

sisippa 89

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED APPROACHES
TO WATER POLLUTION PROBLEMS

SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR DES SOLUTIONS INTÉGRÉES
POUR DES PROBLÈMES DE POLLUTION DE L'EAU

SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SOLUÇÕES INTEGRADAS
PARA PROBLEMAS DE POLUIÇÃO DA ÁGUA

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS EM PORTUGAL
NUMA PERSPECTIVA DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA, DA ENERGIA E
DAS MATÉRIAS PRIMAS: REALIDADES, APLICAÇÕES E I&DE

TECHNOLOGIES DES EAUX RESIDUAIRES AU PORTUGAL
EN TENANT COMPTE DE LA CONSERVATION DE L'EAU, DE
L'ENERGIE ET DES MATIÈRES PREMIÈRES: RÉALITÉS,
APPLICATIONS ET RECHERCHE

WASTEWATER TECHNOLOGIES IN WATER, ENERGY
AND MATERIALS CONSERVATION: BACKGROUND,
APPLICATIONS AND RESEARCH

Amílcar José Ramos AMBRÓSIO⁽¹⁾

RESUMO

O autor apresenta um ponto de situação em Portugal das realidades, aplicações e I&DE nos domínios da conservação da água, da energia e das matérias primas associados ao tratamento de águas residuais em soluções integradas para problemas de poluição da água. Depois de ter persistido um incipiente desenvolvimento científico e técnico em tais domínios num longo período em Portugal, começaram a registar-se avanços significativos desde meados dos anos 70, e mais relevantes nos últimos anos da década de 80. É assim possível apresentarem-se cerca de 20 casos de espécie, incluindo, entre outros exemplos, a reutilização de água na indústria petroquímica e de refinação dos petróleos, a recuperação de metais pesados em galvanoplastia e curtumes, a aplicação de tecnologias de membrana nas águas residuais da indústria textil - a par de I&DE na produção de proteínas não convencionais, no tratamento de efluentes de difícil biodegradabilidade e na digestão em reactores anaeróbios híbridos de efluentes de baixos e altos teores de sólidos em suspensão, e, ainda, a par de soluções integradas à escala de bacias hidrográficas.

Palavras chave: reutilização da água, aproveitamento de energia, recuperação de matérias primas.

RÉSUMÉ

L'auteur présente un point de la situation au Portugal des réalités, applications et I&DE dans les domaines de la conservation de l'eau, de l'énergie et des matières premières, associées au traitement d'eaux résidu-

(1) Engenheiro Civil (IST), Dipl.San.Eng.(Delft), Professor Convidado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (Departamento de Ciências e Engenharias do Ambiente).

aires dans des solutions intégrées pour des problèmes de pollution de l'eau.

Après qu'un développement scientifique et technique naissant ait persisté longtemps dans ces domaines au Portugal, on a commencé à vérifier des progrès considérables depuis la moitié des années 70 et, plus révélateurs, dans les dernières années de la décade 80. Il est ainsi possible de présenter environ 20 cas de spèce, incluant, parmi des autres exemples, la réutilisation de l'eau dans l'industrie pétrochimique et de raffinerie des petroles, la récupération de métaux lourds dans la galvanoplastie et de le tannage, l'application de technologies de membrane dans les eaux résiduaires de l'industrie textile - à côté de I&DE dans la production de protéines non conventionnelles dans de traitement d'effluents à la biodégradation difficile et dans la digestion dans des réacteurs anaérobiques hybrides d'effluents à haute teneur de solides en suspension et, encore, parallèlement à des solutions intégrées à l'échelle de bassins versants.

Mots-clés: conservation de l'eau, reutilization de l'eau.

ABSTRACT

The author sums up the Portuguese realities, applications and research in the fields of conservation of water, energy and raw materials associated to the treatment of wastewater in integrated solutions for pollution problems.

After a scientific and technical incipient development which persisted for a long period in Portugal in such fields, significant progresses starded to show since the mid seventies and more relevantly in the last years of the eighties. It is thus possible to introduce about 20 species cases including, among other examples, the reutilization of water in the petrochemical and oil refinery industry, the salvage of heavy metals in galvanoplasty and tanning, the application of membrane technologies in the textile industry - besides research in non conventional proteins production, in the treatment of hard biodegrading effluents and in the digestion in hybrid anaerobic reactors of effluents with high and low contents of solids in suspension and still, besides integrated solutions at the scale of river basins.

Key words: water conservation, water reuse.

INTRODUÇÃO

1. As soluções integradas para problemas de poluição da água pressupõem abordagens multidisciplinares e objectivos múltiplos numa perspectiva de máximo benefício global de todos os interesses associados aos vários usos da água. São assim, em conformidade com a escala e a complexidade do que haja que resolver e com a profundidade e a amplitude das respostas, resultado de um conjunto mais ou menos vasto e representativo de cientistas e engenheiros, utentes, agentes do ordenamento do território, economistas, juristas e responsáveis por decisões políticas.

Em particular, a introdução da perspectiva de conservação da água, (e, por extensão, da energia e das matérias primas) nos tratamentos de águas residuais constitui um suporte importante das soluções integradas para problemas de poluição da água, como igualmente com frequência o é a simples inovação subjacente a novos processos de tratamento.

2. Na presente comunicação o autor procura fazer um ponto da situação do estado actual das realidades, aplicações e I&DE em Portugal nos domínios da conservação da água, da energia e das matérias primas associadas ao tratamento de águas residuais, ao mesmo tempo que faz ressaltar a inovação que lhes esteja associada sempre que ela se revele como tal. Faz anteceder esse ponto de situação da apresentação dos traços gerais de condicionamentos pré-existentes e prevaletentes neste país subjacentes àquele estado actual, e pela referência a acontecimentos relevantes dos últimos 15 ~ 20 anos que vão no sentido de uma acentuada modificação de um atrazo marcante no desenvolvimento de respostas racionais e de realizações consistentes relativas aos problemas da poluição da água neste país.

PAÑO DE FUNDO DE CONDICIONAMENTOS PRÉ-EXISTENTES E PREVALECENTES

3. O território português continental (com exclusão, pois, das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira), com cerca de 89 000 Km² de superfície, tinha, em 1980, uma população residente de, aproximadamente, 9 300 000 habitantes, e estima-se que venha a ter, nos finais do século, essa população aumentada para 11 700 000 habitantes.

Naquele mesmo ano apenas cerca de 40% daquela população estava servida com sistemas públicos de esgotos e somente uma fracção ainda menor, da ordem dos 10%, dispunha de estações de tratamento de águas residuais. Estas seriam, no conjunto, não mais do que 200, das quais só cerca de 2/3 tinham funcionamento satisfatório, a grande maioria delas com dimensão inferior a 5 000 habitantes. Os esforços feitos até ao presente, apesar de algum relevo, não foram ainda suficientes para uma sensível alteração do panorama referido.

As cargas de poluição brutas dos vários sectores industriais estão actualmente estimadas em cerca de 27 000 000 habitantes-equivalentes [CARTAXO et al (1985)]. A percentagem de unidades industriais dispostas de tratamento de águas residuais é extraordinariamente reduzida, não atingindo, seguramente, 10% do total o número de habitantes-equivalentes submetidos a tratamento.

Pode assim estimar-se que será da ordem de 30 000 000 a 35 000 000 habitantes-equivalentes (incluindo a população) o valor das cargas de poluição descarregadas sem tratamento para o solo, para as águas interiores e para as águas costeiras. Ou seja: 3 ~ 3,5 habitantes-equivalentes por cada pessoa residindo no território português continental.

Resultante de um incipiente desenvolvimento socio-económico (e cultural) que persistiu, neste país, ao longo de anos até data recente, a situação caracterizada teria, obviamente, de constituir um condicionamento limitativo de realizações significativas nos domínios da conservação da água, da energia e das matérias primas associadas ao tratamento de águas residuais.

4. As disponibilidades, necessidades e consumos de água estimadas para o território português continental e relativas a 1980 [GONÇALVES HENRIQUES (1985)], são as constantes no quadro da página seguinte, expressas em 10⁶ m³, e em conformidade com os níveis de confiança indicados (0,80; 0,90; 0,95).

Do balanço entre disponibilidades, necessidades e consumos de água deduzem-se as relações nesse ano de 1980 em termos de valores anuais (ano hidrológico, de 1 de Outubro a 30 de Setembro), apresentadas na página seguinte a seguir àquele quadro.

DISPONIBILIDADES DE ÁGUA

Próprias			Provenientes de Espanha			Totais		
0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95
26 406	20 685	15 610	14 356	9 238	5 803	40 762	29 923	21 413

Agricultura ^(a)		Indústria		Energia ^(b)		Abastecimento às populações		Total
(10 ⁶ m ³)	(%)	(10 ⁶ m ³)						

NECESSIDADES DE ÁGUA^(c)

5 136,3	60,4	1 068,3	12,6	1 873,6	22,0	432,1	5,0	8 510,3
---------	------	---------	------	---------	------	-------	-----	---------

CONSUMOS DE ÁGUA^(c)

3 278,3	89,4	210,2	5,7	93,7	2,6	86,7	2,3	3 668,8
---------	------	-------	-----	------	-----	------	-----	---------

Relações entre disponibilidades e necessidades de água			Relações entre disponibilidades e consumos de água		
0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95
4,79	3,52	2,52	11,11	8,16	5,84

No final do século, designadamente no ano 2000, aquelas relações serão, ainda em termos de valores anuais, respectivamente:

2,85	2,04	1,42	6,06	4,33	3,01
------	------	------	------	------	------

A diminuição de tais relações ficará a dever-se fundamentalmente: (1) aos presumíveis aumentos de necessidades de água, na indústria (2,5 vezes as apuradas em 1980), no abastecimento às populações (o dobro das verificadas em 1980), contribuindo a agricultura apenas com mais 30% das suas necessidades em 1980; (2) aos consequentes aumentos de consumos de água, na indústria (2,8 vezes os de 1980), no abastecimento às populações (cerca do dobro de 1980), a agricultura tendo os consumos de 1980 aumentados de 50%; e (3) à diminuição das disponibilidades provenientes de Espanha, ficando os totais de 1980, em 10⁶ m³, reduzidos, em conformidade com os níveis de confiança indicados, para:

0,80	0,90	0,95
34 756	24 853	17 249

(a) Inclui pecuária referindo-se os valores ao ano seco

(b) Necessidades e consumos exclusivamente referentes à refrigeração, referindo-se os valores ao ano crítico

(c) Necessidades-consumos = excedentes que retornam ao sistema hidrológico.

As estimativas feitas para um período adicional de 20 anos, designadamente para o ano 2020, apontam para um agravamento daquelas relações, em termos de valores anuais, respectivamente:

1,99	1,43	0,99	3,86	2,75	1,91
------	------	------	------	------	------

No entanto em 1980, em termos de valores do semestre seco (de 1 de Abril a 30 de Setembro), o balanço entre disponibilidades, necessidades e consumos de água conduzia às seguintes relações, respectivamente:

1,34	1,08	0,88	2,63	2,12	1,73
------	------	------	------	------	------

Nos anos 2000 e 2020, nos mesmos termos de valores do semestre seco, as relações serão, estimativamente, as seguintes, apresentadas na mesma sequência:

0,99	0,80	0,65	1,71	1,39	1,13
0,71	0,57	0,46	1,12	0,81	0,74

Embora as taxas de cobertura das necessidades pelas disponibilidades de água sejam elevadas em termos globais, mesmo em semestre seco (neste com óbvia reutilização dos excedentes que retornam ao sistema hidrológico), o certo é que o panorama referido não é uniforme em todo o país consoante é revelado na Fig. 1.

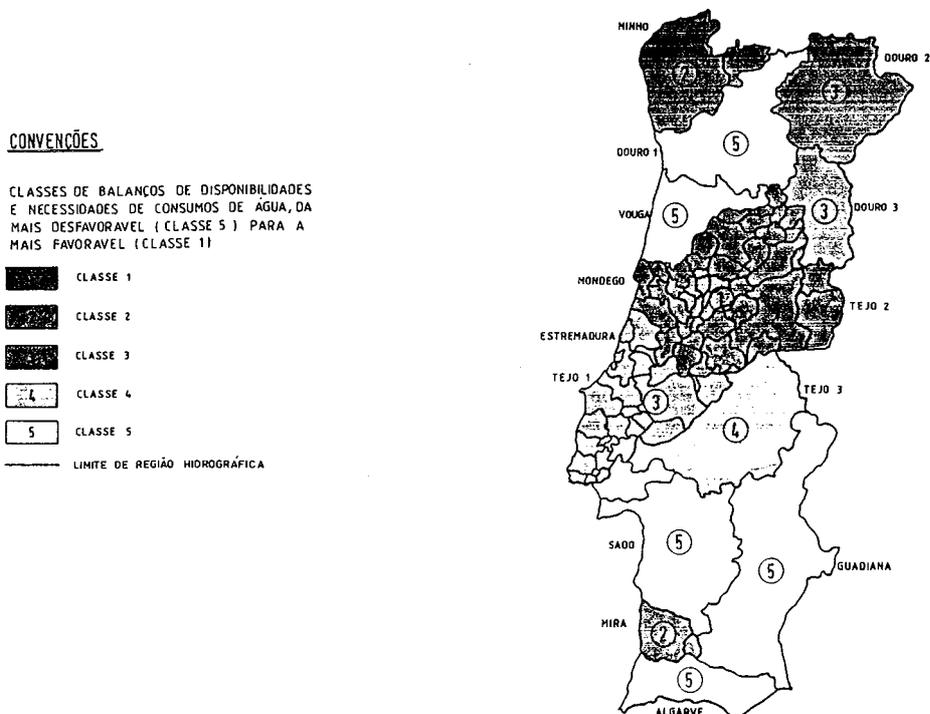


Fig. 1 - Relações entre disponibilidades e necessidades de água nas várias regiões hidrográficas

Tendo em vista obviar a progressiva redução das relações entre, por um lado, as disponibilidades e, por outro, as necessidades e os consumos de água, e corrigir as assimetrias reveladas, que também se agravarão no futuro, ser-se-á levado a equacionar, num primeiro tempo (como aliás tem sido a prática seguida até hoje neste país), a mera realização de infraestruturas hidráulicas de armazenamento e transferência de água, cujos consequentes investimentos em capital fixo não deixarão, obviamente, de se repercutir nos custos reais da água distribuída para as várias utilizações. A pressão dos custos fará, num segundo tempo, que se coloquem, complementarmente, outras medidas entre as quais as que se inserem nos domínios da conservação da água, da energia e das matérias primas associados ao tratamento de águas residuais não serão as de menor significado.

5. Os preços de venda da água em Portugal para as várias utilizações não reflectem, ainda hoje, de uma maneira generalizada, os custos reais da sua obtenção. Não parece, no entanto, improvável que se venha a gerar, a curto prazo, um consenso generalizado quanto à justificação de, progressivamente, se dever repercutir directamente nos vários utentes a totalidade daqueles custos.

É assim compreensível que o facto de se afirmar que a água é um bem económico (ou de se defender o princípio do utilizador-pagador) tem muito menos implicações práticas neste país do que as que a afirmação em si potencia. De uma forma ainda predominantemente generalizada, salvo as excepções que sempre existem, os utentes das várias utilizações não são levados a confrontarem-se, como acontece, por exemplo, quanto à energia, com os preços da água nas contas domésticas ou das suas actividades económicas. As potencialidades e possibilidades da conservação da água, da energia e das matérias primas em domínios associados ao tratamento das águas residuais não tem merecido, por isso, até agora, em Portugal, atenções generalizadas, sequer entre responsáveis da administração pública central, regional e local.

6. Porque as cargas de poluição descarregadas sem tratamento são elevadas e tem vindo a crescer desde que se acentuou o crescimento económico do país, decorrente, em particular, da sua progressiva industrialização, a qualidade das águas, especialmente das águas superficiais interiores, tem-se vindo a degradar, sendo cada vez menos eficazes os meros efeitos de diluição e de auto-depuração para se absorverem (ou passarem despercebidas) as implicações negativas de tais descargas.

O panorama actual é, em termos globais, e em resumo, o seguinte JANEIRO (1986) : "(...) muitos são os rios que se apresentam poluídos, chegando a atingir estados extremos de degradação, principalmente no período de estiagem em que os caudais são diminutos. São normalmente rios que atravessam zonas de grande densidade populacional e desenvolvimento, próximas do litoral, e que recebem grande quantidade de dejectos de várias origens, ou nas margens dos quais se instalam unidades industriais de grande dimensão ou grande número de pequenas indústrias, que lançam nas suas águas efluentes muito poluentes, sem qualquer tratamento ou com tratamento deficiente.

(...)

Por outro lado, em consequência dos nossos rios apresentarem uma grande variabilidade de débito interanual e anual, os problemas de degradação das águas originados pelo lançamento de efluentes agudizam-se no período de estiagem, em razão da fraca diluição existente. Em casos extremos, como quando ocorrem secas prolongadas, raros são os rios que não têm problemas de poluição em alguns troços e mesmo os nossos maiores

rios acusam uma acentuada diminuição do seu poder autodepurador e consequentemente um grau de degradação das águas fora do usual".

A degradação da qualidade da água na origem reduz, obviamente, as possibilidades de utilização das disponibilidades hidrológicas que existam expressas em meros termos quantitativos. Este facto, associado à redução progressiva das taxas de cobertura das necessidades de água pelas disponibilidades, não poderá deixar de vir a constituir, como já hoje constitui em zonas bem determinadas do país, um condicionamento negativo para o qual se deverão procurar as soluções adequadas que incluirão, em particular, a consideração das potencialidades e possibilidades da conservação da água, da energia e das matérias primas.

7. Alguns dos condicionamentos pré-existentes que ficam apontados decorrem, e põem-no, por isso, em foco, de um outro maior condicionamento que os suplanta em importância: neste país, apesar de esforços assinaláveis, alguns recentes e em curso, ainda não foi possível implantar uma política de gestão racional da água, em termos de quadro legal, normativo e institucional integrado e coerente e com implicações práticas em realizações concretas.

Enquanto perdurar tal situação serão em número limitado os exemplos que possam ser apontados em Portugal de soluções integradas para problemas de poluição da água e, em particular, com menor relevo o recurso às potencialidades e possibilidades de conservação da água, da energia e das matérias primas.

ACONTECIMENTOS RELEVANTES POTENCIADORES DE ALTERAÇÕES E AVANÇOS SIGNIFICATIVOS

8. O pano de fundo de condicionamentos pré-existentes e prevalecentes decorre, fundamentalmente: (1) de terem persistido até anos recentes menos preocupações que as exigidas pelas condições sanitárias básicas das populações naquilo que dependem de infraestruturas de drenagem e tratamento de esgotos; (2) de uma menor sensibilização do poder político, da administração pública, dos industriais e das populações à degradação dos recursos hídricos por acrescidos aumentos de descargas brutas de poluição; (3) do atraso relativamente a outros países, em particular da Europa, na implantação de uma política de gestão racional da água.

Só a partir dos anos 70 se começaram a registar factos assinaláveis susceptíveis de, a prazo, poderem conduzir a alterações profundas na sensibilização dos utentes da água em geral, no entendimento dos problemas em jogo, no equacionamento de soluções, na mobilização de meios, na concretização de realizações.

9. Cronologicamente o primeiro desses factos que importa referir diz respeito à decisão tomada em 1972, a nível governamental, de se proceder a estudos de grande folgo, à escala de todo o país, e visando estabelecer as condições de um rápido e sustentado desenvolvimento das infraestruturas e serviços de saneamento básico, em particular de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de esgotos, para atendimento das populações em geral. Os estudos realizados proporcionaram um apurado conhecimento da situação do país naqueles sectores, induziram uma sensibilização para os problemas por parte dos meios de comunicação social e, por estes, pela população em geral, e proporcionaram a criação e o reforço de capacidades nacionais de consultoria e projecto em domínios técnicos pertinentes.

10. Constitui outro facto assinalável a publicação do livro Fundamentos de uma Nova Política de Gestão da Água em Portugal VEIGA DA CUNHA et al (1974) com o qual, pela primeira vez de forma aprofundada, e na

sequência de decisão governamental, se proporcionou uma reflexão e o início de um debate sobre a gestão racional da água.

11. A introdução do ensino da engenharia sanitária na forma de cursos anuais de pós-graduação na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa em 1975, que prosseguem actualmente e prepararam já cerca de 150 engenheiros sanitaristas, e das licenciaturas em engenharia do ambiente na mesma Faculdade em 1978 e na Universidade de Aveiro a partir de 1976, bem como a inclusão de um novo núcleo de disciplinas dos domínios da engenharia sanitária no curso de engenharia civil do Instituto Superior Técnico desde 1975 - permitiu que o país passasse a poder ficar dotado de cientistas e técnicos com formação adequada especificamente adquirida em estabelecimentos de ensino superior nacionais e, concomitantemente, também de centros nacionais de investigação.

12. Todo o período de pré-adesão e a entrada formal de Portugal na CEE constituem, em conjunto, outro facto assinalável pela indução, na ordem interna, de exigências, objectivos e estratégias com implicações na abordagem dos problemas da poluição da água.

13. Finalmente, os esforços em curso para se dotar o país com instituições visando a gestão da água por bacias hidrográficas é o último dos factos assinaláveis que importa referir.

14. A polarização das atenções para os domínios da conservação da água, da energia e das matérias primas nos países desenvolvidos da Europa e, em particular, nos Estados Unidos, acentuou-se significativamente apenas a partir dos anos 70, pelo que só muito recentemente se começaram a fazer sentir em Portugal, e em sectores ainda muito restritos, os efeitos induzidos dos avanços e das realizações neles levadas a efeito.

O atraso deste país não se afigura, assim, em tais domínios, especialmente clamoroso, estando-se a tempo de, com inteligência, se poder vir a realizar da maneira mais racional tanto que há por fazer.

CASOS DE ESPÉCIE

15. Há muito que em Portugal, como aliás nas mais diversas regiões do mundo, as águas residuais comunitárias com características predominantemente domésticas, em bruto ou previamente submetidas a tratamento, foram sendo, pontualmente, utilizadas na rega e as lamas empregues, por vezes, como correctivo orgânico dos solos. (Esta prática e, ainda, os exemplos conhecidos de biogás e de criação de peixes associadas aos esgotos desde há séculos, em particular, na velha China, põem em relevo o conhecimento que, intuitivamente, a gente simples ligada à terra e aos ciclos da natureza tem do valor fertilizante, nutritivo e energético de tais águas residuais).

Até agora existe no país apenas uma estação de tratamento de águas residuais urbanas em serviço (a de Frielas com capacidade para 50 000 habitantes, no concelho de Loures) que dispõe de digestão aquecida de lamas com produção de biogás, parte do qual é utilizado no aquecimento do processo.

A rega com esgotos, aliás sem subordinação a quaisquer exigências sanitárias, a aplicação de lamas no solo e a singularidade de Frielas quanto ao biogás, foram os traços dominantes de uma prática inexistência de soluções integradas, ainda que simplificadas, para os problemas de poluição da água em Portugal.

O Exemplo de Sines⁽¹⁾

16. E, todavia, é neste contexto, pobre de perspectivas, estratégias e realizações que se concebeu, a partir dos inícios dos anos 70, um primeiro grande empreendimento, o polo industrial de Sines, em que os pressupostos fundamentais de uma solução integrada foram contemplados.

Com efeito, em Sines: (1) foi considerado o fornecimento de água tratada de duas qualidades diferentes, com dupla canalização para o efeito (caso único no país numa zona tão vasta como a Área de Sines), uma potável (podendo satisfazer 0,5 m³/s) e outra para fins industriais (prevista, então, para atingir 11,5 m³/s), esta para ser objecto, quando justificado, de tratamentos adicionais em cada unidade industrial; (2) estabeleceu-se uma estação de tratamento de águas residuais colectiva (ETAR da Ribeira dos Moinhos à qual se encontra associado um emissário submarino), cujos afluentes, em particular os provenientes de unidades industriais, seriam previamente submetidos a um tratamento parcial com maior ou menor eficiência de redução das cargas poluidoras em conformidade com o que cada unidade industrial, face a determinados escalões de qualidade de descargas e de inerentes tarifas, julgasse mais vantajoso; (3) foi mesmo elaborado um estudo técnico-económico de avaliação da hipótese de reutilização do efluente tratado, não se tendo optado por tal solução por não se ter revelado, à data, economicamente competitiva.

Estudos experimentais de reutilização de águas residuais tratadas na rega no Alentejo⁽²⁾

17. Um trabalho pioneiro entre nós, e que tem vindo a ser desenvolvido desde 1984 no Alentejo, tem como objectivo definir metodologias de utilização para rega, na agricultura, de águas residuais tratadas por diversos processos de tratamento, que permitam otimizar esta aplicação [MARECOS DO MONTE (1988)][MARECOS DO MONTE et al (1989)].

Selecionaram-se (1) tipos de efluentes de processos de tratamento predominantes em estações depuradoras municipais (leitos percoladores, lamas activadas e lagoas de estabilização), (2) culturas com significativo interesse económico e (3) métodos alternativos de rega. As opções para os estudos experimentais recaíram sobre efluentes de processos de tratamento baseados em leitos percoladores (na cidade de Évora, efluente primário e efluente secundário) e lagoas (em St^o André, na Área de Sines), sobre culturas de sorgo (uma forrageira), de milho (um cereal) e de girassol (uma oleaginosa), e sobre rega gravítica, em sulcos (em Évora) e gota-a-gota (em St^o André).

Os estudos experimentais decorrem em Évora desde 1985 inseridos num plano a 5 anos, e em St^o André tiveram lugar em 1987 e 1988. Nos ensaios em Évora tem-se verificado que a produção das culturas regadas tanto com o efluente primário como com o efluente secundário é muito semelhante à produção obtida em condições normais de exploração agrícola de regadio com água natural e fertilização com adubos comerciais, não se tendo verificado quaisquer efeitos adversos de contaminação das culturas e do solo.

Parece assim desenhar-se a possibilidade de se dispensarem aqueles adubos, com óbvias economias, com a rega de tais efluentes (que, em rigor, proporciona uma fertirrigação).

Estes estudos experimentais, que prosseguem, de certo que terão, com inteira pertinência, de vir a equacionar a forma de regularização dos efluentes tratados de molde a permitir que toda a produção anual possa ser aproveitada nos períodos de rega e, deste modo, potenciando ao máximo a aplicação dos efluentes tratados na rega na agricultura.

Nas regiões hidrográficas do Sado, Mira e Guadiana, as necessidades de água para rega no semestre seco em ano médio estimadas em 1980, eram $898,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ em arroz e culturas arvenses e horto-industriais [GONÇALVES HENRIQUES (1985)]. Nesse mesmo ano a população residente nessas regiões atingia cerca de 627 500 habitantes; com uma capitação média de água residual de 50 l/hab.dia, o volume disponível anualmente para eventual rega seria de $11,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, isto é, pouco mais de 1% daquelas necessidades ou, ainda, cerca de 2% dos correspondentes consumos, estes representando, em média, 65% das referidas necessidades. Estes resultados, traduzindo uma reduzidíssima taxa de cobertura média das necessidades de água na rega pelos potenciais efluentes tratados, não retiram justificação à reutilização das águas residuais na rega em muitas zonas pontuais do Alentejo, em torno de aglomerados urbanos, especialmente naquelas onde a rega se faz por desvio da água dos sistemas de abastecimento público de água potável.

Reutilização de águas residuais tratadas na rega de campos de golfe⁽³⁾

18. Num grande empreendimento turístico, de elevados padrões de qualidade e de conforto, com capacidade para cerca de 2 200 pessoas, que virá a dispor de um campo de golfe com 70 ha, foi equacionada a reutilização das águas residuais geradas no empreendimento para a rega daquele campo.

O estudo realizado já em 1989 teve em conta que a rega por aspersão, como se prevê vir a ser a que será adoptada, provoca aerossóis e que os golfistas têm práticas "bizarras" de beijarem e lambem as bolas de golfe e os tacos - pelo que os efluentes tratados a serem aplicados na rega deverão ter de obedecer a exigências de qualidade microbiológica e virulógica comparáveis à da água potável; e teve ainda em conta que nenhum agente de desinfectação poderia ser utilizado de molde a afectar o coberto ervense (por exemplo o cloro ou outros halogéneos). Da análise de várias alternativas reteve-se o esquema de tratamento baseado, sucessivamente, em: lagoa anaeróbia, lagoa facultativa, lagoa de maturação, lagoa de macrófitas (*Typha latifolia* L.) e filtro lento.

O estudo económico revelou que por um pouco menos de metade do preço que resultaria de se pagar, à entidade responsável na região pelo fornecimento de água potável e pela drenagem de águas residuais, a obtenção de água e a rejeição de efluentes, se poderá recorrer às águas residuais tratadas.

Em termos de macro-escala, a reutilização de $70\,000 \text{ m}^3$ /ano de água poderá não ser relevante no balanço de disponibilidades e necessidades hídricas da região, tanto mais que as necessidades médias de rega no campo de golfe são cobertas apenas a cerca de 15% com as águas residuais; mas à escala do empreendimento trata-se de dispender cerca de 95\$00 ou de 210\$00 por cada m^3 na rega, consoante se reutilizem, ou não, as águas residuais geradas no empreendimento.

A produção de biogás no tratamento de efluentes de suinicultura e avicultura⁽⁴⁾

19. Tem mais de 50 anos a primeira realização concreta de produção de biogás a partir de estrume de vacas, à escala de uma pequena quinta em Vila Nova de Cerveira, no norte do país, cujo proprietário, seguramente de espírito engenhoso e avançado para a época, levou a efeito numa perspectiva de conservação da energia.

Os sectores de suinicultura e de avicultura, e da pecuária em geral, são responsáveis por quota-parte não discipienda das cargas brutas de poluição não doméstica neste país (um pouco menos de 9%). A falta de

uma legislação consistente tem sido difícil, até data recente, conseguir que os respectivos industriais adoptem, de moto próprio, medidas de redução da poluição provocada. Todavia, a partir dos inícios dos anos 80, algumas instalações têm vindo a ser construídas para a produção de biogás, em associação quer a suiniculturas quer a aviculturas, em resultado de um processo que, com poucas excepções, começa por uma queixa de quem, nas vizinhanças, se sente molestado com cheiros e com as escorrências de água poluída, seguindo-se-lhe uma intimação de uma entidade competente no sentido de se sanar a situação, mas que não fixa, necessariamente, limites de qualidade, prossegue com a verificação, pelo industrial visado, de que não possui terreno suficiente para fazer uma lagunagem de que ouviu falar ou alguém lhe sugeriu, e, finalmente, pela descoberta de que poderá produzir energia ao mesmo tempo que satisfaz a intimação.

A experiência acumulada nestes anos cifra-se em cerca de 30 instalações de digestão anaeróbia de mistura total, com cas entre os extremos mínimo de 250 porcas reprodutoras (a cada porca reprodutora correspondendo, em média, 10 leitões e varrascos), e máximo de 300 000 galinhas poedeiras. cerca de As cargas médias por animal situam-se, nas suiniculturas, em 120 g de CBO/dia, 10 l de águas de lavagem/dia e 5% de SST e, nas aviculturas, em 120 g de dejectos com 25 ~ 30% de SST/dia que são diluídos a 10 ~ 12% com efluente da digestão depois da separação de sólidos.

A produção de biogás é, em média, por animal, de 12 l/dia nas aviculturas e de 110 l/dia nas suiniculturas. Cada m³ de biogás (com 65% de CH₄) é, energeticamente, equivalente a 0,5 Kg de gas propano comercial, ou seja, a cerca de 5 500 kcal. Nas instalações mais simples, sem sistema de cogeração, 30% do biogás produzido é utilizado em auto-consumo no aquecimento da digestão, ficando 70% disponível para queima, designadamente no aquecimento das maternidades em suinicultura. Com sistema de cogeração, para além de assegurar o aquecimento da digestão, cada m³ de biogás proporciona ainda a produção de 1,8 kWh de energia eléctrica para utilizações próprias das aviculturas ou suiniculturas. As eficiências conseguidas com a digestão anaeróbia situam-se em 60 ~ 80% em termos de CBO e em 50% em termos de SST. Naturalmente que as cargas poluidoras dos efluentes da digestão ainda são extremamente elevadas exigindo reduções finais de tal modo a compatibilizar as suas descargas com as exigências de protecção dos meios receptores.

A piscicultura associada à depuração de efluentes⁽⁵⁾

20. Ora uma das mais interessantes soluções integradas em curso de realização, justamente no caso de uma avicultura, com a capacidade de 300 000 galinhas poedeiras, em Porto da Carne, no concelho da Guarda, compreende uma primeira etapa de digestão anaeróbia com produção de biogás e de energia (com 2 digestores de 1000 m³ de capacidade unitária e 6 geradores de 50 kW de potência unitária) e uma segunda etapa compreendendo uma lagoa fotossintética de alta carga seguida de um tanque de piscicultura onde se pretende vir a criar carpas.

Há ainda que aguardar os resultados desta realização, muito especialmente no tocante às fases de tratamento aeróbio.

A piscicultura e a produção de água para dessedentação de gado associadas à depuração de efluentes⁽⁶⁾

21. Trata-se de um projecto de I&DE concebido no Departamento de Ciências e Engenharias do Ambiente, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, em intenção de zonas semi-áridas e áridas (no caso vertente o território da República de Cabo-Verde) para o qual

se espera poder vir a obter financiamento, já que todas as articulações entre as entidades intervenientes se encontra atingida.

O projecto põe em jogo, fundamentalmente, as seguintes vertentes: (1) produção de microalgas a partir de águas residuais comunitárias em lagoas fotossintéticas de alta carga; (2) bioconversão das microalgas designadamente para a produção de Tilapia; (3) redução das cargas de sedimentos e de microorganismos do efluente da aquicultura com filtração lenta; (4) redução final das cargas de microorganismos por desinfecção por energia solar, na faixa de comprimento de onda dos ultra-violetas, com células fotovoltaicas; (5) transformação, por processos simples, do peixe produzido com vista à sua utilização.

O local escolhido para os estudos experimentais a desenvolver situa-se junto à cidade do Mindelo, na ilha de S. Vicente, na vizinhança de uma exploração agro-pecuária existente, em resultado do que, em simultâneo com o tratamento das águas residuais, se produziria água para dessedentação do gado e as proteínas da transformação do peixe seriam incorporadas em rações para os animais.

Em regiões, como Cabo-Verde, com persistente falta de água, todos os processos de conservação deverão ser equacionados e ponderados, antecipando-se que a linha de actuação referida possa constituir um contributo importante para a compensação dos persistentes défices de água.

A produção de proteínas não convencionais⁽⁷⁾

22. A indústria do concentrado de tomate, com algum significado económico em Portugal, é fonte importante de poluição. Os respectivos efluentes apresentam as seguintes características: (1) fácil biodegradabilidade, (2) concentrações elevadas de sólidos em suspensão, responsáveis por cerca de 25% da poluição total, (3) muito baixos teores em azoto e fósforo, (4) elevados volumes, resultantes de consumos médios de 10 m³ de água por tonelada de tomate processado, (5) cargas orgânicas variando entre 130 e 700 mg/l em termos de CBO₅. [OLIVEIRA (1982)]. Assumindo uma perspectiva de valorização destes efluentes (em alternativa à simples redução das respectivas cargas poluentes), uma equipa do Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL), realizou, em 1984, estudos experimentais com estes efluentes em lagoas fotossintéticas de alta carga, nas quais obteve, em resultado do tratamento proporcionado pelas lagoas, um complexo de biomassa, cargas microbiológicas e detritos orgânicos designado por "Albazod", muito rico em proteínas, vitaminas e minerais.

Os efluentes, após a remoção do "Albazod", são aptos para rega e para adequados usos na indústria. Com os referidos estudos a equipa pode determinar a eficiência do tratamento, a composição química do "Albazod" e o seu valor nutritivo como suplemento proteico em rações. [RODRIGUES, OLIVEIRA (1987)]. Em particular, o valor energético apurado foi de 300 cal/100 g.

Os estudos realizados seguiram-se a outros levados a efeito por alguns dos membros da mesma equipa, nos anos 70, também sobre efluentes da indústria do concentrado de tomate, em que o objectivo, na mesma perspectiva de valorização dos efluentes, era a produção de suplemento para rações resultante da fermentação dos efluentes produzidos na etapa de "juicing" na linha de processamento de concentrado de tomate [OLIVEIRA (1982)].

A fermentação era realizada usando como inóculo uma levedura, Candida utilis estirpe C₁₄, e adicionavam-se nutrientes (ureia e superfosfato de cálcio) para suplemento de azoto e fósforo. O produto obtido continha

a biomassa, rica em proteína e vitaminas do complexo B, e subprodutos do fruto (peles e grânhas) ricos em caroteno e glicogeno.

23. Na mesma perspectiva de valorização de efluentes, a equipa da FCT/UNL realizou estudos experimentais de produção de biomassa a partir de efluentes de suinicultura [OLIVEIRA (1983), OLIVEIRA *et al* (1985)].

O sobrenadante da decantação e filtração dos referidos efluentes foi utilizado como substrato para a produção de biomassa, num piloto laboratorial de lamas activadas. Um extenso e intenso programa de determinações analíticas permitiu avaliar as vantagens da adição de azoto e fósforo no processo de produção de biomassa e a composição química do produto, deixando antever o interesse da sua utilização como suplemento em rações para animais. Todavia testes *in vivo* e em condições práticas correntes do valor nutricional da biomassa produzida não foram feitos por falta de meios adequados na FCT/UNL [OLIVEIRA (1985)].

24. Uma terceira frente explorada pela mesma equipa da FCT/UNL, num projecto de investigação luso-alemão (Universidade Técnica de Aachen), respeita aos efluentes de destilarias vînicas.

Num piloto capacitado para 24 l/h, compreendendo um tanque de mistura de reagentes de coagulação/floculação e uma decantação primária a que se seguiam duas linhas paralelas, cada uma incluindo um tanque de arejamento por ar difuso e uma decantação secundária, uma quota-parte do efluente da destilaria da Junta Nacional do Vinho no Bombarral, depois de previamente arrefecido, foi submetido a uma série de ensaios ao longo de 6 meses em 1986.

A CQO do afluente ao piloto atingia 30 000 mg/l e a CBO₅ oscilava entre 7 000 e 12 000 mg/l, correspondendo a cada 3 l de efluente da destilaria 1 habitante-equivalente com 90 g de CQO e 150 l/dia de capitação.

No final do tratamento, com a introdução de nutrientes (azoto e fósforo, respectivamente sulfato de amónio e superfosfato de cálcio) foi conseguida uma redução de 90% ou mais de CQO e de CBO₅.

A quantidade de biomassa produzida representava 50% do efluente tratado, com 1,5% de matéria seca. Com filtro prensa a biomassa desidratada continha 11% de matéria seca, reduzindo-se o volume original de 86%. O teor de proteínas na biomassa produzida era cerca de 35% da matéria seca respectiva.

Os ensaios revelaram que os efluentes de destilaria pertencem a um grupo de substratos muito prometedores em termos de produção de proteínas de alta qualidade como suplemento para rações para animais.

Uma segunda série de ensaios em Portugal está planeada.

25. A produção de biomassa a partir dos diversos substratos referidos (efluentes da indústria de concentrado de tomate, de suiniculturas e de destilarias), bem como de efluentes de bovinos constitui um núcleo forte de investigação na FCT/UNL, numa perspectiva de tratamento e valorização de resíduos, ou seja, de conservação da água e de matérias primas [OLIVEIRA (1988)].

Os efluentes de galvanoplastias (tratamentos de superfície) e de curtumes e a recuperação de metais pesados⁽⁸⁾

26. São em grande número as unidades de galvanoplastia que, neste país, em instalações autónomas ou integradas noutras linhas de fabrico, se encontram associadas aos sectores de veículos motorizados e velocípedes, de ferragens para a construção civil, de brinquedos e bijuteries, de circuitos impressos em electrónica, de componentes eléctricos, de anodizações, de trefilaria, de técnicas de cementação, de manutenção

de aeronaves (TAP e FAP), etc. Estão inventariadas cerca de 1 000, das quais mais de 85% se encontram nos distritos de Braga (55), de Lisboa (230), do Porto (268) e de Aveiro (310).

Constituem fontes importantíssimas de poluição do solo e das águas interiores com cianetos e metais pesados (níquel, crómio, cádmio, cobre, zinco, prata e ouro), caracterizando-se, os efluentes, por elevados caudais com baixas concentrações daqueles contaminantes. Estas características associadas à grande disseminação de pequenas unidades torna a resolução dos inerentes problemas de poluição matéria árdua.

A sequência de medidas e operações conducente a uma solução integrada, numa perspectiva de conservação da água e das matérias primas, compreenderá: uma racionalização nos gastos de água na lavagem das peças (a maior parte das unidades de galvanoplastia não dispõe, sequer, de contadores), a remoção dos contaminantes, a reutilização dos efluentes após aquela remoção, a recuperação dos metais pesados removidos (especialmente aqueles com maior valor económico ou maior toxicidade) e o tratamento e destino final dos removidos não recuperados e dos rejeitados das operações de recuperação.

Em traços gerais, a situação do sector em termos de mero controlo da poluição é dada pela existência, aliás pouco significativa, (1) de unidades dispostas de tratamentos convencionais de oxidação dos cianetos e de precipitação dos metais pesados mas com inadequado destino final das lamas produzidas, traduzindo-se os resultados atingidos por uma mera transferência da poluição provocada pelos efluentes líquidos para a poluição gerada pelas lamas, e (2) de algumas unidades onde, já hoje, se recuperam metais pesados (cobre, níquel, crómio, zinco) e mesmo cianetos.

É neste contexto que assume especial interesse a estratégia equacionada para um conjunto de múltiplas pequenas unidades no concelho de Águeda (cerca de 120), de remoção dos metais pesados das águas de lavagem de cada unidade em instalações de permuta iónica e posterior transferência das resinas esgotadas para um centro colectivo onde aquelas são regeneradas e podem ser recuperados os metais pesados e tratados os não recuperados e os rejeitados das operações de recuperação.

A articulação entre a Câmara Municipal de Águeda, a Associação Industrial de Águeda e a Secretaria de Estado do Ambiente e Recursos Naturais, através da Direcção Geral da Qualidade do Ambiente, com a constituição de um Gabinete Municipal de Intervenção Ecológica e o sequente desenvolvimento de estudos de diagnóstico e propostas de soluções, permitiu encontrar como "solução mais correcta, mais lógica, mais económica e mais fácil de pôr em prática e de gerir", a construção de uma estação de tratamento colectiva em Águeda com uma instalação de regeneração de resinas anexa, sendo as lamas finais levadas a aterro controlado. GMIE (1988).

27. Constitui caso pragmático no sector dos tratamentos de superfície as medidas que vão ser introduzidas nas instalações de galvanoplastia das oficinas de manutenção da transportadora aérea nacional (TAP). Na situação actual procede-se, nos respectivos efluentes, à oxidação dos cianetos e à precipitação dos metais pesados e, a breve prazo, à desidratação de lamas em filtro prensa. Na correspondente linha de tratamento existente a oxidação dos cianetos é assegurada com NaOCl, faz-se a redução de Cr(VI) com NaHSO₃ e a precipitação dos metais pesados com polielectrolito em meio alcalino.

O processo subjacente a esta linha de tratamento está limitado a concentrações de CN até 2g/l visto que com concentrações superiores formar-

-se-ia um composto intermédio, $CNCl$, volátil, tão tóxico como o ácido cianídrico, HCN , também volátil, que se formaria em meio ácido. Na TAP existem banhos de remoção de metais pesados em peças usadas (excepto no que respeita ao crómio que é removido noutra tipo de banho) que contém elevadas concentrações de CN , atingindo mesmo 120 g/l no início do banho, que vão diminuindo, permanecendo, no entanto, acima de 2 g/l , ao mesmo tempo que as concentrações em metais pesados vão aumentando. Uma linha paralela de tratamento, em circuito fechado, para os efluentes de tais banhos, dispondo de uma célula electrolítica, possibilita, em simultâneo, a oxidação de CN (com formação de cianetos que se hidrolisam em pH ligeiramente ácido, e são vincadamente menos tóxicos que os compostos intermédios atrás mencionados) e a deposição, selectiva, por variação da diferença potencial, dos metais pesados no cátodo na forma metálica. O tratamento do efluente da célula electrolítica, quando o teor de CN atinge valores inferiores a 2 g/l , prossegue na linha pré-existente.

Está equacionado ensaiar a aplicação da osmose inversa nas águas de lavagem que afluem à linha de tratamento pré-existente de tal modo a que o rejeitado, naturalmente então com elevadas concentrações de CN , seja enviado para a linha de tratamento onde se integra a célula electrolítica, e o permeado retorne para reutilização nos banhos. A mesma tecnologia de membranas será também aplicada em outras unidades de galvanoplastia na região de Lisboa.

28. Em Alcanena estão localizadas cerca de 150 unidades industriais do sector de curtumes, no seu conjunto gerando cerca de $7\ 000\text{ m}^3/\text{dia}$ de efluentes e consumindo, nos processos de curtimenta, aproximadamente 700 Kg de crómio diariamente. A maior das unidades representa cerca de 15% do poder poluidor global, as 6 maiores 30% ~ 50% e as 30 maiores 80% ~ 85% daquele mesmo poder poluidor. As águas residuais descarregadas ao longo do dia apresentam grande variabilidade de características quantitativas e qualitativas, com gorduras, anilinas, sulfuretos, crómio, etc.

As operações de curtimenta incluem a imersão das peles em banhos de crómio, a concentrações de $8\text{ ~ }9\text{ g/l}$, nos quais cerca de 70% do crómio é fixado nas peles e o restante é arrastado nas respectivas águas residuais (concentrações médias de 30 mg/l ponderando os volumes diários de efluentes e de crómio consumido). Dado o enorme potencial de poluição e o concomitante valor económico do crómio rejeitado, a estratégia adoptada, numa perspectiva de solução integrada, consistiu em dotar cada unidade industrial (pelo menos as maiores) de tanques de recolha da águas residuais com crómio de onde se transportam, por camião-cisterna, para uma unidade central de tratamento e, simultaneamente, de recuperação de crómio. O esquema processual envolve fundamentalmente, uma precipitação do crómio, uma desidratação das respectivas lamas em filtro prensa, uma solubilização do crómio no "cake" com ácido, uma filtração em meio poroso fino e ajustes do pH . O resultado final é constituído por um concentrado de crómio directamente utilizável em novas operações de curtimenta.

Apesar da operação financeira subjacente à solução implantada parecer não se revelar tão prometedora quanto inicialmente se presumia, dadas algumas deficiências de operação e, ainda, uma incipiente sensibilização de alguns dos intervenientes, não oferece dúvidas a correcção formal de tal solução.

Aproveitamento de lamas do efluente de fabrico da celulose⁽⁹⁾

29. O sector da pasta do papel é gerador de cerca de 9% das cargas de poluição totais da indústria transformadora em Portugal CARTAXO (1989) .

As entidades produtoras de pasta neste país, não obstante desenvolverem a sua actividade num sector altamente rentável, tem manifestado muitas resistências, desde sempre, (aliás, mesmo antes das nacionalizações) a tudo quanto, de forma decisiva, possa contribuir para uma marcante e efectiva redução da poluição de que, generalizadamente, são responsáveis. Quando, em outros países, em que a relação de forças dos que poluem e dos que lhes sofrem as consequências é diferente da que tem vindo a prevalecer em Portugal, foram já postas em marcha variadas medidas decorrentes de esquemas de conservação da água, da energia e das matérias primas associadas ao tratamento de águas residuais deste sector, neste país o exemplo dado por tais entidades é dos menos relevantes. Há razão, por isso, para considerar positivos os esforços feitos pelas Secretarias de Estado do Ambiente e Recursos Naturais e da Indústria que culminaram com a assinatura recente de um contrato-programa com o Sector da Pasta de Papel, onde são definidas "as orientações e objectivos gerais que visam a diminuição das emissões poluentes líquidas e gasosas, a diminuição dos consumos específicos de água, economias de energia, recuperação de matérias primas e produtos químicos, bem como o destino adequado dos resíduos, a implementar nos vários centros fabris"; mas há, igualmente, que esperar e ver para crer.

Apesar do que fica referido tem inegável interesse os estudos de I&DE empreendidos pelo Centro de Investigação da PORTUCEL com vista ao aproveitamento das lamas primárias do tratamento existente nos centros fabris de Cacia e Setúbal: um deles respeitante à obtenção de um correctivo orgânico para solos, com a colaboração do Departamento de Ambiente da Universidade de Aveiro (Prof. Antunes Pereira), e outro relativo à obtenção de um substrato para cultivo de cogumelos comestíveis, em ligação com o Departamento de Produção Florestal da Estação Florestal Nacional (Eng^a Arlinda de Oliveira).

No primeiro dos estudos, iniciado em 1984, foi ensaiada a compostagem com remeximento de pilha para arejamento e realizados testes agrónomicos para aferição dos compostos obtidos em culturas de aveia preta (Avena strigosa) e azevém (Lolium perene) nos prados do Baixo-Vouga, tendo-se concluído que se obtinha um correctivo húmico normal, com interesse em solos, especialmente ácidos, dado o teor em CaCO_3 , e de baixo teor em matéria orgânica.

Verificou-se, em paralelo, que a adição directa de lamas brutas ao terreno ocasionava fenómenos de depressividade nas plantas, visto que sendo praticamente isentas de nutrientes e com uma razão C:N muito alta, a degradação da matéria orgânica origina consumo de azoto disponível no solo.

Verificou-se, ainda, que os teores em metais pesados se situavam abaixo dos limites consignados na pertinente Directiva da CEE. PORTUCEL (1988).

No segundo dos estudos foi ensaiada a cultura dos fungos lenhólitos Pleurotus ostreatus, Lentinus edodes e Agrocybe aegerita, e consideradas alternativas com suplementação azotada e com correcção do pH. As conclusões retiradas vão no sentido da adequação das lamas primárias como substrato de cultura daqueles fungos [PORTUCEL (1988)], embora se afigure deverem ser realizados estudos complementares em vista do apuramento da viabilidade económica desta aplicação num processo produtivo em escala industrial. O trabalho realizado revela já, no entanto, uma positiva achega e uma nova mentalidade no sector.

A reutilização de águas residuais tratadas na CNP-Companhia Nacional de Petroquímica, e na PETROGAL-Petróleos de Portugal⁽¹⁰⁾

30. A CNP é, seguramente, no contexto industrial português, um caso

exemplar de sensibilização para os problemas da poluição, em particular da água, de adopção de medidas oportunas no seu controle e de instalações bem concebidas e executadas e, sobretudo, bem exploradas. Aquando da construção do complexo petroquímico em Sines logo se decidiu realizar, em simultâneo, a partir de 1978, uma estação para o tratamento dos efluentes drenados por duas linhas separadas: linha de esgoto químico, com os efluentes das fábricas de polietileno de alta densidade e de polipropileno, e a linha de esgoto oleoso, com os efluentes das fábricas de etileno, butadieno e central termoeléctrica e as águas pluviais da plataforma daquela primeira fábrica. Numa 1ª fase o tratamento realizado restringia-se às operações mecânicas e físico-químicas incluídas no diagrama da Fig. 2 até à flotação, inclusivé, com capacidade para 50 ~ 75 m³/h na primeira linha citada e para 200 m³/h na linha de esgoto oleoso. Os resultados obtidos no tratamento permitiram que a qualidade do efluente final se situasse na Classe II (a segunda mais exigente de uma gama de quatro classes) da tabela de tarifação aplicável na Área de Sines (Portaria N^o 47/87, de 20 de Janeiro), passando de máximos de 1 000 mg/l em óleos, 2 000 mg/l em sólidos suspensos e 500 ~ 600 mg/l em CQO nos efluentes brutos, para, respectivamente, valores médios finais de 10 mg/l, 20 mg/l e 400 mg/l.

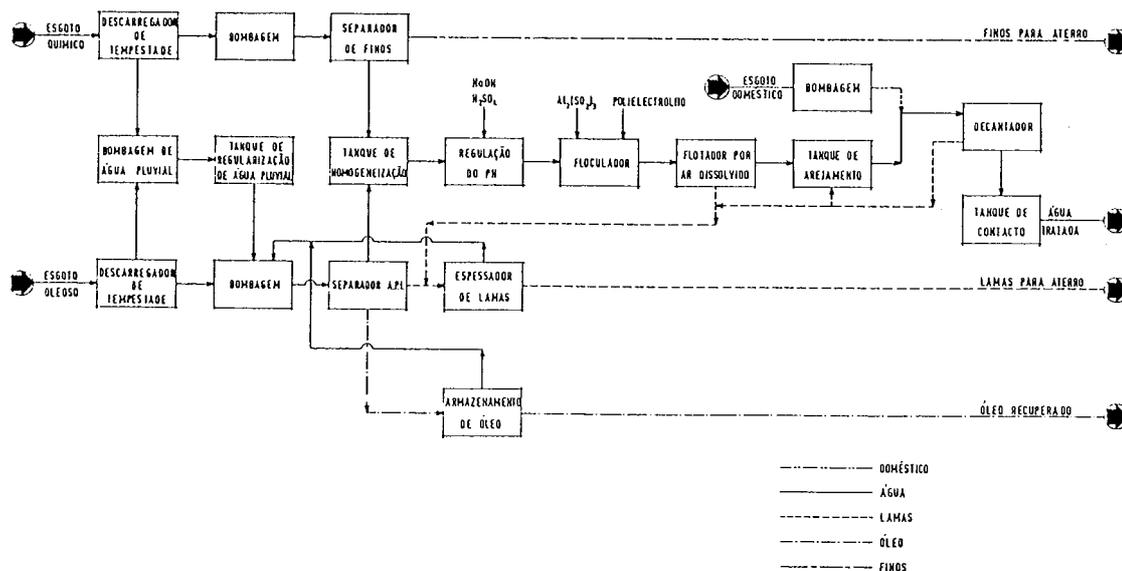


Fig. 2 - CNP. Diagrama de blocos

Em 1984 foi realizado um estudo técnico-económico de uma 2ª fase de tratamento biológico em vista da reutilização do efluente final tratado como água para serviços gerais e para incêndios e podendo, ainda, servir de água de "make-up" nas torres de refrigeração do complexo. O estudo apontou para a viabilidade daquele tratamento complementar, antecipando-se a amortização do respectivo investimento em capital fixo, aos custos de então, e para um cenário médio, em cerca de 12 meses.

Foi decidida a construção da 2ª fase de tratamento e a estação, agora completa, tem permitido a reutilização pretendida e proporcionado eficiências de que os registos que se apresentam de 6 meses, de Outubro de 1988 a Março de 1989, dão nota:

(Valores médios mensais em mg/l)

	Efluente da 1ª fase de tratamento				Efluente da 2ª fase de tratamento				Volume de água recuperada (m ³)
	Oleos	SST	CQO	CBO	Oleos	SST	CQO	CBO	
OUT 88	6,7	15,7	281	35	0,8	8,2	52,2	10	26 920
NOV 88	9,7	20,9	392	111	0,7	8,5	37,2	39,0	8 590
DEZ 88	6,8	15,8	399	n/d	0,5	9,5	40,9	n/d	11 600
JAN 89	9,6	19,5	342,2	150	1,0	8,9	51	13	35 670
FEV 89	9,2	23,8	489,4	130,5	0,8	8,9	40,8	13,5	16 070
MAR 89	8,1	20,4	596	97,8	0,7	8,7	197	25	14 900

A qualidade do efluente final situa-se na Classe I quando deve ser descarregado no sistema de drenagem colectiva da Área de Sines.

No arranque do tratamento biológico uma equipa do Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa realizou ensaios pertinentes à dinamização do desenvolvimento de biomassa no tanque de arejamento, tendo-se conseguido resultados positivos com inóculo constituído por efluente de suinicultura.

31. A Refinaria do Porto da PETROGAL dispunha de uma instalação de tratamento de águas residuais que, pelo desajuste das suas dimensões, dos caudais a tratar e outras circunstâncias associadas a diversos problemas, nomeadamente de concepção, nem sempre cumpriu satisfatoriamente os objectivos pretendidos de controlo de poluição [RIBEIRO (s/d)]. Decidiu-se, por isso, a profunda remodelação e ampliação das instalações existentes, tendo em vista ficarem garantidos o adequado tratamento de todos os efluentes líquidos gerados na refinaria e, ainda, (questão que importa salientar), o aumento da possibilidade de fornecimento de água de serviço, consequentemente numa perspectiva de conservação da água. A estação de tratamento remodelada e ampliada, que entrou em serviço em 1988, tem capacidade para atender 300 m³/h em tempo seco e até 450 m³/h em tempo de chuva. As eficiências conseguidas são as seguintes (todos os parâmetros em mg/l excepto pH):

Parâmetro	A Entrada	A Saída	Parâmetro	A entrada	A saída
pH	8 - 10	6,5 - 8,5	Sulfuretos	30	< 0,5
Sol.suspensão	70	< 30	Mercaptans	5	< 0,5
Hidrocarbonetos	100	< 5	Fenois	8	< 0,2
CQO	500	< 100	Ferro	1	< 1
CBO5	200	< 25	Cromio Hexav.	0,5	< 0,5
Cloretos	400		Cianetos	0,2	< 0,1

O diagrama de blocos está representado na Fig. 3 destacando-se a segregação das águas residuais afluentes à estação de tratamento (considerada desde logo na construção da refinaria) e a sequência de operações e processos unitários na fase líquida: tratamento físico (nos pré-separadores e PPI), tratamento físico-químico (neutralização e oxidação de sulfuretos, coagulação-floculação e flotação), tratamento biológico (em duas linhas paralelas, com lamelas activadas, uma das quais, a existente na instalação inicial, é complementada, a jusante, com floculação-decantação) e tratamento de afinação com vista à reutilização de efluentes (decantação, cloragem e arejamento). [RIBEIRO (s/d)].

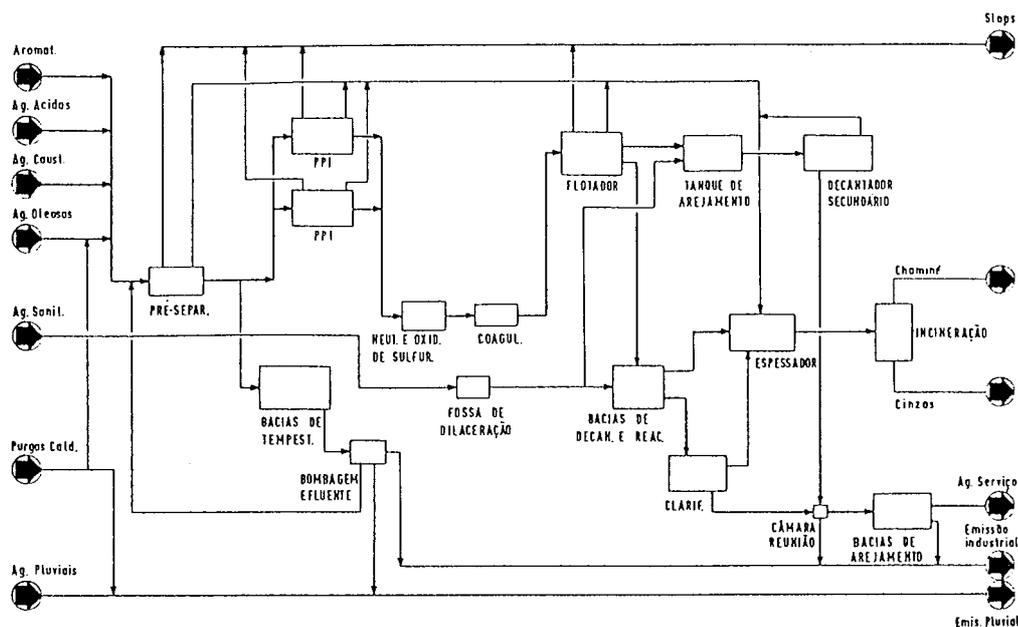


Fig. 3 - PETROGAL. Diagrama de blocos

Pequenas mas importantes modificações em circuitos de tratamento para conservação da água⁽¹¹⁾

32. A estação de tratamento de águas residuais (ETAR) de Parada, no concelho da Maia, em construção, cujos efectivos de habitantes-equivalentes a atender se estimam em cerca de 160 000 em 1995 e de 235 000 em 2015, tem o esquema de tratamento baseado no processo de lamas activadas com digestão aquecida de lamas. Uma opção de fundo adoptada (que constitui uma das primeiras - com Frielas - a apontar neste país), consistiu na produção de energia eléctrica a partir de todo o biogás produzido, sendo a energia calorífica para o aquecimento das lamas obtida por co-geração. A análise do estudo de viabilidade técnico-económica revela que até ao final do século as compras de energia eléctrica ao exterior (representando cerca de 50% dos consumos em 1990) vão diminuindo até se anularem, sendo, então, a ETAR inteiramente autosuficiente, passando a haver excesso de produção para o qual se procurarão aplicações fora da ETAR.

Para além desta opção de fundo, que revela, por si, uma visão actualizada da conservação da energia associada ao tratamento de águas residuais, importa pôr em relevo uma outra opção adoptada, esta agora pequena mas nem por isso menos importante, relativa à utilização do efluente da ETAR (1) no arrefecimento do biogás de agitação dos digestores e (2) na lavagem dos filtros banda de desidratação das lamas digeridas. Para o arrefecimento o caudal é de 4 m³/h a 12 mca de funcionamento contínuo, e para a lavagem 15 m³/h a 60 mca em 8 h/dia de operação. A derivação do caudal total necessário da linha de efluente tratado, a intercalação de filtros/crivos de autolimpeza de 200 mesh de malha nessa derivação e a instalação de grupos elevatórios adequados permitiu concluir que a amortização do correspondente investimento se fará em 1 ~ 2 anos visto se dispensar o recurso a água fresca da rede de distribuição para aqueles efeitos.

33. Uma solução equivalente será adoptada na instalação de tratamento preliminar das águas residuais a serem descarregadas pelo emissário submarino da Guia. O caudal nominal de tratamento de uma 1ª fase é de

2,65 m³/s, sendo o esquema processual integrado por grades mecânicas, desarenadores e tamisadores rotativos de tambor de 5 mm de malha. Por cada tamisador (serão instalados dois, um dos quais de reserva) o caudal de lavagem é de 518 l/min., sendo ainda necessário dispor de caudal adequado para lavagem das grades mecânicas e para arraste dos detritos retidos nas grades e nos tamisadores para o equipamento de tratamento da fase sólida. A totalidade do caudal é retirada do efluente a jusante da instalação de tratamento preliminar e passado, previamente, por um tamisador rotativo de tambor de 0,5 mm de malha. Como consequência não haverá que recorrer, para aqueles efeitos, à rede pública de distribuição de água. O correspondente investimento será amortizado em 1 ~ 2 anos.

Projectos de inovação em tratamentos biológicos podendo conduzir a soluções integradas⁽¹²⁾

34. Uma equipa do Departamento de Ciências e Engenharias do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL) está empenhada num projecto de I&DE, de um sistema de intensificação de biomassa para tratamento por lamas activadas de efluentes de difícil biodegradabilidade (como os de petroquímica, de refinação do petróleo, de lagares de azeite, de celuloses, etc.), que poderá ter repercussões em soluções integradas para problemas de poluição da água. A prossecução do projecto, do qual se apresenta o esquema da instalação piloto laboratorial na Fig. 4, assenta na seguinte metodologia: (1) adaptação/intensificação de biomassa fixa em suportes amovíveis de um reactor contínuo, utilizando dois efluentes com biodegradabilidades opostas (um de difícil biodegradabilidade, como os efluentes de lagares de azeite, e outro de fácil biodegradabilidade, como os efluentes de suinicultura ou da indústria de lacticínios); (2) suplementação, com a biomassa fixa adaptada, do reactor biológico de um sistema de lamas activadas convencional alimentado com um efluente de difícil biodegradabilidade; (3)

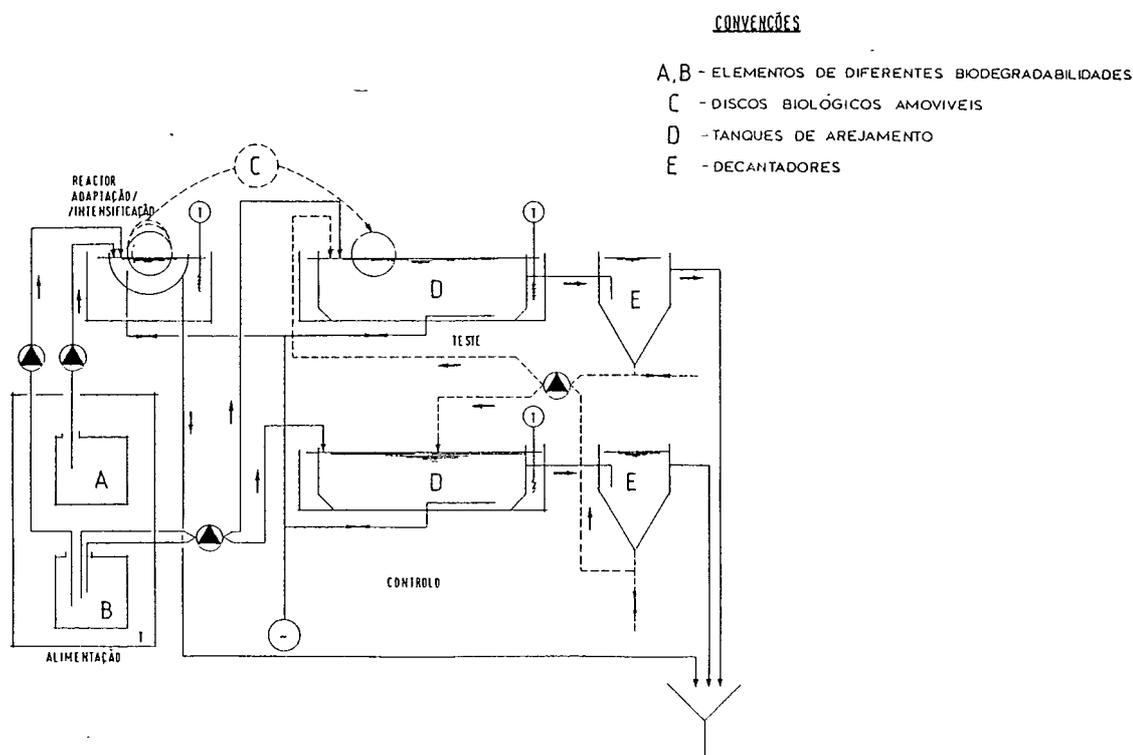


Fig. 4 - FCT/UNL. Piloto de sistema de intensificação de biomassa

comparação dos resultados obtidos no sistema suplementado com biomassa adaptada com os de um outro alimentado pelo mesmo efluente de difícil biodegradabilidade mas sem suplementação de biomassa adaptada. Os suportes fixos amovíveis da instalação piloto são constituídos por discos rotativos de um sistema de discos biológicos, mas na evolução dos estudos prevê-se utilizar outros suportes mais adaptáveis à escala industrial (diatomáceas, carvão ou mesmo areia).

Este projecto de I&DE aplica às águas residuais os princípios de produção de biomassa específica por processos intensivos correntemente utilizada em biotecnologia e que continua a constituir um domínio de investigação com especial interesse, dados os benefícios económicos que pode proporcionar em aplicações industriais. Antecipa-se que dos resultados deste projecto de I&DE, expectativamente positivos, se possam equacionar, em situações de localização numa mesma zona geograficamente favorável de unidades industriais com efluentes de biodegradabilidades opostas, novas abordagens no tratamento conjunto das correspondentes águas residuais, potenciando, pois, soluções integradas.

35. Um outro projecto de I&DE, envolvendo uma equipa mista da FCT/UNL, do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e do Imperial College da Universidade de Londres, respeita ao desenvolvimento de um reactor anaeróbio para tratamento de efluentes orgânicos complexos e solúveis. O esquema da respectiva instalação piloto consta da Fig. 5. O reactor anaeróbio considerado é do tipo híbrido, isto é, incluindo biomassa fixa e biomassa em suspensão e visa fazer face, conjuntamente, a dois fluxos de águas residuais, um com baixo teor de matéria em suspensão (e, por isso, adequado a um sistema de biomassa fixa) e outro com elevado teor de matéria em suspensão (consequentemente não susceptível de ser aplicado num sistema de biomassa fixa mas sim num outro de biomassa em suspensão).

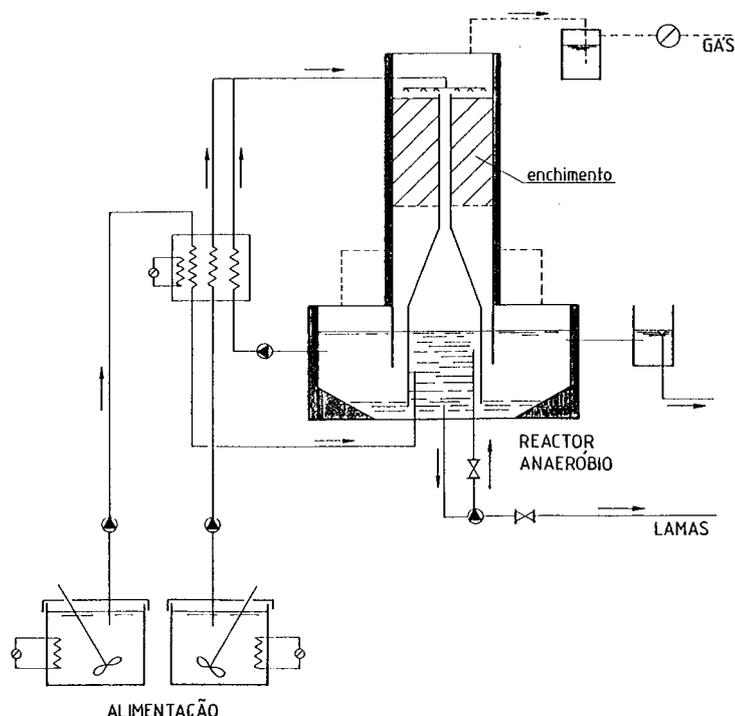


Fig. 5 - FCT/UNL. Piloto de reactor anaeróbio híbrido

Os dois fluxos de diferentes teores de matérias em suspensão podem resultar de duas águas residuais de origens diversas (por exemplo de suinicultura e de destilaria) ou de uma mesma água residual, ainda que com carga orgânica apenas na forma solúvel, no tratamento da qual existirá sempre um fluxo de elevada concentração de matéria em suspensão de lamas a estabilizar, proveniente de um segundo estágio de depuração indispensável à obtenção de níveis de qualidade adequadas para o efluente final tratado.

O reactor híbrido deste projecto tem a particularidade de a zona de biomassa fixa não ser imersa (trata-se de uma percolação através de um suporte adequado, ficando afastados os problemas de colmatação que, por vezes, se colocam) e de incorporar no mesmo órgão a fase de separação sólido/líquido.

Tecnologias de membrana na reutilização de água em tinturaria e ultimateção e na recuperação de matérias primas na indústria textil⁽¹³⁾

36. É paradigmática a situação vivida num primeiro contacto (e noutros que se lhe seguiram) com os responsáveis por uma grande unidade industrial do sector textil laneiro, fundada há 200 anos, e em fase de grande desenvolvimento, no qual o problema fulcral, fonte das maiores preocupações, residia na obtenção de mais água para se assegurarem os aumentos de produção em carteira e previsionais. A urgência do problema levou a que se reforçasse, de imediato, o conjunto de captações próprias existentes com outras novas. No entanto, a sensibilização e a inteligência daqueles responsáveis permitiu que a resolução dos problemas existentes associados à falta de água (e, também, à poluição hídrica provocada pela fábrica) pudesse ser equacionada numa perspectiva integrada de: (1) detecção e redução de perdas de água na enorme extensão de canalizações da fábrica, com alguns troços muito antigos, e concomitante levantamento de cadastro; (2) estudo de reutilização da água dos sectores de tinturaria e ultimateção com os respectivos efluentes previamente segregados, e após passagem por sistemas de ultrafiltração e de osmose inversa; (3) tratamento dos efluentes não reutilizados e rejeitados.

Os estudos de reutilização de água dos sectores de tinturaria e ultimateção com recurso a tecnologias de membrana são pioneiros neste país, e não se encontram, no tempo, muito afastados das primeiras aplicações daquelas tecnologias na indústria textil em países desenvolvidos. Pode-se desde já concluir que a ultrafiltração, com eventual recurso a um estágio subsequente de adsorção em carvão activado, será suficiente para se garantir a qualidade mínima exigida à água a reutilizar nas operações de ultimateção; e que quanto aos efluentes da tinturaria se impõe, adicionalmente, fazer passar o permeado da ultrafiltração por osmose inversa. A recuperação de produtos da ultimateção e de corantes não está em causa, dada a variabilidade de utilização de uns e outros e a não segregação dos diversos efluentes nos estritos limites da ultimateção e da tinturaria. Naturalmente que os resultados finais dos ensaios em piloto que tem vindo a ser feitos serão extraordinariamente úteis para a extrapolação para zonas de grande concentração da indústria textil neste país, como são, em particular, a bacia do Ave e a região envolvente da Covilhã, Tortozendo, Teixoso e Manteigas, na bacia do Zêzere.

37. Uma outra aplicação de tecnologias de membrana, designadamente ultrafiltração, na indústria textil respeita à recuperação de gomas de encolagem dos efluentes da operação de desencolagem no sector algodeiro. Trata-se de um projecto em preparação na Universidade do Minho que prolongará, neste país, as experiências e as realizações industriais com resultados positivos que têm vindo a ser desenvolvidas no estrangeiro, nomeadamen-

te nos Estados Unidos, no Reino Unido e na República da África do Sul.

Uma solução integrada para problemas de poluição da água na Bacia do Ave⁽¹⁴⁾

38. Tem vindo a ser desenvolvido um estudo de drenagem, tratamento e rejeição de águas residuais no Vale do Ave, numa região que se estende, de jusante para montante, ao longo dos rios Ave, Selho e Vizela, de St^o Tirso a Guimarães e às Caldas de Vizela, esquematicamente apresentada na Fig. 6. Está estimado que no final do século (daqui a cerca de 10 anos) os efectivos populacionais atingirão 170 000 habitantes; por essa altura, com a contribuição das águas residuais industriais, fundamentalmente da indústria textil representada por um grande número de unidades das mais variadas dimensões, as cargas de poluição na região referida serão as correspondentes a cerca de 700 000 habitantes-equivalentes.

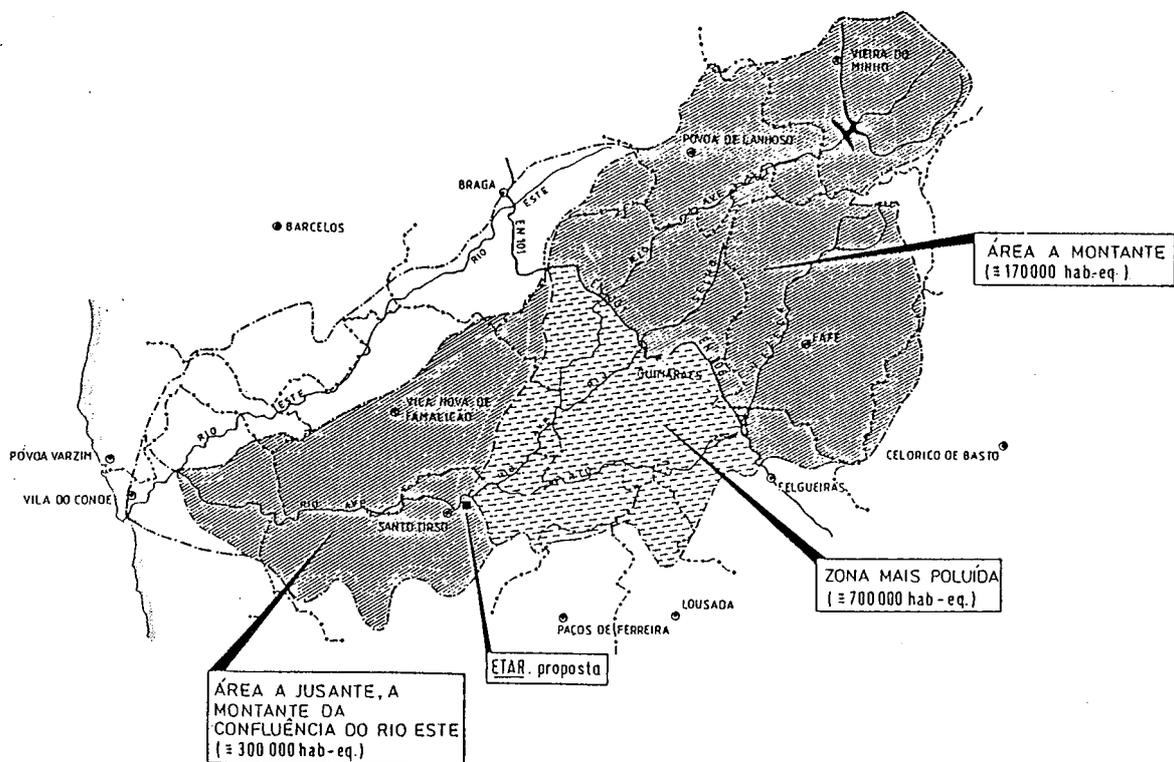


Fig. 6 - Área do estudo da bacia do Ave

A qualidade da água na rede hidrográfica tem-se vindo a deteriorar ao longo dos anos, mais acrescidamente nos últimos mais recentes, com sérias implicações nas suas diversas utilizações, em particular na que respeita ao abastecimento das populações. Numa primeira etapa dos estudos, entretanto objecto de análises complementares numa etapa subsequente, considerou-se que as infraestruturas de drenagem e tratamento deveriam ser concebidas de tal modo que, quanto ao tratamento, a capacidade inicial de uma primeira fase deveria corresponder a uma estação piloto à escala industrial (com 25 ~ 30% da capacidade máxima previsível) com a qual não só se pudesse, durante um período razoável de 6 ~ 9 meses antes da ampliação, testar todos os parâmetros de dimensionamento, como, maxime, aguardar que se fizessem sentir os efeitos de acções a implantar paralelamente com a construção das infraestruturas, relativamente à sensibilização dos industriais para medidas internas de poupança e reutilização da água

(designadamente com recurso a tecnologias de membrana), com óbvias implicações na qualidade das águas residuais a tratar. O grau de tratamento das águas residuais foi equacionado em função das múltiplas utilizações da água após descarga e diluição dos efluentes tratados, havendo agora que analisar a articulação entre os alternativos esquemas de drenagem e tratamento de águas residuais e os de abastecimento de água potável, em particular ponderando as hipóteses de se fazer depender estes últimos de uma captação a montante, exterior a toda a zona de descargas de efluentes (com o que a qualidade destas poderia ser menos exigente e o tratamento da água para abastecimento simplificado), ou de se captar água para abastecimento público nos mesmos trechos onde se proceda à descarga de efluentes (obrigando a maior exigência de qualidade destas e a um tratamento mais completo daquela). A resolução integrada dos problemas da poluição da água no Ave na região referida exige, ainda, a consideração das implicações com a região a jusante, (na qual, até à confluência com o rio Este, estão estimadas cargas poluentes correspondentes a 300 000 habitantes-equivalentes) das medidas a tomar na região de referência. E, por extensão, não se pode deixar de lado o trecho final da confluência do Este até à foz, para análise das mútuas implicações das medidas e eleger numas e noutras regiões da bacia, incluindo o recurso ao mar como meio receptor de efluentes. O Ave, que já havia sido objecto de um estudo piloto de metodologias para a avaliação de políticas de recursos hídricos (Projecto NATO PO-Waters) constitui, em continuação, um excelente exemplo de aplicação de soluções integradas para problemas da poluição da água neste país, esperando-se que os resultados finais possam vir a revelar racionalidade, consistência e dimensão prática.

PERSPECTIVAS

39. Aos cerca de 20 exemplos de casos de espécie considerados nesta comunicação há que juntar os esforços disseminados de adopção de medidas internas em várias unidades industriais neste país, numa perspectiva de tecnologias limpas (ou menos poluentes) na sequência, em parte, de acções de sensibilização por Serviços da administração central e regional. Pode afirmar-se que em Portugal foram dados passos significativos nos últimos 15 anos (e mais aceleradamente nos mais recentes), sem qualquer paralelo com as realizações de períodos anteriores, na abordagem dos problemas da poluição da água. Não parece, no entanto, que o sentido desta evolução esteja já consolidado: (1) está por decidir, a nível político, implantar uma nova política de gestão da água, em particular, com órgãos próprios por bacias hidrográficas; (2) não é ainda suficiente o corpo de cientistas e técnicos necessários, quer na administração pública, quer nos estabelecimentos de ensino superior, quer na actividade privada, para, em conjunto, poderem constituir uma massa crítica susceptível de proporcionarem resultados relevantes de alcance irreversível; (3) há, manifestamente, o risco das capacidades nacionais, por insuficientemente desenvolvidas, serem ultrapassadas, neste seu próprio país, por aquelas que, dos países mais desenvolvidos da CEE, a partir de 1993, passarão a ter as portas abertas para aqui poderem livremente actuar com os pesos de uma larga experiência e do poder económico que lhe está associado.

40. O Homem e a circunstância: a matéria prima humana é, neste país, como a dos países mais desenvolvidos; as circunstâncias favoráveis fortuitas são imprevisíveis; o futuro a curto prazo se encarregará de mostrar se vai haver engenho para gerar (provocar) circunstâncias favoráveis.

AGRADECIMENTOS

Fazer o ponto de situação sobre realidades, aplicações e I&DE em Portugal nos domínios da conservação da água, da energia e das matérias primas associadas ao tratamento de águas residuais, não estaria ao alcance do autor se não fora o grande número de contactos que desenvolveu junto de diversas individualidades dos meios científicos e técnicos portugueses. As eventuais insuficiências ou falhas que possam ser detectadas nesta comunicação são, no entanto, da sua inteira responsabilidade. Com esta ressalva, são devidos agradecimentos à Dr^a Ana Maria Magalhães (CNP), ao Eng^o António Gonçalves Henriques (HIDROQUATRO), ao Prof. Doutor Armando Duarte (DQ/UA), ao Eng^o Arnaldo Pego (HIDROCONTRATO), ao Eng^o Carlos Alberto Chambel Marques (SONERGIL), ao Eng^o Carlos Alves Valente (PORTUCEL), ao Eng^o Cavique Santos (QUIMIGAL), ao Eng^o Duarte Esmeraldo (QUIMIGAL), à Eng^a Dulce Pássaro (DGQA), à Eng^a Fernanda Rodrigues (DGQA), ao Eng^o Fernando de Magalhães e Meneses (TDA), ao Prof. Doutor Fernando Santana (FCT/UNL), ao Prof. Doutor José Filipe Santos Oliveira (FCT/UNL), ao Eng^o José Manuel Duarte Henriques (LNEC), ao Eng^o José de Oliveira Raposo (LNETI), ao Eng^o José Silva Santana (SONERGIL), à Eng^a Leonor Moreira Cartaxo (DGRN), à Eng^a Maria Helena Marecos do Monte (LNEC), à Prof. Doutora Maria Teresa Amorim (UM), ao Eng^o Rui de Carvalho (DGRN) e ao Eng^o Oliveira Marques (LNETI).

BIBLIOGRAFIA

- . CARTAXO, L.M.; ALMEIDA, M.F.; PINELAS, R.M.A. - Determinação das Cargas Poluidoras Brutas Produzidas pelos Sectores de Actividade Industrial em Portugal Continental. Contribuição para o Plano Nacional da Água em Execução na DGRAH. MES, SEOP, DGRAH, DSCP, Lisboa 1985.
- . CARTAXO, L.M. - "O Sector das Celuloses em Portugal" in Colóquio-Debate A Agricultura e o Ambiente, 17 Mar. 1989.
- . JANEIRO, A. - Qualidade das Águas em Portugal Continental. SEARN, Grupo Coordenador do SIGRHID, Pub. N^o 10, 1986.
- . GABINETE MUNICIPAL DE INTERVENÇÃO ECOLÓGICA - A Poluição dos Tratamentos de Superfície no Concelho de Águeda. Diagnóstico e Proposta de Soluções. CMA, AIA, SEARN (DGQA), 1988.
- . GONÇALVES HENRIQUES, A. - Avaliação dos Recursos Hídricos de Portugal Continental. Contribuição para o Ordenamento do Território. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento, Caderno 9, Lisboa 1985.
- . MARECOS DO MONTE, M.H.F. - "A Reutilização de Águas Residuais Tratadas para Rega. Um Contributo para o Combate à Desertificação", in I Jornadas sobre Desertificação, CCRA, Évora (Portugal), 22-29 Out. 1988.
- . MARECOS DO MONTE, H.; SILVA E SOUSA, M.; SILVA NEVES, A. - "Effects on Soil and Crops of Irrigation with Primary and Secondary Effluents", in Water Science and Technology, 21, 1989, pp.427-434.
- . OLIVEIRA, J.S. - "Utilisation of Effluents from the Tomato Concentrate Industry for Biomass Production", in Wasserschaft und Umwelt, 4, 1982, pp.250-255.
- . OLIVEIRA, J.S.; GANHO, R.; CAMARA, A. - "Biomass Production from Swine Effluents", in Wasserschaft und Umwelt, 4, 1983, pp.252-262.
- . OLIVEIRA, J.S.; GANHO, R.; CAMARA, A. - "The Influence of Temperature on Biomass Production from Swine Effluents", in Wasserschaft und Umwelt, 1, 1985, pp.91-100.
- . PORTUCEL - Biotecnologia Ambiental. Centro de Investigação Tecnológica, Eixo, Aveiro 1988.

- . RIBEIRO, J.M.; ASSIS, M.F.; ROCHA, C. - Remodelação da Estação de Tratamento de Águas Residuais da Refinaria do Porto. PETROGAL (s/d).
- . RODRIGUES, A.M.; SANTOS OLIVEIRA, J.F. - "Treatment of Wastewaters from the Tomato Concentrate Industry in High Rate Algal Ponds", in Water Science and Technology, 19, 1987, pp.43-49.
- . SANTOS OLIVEIRA, J.; BAPTISTA GANHO, R.; PIRES SANTANA, F.; SOUSA DA CAMARA, A.; SIMÕES MENDES, B.; RODRIGUES, A. - Tratamento e Valorização de Resíduos de Criação Animal. DCEA, FCT, UNL, Monte da Caparica 1988.
- . VEIGA DA CUNHA, L.; CORREIA, M.L.; GONÇALVES, A.S.; FIGUEIREDO, V.A. - Fundamentos de uma Nova Política de Gestão das Águas em Portugal. MESA, SEOP, DGSB, Lisboa 1974.

NOTAS

- (1) Estudos em que participaram, de forma especial, quanto aos tópicos desta comunicação, o autor e a Eng^a Maria Francisca Silva (HIDROPROJECTO).
- (2) Com a orientação e participação da Eng^a Maria Helena Marecos do Monte (LNEC).
- (3) Estudos desenvolvidos pelo autor e pela Eng^a Ana Ambrósio de Sousa (AMBIO).
- (4) Os Eng^{os} Carlos Alberto Chambel Marques e José Silva Santana tem vindo a realizar, através da SONERGIL, nos últimos 8 anos, um número significativo de instalações de produção de biogás (25 das cerca de 30 existentes à data neste país).
- (5) Obra a cargo da SONERGIL.
- (6) Projecto preparado na FCT/UNL pelo autor com a colaboração do Prof. Doutor José Filipe Santos Oliveira e do Dr. Vasco Valdez.
- (7) Trabalhos da equipa do Prof. Doutor José Filipe Santos Oliveira.
- (8) Áreas de intervenção dos Eng^{os} Anacleto Alexandre Milheiras Costa, da DGQA (Águeda), José Oliveira Raposo, do LNETI (TAP) e do Eng^o José Manuel Duarte Henriques, do LNEC, em osmose inversa. Dados sobre Alcanena recolhidos junto do Eng^o Rui de Carvalho, da DGRN.
- (9) A partir de elementos fornecidos pelo Eng^o Carlos Alves Valente, da PORTUCEL.
- (10) A partir de elementos fornecidos pela Dr^a Ana Maria Magalhães (CNP) e Eng^o Arnaldo Pego da HIDROCONTRATO (PETROGAL). O estudo técnico-económico referido na CNP foi realizado pelos Eng^{os} António Branco e Luis Viegas (HIDROPROJECTO). A equipa da FCT/UNL envolvida no arranque do tratamento biológico da CNP incluía os Profs.Doutores Fernando Santana e Rui Ganho.
- (11) A partir de elementos fornecidos pelo Eng^o Arnaldo Pego (HIDROCONTRATO). A opção de produção de energia eléctrica a partir do biogás resultou de um estudo do Eng^o Leopoldo Poole da Costa (CESL). A reutilização de água residual nos tamisadores da Guia é baseada num projecto da DRENA.
- (12) Com a orientação e participação do Prof. Doutor Fernando Santana (FCT/UNL).
- (13) Trabalhos em curso no sector laneiro desenvolvidos pelo autor e pela Eng^a Ana Ambrósio de Sousa (AMBIO). Perspectivas de actuação no sector algodeiro da Prof. Doutora Maria Teresa Amorim (UM).
- (14) Estudos desenvolvidos pelo autor e, ainda, pelas Eng^{as} Ana Ambrósio de Sousa e Vera Bruto da Costa (AMBIO), António Gonçalves Henriques (HIDROQUATRO) e José Manuel Grade Ribeiro (ENASUL).