da bacia	m	151,00	700,00	500,00
TEMP.	Temperatura média anual	°C	22,00	25,00	17,36
PREC.	Precipitação total anual	mm	650,00	700,00	760,00
ÁREA	Área da bacia em ha	ha	130,00	4680,00	2260,00
PERIM.	Perímetro da bacia	km	3,00	20,00	17,60
DECLR.	Decliv. do curso principal	m/km	15,00	14,00	17,00
DECLB.	Declividade da bacia	m/km	25,00	18,00	23,00
COMPR	Comprimento do rio principal	km	1,50	8,11	6,00
COMPB	Comprimento da bacia	km	1,40	7,83	4,96
LARGB	Largura da bacia	km	0,90	4,13	3,60
TEXSOL	Textura do solo	-	argiloso	franco aren.	franco argiloso
PERMS	Permeabilidade do solo	-	muito baixa	baixa	baixa/moderada
Rf	Fator de forma Horton		1,30	0,40	0,39
P/PET	Índice de aridez da UNESCO		0,30	0,20	0,29

Gráficos multidimensionais

Se a similaridade (grupos homogêneos) entre bacias for definida por apenas duas ou três variáveis, um simples gráfico bidimensional ou tridimensional pode mostrar os agrupamentos existentes entre as bacias. Quando são requeridos mais de três parâmetros para definir a semelhança entre bacias, torna-se difícil à expressão gráfica já que a representação de dados multidimensionais apresenta sérias limitações.

Com a aplicação de técnicas estatísticas multivariadas, análise da componente principal, é possível elaborar um gráfico que expresse através das duas ou três primeiras componentes a semelhança das variáveis mais importantes. Já uma técnica simples e compreensível de representação gráfica é àquela desenvolvida por Andrews (1972), na qual um ponto no espaço multidimensional é representado pela curva bidimensional através da seguinte função:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} x_1 + x_2 \sin(t) + x_3 \cos(t) + x_4 \sin(2t) + x_5 \cos(2t) \quad (1)$$

As variáveis x_1, x_2, \dots representam cada uma das variáveis usadas para caracterizar a bacia com a função variando no intervalo de $-\pi < t < \pi$. Os valores de cada variável são usados como coeficientes da função de Fourier. Gnanadesikan (1997), comenta que a escolha de cada variável a

ser associada a cada função é muito importante, uma vez que os resultados dependem da ordem com que as variáveis são categorizadas. O autor sugere que a variável x_1 seja a variável mais importante na caracterização do grupo; x_2 será a segunda mais importante e assim por diante. Para a identificação das variáveis mais importantes foi usado o critério da matriz de correlação, ou seja, x_1 foi a variável independente que apresentou maior correlação com a variável dependente; x_2 foi a variável que apresentou a segunda maior correlação com a variável dependente e assim por diante. A Tabela 3 mostra as variáveis empregadas na definição de cada função representativa de uma bacia.

Tabela 3. Variáveis aplicadas à função de Andrews.

Variável	Descrição
X_1	Precipitação total anual
X_2	Área da bacia
X_3	Comprimento do rio principal
X_4	Temperatura média anual
X_5	Declividade da bacia

A função de Andrews torna fácil a interpretação dos resultados porque ela pode mapear cada observação multidimensional em uma função, $f(t)$, de uma única variável, t ($-\pi < t < \pi$). A função $f(t)$ é definida como a combinação linear de uma função ortonormal em t sendo que os coeficientes da combinação linear são representados pelos valores das variáveis selecionadas.

Propriedades estatísticas da função de Andrews

As propriedades da Equação (1), aqui apresentadas foram propostas por Andrews (1972). Maiores esclarecimentos sobre estas propriedades podem ser encontradas em Andrews (1972); Embrechts & Herzberg (1991) e Gnanadesikan (1997).

- i. A função preserva a representatividade da média. Se \bar{x} é a média de uma série de observações multidimensionais x_i , então a função correspondente a \bar{x} representa a média das funções correspondente as n observações.

$$f_{\bar{x}}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{x_i}(t) \quad (2)$$

- ii. A representatividade da função preserva a distância.

$$\|f_x(t) - f_y(t)\|_{L_2} = \int_{-\pi}^{\pi} [f_x(t) - f_y(t)]^2 dt \quad (3)$$

Além do mais, a distância é proporcional a distância Euclidiana entre os dois pontos correspondentes.

$$\|f_x(t) - f_y(t)\|_{L_2} = \pi \|x - y\|^2 = \pi \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \quad (4)$$

Devido a esta relação, pontos próximos serão representados por funções semelhantes, e pontos distantes serão representados por funções diferentes. Este fato torna a função de Andrews uma técnica ideal para se visualizar grupos homogêneos, bem como a presença de elementos aberrantes. Grupos de bacias similares aparecerão como um grupo de funções semelhantes entre si. Bacias que não apresentem similaridades serão representadas por funções distintas.

- iii. Para um dado valor de $t = t_0$ o valor da função $f_x(t_0)$ é proporcional ao tamanho da projeção do vetor (x_1, \dots, x_k) no seguinte vetor

$$f_1(t_0) = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}, \sin t_0, \cos t_0, \sin 2t_0, \cos 2t_0, \dots \right) \quad (5)$$

Desde que:

$$f_x(t_0) = \left\{ \frac{x' f_1(t_0)}{[f_1'(t_0) f_1(t_0)]} \right\} * [f_1'(t_0) f_1(t_0)] \quad (6)$$

A projeção deste espaço unidimensional pode revelar agrupamentos, tipos diferentes de discrepância, ou outras particularidades que possam a vir ocorrer no sub-espaco e que não seriam identificadas em outras dimensões. A grande vantagem deste tipo de gráfico é expressar a continuidade das projeções bidimensionais.

Neste estudo, usou-se a função de Andrews para se visualizar a presença de possíveis bacias discrepantes presentes em grupos previamente determinados pela técnica de análises de cluster. As funções aberrantes presentes em cada grupo foram determinadas pela inspeção visual, com base no fato de que se o gráfico de uma função mostra-se à parte ou se somente poucos pontos se encontram próximo da faixa de funções, assume-se que esta função representa uma bacia com características distintas das demais.

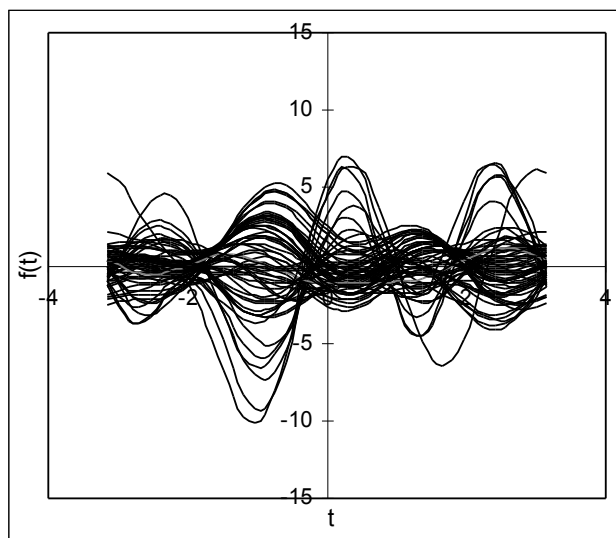
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As bacias que compõem cada cluster formado pela análise de agrupamento estão presentes na Tabela 4. Pode-se observar que o primeiro cluster é composto por vinte e sete bacias, sendo seis do Nordeste brasileiro e vinte e uma do Sudoeste americano; havendo uma predominância das bacias do Estado do Arizona. Já o segundo grupo apresenta em sua composição bacias dos três continentes, em um total de vinte e oito. Este grupo é praticamente formado por bacias americanas, sendo vinte e três do Estado do Texas, duas do Ceará e três da Austrália. O último cluster expressa a combinação de bacias do Ceará, Arizona e Texas. Este resultado mostra que a hipótese de regionalização com bacias dos Estados Unidos, Austrália e do Nordeste brasileiro não pode ser rejeitada, bem como a similaridade entre regiões, ou seja a regionalização, independe da continuidade geográfica.

Uma visão geral da heterogeneidade das 60 bacias usadas neste estudo pode ser vista na Figura 1, onde cada curva representa uma única bacia com base em suas características geomorfológicas e climáticas. Embora a Figura 1 exponha a heterogeneidade das bacias é possível observar-se a presença de agrupamentos internos entre as funções. Isto é, enquanto algumas bacias são representadas por senóides outras são expressas

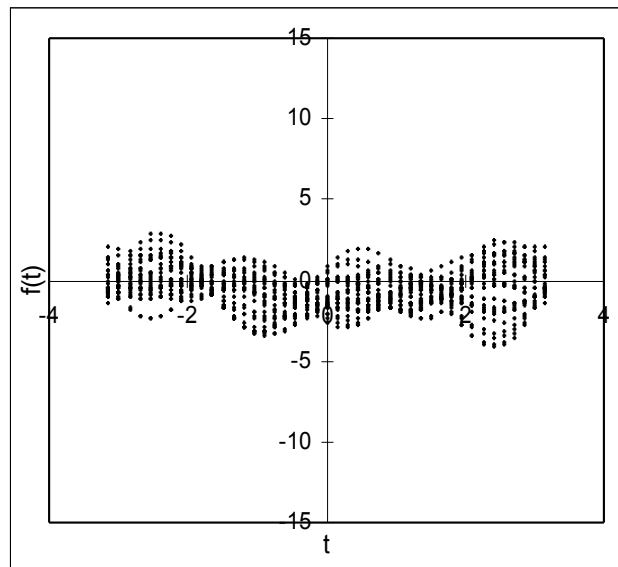
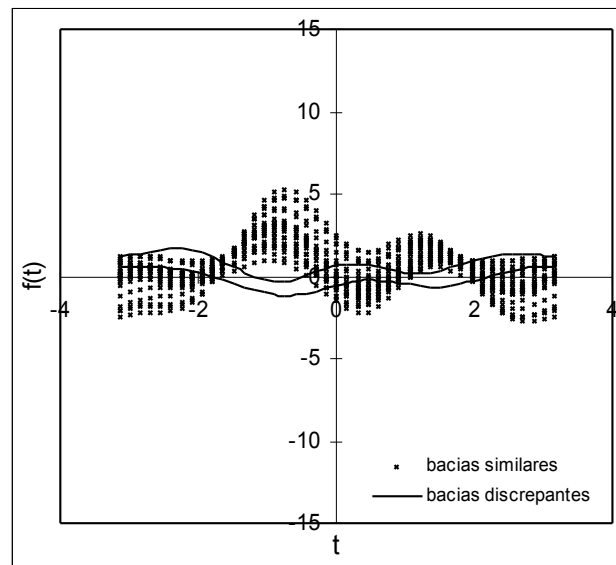
Tabela 4. Distribuição das bacias por cluster.

País	Número de bacias por cluster		
	Primeiro	Segundo	Terceiro
Austrália			
• Brigalow	-	03	-
Brasil			
• Bahia	03	-	-
• Ceará	02	02	01
• Pernambuco	01	-	-
Estados Unidos			
• Arizona	13	-	03
• New Mexico	03	-	-
• Texas	05	23	01

**Figura 1. Senóides e co-senóides representativas das 60 bacias.**

pelas co-senóides. Tal fato significa a existência de grupos homogêneos entre as bacias.

As funções de Andrews para cada grupo homogêneo podem ser vistas nas Figuras 2, 3 e 4. Através de uma inspeção visual pode-se verificar, que o segundo grupo de bacias, obtido pela técnica de análises de cluster, possui bacias discrepantes, as quais são representadas pelas funções dissociadas do grupo de funções predominante. Neste trabalho, considerou-se como bacia aberrante, aquela em que a função representativa apresenta parte de sua trajetória deslocada da região de maior concentração das funções. Tal discrepância mostra que, os agrupamentos definidos pela análise de agrupamento, podem receber uma avaliação mais detalhada através da técnica da função de Andrews. A definição de cada grupo ocorreu princi-

**Figura 2. Gráfico das funções representativas das bacias que formam o primeiro cluster.****Figura 3. Gráfico das funções representativas das bacias que formam o segundo cluster.**

palmente em função de duas variáveis, área e precipitação.

O primeiro grupo (Figura 2) é basicamente composto por bacias com precipitação média anual inferior a 700 mm e área superior a 200 ha e inferior a 4.400 ha. O segundo grupo (Figura 3) é formado por bacias com área inferior a 200 ha e com uma média anual de precipitação em torno de 840 mm. Este é o grupo que apresenta maior altura de precipitação média anual. Já o terceiro grupo é composto por bacias que apresentam uma área superior a 9.000 ha, uma precipitação média anual

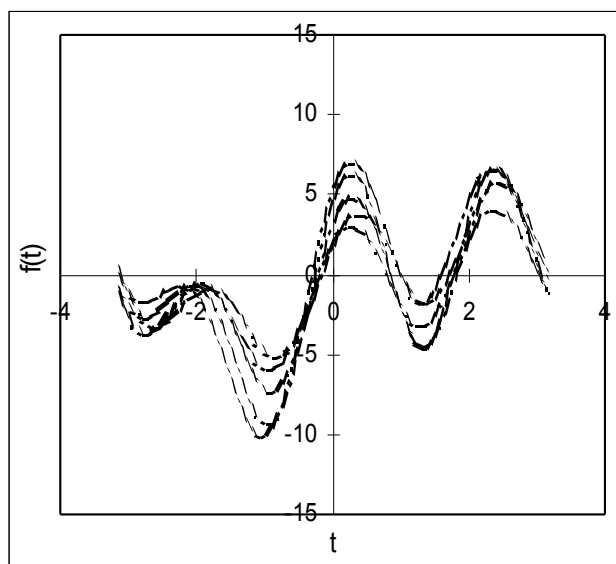


Figura 4. Gráfico das funções representativas das bacias que formam o terceiro cluster.

inferior a 550 mm, e uma evapotranspiração potencial anual superior a 2500 mm caracterizando-se como o grupo de maior aridez.

Através da Figura 2, observa-se que para valores específicos de “t”, as funções se desenvolvem bem próximas uma das outras intercaladas por um aumento da distância entre as mesmas. Tal comportamento sugere a existência de um agrupamento extremamente homogêneo, em alguns pontos alternados por agrupamentos fracos (heterogêneos), em outros pontos. Este foi o grupo que apresentou maior heterogeneidade entre as bacias.

Por outro lado, a Figura 3 mostra um agrupamento coeso e bem definido de funções sugerindo um grupo de bacias bem homogêneas. Claramente percebe-se a presença de duas bacias discrepantes, sendo uma do Texas - USA e outra do Ceará - Brasil. Acredita-se que tal fato seja em função da área, uma vez que a área das duas bacias difere das demais pela ordem de uma magnitude, sugerindo que a área foi uma das variáveis de maior peso na definição dos clusters.

Fazendo-se uma comparação, entre os gráficos das Figuras 2 e 3, podemos observar que as duas bacias discrepantes presentes no segundo grupo poderiam ser melhores alocadas no primeiro grupo, visto as funções representativas das bacias de Tauá-Ce e Sonora-Tx apresentarem maiores semelhanças com a tendência das funções que compõem este cluster.

A Figura 4 mostra o gráfico das funções de Andrews que formam o terceiro grupo. Este grupo não apresenta discrepância, e todas as funções apresentam a mesma tendência. O valor máximo

atingido pelas funções ocorre para $t \approx 0$, e o valor mínimo é observado quando $t \approx -2$. Este resultado expressa a existência de um grupo homogêneo de funções que representam bacias semelhantes.

Os grupos homogêneos, após a eliminação das funções discrepantes, podem ser vistos através das Figuras 5 e 6. As duas bacias discrepantes pertencentes ao segundo grupo foram adicionadas ao primeiro grupo em função das suas similaridades, ou seja, os gráficos das duas funções do segundo grupo apresentam a mesma tendência das funções que formam o primeiro grupo.

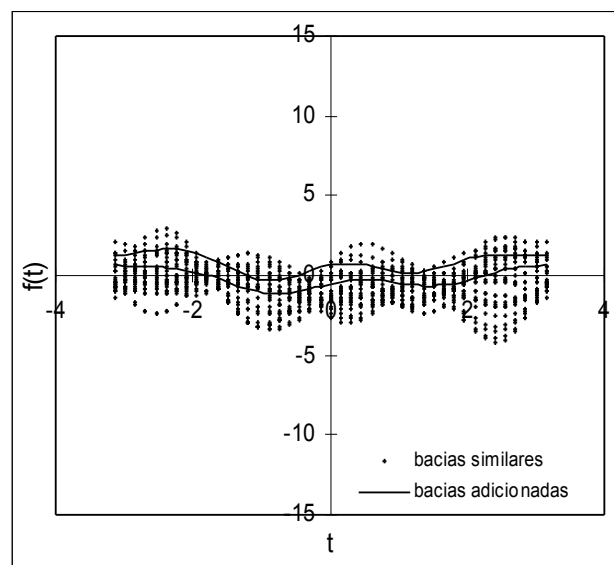


Figura 5. Primeiro cluster após a adição das bacias do Ceará e Texas.

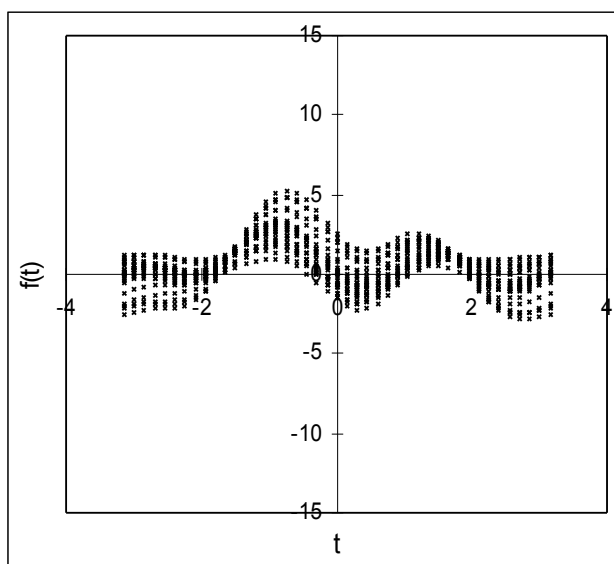


Figura 6. Segundo cluster após a eliminação dos valores discrepantes.

Embora a função de Andrews tenha sido empregada, neste estudo, na identificação de possíveis bacias discrepantes presentes em grupos considerados homogêneos por técnicas estatísticas de agrupamentos como a análise de cluster, ela pode vir a ser uma técnica de muita utilidade na regionalização de bacias. Esta afirmativa tem como base principalmente a propriedade estatística (ii) da função estabelecida por Andrews (1972) e apresentada na metodologia deste trabalho. Tal fato é de suma importância para a hidrologia, haja vista a necessidade de transferência de dados de uma região para outra, em função da impossibilidade de se ter todas as bacias instrumentadas.

CONCLUSÕES

O resultado obtido com a aplicação da metodologia aplicada nos levou a concluir que:

- O gráfico da função multidimensional é uma excelente técnica na identificação de elementos discrepantes em um grupo considerado homogêneo pelas técnicas tradicionais de regionalização.
- O gráfico da função de Andrews permite que seja transferida de um grupo para outro uma determinada função.
- A técnica fornece ao usuário uma avaliação visual da semelhança entre os elementos classificados, facilitando assim a seleção do grupo a que um dado elemento faça parte.
- Como toda técnica, a função de Andrews também apresenta limitações. As limitações deste procedimento de classificação estão relacionadas com o uso das características da bacia, ou seja, o grupo gerado é extremamente sensível a escolha da variável (X_i). Portanto, esta variável deve ser cuidadosamente selecionada para se evitar que o resultado seja meramente um artefato das características das bacias selecionadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam de externar os seus agradecimentos ao ARS-USDA, USA, Queensland Department of Primary Industries - Austrália e a SUDENE, Brasil, pelo fornecimento dos dados aqui usados, sem os quais não teria sido possível o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. A. (1997) *Regionalization of Average Annual Runoff Models for Ungaged Watersheds in Arid and Semiarid Regions*. Tese de Ph. D., School of Renewable Natural Resources, The University of Arizona, Tucson, AZ, p. 192.
- ANDREWS, D. F. (1972) *Plots of high-dimensional data*. Biometrics, vol. 28 p. 125-36.
- EMBRECHTS, P.; HERZBERG, M. (1991) *Variation of Andrews' Plots*. International Statistical Review, vol. 59 (2), p. 175-94.
- FRANCHINI, M.; SUPPO, M. (1996) *Regional analysis of flow duration curves for a limestone region*. Water Resource Management, vol. 10 p. 199-218.
- GNANADESIKAN, R. (1997) *Methods for statistical data analysis of multivariate observations*. John Wiley & Son. New York, p. 313.
- HAWKINS, R. H. (1991) *Average Annual runoff From Precipitation e Basin factors in East Central Arizona*. Proceedings of the Arizona-Nevada Academy of Sciences Annual Meeting, Hydrology Section, Flagstaff, AZ.
- KIM, K.; HAWKINS, R. H. (1993) Classification of Environmental Hydrologic Behaviors in the Northeastern United States. *Water Resource Bulletin*, vol. 29 (3), p. 449-59.
- KOVÁCS, G. (1984) *Proposal to Construct a Coordinating Matrix for Comparative Hydrology*. Hydrologic Science, vol. 29 (4), p. 435-44.
- LOPES, V. L.; ANDREASSIAN, V. P.; ANDRADE, E. M. (1999) Análise Comparativa do Comportamento de Bacias Sob Clima Tipo Mediterrâneo. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol.4 (1), p. 49-56.
- MOLINIER, M.; ALBUQUERQUE, C. H. C.; CADIER, E. (1994) Análise da Pluviometria e Isoietas Homogeneizadas do Nordeste Brasileiro, *Série Hidrologia/32*, SUDENE. Recife. p. 58.
- NATHAN, R. J.; MCMAHON, T. A. (1990) Identification of homogeneous regions for the purposes of regionalization. *Journal of Hydrology*, vol. 121 p. 217-38.
- OBEON, E.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. (1999) Regionalização de Vazões com Base em Séries Estendidas: Bacias Afluentes à Lagoa Mirim, RS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol.4 (1), p. 57-75.
- UNESCO (1977) *Map of the world distribution of arid regions*. MAB Technical notes 7. Explanatory Note. Printed by union typographique, Villeneuve-Saint-Georges, France. p. 51.
- WOO, M.; LIU, C. (1994) *Mountain hydrology of Canada e China: A case study in comparative hydrology*. Hydrologic. Process. vol. 8 p. 573-87.

Appraisal of Homogeneous Regions by Andrews' Plot

ABSTRACT

The purpose of comparative hydrology is to transfer knowledge and exchange techniques between watersheds, that is, the hydrological information collected at gaged sites can be transferred to ungaged sites if they are located in the same hydrologic region. The prediction of the hydrological variables of a basin in the case of non-existent or restricted data can be improved by taking into account appropriate information from other basins, provided they are in the same hydrologic region.

Sixty watersheds three countries, Australia, Brazil and USA were used in this study to evaluate the methodology applied here. All of them were located in arid and semiarid regions. In this study, Andrews' plot was used to visualize outliers present in each homogeneous group. The outliers in each group were determined by inspection. To define Andrews' plot the six most important variables defined by correlation matrix were used. Andrews' curve could be a useful technique to locate ungaged watersheds in a set of gaged ones.