

A ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS (U.S.P.) E A ECOLOGIA APLICADA

PROF. SAMUEL MURGEL BRANCO (*)

RESUMO

O trabalho aborda aspectos da ecologia geral em relação aos problemas humanos, procurando demonstrar que o interesse do seu estudo transcende o âmbito exclusivo da Biologia e da Antropologia a qual estava restrito anteriormente. A atuação do homem sobre a natureza, ou sobre o ambiente que o cerca, originou condições peculiares do seu desenvolvimento, principalmente por neutralizar a ação seletiva, de caráter passivo, que o meio exerce sobre as espécies, limitando normalmente as suas populações. Por conseguinte, deve o homem moderno desenvolver técnicas de condicionamento da relação homem-ambiente visando evitar as consequências da demasiada ocupação do espaço e do excessivo consumo de energia necessário ao contínuo crescimento da demanda de conforto. Essas técnicas de condicionamento serão desenvolvidas em três frentes principais, a saber: controle da «saturação populacional» (e não um controle populacional indiscriminado); técnicas de produção de alimentos (particularmente alimentos sintéticos e não apenas o aprimoramento das milenares técnicas agrícolas) e o controle da qualidade do meio ambiente.

Essas necessidades têm motivado o

desenvolvimento verdadeiramente explosivo das pesquisas ecológicas: não só voltadas para o conhecimento da ecologia natural, pura, como base necessária à compreensão das relações entre ser vivo e ambiente, mas também focalizando aspectos de ecologia aplicada, uma vez que os problemas de ecologia humana não são apenas os problemas biológicos que afetam aos demais seres vivos, na natureza.

Com a finalidade precípua de desenvolver pesquisa de alto nível em torno, principalmente, da terceira das três frentes acima indicadas, ou seja, «controle da qualidade do meio ambiente» no seu mais amplo enfoque e nas suas múltiplas implicações, está o Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, criando o «Centro Regional de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada». Descreve-se, em linhas gerais, o histórico dessa criação, os recursos que foram já obtidos, os seus programas de atividades, e os principais passos que já foram dados para a sua concretização.

1 — A ECOLOGIA E OS PROBLEMAS HUMANOS

Ecologia constitui matéria das mais divulgadas, hoje em dia. É assunto da moda. Apesar de um dos mais profundamente investigados, desde o século passado (Darwin, por exemplo, foi essencialmente um ecologista e a sua teoria da seleção natural é fundamentada exclusivamente em ar-

(*) Trabalho apresentado ao VII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, reunido em Salvador, 1973.

(**) Professor Titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos — Campus de São Carlos.

gumentos ecológicos) foi, entretanto, de dez anos para cá que o assunto tomou vulto, adquirindo características de assunto premente, motivando os governos a despender vultosas somas de recursos no patrocínio de pesquisas com ela relacionados. Introduziu-se e agitou a opinião pública, invadindo as livrarias e bancas de jornais na forma de centenas de livros e milhares de artigos de divulgação, alguns dos quais redigidos com autoridade e propriedade, muitos outros, porém, de fundo sensacionalista, publicitário ou puramente emocional, confundindo ao invés de esclarecer, agitando em lugar de motivar.

O estudo das relações entre seres vivos e o ambiente que os cerca já havia constituído objeto de consideração desde Aristóteles até Spencer, mas foi Darwin quem primeiro reconheceu o mecanismo seletivo desempenhado pelo ambiente através da eliminação passiva dos indivíduos menos adaptados. Ele se baseara na concepção de Malthus, segundo a qual os organismos (o homem, na teoria de Malthus) para garantirem a sobrevivência da espécie, produzem números de descendentes muito maiores do que os que o meio pode suportar, o que obriga à eliminação (ainda que passiva) daqueles que dispõem de menos recursos para a reprodução, a obtenção de alimentos e à proteção de si e da prole.

Os atuais censos demográficos, acusando o que se convencionou denominar «explosão populacional», o emprego dos modernos métodos de computação que permitem extrapolar essas curvas de crescimento bem como a da produção de alimento e de energia no planeta tem indicado que, se o homem por um lado está conseguindo neutralizar a ação seletiva da natureza sobre a sua própria espécie, por outro lado parece estar falhando ou atingindo o limite de sua capacidade criadora no que diz respeito à produção de alimentos e à proteção das comunidades ou que, pelo menos, não está ele conseguindo conciliar as três coisas: alta taxa de reprodução (e sobrevivência da prole), produção de alimentos (e energia) e proteção contra o meio. Esse triplice desequilíbrio origina três frentes de pesquisa e experimentação, ou três caminhos teóricos para solução do problema: controle do crescimento demográfico; produção de alimentos sintéticos; controle da qualidade do meio ambiente.

A neutralização da ação seletiva da natureza sobre a espécie humana vem sendo conseguida através dos métodos de combate à doença. Os métodos de assepsia, a criação de antibióticos, o controle de vetores, a correção de algumas deficiências genéticas e de deformações físicas e, principalmente, a vacinação em massa e controle de patogênicos de veiculação hídrica vêm aumentando extraordinariamente a perspectiva de vida individual, permitindo que as pessoas venham, cada vez mais, a morrer de doenças circulatórias, as quais são mais frequentes em uma faixa etária mais elevada. Todos esses fatores reunidos fazem com que as populações humanas, que, durante a Idade Média, levaram 800 anos para serem duplicadas numericamente, agora sofrem uma duplicação a cada 80 anos e, até o ano 2.000 devam duplicar em menos de 50 anos.

Quanto à produção de alimentos o homem ainda utiliza, basicamente, os mesmos tipos de fontes alimentares que utilizava há mil anos, ou seja, a agricultura e a pecuária, proporcionadas pela própria natureza. Embora muitos melhoramentos tenham sido introduzidos no que diz respeito à técnica do cultivo da terra, controle de animais e vegetais daninhos e na seleção de espécies vegetais e animais, a nutrição humana depende ainda do solo e as áreas cultivadas do planeta não sofreram (ou não poderão sofrer) ampliações significativas. Quanto aos produtos do mar, estes continuam a ser apenas colhidos, respigados e não cultivados. Algumas inovações estão sendo introduzidas, hoje, no que diz respeito ao confinamento de animais (inclusive peixes) visando maior e mais rápida produtividade por área, mas isso dificilmente poderá vir a compensar o assustador acréscimo anual de demanda. Muito pouco tem sido realizado com relação à fabricação de alimentos sintéticos, visando o desenvolvimento de uma «produção vertical» em lugar daquela que depende essencialmente da disponibilidade de áreas horizontais de terreno.

Por outro lado, a crescente industrialização, o uso abusivo de inseticidas, a poluição do solo começam, já, a prejudicar a produtividade agrícola e pecuária de tal maneira que, segundo recente divulgação da imprensa, a produção de alimentos vem sofrendo um decréscimo de

3% ao ano, ao mesmo tempo que as populações humanas crescem à razão de 2% ao ano. Além das influências diretas que partículas e compostos tóxicos lançados à atmosfera causam sobre a vegetação, têm sido observados efeitos indiretos provocados pelo uso abusivo de inseticidas e herbicidas, destruindo insetos polinizadores, aves e insetos destruidores de brocas e outros parasitas, etc. Finalmente, grande parte das colheitas, assim como produtos da pecuária e a própria fauna marinha vêm se tornando impróprios ao consumo por causa do seu elevado teor de compostos de mercúrio, assim como de inseticidas orgânicos e outros produtos tóxicos. São exemplos conhecidos a incidência de doenças graves (e letais) ocorrida em população japonesas pela ingestão de atum e outros peixes com elevado teor de mercúrio, a recente intoxicação de cem mil pessoas na Índia (com 6.000 casos fatais) pelo consumo de trigo tratado com inseticidas mercuriais, ou ainda a ocorrência de deformações em recém nascidos, no Vietnã, devido às propriedades teratogênicas da **dioxina** contida no herbicida denominado «agente orange». De acordo com artigos publicados na revista científica norte-americana «Science» em seus números de 6 de abril e 20 de abril de 1973, acha-se em estudo a possibilidade de exportação pelos E.E.U.U. de grandes quantidades desse herbicida para o Brasil, Venezuela, Paraguai e possivelmente outros países da América do Sul. Esse composto foi largamente empregado pelas tropas norte-americanas em campanhas de desfoliação das matas, no Vietnã.

No que diz respeito à **proteção** do homem contra ações nocivas do meio e de seus inimigos naturais, a humanidade realizou progressos admiráveis, seja com relação ao controle dos patogênicos (como já foi referido), seja criando ambientes de proteção e conforto individuais ou mesmo coletivos, em um sentido restrito. Entretanto, esse próprio aprimoramento da segurança e do conforto individuais gerou uma situação de insegurança e desconforto coletivos devidos ao elevadíssimo grau de dissipação de energias que é necessário realizar para a obtenção do conforto. A quantidade de energia consumida por uma comunidade constitui o barômetro que mede o seu grau de civilização. E, como a escória resultante dos proces-

so de produção de energia constituem a mais importante fonte de poluição do meio, pode-se quase dizer, paradoxalmente, que um outro instrumento útil na determinação do grau de civilização é a própria poluição. Pelo menos é esta uma afirmação válida para o mundo de hoje, com as fontes de energia que ele utiliza atualmente e sem as necessárias precauções quanto ao destino das escórias.

Quando falamos em poluição resultante da utilização crescente da energia, referimo-nos, amplamente, a todo o uso que se faz da mesma, inclusive o biológico. Em nenhum desses processos a utilização é completa, sendo parte da energia dissipada, quer em forma de compostos complexos e instáveis, quer como fumaças, partículas e substâncias tóxicas, quer na forma de simples calor irradiado. A utilização biológica de energia é denominada nutrição e produz resíduos com elevado potencial de energia molecular, biologicamente instáveis e portanto poluidores. A energia produzida pelas máquinas de combustão, em indústrias, em veículos ou em centrais termo-elétricas, além de provocar a formação de gases e fuligens resultantes de uma combustão incompleta (monóxido de carbono, partículas de carbono, etc.) são irradiadas, em grande parte, na forma de calor que aquece os ambientes criando desconforto (poluição térmica) ou ainda aquecendo a água de refrigeração que, lançada aos rios, produz desastrosos efeitos ecológicos relacionados com o desequilíbrio das concentrações de oxigênio dissolvido.

O homem moderno acumula uma quantidade de material altamente elaborado (à custa de grande consumo de energias) e produz quantidades de lixo como jamais qualquer ser vivo o fez em toda a história do globo terrestre. De acordo com informações contidas em recente relatório elaborado para o Secretário-Geral da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, por B. Ward e R. Dubos (1972) cada habitante dos E.E.U.U. leva consigo cerca de onze toneladas de aço em carros e equipamentos domésticos e lança ao meio 950 quilos por ano de escórias de todo tipo.

Todo esse conjunto de escórias, assim como produtos da decomposição destas e as substâncias sintéticas utilizadas pelo homem na limpeza e no combate às pragas das lavouras, aos vetores e aos pato-

gênicos contribuem para alterar significativamente a composição do meio ambiente onde ele próprio vive. Além disso, a própria atividade de edificação das cidades, obtenção de combustíveis e outras fontes de energia modificam a paisagem influenciando na composição de sua flora e fauna, bem como no clima das várias regiões terrestres. O homem é tradicionalmente um criador de desertos. A eliminação da vegetação natural, além de destruir a fauna que nela vive abrigada, influi na evaporação de água do solo, alterando ciclos hidrológicos, bem como a economia do nitrogênio e outros elementos no solo, o que leva frequentemente a sua esterilidade. A ausência da fauna natural, dessa forma provocada, pode, por sua vez, conduzir à superpopulação de animais vetores de doenças (mosquitos, planorbídeos, etc.) ou concorrentes do homem pelo alimento (ratos, formigas, lagartas, etc.) que, nas condições naturais, mantinham-se sob controle de seus predadores naturais.

Um enfoque global de todos esses aspectos da ecologia terrestre constituirá a única forma de se equacionar o problema, em toda sua amplitude, visando uma solução também global. De acordo com uma definição clássica de H. G. Wells, T. Huxley e G. P. Wells (*Science of Life*, vol. VI, 1935), ecologia é o estudo da economia dos seres vivos. Um estudo pormenorizado e vigoroso da economia dos recursos e condições de sobrevivência em nosso planeta é o que precisa ser feito, com urgência, a fim de garantir o futuro de nossa civilização. A poluição constitui apenas um dos aspectos desse estudo ecológico global — uma das facetas do estudo da proteção do homem em relação ao seu ambiente. Reprodutividade e nutrição constituem outros dois aspectos que não podem ser estudados adequadamente se dissociados entre si e não relacionados com o primeiro.

2 — ECOLOGIA APLICADA

Apesar de a obra de Aristóteles já conter considerações de ordem ecológica, a respeito da vida dos animais na natureza, e de Darwin, desde a sua famosa volta ao mundo, já haver vislumbrando as relações ecológicas como força impulsora da seleção, foi Haeckel quem, em 1878

após enunciar o princípio de que a composição da flora e fauna reflete as condições do ambiente, deu ao estudo dessas relações o nome de «Oecologia». Esses estudos, inclusive o de Darwin e outros que o sucederam, até meados do presente século, tinham um enfoque «naturalístico», contemplativo e descritivo, sendo, portanto qualitativos em sua essência. Só mais recentemente é que alguns ecologistas passaram a quantificar, primeiro as espécies e indivíduos em cada ambiente, construindo gráficos representativos dessas relações e mais tarde analisando-os do ponto de vista energético e da dinâmica de populações. Progressivamente, o estudo ecológico individual (ou de pequenos números de indivíduos) foi sendo substituído pelo estudo de bio-massas, a análise dos substratos alimentares pela do seu conteúdo energético, a sequência dos vários hábitos alimentares por uma sequência de níveis tróficos e a cadeia biológica natural por um fluxograma energético. O cálculo estatístico e as relações termodinâmicas passaram a ter importância cada vez maior em ecologia e, paulatinamente, o microscópio e a rede do caçador de insetos passaram a ser substituídos pelo calorímetro, o espectrofotômetro e o computador eletrônico. Desenvolveu-se o que se poderia chamar de «Ecometria».

Dessa forma, a ecologia que outrora integrava campo exclusivo do biólogo e do antropólogo (este no campo da ecologia humana) passou a manter estreitas relações com a sociedade, a economia, a administração, a psicologia e, particularmente, com a engenharia.

O engenheiro é, quase que por definição, um plasmador de ambientes humanos. O arquiteto cria ambientes restritos; o urbanista e o paisagista, ambientes mais amplos. Da mesma forma, o engenheiro civil, o sanitarista, o agrônomo são plasmadores do biótopo humano, vegetal e animal. Ventilação e conforto térmico, higiene das habitações, irrigação, drenagem, tratamento de águas, disposição de lixo e de esgotos, higiene industrial, veículos e transportes, planejamento das cidades e tantas outras são disciplinas intimamente relacionadas com o ambiente humano, visando a nutrição, proteção e conforto do ser humano e portanto estão incluídas no conceito de ecologia.

Porque, então, **ecologia aplicada** e não, simplesmente, **ecologia**? Trata-se, evidentemente, de uma **ecologia aplicada** aos problemas humanos e os problemas humanos não são os problemas de todos os seres vivos. São problemas que ele próprio criou ao procurar garantir para si, uma sobrevivência maior que aquela permitida pela seleção natural. Não se trata, pois, de simples **ecologia humana**, no sentido que lhe é dado pela antropologia, isto é, estudo do ambiente natural do homem. O homem criou uma **ecossistema** para si: um sistema piramidal (como tantos outros), porém de base extremamente larga e no qual ele ocupa o ápice: todo o fluxo energético caminha em sua direção. Nesse sentido, a sua **ecologia** é particular. Ele não é parte integrante da **biocenose**, mas esta é sua escrava: A energia que é encaminhada de todo o sistema para ele, é dissipada; mas a matéria que lhe serve de veículo tem que ter o seu refluxo e o homem sabe como fazê-lo. Apenas é necessário que o faça ordenadamente, planificadamente.

A capacidade que tem o homem de adaptar o meio às suas exigências orgânicas (e não o contrário) eliminou, praticamente, as suas possibilidades de adaptação e evolução biológicas. Esse fato vem quebrando, progressivamente, a continuidade que existia entre ele e o restante da natureza, alargando-se, cada vez mais o hiato que o separa do ambiente natural e tornando irreversíveis os progressos tecnológicos. Esse é o verdadeiro sentido em que o homem se tornou um escravo da tecnologia. Tal como o pássaro que, habituado à gaiola, não sabe mais procurar alimento por si mesmo ou defender-se de seus inimigos, também o homem seria agora incapaz de sobreviver em um meio que não contivesse vacinas, antibióticos e um mínimo de mecanização.

A capacidade de pensar fez do homem um individualista irredutível, incapaz de soluções globais. Isso torna utópica qualquer iniciativa de planejamentos em larga escala. E não obstante, o planejamento em larga escala, vem se tornando cada vez mais necessário ou imperioso. A adaptação «do meio ao homem» é feita ainda quase que individualmente e isso gera conflitos de interesses ou disputas pelo maior conforto. Por esse motivo, os sub-produtos de uma atividade útil são nocivos a outras atividades igualmente

úteis, ou a outras áreas igualmente importantes do ponto de vista social. O aumento do conforto individual leva à poluição e ao desconforto geral, isto é, à criação dos chamados «Problemas Ambientais».

3 — OS PROBLEMAS AMBIENTAIS DE INTERESSE NACIONAL

Vários são os problemas ambientais que preocupam o mundo moderno e que começam a preocupar os administradores responsáveis pelo desenvolvimento de nosso país. A própria expressão «desenvolvimento do país» era outrora empregada em um sentido meramente **comercial**, e não **econômico**. As raízes gregas de palavra **eco-nomia** são as mesmas da palavra **eco-logia**, e se originam de «oikos», que significa «a casa», a moradia e, por extensão o **ambiente**. Assim sendo, **economia** não pode ser encarada como apenas transação comercial, obtenção de lucros, aumento de renda pecuniária per capita: ela visa, acima de tudo, estabilidade ou mesmo evolução de **condições de vida**, correspondendo, assim, ao aspecto quantitativo da **ecologia humana**. Dentro desta acepção, o desenvolvimento econômico do país deve ser focalizado em toda uma vasta amplitude de relações que conduzem ao maior bem estar da coletividade humana e não apenas no aumento de renda pecuniária ou mesmo energética, independente da maneira como foi obtido e das consequências ambientais resultantes. O aumento de renda per capita acompanhado de poluição e degradação geral do ambiente não é **eco-nômico**, mas apenas pecuniário.

Estas particularidades começam a ser sentidas, como dizia, pelos nossos administradores. A princípio, apenas como problema ligado aos grandes centros industriais do país, como São Paulo, Guanabara, Porto Alegre, etc. sensibilizados pelo problema da poluição das águas, do ar e do solo nas regiões de grande densidade demográfica e industrial, o que não deixa de ser, entretanto, uma visão apenas parcial do problema ecológico global. Progressivamente, vêm os administradores sendo sensibilizados para outros problemas ecológicos que, já conhecidos de longa data dos sanitaristas e ecologistas nacionais, não estão afetos aos centros urbanos mas, pelo contrário, às regiões me-

nos povoadas pelo ser humano. Assim, por exemplo, a formação de desertos pelo homem, no Brasil, já foi denunciada, entre outros, por Euclides da Cunha em «Os Sertões». Da mesma forma, muitos outros escritores e técnicos tem denunciado a influência do alagamento no desenvolvimento e expansão dos planorbídeos; a poluição do solo como agente da transmissão de verminoses; o emprego indiscriminado de inseticidas nas matas como causa de um sem número de desequilíbrios ecológicos nocivos.

A solicitação das atenções governamentais para cada um desses problemas ambientais já vinha sendo feita pois de muito longa data. O que não se percebia era o fato muito importante de todos eles constituírem apenas aspectos de um problema global, de grande extensão, e com uma origem única que é a crescente demanda energética da sociedade humana. Assim sendo, a poluição constitui apenas um «sub-problema» ambiental, afeto às grandes cidades, mas o problema ambiental se estende a toda a área do país e deve ser abordado de maneira global. Assim como não se pode resolver isoladamente o problema da poluição do solo, porque a incineração do lixo leva à poluição do ar e não se pode resolver esta de maneira isolada porque a retenção de partículas leva, eventualmente à poluição da água e o tratamento de esgotos pode levar à poluição do ar e do solo, também não se pode solucionar o problema da poluição em geral sem atentar para os demais problemas econômicos e ecológicos. A obtenção de água isenta de poluição obriga à construção de grandes reservatórios, estes inundam grandes áreas florestais, alterando profundamente a ecologia; por sua vez, a substituição do combustível pela energia hidrelétrica, com a finalidade de reduzir a desmatagem e também a poluição do ar leva à construção de reservatórios ainda maiores, com consequências idênticas e assim por diante. A visão global de recursos disponíveis, demandas energéticas e preservação de ambientes naturais é, portanto, condição essencial ao equacionamento geral do problema, assim como o planejamento integrado é condição indispensável a sua solução. O traço de união, ou o elemento aglutinante dessas inúmeras facetas, são as relações economia/ecologia, conhecidas em seus mínimos particulares.

Focalizaremos aqui alguns dos problemas mais prementes de estudo aprofundado visando solução rápida:

a) **Estudos sobre as implicações ecológicas da substituição da mata original pelas matas cultivadas (reflorestamento)**

Os incentivos que vêm sendo concedidos pelo governo federal visando (muito acertadamente) o reflorestamento de áreas devastadas estaria criando, pelo menos aparentemente, um outro problema ecológico. Os reflorestadores, em lugar de se limitarem ao plantio de árvores em áreas dilapidadas, estão também derubando matas originais (de pequeno valor pecuniário, mas as vezes alto valor ecológico) a fim de substituí-las por vegetação mais rentável. Essa vegetação mais rentável (não propriamente pela qualidade da madeira, mas pela rapidez do crescimento) é, entretanto, constituída de plantas exóticas, tais como as do gênero *Eucaliptus* e *Pinus*. Ora, a nossa fauna é, evidentemente, adaptada ao ambiente formado pela flora autóctone. É nesta que os pássaros encontram os elementos para construção e dissimulação de seus ninhos; os insetos que lhes servem de alimento não se extinguem porque possuem as mesmas cores e aspectos dos caules e folhas dessa flora indígena conseguindo, dessa forma, ocultar em parte a sua presença; muitos pássaros alimentam-se de sementes e frutos das nossas árvores e não de outras, o mesmo acontecendo com roedores e outros mamíferos. A substituição dos nossos campos por densas florestas de *Eucaliptus* ou *Pinus* levará, fatalmente, ao desaparecimento progressivo de aves preciosas, como a codorna, a perdiz ou a ema; ou, ainda, de mamíferos como a paca. É necessário não esquecer, ainda, que muitas das aves, répteis e mesmo insetos que encontram abrigo e proteção em nossas matas e campos são inimigos naturais (agindo como controladores naturais de populações) de seres vetores de doenças, tais como os mosquitos, e também de pragas agrícolas como as brocas. Dessa forma, o desaparecimento ou redução dos elementos naturais pode levar a surtos epidêmicos ou à elevação da frequência das doenças por eles transmitidas, ou danos por eles provocados, como já tem acontecido em to-

dos os locais em que se abrem grandes clareiras na mata para a construção de estradas, represas e outras obras.

b) Consequências nocivas da prática agrícola

O incentivo à agricultura constitui, também, aspecto de essencial importância ao desenvolvimento do país. É, entretanto, necessário que a prática agrícola seja racionalizada, planejada, não somente em função da demanda dos seus vários produtos, mas também visando evitar alterações nocivas do meio. Um exemplo muito conhecido de consequência nociva dessas práticas é o fenômeno da erosão, de grande importância ecológica e com relação ao qual já existem inúmeras medidas defensivas eficientes na sua prevenção. Com relação ao ambiente brasileiro (ou tropical úmido em geral) há um outro fenômeno de importância maior, para nós, e que, aparentemente, não tem sido suficientemente investigado ou para o qual ainda não existem soluções eficientes. Trata-se do fenômeno da lixiviação de sais minerais que tendem a ser levados para regiões profundas, inacessíveis às raízes das plantas cultivadas, em consequência da abundância de chuvas e grande profundidade de nossos solos. Em condições naturais (na mata pluvial atlântica ou na floresta amazônica) as profundas raízes da vegetação autóctone retira, das profundezas do solo estes preciosos sais minerais, restituindo-os, depois, à superfície, na forma de folhas e ramos que caem e se decompõem no solo. A substituição dessa flora pelas plantas cultivadas de raízes superficiais leva, entretanto, a um rápido empobrecimento do solo, causado pela lavagem contínua de seus sais agravada pelo aquecimento provocado pela ausência das sombras das copas originais. Isso tem constituído a origem de vários desertos, na América e África e vem merecendo estudos já de longa data, conforme podemos apreciar no excelente artigo publicado pelo saudoso professor F. Rawitscher, em 1951, na revista «Ciência e Cultura». O assunto se torna particularmente digno de revisão, aprofundamento e pesquisa tecnológica neste momento em que se pretende desenvolver uma agricultura (e pecuária) na região amazônica o que, sem dúvida, requer tecnologia específica e ainda inexistente.

A própria prática da irrigação artificial tem criado sérios problemas ecológicos, merecedores da maior atenção, como é o caso da excessiva proliferação de caramujos planorbídeos, nos arrozais do Vale do Paraíba, originando importantes focos de esquistossomose. A utilização de métodos de irrigação sub-superficial poderá constituir a solução mais adequada ao problema e pesquisas específicas nesse sentido já vêm sendo desenvolvidas no Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos.

Há porém, outros aspectos da prática agrícola que comprometem o ambiente. Um dos mais importantes — se não dramáticos — é o da contaminação do ar, do solo, das águas e dos alimentos pelo uso incontrolado de inseticidas e outros orgânicos para combater às pragas da lavoura. A transferência desses tóxicos para o organismo humano e de animais domésticos e selvagens, feita através de cadeias alimentares (por ex. capim — gado — carne e leite — homem ou: plantações — água de drenagem — corpos receptores — plancton — peixes — animais selvagens ou homem) constitui assunto de domínio de sanitaristas e do público, razão por que não nos alongaremos a respeito (Vd: R. Carson — «Primavera Silenciosa», Ed. Melhoramentos e outros livros de divulgação). Apenas desejamos nos referir, nesta oportunidade, a dois acontecimentos significativos para a ecologia de nosso país. O primeiro diz respeito a estudo realizado por A. Rocha e cols. (CETESB) a respeito da alarmante contaminação do meio em cidades do Estado de Goiás, causada pelo uso verdadeiramente caótico de inseticidas nas lavouras de algodão causando perdas no gado e sintomas características de intoxicação na população humana local, particularmente em crianças. O segundo, refere-se a dois artigos recentemente publicados na conceituada revista científica norte-americana Science (6 e 20 de abril de 1973) a respeito dos efeitos teratogênicos da Dioxina, a que já nos referimos em páginas anteriores.

Em certas áreas, o próprio uso menos racional de fertilizantes químicos pode afetar significativamente o equilíbrio ecológico das águas de lagos ou represas que os recebam em excesso, através da

drenagem das águas de chuvas ou de irrigação artificial.

c) **Consequências ecológicas do represamento de rios**

Muito se tem comentado, ultimamente, sobre os efeitos ecológicos de repercussão nacional e internacional, causados pelo represamento de rios. O ponto de partida de tais indagações e comentários pode ser situado, provavelmente, na constatação de efeitos desastrosos ocorridos no represamento do rio Nilo, em Assuã e outros da região, que motivaram significativos decréscimos da histórica fertilidade de terras situadas a jusante, causados pela sedimentação dos fertilizantes naturais na represa, bem como aumento impressionante das populações de caramujos transmissores de esquistossomose, em algumas das áreas inundadas. Dos efeitos ecológicos dos represamentos, o mais comentado é o da mudança da fauna piscícola, em que peixes de regime torrentoso como o dourado e outros desaparecem para dar lugar a espécies de hábitos lênticos e mistos — entre os quais se incluem as piranhas e pirambebas. Com excessão de algumas poucas espécies (como a pescada de água doce, do Nordeste) as nossas espécies lênticas são de pequeno valor comercial em comparação com o dourado, o pintado e outros. Segundo alguns ictiólogos nacionais, entretanto, o represamento favorece a cultura racional de peixes exóticos (como a carpa, a tilápia, o black-bass) altamente comerciáveis, de grande valor nutritivo e alta produtividade e, também, da própria pescada de água doce, espécie autóctone que poderia ser aclimatada a outras regiões do país. Dessa forma, as represas constituiriam verdadeiras fazendas de criação de «gado aquático», domesticado, permanecendo as porções de rios não represados como ambientes naturais de «caça» às espécies selvagens. Já se demonstrou, por outro lado, que as barragens não afetam a biologia de nossos peixes migratórios ou de «piracema», uma vez que estes não são verdadeiros anádromos como o salmão. O grande cuidado a ser tomado é o de não introduzir espécies exóticas de grande voracidade e capazes de povoar também os rios, destruindo adultos, alevinos ou os próprios ovos de nossas espécies nativas. Ultimamente tem sido ventilada pelos jor-

nais a idéia de importar o «peixe-tigre», africano, a fim de destruir as piranhas de nossos lagos e rios, o que seria certamente tão desastroso para a nossa fauna como o foi a introdução de coelhos na Austrália para destruir vegetais nativos considerados perniciosos. Quem destruirá o peixe-tigre depois? — é a pergunta que ocorrerá imediatamente a todas as pessoas um pouco familiarizadas com assuntos ecológicos. O represamento de rios favorece, aparentemente, a disseminação da piranha e da pirambeba, o que constitui, certamente, um sério problema ecológico. A solução, entretanto, deverá ser baseada em sólidas investigações sobre a ecologia e a biologia destas espécies, como vem sendo feito, com relativo sucesso, nos açudes da região nordestina (R. A. Braga — Ecologia e Etiologia de Piranhas — 1972).

As consequências ecológicas dos represamentos não dizem respeito, entretanto, somente ao ambiente aquático, mas estes podem ser acompanhados de profundas modificações do ambiente terrestre, que causam desde o deslocamento ou destruição da flora e fauna originais, como está ocorrendo nas grandes represas da CESP, até alterações significativas de caráter climático, resultantes do acúmulo de grandes massas d'água, por um lado, mas grande redução da superfície de evaporação, por outro. De fato, a presença da água «nívela» o terreno, reduzindo a sua superfície e, no caso de ser esse terreno coberto de densa vegetação a redução é enorme, uma vez que a superfície original seria a somatória das superfícies de todas as folhas, como reais interfaces entre o solo e o ar atmosférico. Em certas condições, pois, a transferência de umidade do solo para o ar pode ser grandemente reduzida — em vez de aumentada — como consequência da inundação de áreas verdes. Em projetos ciclópicos, como o sugerido represamento do rio Amazonas (empregamos o adjetivo ciclópico não apenas pela proporção do empreendimento, mas também porque os ciclopes possuíam um só olho, não tendo pois o sentido de perspectivas...) tais implicações deveriam ser detidamente analisadas. Convém lembrar, ainda, com relação a essas influências, que a redução da evaporação implica em elevação da temperatura ambiente, uma vez que a passagem da água do estado líquido ao ga-

so se faz sempre com grande consumo de calor latente. Assim sendo, a construção de açudes em regiões desérticas pode beneficiar muito o seu clima, por aumentar a umidade atmosférica (uma vez que o solo desértico, sem vegetação, transfere muito pouca umidade para o ar) e baixar a temperatura ambiente, além de estender, por infiltração, a área do lençol freático, permitindo o desenvolvimento de vegetação; mas, quando em áreas florestais, e de grandes proporções, pode produzir exatamente o fenômeno contrário.

Fenômeno semelhante a este ocorre nas grandes cidades, como consequência ecológica da substituição da superfície vegetal de evaporação por ruas pavimentadas e telhados de edifícios: o clima da região sofre alterações progressivas, com elevação da temperatura e redução da umidade relativa. Esse fato oferece interessantes perspectivas à pesquisa tecnológica no sentido de desenvolver materiais que, pela cor ou pela composição absorvam menores quantidades de calor solar em substituição ao asfalto e mesmo ao cimento; mas sem dúvida, a preservação de áreas verdes nas cidades, em proporções significativas em relação à área construída ou pavimentada, constituiria o principal fator de preservação do clima.

Além desses itens referentes à ecologia terrestre de um modo geral, existem outros, de grande importância e prioridade, que dizem respeito à influência exercida pelo uso da terra sobre a ecologia de corpos d'água. As influências a serem investigadas desse ponto de vista, seriam as seguintes:

d) Consequências, para a ecologia aquática, do uso residencial da terra

Efeitos produzidos nas águas pelo acesso de esgotos domiciliares e lixo (bem como dos produtos da decomposição ou tratamento de ambos). Dependendo da composição desses resíduos ou subprodutos, as águas receptoras poderão ser afetadas de diferentes maneiras, seja, por um lado, prejudicando a sua produtividade em fase das demandas de oxigênio causadas por compostos bio-degradáveis e outros fatores, seja, por outro lado, elevando excessivamente essa produtividade pela introdução de nutrientes de algas, causando o fenômeno de eutrofização. Por conseguinte, o estudo detalhado da

composição desses resíduos visando uma tecnologia econômica para o seu tratamento constitui tarefa de fundamental importância em nosso meio, para preservação da ecologia aquática.

e) Consequências do uso agrícola da terra, para a ecologia dos ambientes aquáticos

Já nos referimos, em páginas anteriores, às várias consequências ecológicas do emprego de inseticidas, herbicidas, fungicidas, etc. No presente caso, devem ser focalizados os efeitos da drenagem das águas de chuvas ou irrigação para corpos d'água. Há, além disso, outros efeitos para o ambiente aquático, decorrentes da erosão do solo, devastação da mata ciliar e mesmo da economia da água quando substituirmos a vegetação original por plantas cultivadas.

f) Consequências do uso industrial da terra, para a ecologia dos ambientes aquáticos

As consequências são devidas não somente ao lançamento direto de resíduos industriais aos corpos receptores como, também, do lançamento indireto, como por exemplo, das águas utilizadas na remoção de partículas nos gases eliminados pela indústria, a fim de evitar a poluição atmosférica. A pesquisa de métodos de tratamento econômicos e adequados à indústria nacional típica deve constituir assunto prioritário em qualquer instituição dedicada à ecologia aplicada.

g) Consequências do uso pecuário da terra, para a ecologia dos ambientes aquáticos

A criação de animais de corte (ou leiteiros) pode, através de suas esterqueiras, restos de alimentos e também de medicamentos e desinfetantes utilizados na sua manutenção, poluir águas receptoras de tais produtos, alterando significativamente a sua ecologia.

4 — O CENTRO DE ECOLOGIA APLICADA DE SÃO CARLOS

O Departamento de Hidráulica e Saneamento, da Escola de Engenharia de

São Carlos, da Universidade de São Paulo, vem, há vários anos, desenvolvendo crescentes atividades de pesquisa, bem como de ensino de alto nível (cursos de pós-graduação) em assuntos tais como Engenharia Sanitária, Hidráulica, Hidrologia, Hidrobiologia e Ecologia Aplicada, Mecânica dos Fluidos Aplicada a Problemas Ambientais (processos de mistura, dispersão, transporte de materiais, controle de evaporação, ventilação e conforto térmico, etc.) e outras especialidades que, reunidas, formam o corpo de uma verdadeira Engenharia de Ambientes, ou Engenharia Ecológica. A dinamização dessas atividades necessitaria, entretanto, uma ampliação do «campus» universitário, com instalações situadas junto a um grande manancial (de preferência um lago) e com áreas suficientes de terreno que se prestassem à experimentação no campo da irrigação e outros trabalhos ecológicos. Esses ideais foram finalmente consubstanciados no projeto descrito por E. O. Macagno que, na qualidade de consultor da O.P.S. convidado a dar parecer sobre essa iniciativa, não só manifestou seu inteiro apoio, como sugeriu uma ampliação da mesma no sentido da criação de um verdadeiro instituto universitário destinado à pesquisa e formação de profissionais em Ecologia Aplicada. O relatório de autoria daquele consultor foi publicado sob a denominação de «Relatório Macagno», em janeiro de 1970, e deu origem ao processo de criação de uma unidade, provisoriamente subordinada à estrutura do Departamento de Hidráulica e Saneamento, e com a denominação proposta de «Centro Regional de Engenharia Ecológica», a qual posteriormente foi substituída pela denominação mais ampla e abrangente de «Centro Regional de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada».

De acordo com o citado projeto, o Centro seria criado dentro da conceituação mais moderna da engenharia e em atendimento às suas tendências mais avançadas, procurando criar um intercâmbio proficuo não só «entre engenheiros e profissionais de outras disciplinas como também entre engenheiros pesquisadores e engenheiros práticos». Suas finalidades gerais seriam as de educar, pesquisar e prestar serviços à comunidade no campo da Ecologia Aplicada. São palavras textuais de Macagno:

«Os conceitos tradicionais sobre as dimensões e responsabilidades da engenharia acham-se em franca revisão em todo o mundo, em parte por causa da evolução interna da profissão mas, sobretudo, porque a sociedade humana vêm com olhos muito mais críticos que antes aquilo que fazem os profissionais que devem servi-la. A reação social é particularmente intensa quando o que é feito pelos profissionais tende a perturbar muito a ecologia, com efeitos imediatos incidindo desfavoravelmente sobre o bem estar humano. É necessário reconhecer que a reação é muito menor quando se perturba apenas a ecologia animal ou vegetal e não a humana, ou quando os efeitos mais sensíveis somente são previstos para as gerações futuras. Em honra aos engenheiros é necessário dizer que um bom número dentre eles demonstra uma séria preocupação por esses efeitos de grande alcance; os engenheiros estão transformando e alterando as dimensões de sua profissão».

E acrescenta, citando L. White:

«A realidade profissional é que um engenheiro fica tecnicamente fora de moda, na proporção em que ele não é também um humanista».

Com relação à necessidade de desenvolver ensino e pesquisa ecológica no próprio país, diz o mesmo relatório:

«Os engenheiros podem aprender fora do Brasil os aspectos mais avançados de modernas tecnologias, mas só no Brasil aprenderão a agir profissionalmente na exclusiva defesa, preservação e aumento do patrimônio humano e natural do país».

e acrescenta mais adiante:

«A engenharia é, na realidade, internacional, mas a engenharia ecológica não pode ser entendida senão como uma atividade de sadio nacionalismo».

Quanto à localização do Centro, existem razões muito fortes para a escolha da cidade de São Carlos. Essas razões acham-se muito bem expostas por Magagnó, no trecho que adiante reproduzimos:

«todo o Brasil, pode-se dizer sem medo de errar, necessita centros de engenharia ecológica; a questão é onde começar, onde realizar a primeira implantação e a primeira experiência. Consideramos que a localização mais aconselhável será onde exista já uma interação entre o homem e sua tecnologia e a natureza, onde a necessidade de cura já seja sentida e onde o desejo de prevenir tenha que começar a formar-se. Em outras palavras, onde em vez da pergunta: Quanto nos vai custar implantar essa nova engenharia?, se formule esta outra: Quanto nos custará o não implantá-la?»

O Estado de São Paulo, com sua pujante industrialização e vida urbana é, provavelmente, o que mais interfere com a ecologia natural e o que mais necessidade tem de formar técnicos capazes de entrar ativa e frequentemente no exercício de funções destinadas a otimizar o quadro ecológico regional. Como o que se procura são estudos que levem a soluções práticas, pesquisas relativas a problemas urgentes, e projetos passíveis de realização imediata, não nos resta dúvida de que uma escola de engenharia já existente deve tomar a responsabilidade principal. Não longe do grande núcleo industrial do estado, já super urbanizado, mas suficientemente interiorizada para estar próxima à natureza ainda pouco afetada, encontra-se a Escola de Engenharia de São Carlos, ao redor da qual existem outras escolas essenciais à idéia que se propõe» (Escola Superior de Agricultura, de Piracicaba, por ex.). . . «A idéia de dar ao Centro Regional um ambiente natural, onde parte de seus estudos e experiências pudessem tomar realmente um sentido de realidade, é muito acertada. Referimo-nos a uma das iniciativas já

tomadas, a do uso da barragem e Usina do Lobo, com seu lago artificial. Seria necessário juntar-lhe as terras circunvizinhas e esperamos que nos futuro se possa contar com a projetada rede de irrigação e outras providências para a experimentação agrônômica».

De fato, motivada pelo grande interesse dessa linha de trabalhos, a CESP deu em concessão, à Escola de Engenharia, a chamada «Represa do Broa» e respectiva «Usina do Lobo». Movidos pela mesma razão, os municípios limítrofes da represa, ou seja: São Carlos, Brotas e Itirapina doaram áreas a eles pertencentes, em um total aproximado de 45 alqueires paulistas.

Tal projeto despertou verdadeiro entusiasmo da parte de alguns órgãos federais, tendo o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnologia concedido um total de Cr\$ 2.400.000,00 para a construção dos edifícios destinados aos laboratórios e administração e o BNDE, a soma aproximada de Cr\$ 1.000,00 para aquisição de aparelhos de laboratório.

O Centro constará basicamente de: laboratório de meteorologia equipado inclusive com sistema receptor de informações de satélites (já adquiridos); laboratórios de limnologia e de hidrobiologia aplicada; laboratórios de química aplicada; laboratórios de bacteriologia; laboratórios de modelos hidrológicos e de mecânica dos fluidos aplicada a ecologia; biblioteca; anfiteatro; restaurante e dependências administrativas. Está prevista, ainda, a construção de alojamentos destinados à permanência por vários dias de pesquisadores ou de convidados, para realização de seminários ou temporadas de pesquisa ou treinamento.

A pesquisa comparativa de ecossistemas aquáticos e terrestres, micro e macroscópicos será uma constante no Centro. Para tanto, existirão áreas e dependências destinadas à agricultura, reflorestamento, criação de animais, herbários, aquários, ambientes especiais para cultura de microrganismos, tratamento biológico de resíduos sólidos ou líquidos, pesquisas fisiológicas com emprego de radioisótopos, câmara escura, etc.

O Centro contará, de início, para for-

mação de sua equipe científica, apenas com os elementos do corpo docente do Departamento de Hidráulica e Saneamento (engenheiros, físicos e biólogos), colaboração obtida por meio de convênio, dos pesquisadores do Departamento de Biologia da Universidade Federal de São Carlos (biólogos e bio-químicos) e com bolsistas alunos dos cursos de pós-graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento. Espera-se, porém, que futuras dotações, bem como recursos obtidos através da realização de trabalhos de pesquisa remunerados, de interesse específico de terceiros (prestação de serviços à comunidade) venham a permitir a ampliação desse corpo científico, bem como do corpo de profissionais auxiliares. Nesse sentido, e para finalizar, transcrevemos a seguir as derradeiras palavras do Relatório Macagno:

«Os detalhes da organização do Centro terão certamente que se ajustar às modalidades do país e do estado, e constituirá justamente uma das grandes responsabilidades de seu diretor a tarefa de conseguir uma otimização de seu funcionamento sem modificar muito a forma nativa de fazer as coisas. O mais importante de tudo será — e supomos desnecessário dizê-lo — o pessoal superior encarregado do ensino e da pesquisa. Se se conseguir reunir e coordenar as ações de um grupo de homens capazes e entusiastas, e assegurar-lhes uma situação econômico-social satisfatória e mais atraente que em outros locais, não nos cabe dúvida de que o Centro terá seu êxito assegurado».