

de Souza, Amaury; de Brito Fontenele, Sávio; Garcia Oliveira, Ana Paula; Lastoria, Giancarlo; Gabas, Sandra; Dias, Celina

Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Negro, MS

Ciência e Natura, vol. 35, núm. 2, 2013, pp. 176-189

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467546171018>

Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Negro, MS

Similarity of the quality of surface waters of the Rio Negro watershed, MS

Amaury de Souza¹, Sávio de Brito Fontenele², Ana Paula Garcia Oliveira³,
Giancarlo Lastoria⁴, Sandra Gabas⁵, Celina Dias⁶

^{1, 3, 4, 5, 6}Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande – Mato Grosso do Sul, Brasil,

²Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará, Brasil,

Resumo

Para investigar a similaridade em escala espacial e temporal da qualidade das águas da micro-bacia do pantanal do rio Negro empregou-se a análise de agrupamento e análise fatorial. As amostras simples de água foram coletadas em seis pontos (georreferenciados) nos anos de 2008 a 2012. Foram avaliados os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos sedimentáveis (SSd), turbidez (Tz), temperatura da água e do ar (T), metais. A redução dos dados pela análise por componentes principais resultou em três componentes, com valores próprios, os quais explicam até 89,9% da variância total, sendo a primeira componente com 31,2%, a segunda componente com 30,3%, a terceira componente com 28,4. A variabilidade das componentes pode ser usada para indicar o processo hidrodinâmico que controla a qualidade das águas, sem perda de características significativas. A análise de agrupamento hierárquico formou quatro grupos distintos, sendo determinantes os tipos e concentrações dos sais analisados. A qualidade de água da microbacia é influenciada, principalmente, por dois fatores: fontes pontuais de poluentes e a sazonalidade climática.

Palavras-chave: Análise de agrupamento. Fontes de poluição. Sazonalidade climática.

Abstract

To investigate the similarity in spatial and temporal scale of water quality of the micro-basin wetland river Negro, it was employed a cluster analysis and a factor analysis. The single samples of water were collected at six points (georeferenced) in the years 2008-2012. We evaluated the following parameters: dissolved oxygen (OD), hydrogen potential (pH), electrical conductivity (CE), total dissolved solids (SDT), settleable solids (SSd), turbidity (Tz), water temperature and air (T) metals. The data reduction by principal component analysis yielded three components with eigenvalues, which explain up to 89.9% of total variance, the first component with 31.2%, the second component with 30.3%, the third component with 28.4. The variability of the components can be used to indicate the hydrodynamic process which controls the water quality without loss of significant features. The hierarchical cluster analysis formed four distinct groups, determining the types and concentrations of salts analyzed. The water quality of the watershed is mainly influenced by two factors: point sources of pollutants and climatic seasonality.

Keywords: Cluster analysis. Sources of pollution. Climatic seasonality.

Recebido em: 2013-10-15, Aceito em: 2013-10-26

1. Introdução

Hidrograficamente, o Pantanal faz parte da bacia do Paraguai, que é formada por cerca de 175 rios. O rio homônimo, com 1.400 km de extensão em território brasileiro, e seus principais afluentes (São Lourenço (670 km); Miranda (490 km), Taquari (480 km)) assim como rios de menores extensões (Apa (300 km) e Negro (527 km)), formam a rede hidrográfica de todo o complexo pantaneiro.

O Pantanal é uma imensa planície de áreas alagáveis com altitudes que não vão além dos 200 metros acima do nível do mar. A declividade, quase nula, de 6 a 12 cm/km no sentido leste-oeste e de 1 a 2 cm/km no sentido norte-sul, favorece as inundações que se propagam de norte para o sul e de leste para o oeste. Ao contrário dos brejos, as águas do Pantanal estão em constante movimento, variando com a sazonalidade regional (cheia e seca). O rio Paraguai, circundado pelo Planalto Brasileiro (a leste) e, mais ao longe, pela Cordilheira dos Andes (a oeste), acaba vertendo suas águas para o Pantanal nas épocas de cheia.

Nos últimos anos, vários estudos têm sido realizados com o intuito de investigar problemas relacionados à redução da qualidade da água, levando a identificação das fontes poluidoras e a elaboração de propostas para o seu controle (Franco e Hernandez, 2009; Silva et al., 2009; Rocha et al., 2010).

A crescente poluição dos recursos hídricos causada por diversas fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, industriais e a carga difusa urbana e agrícola, vem comprometendo o uso desses recursos para os seus diversos fins. Cada uma dessas fontes possui características próprias quanto aos poluentes. Dessa forma, a avaliação e o monitoramento qualitativo e quantitativo da água são fundamentais para acompanhar o comportamento dos parâmetros físico-químicos, além de fornecer subsídios para avaliar as condições do manancial e contribuir com informações para tomada de decisões no gerenciamento dos recursos hídricos (Figueirêdo, 2008).

O estudo em bacias hidrográficas urbanas e rurais é imprescindível quando se busca o equilíbrio entre a exploração de recursos naturais e a sustentabilidade ambiental. O processo evolutivo de uso e ocupação de tais áreas se manifesta de maneira desordenada, impulsionado pelo crescimento acelerado da população, expansão agrícola e intensa urbanização. Isso traz graves e irreversíveis modificações ambientais na dinâmica natural dos ecossistemas associados a essas áreas (Silva et al., 2006).

Esse problema pode ser observado em diversas bacias hidrográficas, indicando a necessidade de estudos integrados que contemplam a compreensão do

funcionamento básico dessas bacias, e gerando subsídios para programas de monitoramento qualitativo e quantitativo da água em recursos hídricos localizados próximos a centros urbanos (Fontenele et al., 2011).

Sabe-se que as alterações nas características das águas superficiais estão relacionadas ao uso e à ocupação do solo na bacia de drenagem, à cobertura vegetal e, principalmente, aos diversos tipos de ação antrópica existente (Araújo, 2000). Portanto, o monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, que funciona como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos recursos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental. De acordo com Coimbra et al., (1999), com o monitoramento qualitativo se constrói a base para decisões de caráter múltiplo e integrado dos recursos hídricos, de forma a minimizar os impactos ambientais e possibilitar a avaliação conjunta das características da água, em conformidade com os usos estabelecidos ou, definir projetos de recuperação e identificação do grau de poluição existente.

Os corpos d'água da bacia do rio Negro são fontes hídricas para atividades agropecuárias e recarga de aquíferos. Desse modo, torna-se oportuno obter informações para gestão dos recursos hídricos locais, considerando usos, impactos e a sazonalidade climática do pantanal sul-mato-grossense. E assim, interpretar a influência dos fatores naturais e antrópicos na qualidade de água desse corpo hídrico nas escalas espacial e temporal.

Aplicou-se a análise de agrupamento para avaliar a similaridade em escala temporal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Negro e verificar a influência das fontes de poluição pontuais e/ou difusas ao longo deste corpo hídrico.

2. Materiais e métodos

2.1. Descrição da área

A sub-bacia do rio Negro está localizada na região central do Estado de Mato Grosso do Sul, entre as coordenadas geográficas: latitude 18°00'00" e 20°30'00" S, longitude 54°30'00" e 57°30'00" W. Sua área de drenagem é de 34.948 km² e seu principal constituinte é o próprio rio Negro (527 km de extensão) (PERH, MS, 2009). Suas nascentes estão na serra de Maracaju e serra Negra, numa altitude de 400 metros. Pode ser classificado como rio de planalto no trecho que corre paralelo às escarpas das serras de Maracaju e Negra, com leito rochoso provido de saltos e corredeiras e como rio de planície, quando adentra na

depressão do Pantanal. Na época de estiagem, ele se segmenta, alternando com épocas de cheias quando extravasa, formando grandes áreas alagadas, com uma paisagem de inúmeras lagoas temporárias de pequenas dimensões.

A rede hidrográfica é formada pelos rios Negro, do Peixe, Negrinho, Crimioso e Taboco, pelos córregos do Garimpo, Anhuma, do Acampamento, Branco, Mimoso e Baguaçu, pelas vazantes do Castelo, do Brejão, Grande, Mangabal, Santa Clara e Alegria e pelo corixo Vermelho (PERH-MS, 2009).

Os solos predominantes são dos grupos Podzólico eutrófico e Solódicos, Vertissolo, uma estreita faixa de Areias Quartzosas Hidromórficas, Areais Quartzosos distróficos e Podzol Hidromórfico e, ainda, Glei pouco Húmico eutrófico. A vegetação é natural e exótica, com maior ênfase para as Savanas, nas seguintes formações: Arbórea Densa, Savana Parque sem Floresta-de-Galeria e a Savana Gramíneo-Lenhosa. Fazem parte dessa sub-bacia seis municípios: Corumbá, Aquidauana, Rio Verde de Mato Grosso, Rio Negro, Corguinho e Dois Irmãos do Buriti com uma população de 190.409 habitantes (PERH-MS, 2009; IBGE, 2012).

A economia está ligada quase que na sua totalidade à pecuária. As indústrias que predominam são do ramo de laticínios e matadouros. Rio Negro, Rio Verde de Mato Grosso, São Gabriel do Oeste, Corguinho e Aquidauana utilizam poços artesianos; na última, o sistema é misto, rio e poço. Em relação ao esgotamento sanitário, apenas a cidade de Aquidauana possui rede instalada; Rio Verde de Mato Grosso, Rio Negro, São Gabriel do Oeste e Corguinho utilizam-se de fossas sépticas ou galerias de águas pluviais, através das quais o esgoto doméstico alcança os corpos d'água.

2.2. Parâmetros Monitorados

Os parâmetros físico-químicos¹ (OD, pH, CE, SDT, SSd, Tz, Tágua e Tar), as análises dos nutrientes totais (Fe, Na, K, Ca, Mg) e as análises de metais pesados (Cd, Pb, Cu, Hg, Zn) em cada ponto de amostragem geraram informações sobre a qualidade atual da água e as condições futuras para possibilitar o enquadramento dos corpos d'água em conformidade com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA, a Deliberação CECA/MS nº 36/2012, atualizada desde 27 de junho de 2012 a Resolução nº 91/2008 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Mato Grosso do Sul, 2012).

¹Legenda: OD = Oxigênio Dissolvido, pH = Potencial Hidrogeniônico, CE = Condutividade Elétrica, SDT = Sólidos Dissolvidos Totais, SSd = Sólidos Sedimentáveis Dissolvidos, Tz = Turbidez, T(°C) = Temperatura em graus Célsius, Fe = Ferro, Na = Sódio, K = Potássio, Ca = Cálcio, Mg = Magnésio, Cd = Cádmio, Pb = Chumbo, Cu = Cobre, Hg = Mercúrio, Zn = Zinco.

2.3. Definição dos pontos de amostragem e Coleta dos dados

A qualidade da água foi monitorada em seis pontos de amostragem distribuídos ao longo do rio Negro, onde foram realizadas medidas in loco, conforme Tabela 1. As campanhas de amostragem ocorreram no período de 2008 a 2012.

As amostras de água foram coletadas na camada superficial, utilizando os procedimentos de coleta e conservação, seguindo os padrões de higiene e controle de amostragem descrita por Agudo (1987) e Macêdo (2003). As análises obedeceram às metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) e Guia de coleta e preservação da ANA.

2.4. Aplicação de Ferramentas Estatísticas

Os dados obtidos no monitoramento foram analisados por meio de estudos estatísticos preliminares e de estatísticas básicas sugeridas por Von Sperling (2005). Com isso, foi possível fazer a organização e a caracterização do comportamento das condições de qualidade da água nas seis estações de monitoramento, que representaram diferentes condições de uso e ocupação do solo. Aplicou-se a análise de agrupamento pelo método hierárquico aglomerativo processada no software *Statistical Package for Social Sciences* – SPSS 16.0. Para eliminar os efeitos produzidos pelas diferentes escalas e unidades, padronizaram-se os dados (média igual a zero e desvio-padrão igual a um) através do método Z scores. A similaridade foi mensurada pela distância Euclidiana ao quadrado (soma dos quadrados das diferenças). O algoritmo de agrupamento aplicado foi o método Ward (soma total dos quadrados dos desvios de cada objeto em relação à medida do grupo onde o mesmo foi inserido). A escolha destes métodos se fundamentou na frequente empregabilidade dos mesmos por diversos pesquisadores para estudar a qualidade da água (FONTEENELE et al., 2011; PALÁCIO et al., 2009; ANDRADE et al., 2008; YIDANA et al., 2008).

Foi feito o agrupamento hierárquico dos dados para encontrar similaridades entre os pontos de coleta (Brogueira & Cabeçadas, 2006; Singh et al., 2005b). Em seguida foi feita a análise por componentes principais para as variáveis com o objetivo de identificar um número menor de novas variáveis (componentes) alternativas, que de algum modo sumarizassem as principais informações e a variância das variáveis originais. Estas novas variáveis geram os escores para cada componente amostral, posteriormente utilizado, para Kruskal-Wallis (Abreu, 1991; Pires, Lena & Machado, 2003).

Tabela 1. Localização, coordenadas geográficas e altitude dos pontos de coletas de dados das estações do Rio Negro.

CÓDIGO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUDE (M)
Sitio 1	Rio Negro, a montante do perímetro urbano da cidade de rio Negro.	19°12'17"S 55°02'41"W	230
Sitio 2	Rio Negro, a jusante do perímetro urbano da cidade de Rio Negro	19°21'14"S 55°00'56"W	175
Sitio3	Rio Negro, a jusante da foz do Rio Taboco.	19°39'14"S 55°57'33"W	114
Sitio 4	Rio Negro, na ponte da rodovia MS-170 (Fazenda Barra Mansa)	19°35'18"S 56°05'33"W	108
Sitio 5	Rio Negro, no pesqueiro da Fazenda Tupaceretá (Ninhal).	19°36'21"S 56°20'07"W	100
Sitio 6	Rio Negro, na ponte da rodovia MS-184 (Morro do Azeite/curva do Leque-Faz. Bau.)	19°17'08"S 57°03'21"W	88

As amostras de água foram coletadas na camada superficial, utilizando os procedimentos de coleta e conservação, seguindo os padrões de higiene e controle de amostragem descrita por Agudo (1987) e Macêdo (2003). As análises obedeceram às metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) e Guia de coleta e preservação da ANA.

2.5. Análise de componentes principais (ACP)

A ACP originou-se em 1901, quando Karl Pearson publicou um trabalho sobre o ajuste de um sistema de pontos multivariados em um plano. Pearson centrou-se naqueles componentes, ou combinações lineares das variáveis originais, para os quais a variância não explicada era mínima. Estas combinações geraram um plano, função das variáveis originais, no qual o ajuste do sistema de pontos “foi melhor”, por ser mínima a soma das distâncias de cada ponto ao plano de ajuste.

Em 1933, Hotelling formulou a ACP da forma que utilizamos nos dias atuais, seu enfoque centrava-se

na análise das componentes que sintetizam a maior variabilidade do sistema de pontos (o que justifica o nome “principal”). Inspeccionadas estas componentes, que resumem a maior proporção possível da variabilidade total entre o conjunto de pontos, pode encontrar-se um meio para classificar e detectar relações entre os pontos.

Os objetivos mais importantes da ACP são: gerar novas variáveis que podem expressar a informação contida em um conjunto de dados originais; reduzir a dimensionalidade e eliminar, quando possível, algumas variáveis originais caso carreguem pouca informação.

Neste trabalho, o objetivo da ACP consiste em transformar p variáveis originais correlacionadas (morbidade, parâmetros meteorológicos, ozônio e índice de conforto térmico) em k componentes ortogonais (não correlacionadas), sendo estas componentes combinações lineares das variáveis originais, conservando-se a variância original.

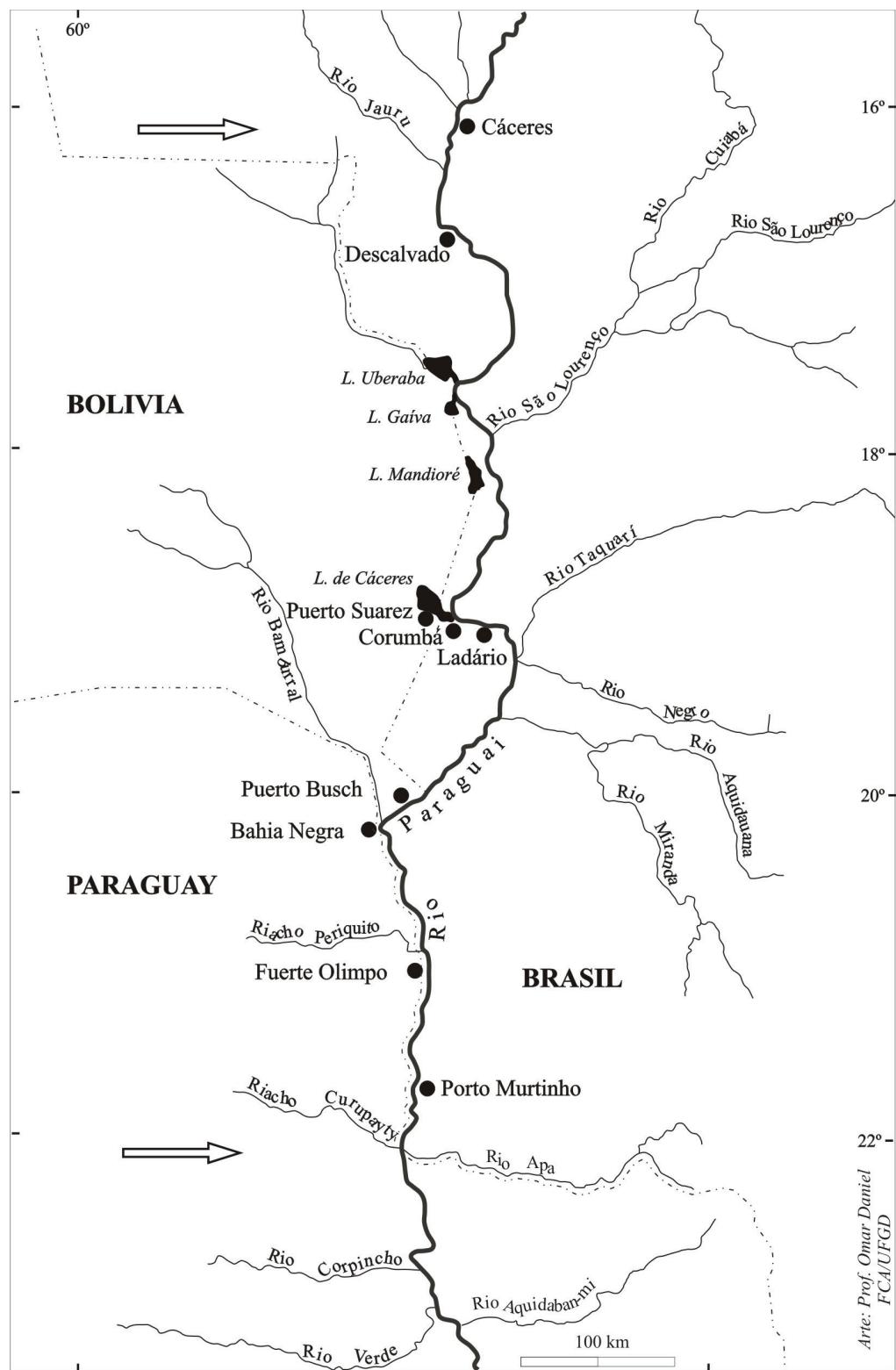


Figura 1 - Localização do rio Negro na Bacia do Alto Paraguai
Fonte: BRAZIL, Maria do Carmo. 2007.

A correlação existente entre as p variáveis indica que alguma informação contida numa variável estará também contida em alguma das outras $p-1$ variáveis. Desta forma, a ACP permite não só a redução da dimensão da matriz de dados, mas também investiga o comportamento espacial e temporal das variáveis envolvidas no problema, bem como detecta grupos de variáveis que apresentam comportamento homogêneo.

Na prática, são criados k componentes ($k \leq p$), dependentes das correlações das variáveis originais (matriz de correlações R (quadrada)), cada caracterizada por um escalar λ_k (*eigenvalue* ou *autovalor*) e um vetor $A \neq 0$ de dimensão $p \times 1$ (*eigenvector* ou *autovetor*). O valor de λ_k é a quantidade da variância explicada pelo respectivo eixo, enquanto que os *autovetores* (a_{pk}) são o cosseno do ângulo formado entre as componentes e os eixos originais.

Os *autovalores* e *autovetores* podem ser obtidos da seguinte equação:

$$(R - \lambda I)A = 0 \text{ onde } I \text{ é a matriz identidade.}$$

As componentes principais (Y) são calculadas sucessivamente. A variância total inicial só seria totalmente explicada pelo primeiro fator se as variáveis iniciais se correlacionassem de forma perfeita (r iguais a $+1$ ou -1). No entanto isto praticamente não acontece, verificando-se por isso que cada uma das k componentes explica parte da variância total inicial. A primeira componente é a que explica a maior quantidade da variância e a última é a que explica menor quantidade, uma vez que um determinado eixo k só pode explicar a variância que as componentes anteriores $k-1$ não conseguiram explicar. Deste modo, as primeiras componentes são as que geralmente apresentam maior interesse.

Convencionalmente, a solução máxima é denominada λ_1 e utiliza-se a seguinte notação, de maneira que se cumpra:

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_k \geq 0$$

Assim, como dito anteriormente, a Y_1 sintetiza a maior variabilidade possível do conjunto de dados originais, a Y_2 sintetiza a maior variabilidade residual, sujeita à condição de não correlacionada com Y_1 , e assim até a k -ésima componente.

O peso dos fatores (factor loadings), uma das mais importantes informações da ACP, é a correlação entre cada componente principal e as variáveis originais, e é calculada por:

$$r_{ykxp} = a_{pk} \sqrt{\frac{\lambda_p}{p_k}}$$

onde s_p é a variância das variáveis originais (igual a 1 quando utilizamos a matriz de correlação).

A retenção de um número k limitado de componentes explicativos de grande parte da variância total traduz-se geometricamente por uma transposição de um espaço inicial de p dimensões para um espaço de k dimensões. Este procedimento usual implica uma definição de critérios que permita estipular qual a quantidade da variância explicada que é importante. Um dos critérios mais comuns é a retenção das componentes cujos *autovalores* são iguais ou superiores a um (critério desenvolvido por Kaiser em 1960). Isto significa que não são retidos os fatores que não expliquem pelo menos a quantidade de variância equivalente à explicada por cada uma das variáveis originais.

É possível fazer rodar cada um dos novos eixos para novas posições, otimizando-as, ou seja, objetivando a maximização da variância da "nova variável" (componente). A técnica mais usual é a rotação VARIMAX (VARIance MAXimizing) Normalizada.

2.6. Métodos de Agrupamentos (Cluster)

Existem dois tipos de métodos ou algoritmos de classificação de grupos. Um é o método hierárquico, onde a partição dos grupos se dá a partir de um mínimo de grupos não definidos inicialmente, os grupos majoritários são divididos em sub-grupos minoritários agrupando aqueles indivíduos que apresentam características semelhantes. A estrutura final das classes é apresentada sobre a forma de uma árvore de classificação (dendrograma) que apresenta uma síntese objetiva dos resultados. O outro é o método não hierárquico de classificação onde o número dos grupos é definido a priori. Nos dois métodos de agrupamentos a classificação dos indivíduos em grupos distintos é feita a partir de uma função de agrupamento e de um critério matemático de agrupamento (EVERITT, 1993; WILKS, 2006).

2.7. Método de Ward

Este é um método hierárquico que utiliza a distância euclidiana para medir a similaridade ou dissimilaridade entre os indivíduos, ou seja, a distância entre os

T, 1993):

$$d_{ij} = [x_i - x_j] = \left[\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{1/2}$$

O método de Ward propõe que em qualquer fase da análise a perda de informação que resulta do agrupamento de elementos entre grupos, é medida pela Soma dos Quadrados dos Desvios (SQD) de cada ponto a média do grupo a qual pertence. (EVERITT, 1993).

$$SQD = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2$$

onde n é o número total de elementos do agrupamento e x_i é o i -ésimo elemento do agrupamento.

3. Resultados E Discussão

Na Tabela 2, estão apresentados os valores médios das variáveis analisadas para os pontos de coleta, com o respectivo desvio-padrão. Tendo a média de todas as coletas realizadas como base, não houve discrepância considerável entre a maioria dos parâmetros analisados nos 6 pontos de amostragem; contudo as variáveis CE (devido a presença de íons), e N-NH₃ apresentaram valores muito próximos nos seis sítios.

A temperatura é um parâmetro muito importante, pois pode interferir em reações químicas e bioquímicas e alterar processos biológicos que ocorrem na água. Além disso, pode afetar o crescimento microbiológico, devido a faixas ideais de temperatura (Melo et al. 1990; Pratte-Santos, 2010). Ela também pode alterar o efeito de autodepuração da água, por acelerar o metabolismo dos microrganismos aquá-

ticos e, consequentemente, aumentar o consumo de oxigênio necessário à respiração aeróbica (Vieira & Façanha, 1994).

A temperatura média da água variou de 22,6°C a 27,4°C. Esses dados expressam baixa variação de temperatura, principalmente, ao serem comparados às temperaturas do ar, que na região varia de 25,6 a 29,2°C, ou àquelas que possam propiciar elevação da taxa de crescimento biológico e/ou dissolubilidade de O₂ na água.

O pH indica a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água e pode influenciar em vários processos biológicos e químicos nos corpos d'água. Segundo Von Sperling (1995), valores elevados de pH em sistemas hídricos podem estar associados à proliferação de vegetais em geral, pois, com o aumento da fotossíntese, há consumo de gás carbônico e, portanto, aumento do pH. Segundo Almeida e Schwarzbold (2003), o pH é considerado uma das variáveis mais importantes e, ao mesmo tempo, mais difícil de interpretar, devido ao grande número de fatores que podem influenciar. O pH no rio Negro variou de 6,05 a 6,77, com um valor médio de 6,48.

Valores médios de condutividade elétrica foram encontrados 31,56 (mS cm⁻¹) variando de um máximo de 47,21 (mS cm⁻¹) a um mínimo de 18,76 (mS cm⁻¹) e podem ser explicados, segundo Sardinha et al.

Tabela 2. Estatística descritiva das médias das analise das amostras dos seis sitios de coletas

	Média	D.P	Mínimo	Máximo
T am (°C)	25,47	1,6	22,60	27,40
T ar (°C)	27,07	1,43	25,61	29,23
pH (unidades de pH)	6,48	0,22	6,05	6,77
Tz (UNT)	57,03	51,36	13,67	140,46
C.E (mS cm ⁻¹)	31,56	8,31	18,76	47,21
OD (mg L ⁻¹)	5,41	2,71	0,9	8,71
S.D.T (mg L ⁻¹)	15,44	3,89	12,04	23,89
S.S (mg L ⁻¹)	0,21	0,10	0,10	0,33
Nitratos (mg L ⁻¹)	0,01	0,01	0,00	0,02
Nitritos (mg L ⁻¹)	1,46	2,23	0,00	5,84
Cd (mg L ⁻¹)	0,34	0,33	0,00	0,97
Chumbo (mg L ⁻¹)	1,89	3,21	0,00	8,91
Fe (mg L ⁻¹)	4,17	4,64	0,10	13,82
Mg (mg L ⁻¹)	0,10	0,10	0,00	0,30
Hg (mg L ⁻¹)	2,75	3,49	0,06	10,16
Niquel (mg L ⁻¹)	9,49	5,98	0,01	19,35
Zn (mg L ⁻¹)	16,37	18,39	0,04	55,19

(2008), pelo lançamento de efluentes domésticos sem tratamento prévio nos rios. De acordo com CETESB (2009), ambientes que apresentam níveis superiores a 100 mS cm^{-1} indicam ambientes impactados. Para Esteves (1998), este parâmetro é de suma importância para ecossistemas aquáticos, pois fornecem informações significativas sobre o metabolismo aquático e o lançamento de efluentes poluidores.

Segundo a Resolução CONAMA 357/05, para rios de classe II (Rio Negro), a concentração de OD no meio deve ser superior a 5 mg L^{-1} , sendo a menor concentração observada de $0,9 \text{ mg L}^{-1}$, correspondente no sítio 4, e valor maximo de $8,71 \text{ mg L}^{-1}$ no sítio 6. Em geral, as concentrações de OD mantiveram-se constantes em todos os pontos de coleta, com média de $5,41 \text{ mg L}^{-1}$ demonstrando o grande potencial de autodepuração do corpo hídrico em análise. A relação entre temperatura e OD também fica clara, uma vez que quando ocorreu variação na temperatura alterou-se também a concentração de oxigênio, ou seja, quando a temperatura aumentou diminuiu a concentração de OD na água e vice-versa. Resultados demonstram que os despejos de águas residuais no Rio Negro, não produzem efeitos que possam alterar a temperatura da água. Em geral, a legislação vigente (Resolução CONAMA 357/05) não estabelece um valor de temperatura para classificação do rio, entretanto estabelece que a temperatura para lançamento de efluentes em um corpo hídrico não deve ultrapassar 40°C .

Almeida et. al. (2004) e Sardinha et.al. (2008) encontraram, em seus estudos, valores de oxigênio dissolvido inferiores a 4 mg L^{-1} , isso indica um provável consumo deste gás por causa do metabolismo microbiano e do excesso de matéria orgânica proveniente de efluentes domésticos, já que esses microrganismos necessitam de oxigênio para sua decomposição, o que ocasiona uma depleção do oxigênio dissolvido.

Observa-se que a qualidade das águas no rio Negro manteve-se na qualificação boa e ótima, com exceção do ponto de monitoramento localizado na ponte da Rodovia MS-184 (sítio 6), cuja qualidade se manteve, ao longo do ano, na qualificação péssima e ruim. Neste ponto de monitoramento, os valores obtidos para a concentração de OD variaram entre $0,9$ a $2,5 \text{ mg O}_2/\text{L}$. Trata-se de uma região que recebe as águas das áreas de inundação do rio Paraguai, do rio Negro, do rio Miranda, da vazante do Corixão e de toda a planície do Pantanal da Nhecolândia.

O ponto de monitoramento sítio 6 sofre a influência tanto do período de cheia do rio Paraguai quanto do período de estiagem. No período de cheia, o rio Paraguai represa as águas de toda a planície, ocasionando a inundação de toda a área de drenagem e, consequentemente, há uma expressiva depleção do

OD que chega a níveis próximos a zero. Já no período de estiagem, o rio Negro, neste ponto, está segmentado, ou seja, o rio seca em alguns trechos, formando grandes baías, geralmente eutrofizado, e, com a baixa lâmina de água, ocorrem diversas variações físicas e químicas, como o aumento da temperatura durante o dia, diminuição do OD durante a noite.

Na região de planalto, há uma boa oxigenação desse trecho do rio Negro, favorecida pelas corredeiras e quedas d'água, o que contribui para a melhoria da qualidade da água, mesmo com o aporte da carga orgânica e de nutrientes oriundos da pecuária extensiva praticada na área de drenagem deste trecho do rio Negro.

Durante o ano de 2008, alguns parâmetros se apresentaram em desconformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 e Deliberação CECA/MS 003/97 para águas de Classe 2. A turbidez apresentou desconformidade no sítio S1, com o valor de 255 UNT, e, no sítio S2, com valor de 450 UNT, ambos medidos no mês de janeiro. A legislação estabelece o valor máximo de 100 UNT. Esses valores são decorrentes da presença da matéria orgânica (esgotos) e da própria característica física (relevo) dos trechos dos rios, que propicia baixa velocidade no fluxo da água influenciando numa menor reaeração nas estações.

No trecho de planície, os pontos foz do rio Taboco, rodovia MS-170; fazenda Tupaceretá, rodovia MS-184, sofreram a influência da cheia do rio Paraguai, que represa as águas de seus tributários, inclusive do próprio rio Negro, ocasionando maior consumo de oxigênio, aumento do metabolismo e, consequentemente, maior depleção nos níveis de oxigênio dissolvido na coluna d'água. Em decorrência desse fato, em janeiro de 2009 foi observado o menor valor de oxigênio dissolvido no período de cheia ($1,7 \text{ mg O}_2/\text{L}$) no ponto rodovia MS-170. Essa baixa concentração de oxigênio dissolvido pode ser ocasionada pela maior demanda de oxigênio para oxidar a matéria orgânica oriunda da própria vegetação submersa e da carga difusa carreada pelo deflúvio superficial rural. Entretanto, no restante do período, ocorreu uma melhora nas concentrações de oxigênio com valor de $7,80 \text{ mg O}_2/\text{L}$. No trecho de planalto, mesmo apresentando boa oxigenação, foi observada diminuição na qualidade da água, em janeiro de 2009 ($4,5 \text{ mg O}_2/\text{L}$ no ponto montante da cidade de rio Negro e $4,4 \text{ mg O}_2/\text{L}$ no ponto jusante da cidade de rio Negro). Esses locais, provavelmente, sofreram a influência das últimas chuvas na Unidade de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos-UPG, que arrastaram os sedimentos depositados no solo para os cursos d'água.

A faixa de variação dos STD foi de 12 a $23,9 \text{ mg}$

L^{-1} . Estes resultados indicam a influência das atividades antrópicas, especialmente à ocupação desordenada próxima ao rio Negro. A condutividade elétrica da água multiplicada por um fator, que varia entre 0,58 a 0,75, gera uma boa estimativa dos sólidos totais dissolvidos na água (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Dentro do ciclo de cheia e seca dos rios, no recuar das águas (período de vazante), a vegetação aquática morre e dá lugar à vegetação terrestre, na maioria gramínea, que rapidamente se recompõe. Durante a enchente, a água passa a cobrir a planície gradativamente, em lâminas d'água muito rasas, deixando a vegetação submersa. Ocorre então à decomposição de toda esta matéria orgânica, proveniente das plantas aquáticas mortas e das terrestres e, à medida que aumenta o nível da inundação, os produtos da decomposição são levados para os lagos ("baias"), córregos ("corixos") e rios.

O processo de decomposição é tão intenso, que a atividade de oxidação da matéria orgânica pelas bactérias é capaz de consumir todo o oxigênio dissolvido (OD) na água e liberar o dióxido de carbono livre (CO_2 livre).

Durante a dequeada², baixas concentrações de OD (que passam de valores entre 6 e 7 mg/L e chegam até a completa anoxia ou 0,0 mg/L) e altas de CO_2 livre (sendo que os valores considerados normais, entre 5 e 10 mg/L , passam a valores $> 20 \text{ mg/L}$, chegando a atingir até 100 mg/L), são muito limitantes para os peixes, e dependendo da intensidade e tempo de duração do fenômeno pode matar toneladas de peixes.

Normalmente, na época de enchente (fevereiro, março, abril) as temperaturas são muito altas (32°C) no Pantanal, o que ajuda a acelerar o processo de decomposição. Ao entrar uma frente fria, as temperaturas caem por alguns dias e o processo de decomposição desacelera, consequentemente, a qualidade da água melhora. Ocorre sempre na subida das águas, normalmente de fevereiro a abril, quando o nível do rio Paraguai (medido na régua de Ladário-MS) passa dos 3,5m. A alteração da qualidade da água (dequeada) ocorre todos os anos. O grau de deterioração da qualidade da água depende das características do regime hidrológico de cada ano: se o volume de cheia for grande e a velocidade de inundação alta, tais processos ocorrem antecipadamente (início da enchente), de forma mais acentuada e podem durar meses. A magnitude da seca do ano anterior também interfere no processo, pois está relacionada com a quantidade de biomassa de plantas terrestres que sofrerá decomposição na cheia subsequente.

² A dequeada é um fenômeno natural, caracterizado pela alteração das características da água, como cor, odor, OD, CO_2 , pH, CE, nutrientes (N, P, C), DBO dentre outros. A temperatura é outro fator importante.

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes na massa líquida. Os sólidos com tamanho superior a 1 micron são classificados como sólidos em suspensão (SS), que são os responsáveis pelo aumento da turbidez das águas, prejudicando seus aspectos estéticos e a produtividade do ecossistema, pela diminuição da penetração da luz. Os sólidos em suspensão provêm do carreamento de solos pelas águas pluviais, devido a processos erosivos e desmatamentos na área da bacia (Vieira, 1994). Os valores de SDT não apresentaram violações durante o período de monitoramento. A Portaria no 2.914/11, do Ministério da Saúde, que determina o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano, determina uma concentração até 500 mg L^{-1} de SDT, em componentes que afetam a qualidade organoléptica, no rio Negro os valores médios foram de 15,44 com um mínimo de 12,04 e máximo de 23,89 mg L^{-1} . Nota-se que mesmo considerando o limite máximo, as águas dos corpos de águas apresentaram valores inferiores ao estipulado pelo Ministério da Saúde, sendo considerada potável quanto a esse requisito.

Os resultados das análises de metais na água mostraram elevadas concentrações de ferro (com média de 4,17 e valores máximo de 13,8 e mínimo de 0,10 mg Fe L^{-1}), ou seja, muito acima dos limites aceitáveis pela resolução CONAMA 357/05. Resultados semelhantes foram encontrados por Corbi et al. (2006) que atribuiu este fato ao tipo de solo e à falta de cobertura vegetal que servem de barreira para a lixiviação. Concentrações de Pb (média de 1,89 com mínimo de zero e máximo de 8,91) e Cd (média de 0,34 com mínimo de zero e máximo de 0,97) foram encontradas nos pontos analisados. De Paula et al. (2010) e Luiz-Silva (2006) relacionaram à fontes de contaminações antrópicas, como lançamento de efluentes e proximidade dos centros urbanos. Os resultados encontrados por estes autores corroboram com os obtidos no presente trabalho, pois os maiores valores encontrados foram nos pontos próximos a lançamentos de efluentes. Vale lembrar que o chumbo é um metal ligado à poluição, é tóxico, bioacumulativo e sem função biológica conhecida, tanto para as plantas como para os seres humanos e a exposição a esse metal pode gerar graves consequências (Cotta et al., 2006). As concentrações de Hg (média de 0,19 com mínimo de zero e máximo de 0,42) não apresentaram variação no período amostral.

O desmatamento na Bacia do Negro representa uma ameaça, pois aumenta a chance de ocorrer erosão no terreno, causando deposição de sedimento nas depressões da planície, alterando os padrões de fluxo da água e também reduzindo o número de espécies da fauna e flora do local (Bachega et al, 2009).

A redução dos dados pela análise por componentes principais resultou em três componentes, com valores próprios, os quais explicam 89,9% da variância total, sendo a primeira componente com 31,2%, a segunda componente com 30,3 %, a terceira componente com 28,4%. Ou seja, a maior parte da variabilidade e das componentes pode ser usada para indicar o processo hidrodinâmico que controla a qualidade das águas, sem perda de características significativas. Os fatores de carga são: grupo 1; Tar, Tz, CE, N, NO₃-, NO₂-, Fe, S.D., S.S.; componente 2: ST, SF, Cd, PB, Zn e Ni; componente 3: OD, pH, Pb, Mg e Hg.

No dendrograma (Figura 2), que corresponde à figura com os coeficientes de aglomeração reescalados em que o menor coeficiente corresponde a 1 e o maior a 25, fica explícito que o ponto ótimo de corte é a distância de valor logo acima de 10, após a formação dos quatro grupos.

O grupo 1 é composto basicamente por amostras da estação seca (abril, junho, julho, setembro e outubro) em todos os sítios. O grupo 2 é composto de estação intermediária entre a seca e chuvosa para os sítios S4, S5 e S6 (julho e dezembro). O grupo 3 é composto por amostras da estação chuvosa (outubro, novembro e dezembro) nos sítios S3, S4 e S5. O grupo 4 é composto por amostra da estação chuvosa (dezembro, janeiro e abril) nos sítios S1 e S2. Observa-se que os grupos foram constituídos principalmente pelos mesmos meses de coleta. Assim, pode-se afirmar que a sazonalidade teve um maior peso na definição da similaridade da qualidade das águas do que a variação espacial. SINGH et al. (2004), monitorando oito pontos para avaliar a variação temporal/espacial da qualidade das águas do rio Gomti no norte da Índia, verificaram que os pontos de coleta poderiam ser reduzidos para três.

O grupo 1 foi formado pelas amostras da época seca de todos os pontos amostrados, demonstrando a concentração dos sais ao longo do tempo, causado pela evaporação das águas dos rios. A poluição deve ser proveniente da carga orgânica e inorgânica procedente da cidade de Rio Negro. Acredita-se que esses valores devem ser muito mais elevados durante a época do plantio quando então os perímetros agrícolas necessitam de muito mais proteção contra as pragas. Esclarece-se também que no relatório da OEA (2004) está explícito que seus técnicos detectaram a presença dos elementos supramencionados, bem como de poluentes orgânicos persistentes – POPs, respectivamente: DDT, aldrin, dieldrin, e endrin em níveis preocupantes nas águas superficiais, na amplitude dos mesmos elementos analisados em 1971 e 2004, tem-se que as águas superficiais vêm sofrendo um

processo constante de poluição conforme observado nos estudos do IMAP de 2000 e 2002.

O grupo 2 foi composto por águas que apresentaram os maiores valores de nitrato e fosfato, indicando que nessa época a ação antrópica é determinante para a qualidade da água na área, tendo em vista que esse grupo foi formado pelas amostras de água coletadas no mês que corresponde ao período de ocorrência das maiores chuvas e, consequentemente, promoveram a lavagem e o carreamento dos nutrientes para os corpos hídricos nos sítios S4, S5 e S6.

Os atributos determinantes do grupo 3 foram Pb, Mg e Hg, sítios S1, S3, S4 e S5. Ele apresentou as maiores médias para Pb, Mg e Hg em relação a todos os outros grupos. Esse fato evidencia que o teor de salinidade presente na área é mais elevado e que as chuvas anteriores não haviam sido suficientes para promover uma intensa lavagem dos solos. Quando ocorreram as maiores chuvas, a lavagem do solo foi realizada carreando os nutrientes para o rio. O grupo 3 apresentou qualidade de água inferior aos demais, e esse fato pode ser explicado pela localização dos sítios nas proximidades e a jusante da cidade, não possuir sistema de tratamento de esgoto, tendo seus dejetos depositados em fossas rudimentares e o lixo colocado em amontoados a céu aberto. Também contribui para que o grupo 3 tenha esse status o fato de representar águas que drenam solos no pantanal (composição química e, sobretudo, nível de concentração), está claramente relacionada com a natureza do substrato local, especificamente a natureza da rocha e o tipo de solo.

O grupo 4 (sítios S1 e S2) foi composto por águas que apresentaram os maiores valores de S.D. T e S.D, indicando que nessa época a ação antrópica é determinante para a qualidade da água na área, tendo em vista que esse grupo foi formado pelas amostras de água coletadas no mês correspondente ao período de ocorrência das maiores chuvas e, consequentemente, promoveram a lavagem e o carreamento dos nutrientes para os corpos hídricos.

Os métodos multivariados permitiram a identificação e avaliação das fontes espaciais e temporais de variação que afetam a qualidade do corpo hídrico. A poluição orgânica origina-se dos efluentes municipais despejados no rio Negro e que os efeitos temporais estão associados a variações na vazão que ocasiona a diluição de poluentes e, portanto, variações na qualidade da água. Além disso, a Análise de Agrupamentos gerou uma classificação significativa das amostras do rio, identificando quão poluídas eram.

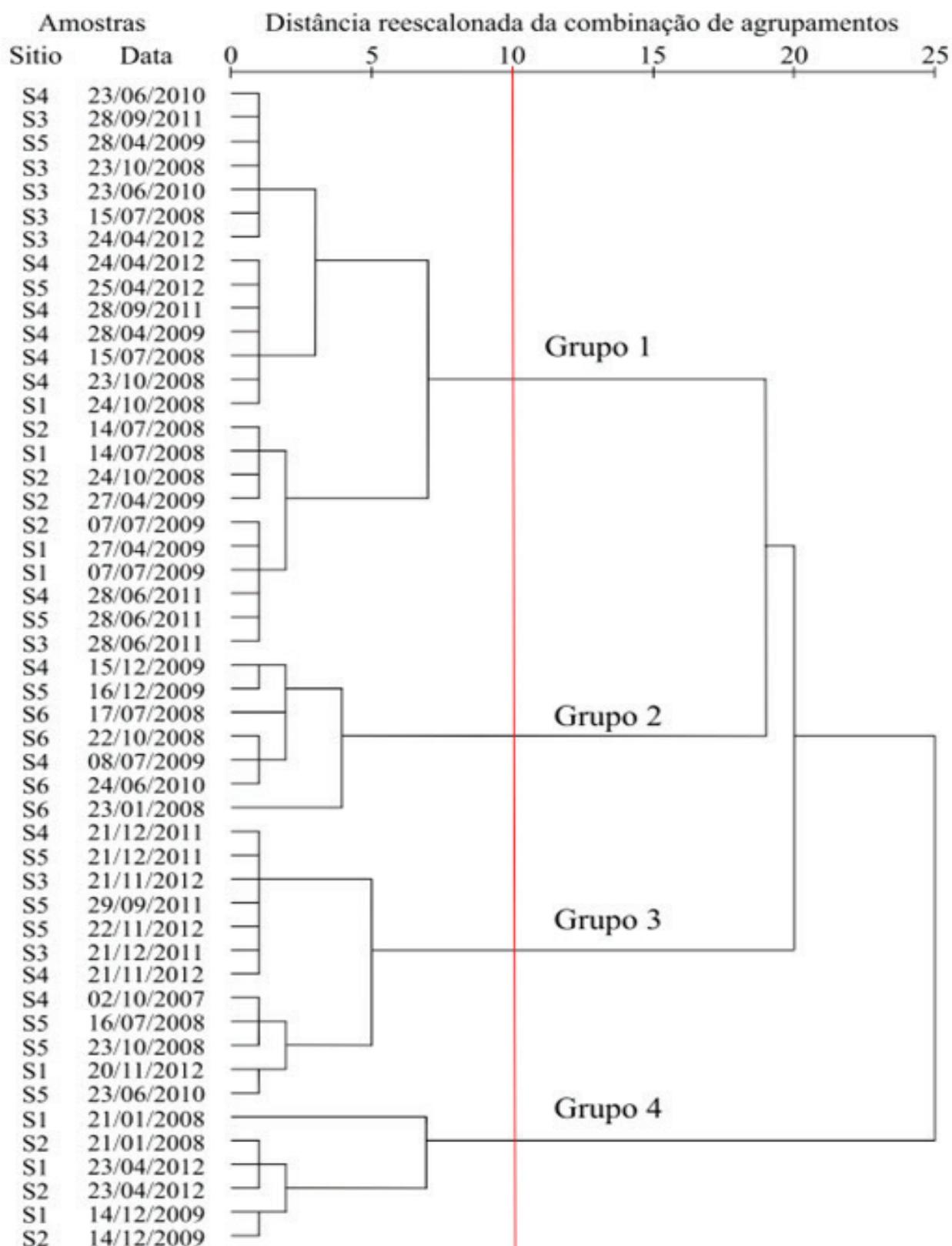


Figura 2 - Dendograma da analise de Cluster dos seis sítios de coletas de dados do rio Negro em função da variação temporal e espacial.

Diante disso, atestou-se que a sazonalidade foi determinante na definição dos agrupamentos. Essa influência sazonal do clima na qualidade das águas também foi constatada por Fontenele et al., (2011), Xiaolong et al. (2010), Bu et al. (2010), Palácio et al. (2009), Sousa et al. (2009), Singh et al. (2004), tais correlações são explicadas através da hidrologia ambiental (Allen, Perdue & Brown, 1993; Fetter, 1992; La Laina, 1991).

4. Conclusões

Embora a ação antrópica tenha influenciado a qualidade das águas da bacia do rio Negro, a definição dos agrupamentos foi determinada principalmente pela concentração e diluição dos íons decorrentes da sazonalidade climática.

A análise fatorial/análise de componentes principais permitiu a seleção de três componentes indicadores da qualidade das águas do Rio Negro, explicando 90,1% da variância total.

A análise de agrupamento possibilitou uma classificação prévia das águas de acordo com o grau de degradação. Os agrupamentos da análise multivariada foram definidos pela sazonalidade climática (impacto natural) e por fontes pontuais de poluentes (impactos antrópicos). Estes fatores determinaram, no espaço de tempo estudado, a qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio Negro no pantanal sul-mato-grossense.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Imasul-Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul, pela disponibilização do seu banco de dados utilizado neste trabalho.

Referências

- ABREU, J. F. Interação espacial: Potencial e potencialidade – um estudo de caso – Minas Gerais 1980/1990. , Belo Horizonte, Brasil.17. Tese Professor Titular, Departamento de Geografia. UFMG/IGC/, 1991.
- AGUDO, E. G. Guia de coleta e preservação de amostras de água. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1987. 150p.
- ALLEN, H.E.; PERDUE, E.M; BROWN D.S. Metals in groundwater. Lewis Publishers: Chelsea: 193 p. 1993.
- ANDRADE, E. M. et al. Land use effects in ground-water composition of an alluvial aquifer (Trussu River, Brazil) by multivariate techniques. *Environmental Research*, v. 106, p. 170-177, 2008.
- APHA – América Public. Health Association. Standard methods for the examination of the water and water waster. New York: APHA. 20, 2005
- ALMEIDA, R. M. A. A.; HUSSAR, G. J; PERES, M. R.; FERRIANE, A. L. JR. Qualidade microbiológica do córrego “ribeirão dos porcos” no município de Espírito Santo do Pinhal – SP. *Engenharia ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1.p. 51-56, 2004.
- ALMEIDA, M. A. B., SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas de Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade da água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* v.8, n.1, p.81-97, 2003.
- ARAÚJO, A. M. Qualidade das águas estuarinas em Recife (1995/1996). *Ciência e Engenharia, Uberlândia*, v. 9, n. 1, p. 32-39, 2000.
- BACHEGA, C.C.F.; PARANHOS FILHO, A. C. TIVIROLI, V. A. MIRANDA, C. S. ANACHE, J. A. A. Análise multitemporal da cobertura do solo na bacia do Rio Negro, MS. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1253-1259.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março 2005. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília: CONAMA, 2005.
- BRAZIL, Maria do Carmo. Terra e trabalho no sul de Mato Grosso - considerações sobre superação do escravismo, luta pela terra, economia pastoril e advento do trabalho livre - séculos 19 e 20. História: Debates e Tendências, Passo Fundo, v. 7, n. 2, p.82-100, 2007.
- BROGUEIRA, M. J; CABEÇADAS, G. Identification of similar environmental areas in Tagus estuary by using multivariate analysis. *Ecological Indicators*. v. 6, n. 3, p. 508-515, 2006.

BU, H. et al. Temporal and spatial variations of water quality in the Jinshui River of the South Qinling Mts., China. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 73, n. 5, p. 907-913. 2010.

COIMBRA, R.; ROCHA, C. L.; BEEKMAN, G. B. Recursos hídricos: Conceitos, desafios, capacitação. Brasília: ANEEL, 78p, 1999.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. 2009 Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp> >. Acesso em: 01 de junho de 2013.

CORBI, J.J., STRIXINO, S.T. SANTOS, A., DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (estado de São Paulo, Brasil). Quim. Nova, v. 29, n. 1, p. 61-65, 2006.

COTTA, J. A. O., REZENDE, M. O. O., PIOVANI, M. R. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio betari no parque estadual turístico do alto ribeira - petar, São Paulo, brasil. Quim. Nova, v.29, n. 1, p. 40-45, 2006.

De Paula, F.C.F. Lacerda, L.D. Aguiar, Marins, R.V., Aguiar, J.E. Emissões naturais e antrópicas de metais e nutrientes para a bacia inferior do rio de contas, Bahia. Quim. Nova, v. 33, n. 1, p. 70-75, 2010.

EVERITT, B.S. Cluster analysis. Heinemann Educational Books, London: Academic Press, 3^a edição, 1993. p.170.

FEITOSA, A. C. F. e MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia – conceitos e aplicações. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Editora Gráfica LCR; Fortaleza, 1997. 389p.

FETTER, C.W. Contaminant hidrogeology, New York: Macmillan Publishing Company, 1992.

FIGUEIRÊDO, A. C. Avaliação e diagnóstico da qualidade da água do açude de apipucos, Recife-PE. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. Revista

Brasileira de Engenharia Ambiental, v.13, n. 6, p. 772-780, 2009.

FONTENELE, S. B. ANDRADE, E. M., SALGADO, E. E., MEIRELES, A.C.M, RODOLFO SABIÁ, J. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NA PARTE ALTA DA BACIA DO RIO SALGADO, CEARÁ. Revista Caatinga, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 102-109, jul.-set., 2011.

IBGE. 2012. Censo populacional 2012. Endereço: www.ibge.gov.br. Acessado em junho de 2013.

IMAP. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai. Campo Grande. Editorial IMAP, 89p, 2000.

IMAP. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai. Campo Grande. Editorial IMAP, 130p, 2002.

LA LAINA; PORTO, R. (Org.), Hidrologia Ambiental. Editora da Universidade de São Paulo: São Paulo, 414 p,1991..

Luiz-Silva, W; Matos, R. H. R.; Kristosch, G. C.; Machado, W. Variabilidade espacial e sazonal da concentração de elementos-traço em sedimentos do sistema estuarino de Santos-Cubatão (SP). Química Nova, v. 29, n.2, p. 256-263, 2006.

MACÊDO, J. A. B. Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas. 2. ed. Belo Horizonte: CRQ/MG, 601p,2003.

MATO GROSSO DO SUL. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul/IMASUL. Diretoria de Desenvolvimento. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Mato Grosso do Sul, MS, 2008. Campo Grande, MS240p, 2009.

MATO GROSSO DO SUL. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul/IMASUL. Diretoria de Desenvolvimento. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Mato Grosso do Sul, MS, 2009/2010. Campo Grande, MS, 200p,2012.

MELO M.T.D.; SAKER-SAMPAIO, S.; VIEIRA, R.S.H.F. Avaliação da poluição orgânica no estuário do Rio Ceará (Fortaleza - Ceará - Brasil). Caatinga, n.7, p.207 – 219, 1990.

OEA. Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado do Pantanal e da Bacia do Alto Paraguai. Brasília. Editorial OEA, 316p, 2004.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia e Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS: Editora UEMS, 194p, 2010.

PALACIO, H. A. de Q. et al. Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2494-2500, 2009.

PIRES, J. M. M.; LENA, J. C., MACHADO; et al. Potencial poluidor de resíduo sólido da Samarco Mineração: estudo de caso da barragem de Germano. Rev. Árvore. v. 27, n. 3, p.393-397, 2003.

PRATTES-SANTOS, R. Estudo da qualidade das águas do rio Jucu, ES: caracterização limnológica e análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Dissertação de Mestrado em Ecologia de Ecossistemas UVV, 2010.

ROCHA, J. L. S.; REGO, N. A. C.; SANTOS, J. W. B.; OLIVEIRA, R. M.; ENEZES, M. Indicador integrado de qualidade ambiental aplicado à gestão de bacia hidrográfica do rio Juquiriçá, BA, Brasil. Revista Ambiente & Água, v. 5, n. 1, p. 89-101, 2010.

SARDINHA, D.S, CONCEIÇÃO, F.T., SOUZA, A.D.G. SILVEIRA, A., DE JULIO, M. GONÇALVES, J.C.S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). Eng. sanit. ambient. v.13, n. 3, p. 329-338, 2008.

SILVA, B. A. W.; AZEVEDO, M. M.; MATOS, J. S. Gestão ambiental de bacias hidrográficas urbanas. Revista VeraCidade, v. 3, n. 5, p. 1-7, 2006.

SILVA, L. M.; SOUZA, E. H.; ARREBOLA, T. M.; JESUS, T. A. Ocorrência de um surto de hepatite A em três bairros do município de Vitória (ES) e sua relação com a qualidade da água de consumo humano. Ciência & Saúde Coletiva, v. 14, n. 6, p. 2163-2167, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232009000600023>

SINGH; K. P. et al. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)--a case study. Water Research.v.38, n.18, p. 3980-92, 2004.

SINGH; K. P. et al. Chemometric data analysis of pollutants in wastewater—a case study. Analytica Chimica Acta. v. 532, n. 1, p. 25-25. 2005 b.

SOUSA, R. B. C. et al. Variação Sazonal das águas subterrâneas utilizadas para irrigação na microrregião de Tibau, RN. Revista Caatinga, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 206-213, 2009.

VIEIRA, R. H. S.; FAÇANHA, S. H. F. Parâmetros físico-químicos e pesquisa de coliformes totais, fecais e vibrio parahaemolyticus nas águas do rio cocó, FORTALEZA- CEARÁ. Ciênc. Agron., Fortaleza, v. 25, p. 24 – 31, 1994.

VON SPERLING, M. V. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. IN: Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. p. 116-120, 1995

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

WILKS, D. S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. International Geophysics Series, Vol. 91, Elsevier, 2006.

XIAOLONG, W. et al. Spatial and seasonal variations of the contamination within water body of the Grand Canal, China. Environmental Pollution, v. 158, p. 1513-1520, 2010.

YIDANA, S. M; OPHORIA, D; BANOENG-YAKUBO, B. A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data – The Ankobra Basin, Ghana. Journal of Environmental Management, v. 86, p. 80-87, 2008.