



APRH

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
NUCLEO REGIONAL DO SUL

DEBATE
RIO GUADIANA
PASSADO PRESENTE FUTURO

**ESTUDO DE TENDÊNCIAS DE VARIAÇÃO DA QUALIDADE
DA ÁGUA NO RIO GUADIANA - RESULTADOS
PRELIMINARES**

Luis Ribeiro
Margarida Conte de Barros

ESTUDO DE TENDÊNCIAS DE VARIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO GUADIANA - RESULTADOS PRELIMINARES

Luís Ribeiro

Centro de Valorização dos Recursos Minerais
Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais, 1096 Lisboa Codex

Margarida Conte de Barros

Instituto da Água
Ministério do Ambiente e Recursos Naturais
Avenida Almirante Gago Coutinho, 30 1000 Lisboa

RESUMO

As inúmeras fontes pontuais e difusas de poluição que rejeitam ou drenam para as águas de superfície poluentes e contaminantes tem conduzido à degradação da qualidade das águas cuja tendência de evolução não foi nunca determinada. Para responder a uma das questões fundamentais que se põe no planeamento da gestão dos recursos hídricos deu-se início a um Projecto sobre a aplicação de métodos estatísticos robustos aos dados disponíveis sobre o teor de vários descritores de qualidade com vista a determinar a tendência de variação ao longo de vários anos.

Neste trabalho apresentam-se os resultados preliminares da aplicação da metodologia seleccionada a alguns parâmetros de qualidade nas Estações "Monte da Vinha" e "Rocha da Galé", situadas no rio Guadiana.

Concluiu-se que os descritores de matéria orgânica fácil ou dificilmente biodegradável, apresentam tendência de aumento o mesmo acontecendo com o P_2O_5 , o NH_4 e o pH embora de forma diferente nas duas Estações. O oxigénio dissolvido apresenta tendência negativa embora não siga a tendência dos descritores de matérias consumidoras de oxigénio.

Palavras Chave : Rio Guadiana, qualidade da água, tendências

1 - INTRODUÇÃO

Por todo o País se verifica a existência de fontes pontuais e difusas de poluição incontroladas na maioria dos casos, vertendo sem tratamento, continuamente, efluentes com características poluidoras. A Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana não é excepção na parte portuguesa e sofre, também, o impacto das actividades que se verificam na parte espanhola, na qual, a indústria e a agricultura (regadio) estão bastante desenvolvidas e os aglomerados urbanos atingem grande dimensão.

Existem inúmeros dados de qualidade de águas de superfície que, no entanto, devido a contínuas alterações na periodicidade de recolha, nos descritores de qualidade considerados e, no rigor e precisão das determinações, não são apropriados para um tratamento estatístico clássico. Para se poder estudar as tendências de evolução da qualidade que interessam sobremaneira para apoio à decisão tem de se recorrer a métodos estatísticos mais robustos que permitam analisar o sistema apesar dos problemas que se detectaram.

Neste trabalho apresentam-se as conclusões preliminares sobre tendências de variação da qualidade da água nas Estações "Monte da Vinha" e "Rocha da Galé", na Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana, utilizando métodos estatísticos robustos, e considerando os descritores de qualidade mais relevantes.

2 - REDE DE QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO GUADIANA E FONTES DE POLUIÇÃO

Desde 1981/82 que se processam amostragens e análises na Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana, com, presentemente, 6 Estações localizadas em águas correntes e, também 6 Estações, localizadas em Albufeiras (Figura 1). Esta monitorização faz parte da Rede de Qualidade da Água a partir de 1989, tendo estado integrada na Rede Nacional de Qualidade da Água da DGRAH anteriormente (Barros, 1992). Ao longo dos 12 anos de execução houve alterações da frequência de amostragem que passou de bimensal para mensal a partir de Outubro de 1988, tendo havido uma longa interrupção, de Agosto de 87 a Setembro de 88.

Também os laboratórios intervenientes foram sendo diferentes, registando-se a colaboração de quatro laboratórios até ao presente - do início até Agosto de 87 as análises foram realizadas na Universidade de Évora, passando, no ano hidrológico 88/89, a serem executadas no Instituto Superior Técnico (Laboratório de Águas) e, a partir do ano hidrológico 89/90, no Laboratório da DSRHG em Faro. Registou-se nova alteração em Abril de 1993, pois que o trabalho analítico passou a ser executado no Laboratório de Sto. André da DRARN Alentejo. Este facto levou a que os limites de determinação fossem sendo, por vezes, diferentes e, a precisão e a exactidão, possivelmente, também. Nunca foram realizados estudos comparativos. No entanto, ambos os laboratórios intervenientes no último período (1989/1993) participaram com sucesso em exercícios de intercalibração, embora não simultaneamente.

Houve algumas alterações nos parâmetros que eram determinados, tendo a matriz de descritores sido alterada com frequência. O facto de 2 estações da RQA na bacia hidrográfica do Guadiana (Monte da Vinha e Rocha da Galé) fazerem parte do "Procedimento Comum de Troca de Informações Relativas às Águas Doces Superficiais na Comunidade" (PCTI) a partir de 1986, ano

de adesão à CEE, conduziu a que, nessas Estações, se fizessem algumas determinações suplementares e houvesse maior preocupação em cumprir com o plano estabelecido para a amostragem e análise (Decisões do Conselho 77/795/CEE de 12 de Dezembro e 86/574/CEE de 24 de Novembro). No entanto, mesmo para estas Estações se registaram falhas, ou de amostragem ou relativamente aos parâmetros determinados, de modo que, verdadeiramente, só existem séries relativamente completas para poucos parâmetros.

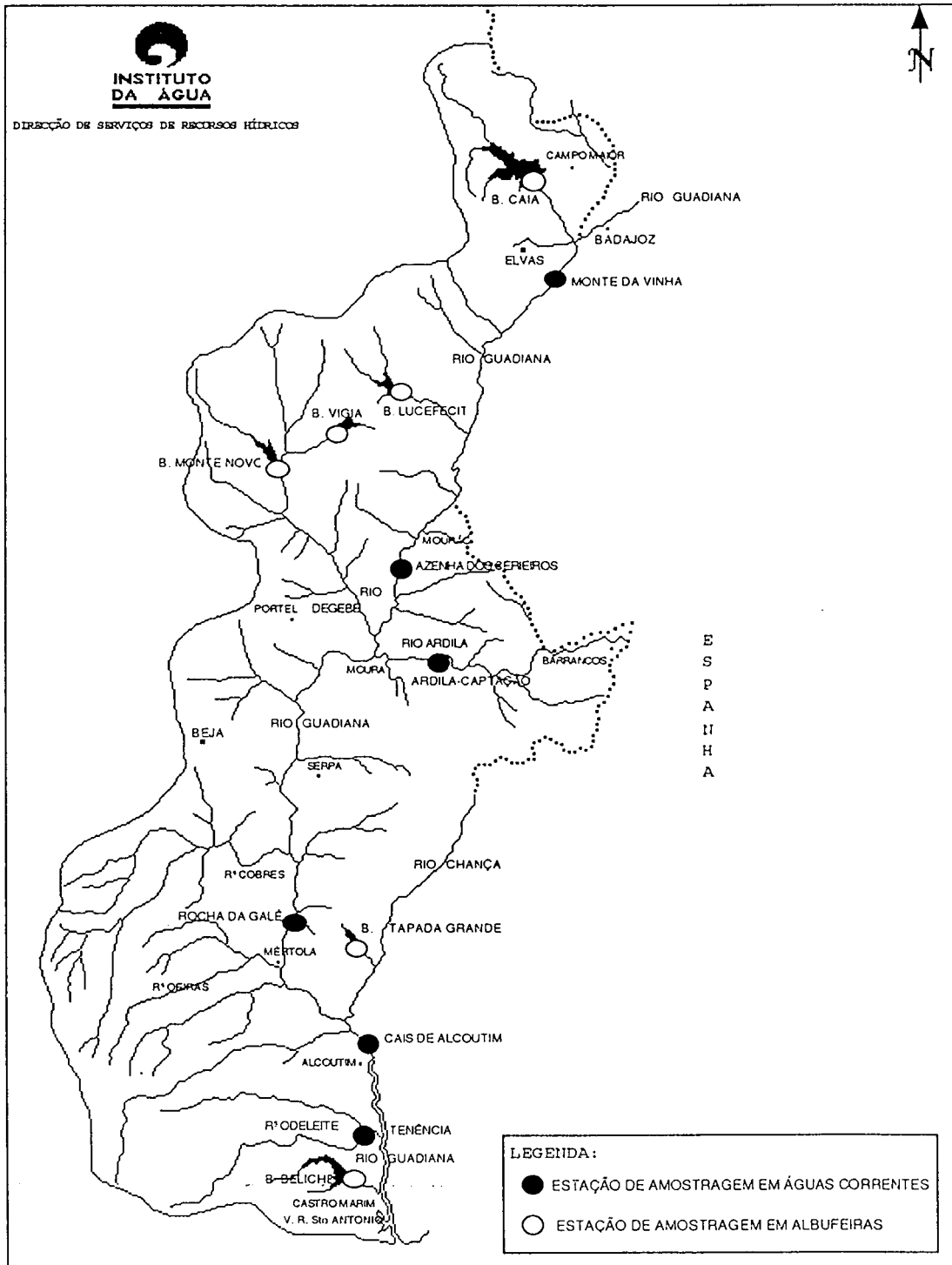


Figura 1 - Localização das estações de qualidade da água na bacia do Guadiana

As inúmeras fontes de poluição existentes na parte portuguesa da Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana (Tangarrinhas, 1993) sem controlo efectivo à semelhança do que acontece no resto do País, e a carga poluente que as águas do Rio Guadiana e dos seus afluentes transportam de Espanha levam a que a qualidade nas Estações situadas em albufeiras (Barros et al, 1994-a) ou nas águas correntes (Barros et al, 1994-b) seja, na maioria dos casos, deficiente, atingindo-se um nível de muito ou extremamente poluídas em algumas delas (classificação de usos múltiplos ou por índices de qualidade da água) ou seja qualidade imprópria para utilizações específicas tais como vida piscícolas e origem de abastecimento (considerando as normas de qualidade constantes do D.L. 74/90, para os parâmetros determinados).

As fontes de poluição mais relevantes segundo a autora citada são os lagares de azeite, as suiniculturas e os esgotos urbanos. A poluição industrial que não das agro-indústrias é, na parte portuguesa reduzida, embora exista uma unidade de pasta de papel, mas é importante na carga poluente com origem em Espanha, que, também contribui com elevado volume de esgotos domésticos. Ao longo da Bacia Hidrográfica existem áreas de intensa agricultura, zonas importantes de regadio e, mais recentemente, estabeleceram-se extensas áreas de pastagens em que se utiliza predominantemente adubos fosfatados.

O tipo de poluentes rejeitado na Bacia do Guadiana conduz a que os principais problemas de qualidade que se verificam se traduzam por teores relativamente elevados de CQO e CBO₅ na maioria das Estações de amostragem e, também, de NH₄ e P₂O₅ em algumas. Existem, também, frequentemente baixos teores de oxigénio dissolvido e, temperaturas elevadas, como seria de esperar devido ao clima. No caso particular das duas Estações consideradas neste estudo preliminar, dos vários descritores analisados no período Janeiro 89 a Dezembro de 93 salientam-se os teores de CBO₅ e CQO que foram sistematicamente elevados, enquanto os de NH₄, P₂O₅ e SST o foram apenas em alguns anos. Baixas concentrações de oxigénio dissolvido foram determinadas em alguns anos. Os restantes descritores de qualidade apresentam valores que se situam ao nível de água fracamente poluída ou poluída (Barros et al, 1994-b).

Por esta razão deu-se prioridade ao estudo dos parâmetros que são determinantes da qualidade nas Estações amostradas, reservando-se, para mais tarde, o estudo de parâmetro cujo significado em termos de qualidade é menor. No Quadro I apresentam-se dados sobre a localização das Estações objecto deste estudo preliminar.

Quadro I - Caracterização das estações de amostragem

Nome	Código RQA	Código RENQA	Latitude N Longitude W	Distância à Foz	Concelho	Início das Colheitas
Monte da Vinha	21O/01	54-7	38°49'55" 7°04'59"	258,9 Km	Elvas	Out:81
Rocha da Galé	27L/03	54-3	37°40'54" 7°39'34"	76,8 Km	Mértola	Out:81

3 - MÉTODOS ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS

A selecção de uma estatística não paramétrica para o tratamento de dados de qualidade de água justifica-se, essencialmente, pelo seu carácter robusto relativamente às técnicas estatísticas usuais. Pretende-se que a metodologia adoptada tenha poder suficiente para analisar situações e tipo de dados que ocorrem frequentemente nos recursos hídricos como sejam, entre outros:

- Distribuições estatísticas livres;
- Presença de valores (a)normais;
- Presença de ciclicidades;
- Existência de lacunas;
- Valores abaixo do limite de detecção.

Na prática, o uso destas técnicas reflete-se, por um lado, em contrapor a mediana à média como medida da tendência central ou a distância inter-quartis ao desvio padrão como medida de dispersão e, por outro, ao uso de procedimentos estatísticos que se baseiam mais nas relações de ordem entre os valores do que na sua magnitude.

A aplicação cega de técnicas paramétricas (cujo paradigma é a regressão linear simples) pode originar, ao ignorar as idiosincrasias das variáveis de qualidade da água, erros sistemáticos de sub ou sobre estimação das tendências reais.

A metodologia estatística não paramétrica utilizada no presente estudo para análise de tendências é fruto de trabalhos de investigação de Mann (1945) e Kendall (1958).

O teste Mann-Kendal é aplicado a uma sequência de observações ordenadas no tempo C_1, C_2, \dots, C_n , construindo-se um estatístico S do seguinte modo:

$$S = \sum_{i < j} \zeta_j (C_j - C_i) \quad (\text{Fórmula 1})$$

em que ζ_j é uma função definida como se segue:

$$\zeta_j(x) = +1 \quad \text{se } x > 0$$

$$\zeta_j(x) = 0 \quad \text{se } x = 0$$

$$\zeta_j(x) = -1 \quad \text{se } x < 0$$

Obviamente o estatístico S pode calcular-se de modo sazonal com lapsos de tempo iguais aos períodos cíclicos seleccionados (mensal, diurno, ...). O número de ensaios realizados é dado por:

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (\text{Fórmula 2})$$

em que n é o número de valores efectivamente determinado. Deste modo pode calcular-se a percentagem r de ensaios com tendências positivas, ou negativas. Nesses valores estão incluídos aqueles codificados abaixo do limite de detecção. A hipótese H_0 de tendência nula é, em seguida, testada para cada caso particular em ordem a rejeitá-la ou a confirmá-la face à distribuição estatística de S . Os níveis de significância serão dados pelos correspondentes valores de p obtidos: quanto menores, maior é a probabilidade da tendência detectada se manifestar.

Com base no mesmo tipo de procedimento sequencial (com sazonalidade) foi estimado, de modo robusto, um valor quantificável para a tendência utilizando uma regressão robusta sugerida por Theil (1950) e Sen (1968). O declive assim calculado é resistente a valores extremos e representa a magnitude da mudança por unidade de tempo. Trata-se de uma mera indicação não se devendo concluir daí uma rígida linearidade da alteração dos valores da variável.

Note-se que, neste estudo preliminar, foi, ainda, ignorada a influência previsível sobre os parâmetros, de variáveis exógenas como o caudal, assim como, a análise separada de influências antropogénicas ou climáticas. No prosseguimento dos trabalhos estes e outros casos serão levados em linha de conta.

4 . CARACTERIZAÇÃO DAS SÉRIES TEMPORAIS

As séries temporais de qualidade da água disponíveis nas Estações "Rocha da Galé" e "Monte da Vinha" são constituídos por valores irregularmente amostrados podendo segmentar-se em 3 sequências distintas atendendo à periodicidade de amostragem: uma sequência A, de Maio de 1984 a Julho de 1987, com monitorização bimensal (21 amostras), uma sequência B de Agosto de 1987 a Setembro de 1988 sem qualquer amostragem e, finalmente, uma sequência C de Outubro de 88 em diante com valores amostrados mensalmente. Existem igualmente alguns valores anteriores a Maio 84 com significado estatístico reduzido e, recorde-se, que, embora se realizassem recolhas de amostras, nem sempre a matriz de análise era cumprida.

Destes históricos foram seleccionados 2 períodos para posterior análise estatística de tendências:

Período I - Maio 1984 até Abril 1993 (9 anos - 76 amostras)

Período II - Outubro 1988 até Setembro 1993 (5 anos - 60 amostras)

Estas séries possuem lacunas na monitorização em todos os parâmetros, para certos meses, no Período I ou em alguns deles, caso das variáveis SST ou CBO_5 , no Período II.

Deve realçar-se outro aspecto característico destas séries. Em resultado de períodos de monitorização distintos (normalmente correspondentes à intervenção de diversos laboratórios),

algumas variáveis são quantificadas com 2 ou 3 limites de detecção. É o caso por exemplo do NO₃ com 3 limites de detecção distintos LD1<LD2<LD3 consequência de utilização de 3 laboratórios diferentes. Nesse caso como veremos, e por imposição da análise estatística adoptada todos os valores que se encontram nessas situações são codificados abaixo do limite mais alto LD3.

Na leitura dos quadros assim como na análise dos resultados que se apresentam na secção seguinte, dever-se-à ter presente as características diversificadas dos dados constituintes dos 2 períodos, nomeadamente no que diz respeito à significância relativa das tendências estimadas para cada período.

Devido à maior regularidade de monitorização no período II, no qual se verifica também a intervenção de um menor número de laboratórios (3), tendo sido apenas um laboratório a assegurar o período mais longo de Outubro de 89 a Março de 93, considera-se que nesta última série o significado estatístico deverá ser superior ao do período I.

5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nos Quadros II e III, apresentam-se os resultados obtidos na análise estatística efectuada. Recordando o referido na secção anterior, os cabeçalhos têm o seguinte significado:

- N - número de ensaios realizados (formula 2)
- t - tendência
- r - percentagem do número de ensaios correspondente à tendência
- p - estatístico do nível de significância

Quadro II - Monte da Vinha

	PERÍODO I (MAIO 84/ABRIL 93)					PERÍODO II (OUT 88/SET 93)				
	N	t	r	p	Declive	N	t	r	p	Declive
Temperatura (°C)	224	-	56.3	0.0988	- 0.03667	120	-	65.0	0.0013	- 0.08333
pH (Esc. Sorensen)	220	+	55.0	0.2505	0.00333	116	+	63.8	0.0206	0.00833
Condutividade (µS/cm, 20°C)	224	-	50.9	0.8556	- 0.25000	120	+	53.3	0.6206	0.37500
SST (mg/l)	224	-	54.5	0.3884	- 0.04762	120	-	58.3	0.1797	- 0.16667
O ₂ (% saturação)	209	-	60.3	0.0371	- 0.29167	96	-	65.6	0.0188	- 0.50000
CQO (mg/l O ₂)	122	+	62.3	0.0441	0.21667	112	+	60.7	0.0901	0.21667
CBQO ₅ (mg/l O ₂)	94	+	66.0	0.0234	0.05556	30	+	76.7	0.0124	0.12500
NO ₃ (mg/l NO ₃)	126	-	61.1	0.0660	- 0.02917	120	-	58.3	0.1797	- 0.02500
NH ₄ (mg/l NH ₄)	224	+	75.0	≈0	0.00750	120	+	81.7	≈0	0.01592
P ₂ O ₅ (mg/l P ₂ O ₅)	110	+	66.4	0.0098	0.01583	104	+	79.8	≈0	0.02333

Quadro III - Rocha da Galé

	PERÍODO I (MAIO 84/ABRIL 93)					PERÍODO II (OUT 88/SET 93)				
	N	t	r	p	Declive	N	t	r	p	Declive
Temperatura (°C)	220	-	80.9	0.0015	- 0.02604	120	-	62.5	0.0026	- 0.04167
pH (Esc. Sorensen)	220	+	57.3	0.0645	0.00417	120	+	55.8	0.1976	0.00417
Condutividade (µS/cm, 20°C)	220	+	52.3	0.6134	0.36667	120	+	67.5	0.0019	4.58333
SST (mg/l)	150	-	57.3	0.1974	- 0.10833	72	-	68.1	0.0143	- 0.20833
O ₂ (% saturação)	216	-	70.8	≈ 0	- 0.25000	96	-	75.0	≈ 0	- 0.44444
CQO (mg/l O ₂)	118	+	62.7	0.0402	0.16167	116	+	59.5	0.1299	0.15417
CBO ₅ (mg/l O ₂)	135	+	70.4	≈ 0	0.06250	57	+	59.6	0.0802	0.07917
NO ₃ (mg/l NO ₃)	122	-	53.3	0.6270	- 0.00556	120	-	53.3	0.6206	- 0.00596
NH ₄ (mg/l NH ₄)	216	+	54.2	0.2073	0.00025	116	+	53.4	0.2355	- 0.00044
P ₂ O ₅ (mg/l NH ₄)	110	+	60.9	0.0757	0.00417	108	+	80.6	≈ 0	0.00667

Monte da Vinha

Nesta estação verificam-se tendências muito significativas de aumento para os parâmetros NH₄ e P₂O₅. Verifica-se, também, que a tendência de redução da percentagem de saturação em oxigénio é significativa assim como a tendência de aumento do CBO₅ e CQO. Encontra-se, ainda, significância para a diminuição da temperatura nos 2 períodos e para o aumento do pH no Período II.

Não foram detectadas tendências significativas para o pH no Período I, para a condutividade e os SST nos 2 períodos e para NO₃, que, no entanto, revela no Período I uma tendência que não é significativa apenas no limite.

Rocha da Galé

Nesta estação notam-se tendências muito significativas de acréscimo para os parâmetros P₂O₅, condutividade para o Período II e CBO₅ para o Período I, e de redução para a temperatura e percentagem de saturação em oxigénio. Encontra-se ainda significância para acréscimo no pH e CQO no período I e para o decréscimo de SST no período II.

Não há variação significativa para a Condutividade, SST, NO₃ e NH₄ no Período I e para o pH, CQO, NO₃ e NH₄ no Período II.

Análise comparativa

Verifica-se, analisando a magnitude das tendências para as 2 estações, que existem variações para os diferentes descritores cuja explicação se virá, possivelmente a encontrar quando se considerarem as cargas poluentes que atingem cada estação e a capacidade assimilativa própria no troço entre Monte da Vinha e Rocha da Galé (182 km).

A tendência de aumento do NH_4 e do P_2O_5 é mais significativa nos 2 períodos em Monte da Vinha do que na Rocha da Galé. Em contrapartida a redução de oxigénio dissolvido na Rocha da Galé é mais significativa que no Monte da Vinha.

Será necessário procurar uma explicação para uma redução de oxigénio dissolvido com significância diferente nas 2 estações comparativamente àquela encontrada nos descritores da presença de substâncias consumidores de oxigénio.

6 - CONCLUSÕES

Estes resultados preliminares provêm de um trabalho em execução que deverá englobar as várias estações de amostragem (na medida do possível) situadas em águas correntes da Rede Nacional da Qualidade da Água (RENQA) da ex-DGRAH e da ex-DGQA, e da Rede de Qualidade da Água (RQA) do INAG, e mostram que a utilização de metodologia apropriada permite detectar e estimar tendências ainda que os dados originais possuam características menos adequadas a um estudo deste tipo.

Desta forma é possível passar da fase "dados de qualidade da água" para a fase "informação sobre a qualidade da água" que é a base indispensável, por mais correcta, para o planeamento da gestão de recursos hídricos e das tomadas de decisão relativamente às necessidades de protecção e recuperação das massas de água.

A conclusão genérica do trabalho que se apresenta é que a qualidade da água do Rio Guadiana tem vindo progressivamente a piorar. É particularmente preocupante o decréscimo de oxigénio dissolvido a que corresponde a tendência de aumento dos parâmetros descritores da presença de substâncias consumidoras de oxigénio. Igualmente importante, pelo significado que tem na identificação de um estado de eutrofização com tendência para agravamento, o aumento de P_2O_5 que se regista. Aliás no trabalho de Barros et al. (1994-b) já citado, concluiu-se que o azoto é o nutriente limitante da produção primária tanto em Monte da Vinha como na Rocha da Galé. No mesmo trabalho concluiu-se ainda que a qualidade da água avaliada numa forma "clássica" nas 2 estações também é inferior em Monte da Vinha à que se verifica na Rocha da Galé.

Deste estudo preliminar é de assinalar, ainda, que a tendência de aumento na estação Monte da Vinha é mais significativa que na da Rocha da Galé, para os parâmetros P_2O_5 e NH_4 , mas que a situação é inversa no que diz respeito ao oxigénio dissolvido. As conclusões relativamente ao CBO_5 e ao CQO não são esclarecedoras possivelmente devido ao facto de existirem análises em número reduzido e com padrões diferentes nas 2 estações no que se refere às lacunas de dados.

7- BIBLIOGRAFIA

- Barros, M.C., (1992), A Rede de Qualidade da Água da Direcção Geral dos Recursos Naturais, 1º Congresso da Água - O Estudo da Água em Portugal Março, Lisboa.
- Barros, M.C., Mendo, M.J. e Negrão, F. (1994-a) - Estado da qualidade da água em albufeiras durante o período de seca de 1993, 2º Congresso da Água - O Presente e o Futuro da água em Portugal, APRH, Abril, Lisboa
- Barros, M.C., Mendo, M.J., Negrão, F. e Quadrado, F. (1994-b) - Qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Guadiana, Debate Rio Guadiana, APRH-Núcleo Regional do Sul, Outubro, Évora.
- Kendall, M.G., (1975), Rank Correlation Methods, Charles Griffin, London.
- Mann, H.B., (1945), Non-parametric tests against trend, Econometrica, 13, 245-259.
- Sen, P.K., (1968), Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, J. Am. Statist. Assoc., 63, 1379-1389.
- Tangarrinhas, M. Rosário, (1993), Rio Guadiana : Origens de Poluição e qualidade da Água, Jornadas Hispano-Lusas de Impacto Ambiental, Janeiro, Badajoz.
- Theil, H., (1959), A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, 1, 2, and 3, Ned. Akad. Wetensch Proc. 53, 386-392, 521-525, and 1397-1412.