

Identificação de bacias hidrográficas com características físicas similares no Estado do Ceará, Brasil¹

Identification of homogeneous groups of watersheds in Ceará state, Brazil

Marcio Menezes Porto², Eunice Maia de Andrade³, Raimundo Nonato Távora Costa⁴,
Luís César de Aquino Lemos Filho⁵ e Marcos Meireles⁵

RESUMO

A carência de informação é um problema freqüente em estudos hidrológicos. O uso de técnicas de regionalização hidrológica possibilita a transposição de dados e informações entre bacias de características similares. Este trabalho teve por objetivo identificar e agrupar sub-bacias hidrográficas do Estado do Ceará, Brasil com características físicas homogêneas. 30 sub-bacias hidrográficas foram analisadas, sendo as mesmas agrupadas com base em suas características geomorfológicas. As variáveis usadas neste trabalho foram: área de drenagem, comprimento do rio principal, densidade de drenagem, declividade do rio principal e precipitação. Os dados de precipitação foram obtidos diretamente da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, da FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e da UFC - Universidade Federal do Ceará. Os dados físicos que caracterizam as sub-bacias foram estimados a partir de mapas na escala 1:100.000 do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (SGE). Para a identificação da similaridade, utilizou-se análise de agrupamento, aplicando-se o método Ward. Os resultados mostraram a existência de três grupos distintos, grupos I, II, e III, compostos por onze, dezesseis e três sub-bacias, respectivamente, oriundas de diferentes áreas do Estado do Ceará. As variáveis densidade de drenagem e área de drenagem foram as mais importantes na definição dos grupos.

Termos para indexação: regionalização, classificação e cluster análises.

ABSTRACT

The scarcity of hydrologic data is a problem common to all hydrological studies. Comparative hydrology has been used to transfer information from one area to another with similar characteristics. This work had for objective to define homogeneous groups of watershed in the State of Ceará, Brazil. A total of 30 sub-basins were grouped according to their geomorphologic characteristics, regarding their geographic position. Variables used in this work were: drainage area, length of the main river, drainage density, stream slope and precipitation. The precipitation data set were obtained directly from ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, from FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia and from UFC - Universidade Federal do Ceará. The geomorphologic characteristics were measured from maps published by the Geographical Service of the Brazilian Army (SGE), scale of 1:100.000. It was used a total of 68 cartographic maps. Watersheds were grouped by using cluster analysis with ward linkage method. Results showed that occurred a formation of three homogeneous sub-groups. Groups I, II and III were composed by eleven, sixteen and three sub-basins, respectively, originating from different areas of Ceará State. Drainage density and area were the most important variables in the definition of groups.

Index terms: regionalization, classification and cluster analysis.

¹ Recebido para publicação em 12/08/2003. Aprovado em 19/01/2004.

Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFC.

² Eng. Civil, M.Sc. Irrigação e Drenagem/DENA/UFC, C. Postal 12.168, CEP 60455-970, Fortaleza, CE. E-mail: marporto@bol.com.br

³ Professor Adjunto III Ph.D., Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Agrícola, C. Postal 12.168, Fortaleza, CE. E-mail: eandrade@ufc.br

⁴ Professor Adjunto IV, Dr, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Agrícola, C. Postal 12.168, Fortaleza, CE. E-mail: rmcosta@ufc.br

⁵ Estudante de Agronomia, bolsista do SIPIBIC.

Introdução

No Estado do Ceará, assim como em outras regiões áridas e semi-áridas, a carência de séries históricas é um problema comum nas análises hidrológicas. Um pequeno número de bacias instrumentadas, descontinuidade das séries, escala temporal, acuracidade e disponibilidade dos dados existentes são fatores que dificultam o trabalho dos hidrólogos no planejamento, no manejo e no uso adequado dos recursos hídricos.

Para suprir a deficiência de dados, os hidrólogos fazem uso de técnicas de regionalização hidrológica. As bases que constituem a definição de regiões hidrológicas homogêneas não implicam na existência de uma continuidade geográfica entre elas, e regiões contínuas não expressam, necessariamente, respostas hidrológicas análogas (Andrade, 1999; Hawkins, 1991). A definição de uma região homogênea está relacionada com um determinado tipo de comportamento do sistema hídrico. Na regionalização hidrológica, a homogeneidade é entendida como a semelhança na resposta hidrológica de cada região (Tucci, 1993). Segundo o mesmo autor, a regionalização é usada para identificar zonas que apresentem um comportamento semelhante e, assim, respostas hidrológicas podem ser comparadas, facilitando, desta maneira, a transferência de informações entre regiões.

Entende-se por regionalização hidrológica qualquer processo de transferência de informações de estações pluviométricas e fluviométricas de um local para outro, em geral, sem observações. Essas transferências podem abranger diretamente as séries de vazões e, ou, precipitações ou determinados parâmetros estatísticos relevantes tais como: média, variância, máximos e mínimos ou, ainda, equações e parâmetros relacionados com estas estatísticas (Fill, 1987).

Técnicas estatísticas multivariadas, como a Cluster, vêm sendo empregadas na regionalização de dados hidrológicos. Os pesquisadores Versiani e Carneiro (2001) mostraram que a análise de agrupamento tem sido usada com sucesso não só na definição de regiões, mas também na análise de frequência regional. A referida técnica agrupa as variáveis em função das similaridades ou da distância, expressando-as em forma de dendogramas (Landim, 1997).

Pelos aspectos mencionados, este trabalho tem por objetivo identificar e agrupar sub-bacias hidrográficas do Estado do Ceará com características físicas homogêneas.

Material e Métodos

Caracterização do Estado do Ceará

O Estado do Ceará está localizado no setor norte do Nordeste, aproximadamente entre as coordenadas de 2,5° S e 10° S e 34° W e 42° W, ocupando uma área de 146.817 km². Limita-se ao leste com os Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, ao sul com o Estado de Pernambuco e a oeste com o Estado do Piauí. Ao norte é banhado pelo oceano Atlântico numa extensão de 573 km. Junto ao litoral, as altitudes não ultrapassam 100 metros. Em direção ao interior, no entanto, o terreno passa a ter características de planalto. Trata-se de parcela do Planalto Nordestino, uma das unidades do Planalto Atlântico, cuja monotonia é quebrada em certos pontos, por blocos elevados de rochas mais resistentes, entre os quais se destaca a Serra de Baturité, com altitudes que chegam a mais de 1000 metros. Esse complexo inclui a Serra Grande ou Chapada da Ibiapaba, a oeste; a Chapada do Araripe, ao sul; e a Chapada do Apodi, a leste. As regiões meridional e centro-oriental são drenadas pelo rio Jaguaribe, o maior do Estado. Ao norte, destaca-se o rio Acaraú. Encontram-se ainda entre os mais importantes do Estado, os rios Salgado, Conceição, Acaraú, Banabuiú, Trussu, Pacoti e Piranji (Iplance, 1998).

Clima

O Estado do Ceará acha-se imerso no semi-árido nordestino, exceção feita a algumas áreas sub-úmidas situadas em maciços montanhosos; e áreas litorâneas. As condições climáticas do Estado se expressam por elevadas temperaturas, baixos índices de nebulosidade, forte insolação, elevadas taxas de evaporação e pela marcante irregularidade das chuvas no tempo e no espaço. Conforme a classificação de Köppen, o Ceará possui o clima do tipo BSw'h', clima quente e semi-árido com chuvas de outono e temperatura média sempre superior a 18°C.

Vegetação

Segundo o Iplance (1998), podem ser destacados, no Ceará, nove tipos de vegetação. A de maior representatividade é a vegetação xerófila das caatingas, revestindo os aplainamentos sertanejos, os serrotes, as serras secas e vertentes ocidentais das serras úmidas. O tipo de vegetação florestal aparece

em algumas áreas condicionadas pelas vertentes, decorrência de precipitações orográficas ou de ressurgência de água. Indicativa de maior potencial para a produção agrícola em termos de clima e solo, essa vegetação ocupa, no entanto, setores com fortes impedimentos às atividades humanas: topos e vertentes íngremes.

Precipitação

As chuvas do Estado do Ceará podem ser caracterizadas principalmente pela má distribuição temporal e espacial, fenômeno que se agrava bastante durante os anos mais secos.

Os valores médios mensais de precipitação apresentados por Porto et al. (2002), são mostrados na Figura 1. Pode-se observar uma marcante irregularidade das chuvas ao longo do ano com uma distribuição unimodal.

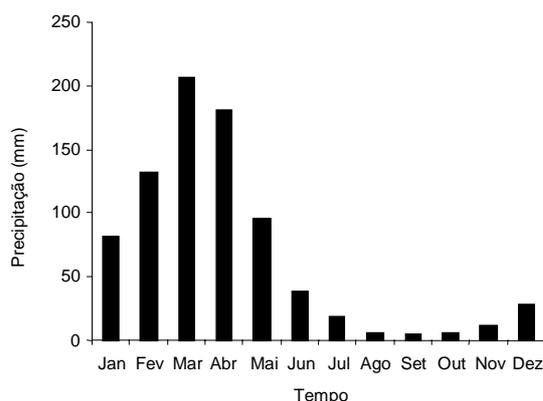


Figura 1 - Precipitação média mensal do Estado do Ceará (Porto et al., 2002).

Vale destacar que a precipitação costuma concentrar-se em alguns meses do ano hidrológico, entre janeiro e junho. Os meses restantes constituem um período praticamente seco, representando pequeno percentual de toda a precipitação pluviométrica anual. Segundo o Iplance (1998), a precipitação média do Estado do Ceará é de 775mm. Os dados de precipitação utilizados no estudo da regionalização foram obtidos diretamente da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, da FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e da UFC - Universidade Federal do Ceará.

Variáveis geomorfológicas

O trabalho foi realizado tendo como base trinta sub-bacias do Estado do Ceará (Tabela 1). Os dados físicos que caracterizam as sub-bacias em estudo foram estimados a partir de mapas na escala 1:100.000 do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (SGE) obtidos na SUDENE, em um total de 68 folhas cartográficas. A opção por trabalhar com mapas, na escala acima citada, decorre do fato de que eles apresentam maiores detalhes, principalmente, no que concerne a variáveis como a densidade de drenagem e o comprimento dos cursos d'água.

O critério utilizado na seleção das variáveis teve como base, primeiro, o fato de que as características geomorfológicas da bacia são importantes para a definição do comportamento hidrológico da mesma (Andrade e Hawkins, 2000) e, depois, a facilidade de obtenção de tais informações nos mapas.

Os dados de interesse foram determinados para cada sub-bacia, sendo constituídos das seguintes variáveis geomorfológicas: área de drenagem (AD), comprimento do rio principal (Cr), densidade de drenagem (Dd) e declividade do rio principal (Dr).

Identificação de regiões homogêneas

A identificação de regiões com características físicas homogêneas foi realizada através de análise de agrupamento dos dados levantados, assumindo-se a hipótese de que regiões semelhantes independem da continuidade geográfica.

Outro ponto a destacar por ocasião da definição de grupos de sub-bacias fisicamente homogêneas é que similaridade entre as variáveis é extremamente dependente da escala e das unidades em que as mesmas são expressas (Andrade, 1997). Os erros devido às escalas e as unidades das variáveis selecionadas foram negligenciados fazendo-se a normalização dos dados ($\mu=0$, $\sigma^2=1$), através da seguinte relação:

$$Y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{S_i} \quad (1)$$

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 1 - Relação das sub-bacias que compõem o estudo.

Sub-bacias	Código	Latitude	Longitude
Moraújo	35125000	-03:27:53	-040:41:05
Granja	35170000	-03:07:15	-040:49:15
F. Cajazeiras	35210000	-03:07:00	-040:50:00
Várzea do Grosso	35235000	-03:10:00	-040:22:00
Trapiá	35240000	-04:11:42	-040:19:04
F. Paraná	35250000	-04:20:00	-040:10:00
Groairas	35260000	-04:05:49	-040:07:35
Ararius	35263000	-03:54:32	-040:22:48
Amontada	35370000	-03:53:32	-040:36:11
São. L. do Curu	35570000	-03:47:00	-040:31:00
Sítios Novos	35650000	-03:47:00	-040:31:00
Umarituba Ponte	35668000	-03:42:00	-040:20:00
Caio Prado	35830000	-03:42:00	-040:20:00
Chorozinho	35880000	-03:42:00	-040:31:00
Cristais	35950000	-03:46:00	-040:27:00
Armeiroz	36020000	-06:19:26	-040:09:38
Malhada	36045000	-06:20:00	-040:09:00
Sítio Conceição	36110000	-06:58:00	-040:20:00
Iguatu	36160000	-06:31:14	-039:38:19
Sítio Poço Dantas	36125000	-06:38:44	-039:57:34
Carius	36130000	-06:34:00	-039:52:00
Senador Pompeu	36470000	-06:34:00	-039:30:00
Quixeramobim	36520000	-06:34:00	-039:31:00
Morada Nova	36580000	-06:33:30	-039:30:33
Alto Santos	36370000	-06:31:00	-039:32:00
Tabuleiro do Norte	36390000	-07:07:00	-039:46:00
Jaguaribe	36320000	-06:31:00	-039:32:00
Missão Velha	36210000	-06:31:00	-039:32:00
L. da Mangabeira	36270000	-06:32:00	-039:32:00
Icó	36290000	-06:31:00	-039:32:00

Para a identificação dos grupos de sub-bacias que expressassem uma maior similaridade utilizou-se a análise de agrupamento, através do software SPSS 10.0. Quando se aplica análise de agrupamento com o propósito de se identificar regiões similares, é muito importante a escolha do número de grupos a serem formados e do algoritmo a ser usado. O método utilizado para a definição dos grupos foi o método Ward e a medida da distância adotada foi a euclidiana (Norusis, 1990).

O dendograma gerado pela análise fundamentou-se nas variáveis (área de drenagem, comprimento do rio principal, densidade de drenagem e precipitação).

O coeficiente de variação de todas as variáveis analisadas foi calculado para fins de uma análise comparativa e uma avaliação da variabilidade

em cada grupo. Na definição dos grupos, empregou-se a técnica subjetiva sugerida por Everitt (1993), na qual permite um considerável grau de liberdade na escolha do número de grupos em função do resultado que se deseja alcançar.

Davis (1986) afirma que a técnica classificatória da análise de agrupamento pode ser utilizada quando se deseja explorar as similaridades entre variáveis, definindo-os em grupos. No entanto, este autor ressalta a flexibilidade do método na definição dos grupos. Esta flexibilidade, também, é considerada por Everitt (1993) e Gnanadesikan (1997), entre outros autores, citado por Andrade (1999), como sendo um ponto subjetivo da técnica, uma vez que tal fato permite um considerável grau de liberdade ao usuário para definir o número de grupos em função do resultado que se deseja alcançar. Para se

minimizar a subjetividade do método, seguiu-se a técnica proposta por Everitt (1993). O número de grupos a ser definido depende do maior ou menor grau de homogeneidade que se deseja impor ao grupo formado. No caso de bacias hidrográficas, se cada objeto for examinado com alta precisão, poderá ser definido que cada bacia é única como consequência de sua geomorfologia, de suas características climáticas e do tipo de solos presentes na bacia. Porém, o objetivo do uso da análise de agrupamento neste trabalho foi desenvolver uma classificação que reconhecesse as semelhanças básicas entre as bacias analisadas, ou seja, o agrupamento visava entender a bacia hidrográfica como um todo. Assim, as sub-bacias estudadas foram agrupadas em três distintos grupos.

Resultados e Discussão

Dados físicos

As características físicas das sub-bacias do presente estudo são apresentadas na Tabela 2. A densidade de drenagem indica a quantidade de quilômetros de curso d'água para cada quilômetro quadrado, a qual variou de 0,14 à 1,08. A densidade de drenagem de uma bacia é um bom indicativo da eficiência da drenagem (Garcez e Alvarez, 1988). Vilella e Mattos (1977) afirmam que a densidade de drenagem varia de 0,5 km km⁻² para bacias com drenagem pobre a 3,5 km km⁻² para bacias bem drenadas. Assim, os resultados demonstram que as bacias hidrográficas do Ceará apresentam uma rede de drenagem deficiente, típica de regiões semi-áridas.

Tabela 2 - Variáveis físicas utilizadas na caracterização das sub-bacias.

Sub-Bacias	AD (km ²)	Cr (km)	Dr (%)	Dd (km km ⁻²)
Moraújo	1650	75	0,979	0,29
Granja	3720	149	0,528	0,25
F. Cajazeiras	1550	120	0,575	0,61
V. Grosso	5950	150	0,467	0,36
Trapiá	1520	95	0,624	0,35
F. Paraná	2380	105	0,655	0,38
Groairas	2700	155	0,485	0,42
Ararius	600	48	1,685	1,08
Amontada	2800	122	0,485	0,33
São Luís do Curu	7100	121	0,529	0,32
Sítios Novos	430	63	1,121	0,28
Umarituba Ponte	500	74	0,958	0,28
Caio Prado	1755	80	0,788	0,2
Chorozinho	4050	162	0,441	0,14
Cristais	2000	90	0,193	0,27
Arneiroz	7980	124	0,215	0,82
Malhada	3578	108	0,481	0,72
S. Conceição	2250	122	0,487	0,53
Iguatu	21000	264	0,146	0,43
Sítio Poços Dantas	3700	139	0,403	0,83
Carius	5718	127	0,449	0,78
Senador Pompeu	5200	142	0,246	0,66
Quixeramobim	7100	126	0,397	0,62
Morada Nova	17900	252	0,254	0,36
Alto Santos	44500	452	0,115	0,37
Tabuleiro do Norte	48200	496	0,108	0,55
Jaguaribe	39000	389	0,125	0,39
Missão Velha	1903	30	2,013	1,02
L. da Mangabeira	8400	126	0,573	0,85
Icó	12000	176	0,463	0,51
C.V. (%)	144,22	71,03	76,34	49,50

Identificação de regiões homogêneas

O resultado obtido através do modelo de agrupamento é apresentado na Figura 3, na qual

visualiza-se através de um dendograma a formação de três grupos de sub-bacias homogêneas.

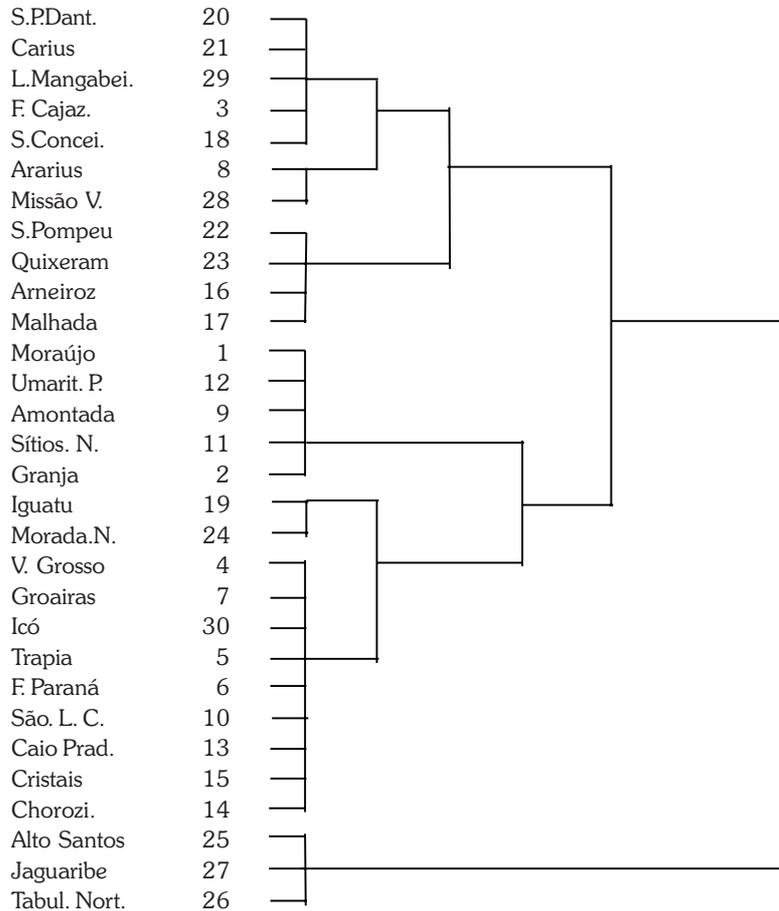


Figura 3 - Agrupamento de todos os postos (dendograma).

O dendograma, ou esquema que representa a formação do agrupamento (Figura 3), não informa por si só o número de grupos a ser formado; ficando esta definição à escolha do usuário.

As sub-bacias estudadas foram agrupadas em três distintos grupos, os quais são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5.

O Grupo I foi composto por onze sub-bacias oriundas de diferentes áreas do Estado do Ceará e o Grupo II por dezesseis sub-bacias também originárias de diferentes zonas dentro da área em estudo, demonstrando dessa forma que a similaridade das regiões hidrográficas do Estado do Ceará inde-

pendem da continuidade geográfica das mesmas; uma vez que em um mesmo grupo se inserem sub-bacias de regiões distintas.

Após a definição dos grupos, observou-se, no caso do Grupo I, uma redução nos valores dos coeficientes de variação das variáveis área de drenagem, comprimento do rio principal e densidade de drenagem, comparativamente aos valores dos coeficientes de variação, ao se considerar todas as sub-bacias (Tabela 2). Os menores valores de coeficiente de variação em cada Grupo, expressa uma maior similaridade entre os constituintes do Grupo. Observa-se, também, que o Grupo I é formado por sub-

bacias com densidade de drenagem maior que 0,53 km km⁻², sendo que 66% delas possuem densidade de drenagem maior que 0,7 km km⁻². Assim, acredita-se que referido Grupo seja formado por canais de

nascentes. O grupo I foi basicamente composto por sub-bacias com área de drenagem entre 600 km² e 8400 km², com precipitação média anual variando entre 638 mm e 976 mm.

Tabela 3 - Características físicas e precipitações nas sub-bacias do Grupo I.

Sub-Bacias	AD (km ²)	Cr (km)	Prec.(mm)	Dd (km km ⁻²)
F. Cajazeiras	1550	120	949,1	0,61
Ararius	600	48	786,7	1,08
Arneiroz	7980	124	638,2	0,82
Malhada	3578	108	655,9	0,72
S. Conceição	2250	122	976,0	0,53
Sítio Poços Dantas	3700	139	976,0	0,83
Carius	5718	127	968,8	0,78
Senador Pompeu	5200	142	730,8	0,66
Quixeramobim	7100	126	700,0	0,62
Missão Velha	1903	30	854,4	1,02
L. Mangabeira	8400	126	889,1	0,85
C.V. (%)	61,96	33,16	15,98	22,07

Tabela 4 - Características físicas e precipitações nas sub-bacias do Grupo II.

Sub-Bacias	AD (km ²)	Cr (km)	Prec.(mm)	Dd (km km ⁻²)
Moraújo	1650	75	1061,7	0,29
Granja	3720	149	1190,9	0,25
V. Grosso	5950	150	845,1	0,36
Trapiá	1520	95	709,0	0,35
Fazenda Paraná	2380	105	753,5	0,38
Groaíras	2700	155	845,1	0,42
Amontada	2800	122	1083,7	0,33
São Luís do Curu	7100	121	724,3	0,32
Sítios Novos	430	63	936,4	0,28
Umarituba Ponte	500	74	1012,3	0,28
Caio Prado	1755	80	800,4	0,20
Chorozinho	4050	162	839,6	0,14
Cristais	2000	90	824,6	0,27
Iguatu	21000	264	854,4	0,43
Morada Nova	17900	252	745,7	0,36
Icó	12000	176	793,4	0,51
C. V. (%)	113,4	44,95	16,16	28,16

Tabela 5 - Características físicas e precipitações nas sub-bacias do Grupo III.

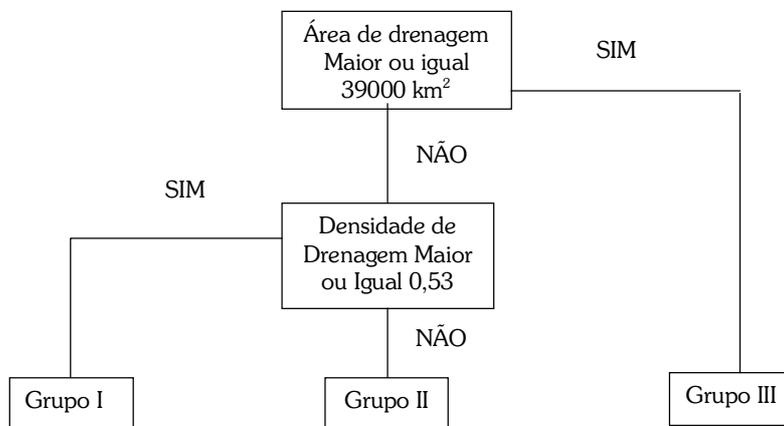
Sub-Bacias	AD (km ²)	Cr (km)	Prec.(mm)	Dd (km km ⁻²)
Alto Santos	44500	452	772,6	0,37
Tabuleiro do Norte	48200	496	744,5	0,55
Jaguaribe	39000	389	741,6	0,39
C. V. (%)	10,54	12,07	2,27	22,60

Já no Grupo II, a densidade de drenagem varia entre 0,14 e 0,51 km km⁻², apresentando dessa forma valores menores e bem distintos que o Grupo I. Denota-se daí que a variável densidade de drenagem foi determinante na formação dos grupos I e II. Embora o Grupo II tenha sido formado por áreas de drenagem entre 430 km² e 12000 km², duas sub-bacias (Morada Nova e Iguatu), apresentam áreas de drenagem superior a 12000 km², fato este que pode justificar o elevado coeficiente de variação da referida variável. A precipitação média anual do Grupo II varia entre 745 mm e 1191 mm.

O Grupo III foi o que expressou uma maior similaridade, pois a variabilidade diminuiu em todas as variáveis analisadas. Por exemplo, o coeficiente de variação da área de drenagem foi de 144,22% para todas as sub-bacias conjuntamente, no entanto foi de apenas 10,54% para as sub-bacias que compõem o Grupo III. Este comportamento implica, mais uma vez, que as variáveis área de drenagem e densidade de drenagem, dão um suporte na delimitação do Grupo. Em estudos realizados com as sub-bacias do litoral do Ceará, Andrade et al. 2001 observaram que a variável área de drenagem se

constituiu na mais importante para a definição dos Grupos.

O presente estudo demonstra que a técnica de agrupamento (cluster), entre outras, poderá vir a ser de grande aplicabilidade na identificação de sub-bacias com características físicas similares, subsidiando estudos de regionalização de dados hidrológicos. Uma vez definidos os grupos similares com base, principalmente, em suas características geomorfológicas; as relações de uma bacia instrumentada presente no grupo com as demais não instrumentadas pertencentes ao mesmo grupo poderão ser estabelecidas, e assim a transferência de dados hidrológicos entre regiões ocorrerá com base na similaridade existente entre as mesmas. Tomando-se como base os resultados obtidos neste trabalho, elaborou-se um fluxograma, Figura 4, para que bacias não instrumentadas possam ser enquadradas em um determinado grupo homogêneo. A decisão de como se definir o grupo a que pertence uma determinada sub-bacia será implementada com o conhecimento de apenas duas variáveis (área de drenagem e densidade de drenagem) as quais são facilmente determinadas através de mapas.

**Figura 4** – Fluxograma para decisão de escolha de um novo posto.

Conclusões

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- A análise de agrupamento permitiu a identificação de três Grupos distintos constituídos por sub-bacias hidrográficas do Estado do Ceará que não apresentam continuidade territorial, indicando assim que Grupos hidrologicamente homogêneos são delimitados independentemente de sua posição geográfica;
- A técnica de análise de agrupamento se mostrou factível e eficiente na identificação e no agrupamento de sub-bacias hidrográficas com características físicas homogêneas;
- As variáveis densidade de drenagem e área de drenagem se mostraram como as mais importantes na definição dos Grupos.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, E.A. **Regionalization of Average Annual Runoff Models for Ungaged Watersheds in Arid and Semiarid Regions**. 1997. 192f. Tese (Watershed management), The University of Arizona, Tucson, Arizona, USA.
- ANDRADE, E.A. Regionalization of small watersheds in arid and semiarid regions: cluster and andrews' curve approaches. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n.4, p. 38-49, jan. 1999.
- ANDRADE, E.A.; HAWKINS, R.H. Aplicação da função de andrews na avaliação da regionalização de bacias em regiões áridas e semi-áridas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.5, n.4, p. 17-24, out. 2000.
- ANDRADE, E.A.; COSTA, R.N.T; SOUZA, I.H, AQUINO, L.C.; OLIVEIRA, M.S. Regionalização de bacias hidrográficas na região litorânea do Estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., Aracaju, 2001. **Anais...** Aracaju: vídeo congress. CD-ROM
- DAVIS, B.M. **Estimation using spatially distributed multivariate data: an example with coal quality: math. geology**, 3 ed. New Mexico: McGraw-Hill, 1986. Volume II. 340 p.
- EVERITT, B.S. **Cluster analysis**. Third ed. New York, John Wiley, 1993. 170p.
- FILL, H.D. Informações hidrológicas. In: **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo, Nobel/ABRH, 1987. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).
- GARCEZ, L.N; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1988. 62p.
- GNANADESIKAN, R. **Methods for statistical data analysis of multivariate observations**. 1 ed. New York, John Wiley e Son, 1997. 313p.
- HAWKINS, R.H. 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. 1991.
- IPLANCE. **Atlas do Ceará**. Fortaleza, 1998.
- KIM, K, HAWKINS, R. H. Classification of environmental hydrologic behaviors in the northeastern United States. **Water Resource Bulletin**, Flagstaff, AZ v.29, n.3, p. 449-59. 1993.
- LANDIM, P. M. **Análise estatística de dados geológicos multivariados**. São Paulo: UNESP, 1997. (Relatório de Pesquisa).
- NORUSIS, M.J. **Spss base system user's guide**. Chicago, 1990. 520p.
- PORTO, M. M, ANDRADE, E.A, TEXEIRA, A . S. Emprego do arcview na definição das regiões de precipitações homogêneas para o Estado do Ceará In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 6. 2002, Maceió, 2001. **Anais...** vídeo congress. CD-ROM.
- TUCCI, C. E. M. Regionalização de vazões. In: TUCCI, C. E. M, **Hidrologia**. 1 ed, Porto Alegre, EDUSP, ABRH, 1993. p. 573-611 (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 4).
- VILLELA, S.M, MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. 2 ed, São Paulo: McGraw-Hill, 1977. 247p.
- VERSIANI, B. R, CARNEIRO, M. F. Identificação de regiões homogêneas na análise regional de precipitação e de vazões máximas na bacia do rio São Francisco (Minas Gerais) **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.6, n.3, p.67-80, 2001.