

O DESAFIO DA PESQUISA AMBIENTAL

Nelson Frederico Seiffert¹

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é efetuar uma discussão crítica sobre os instrumentos de gestão dos recursos ambientais, o desenvolvimento de uma agricultura sustentável e a contribuição da pesquisa da Embrapa para a solução de problemas ambientais dentro do contexto da visão e princípios da Agenda 21. Busca efetuar uma avaliação das potencialidades da pesquisa ambiental, caracterizar avanços e impasses existentes, de natureza legal, político-institucionais, econômicos e educacionais, que limitam o esforço urgente na direção da implementação de um modelo de desenvolvimento da agricultura, que não seja predatório ao meio ambiente. Procura contribuir para estimular planejadores, pesquisadores, técnicos, quanto a uma percepção mais nítida dos obstáculos e estratégias, que possam conduzir a avanços mais significativos na adequação institucional da pesquisa agropecuária frente ao desafio da questão ambiental.

Palavras chave: recursos ambientais, preservação ambiental, agricultura sustentável, gestão de pesquisa, Embrapa.

THE CHALLENGE OF ENVIRONMENTAL RESEARCH

ABSTRACT

The purpose of this paper is to discuss available environmental resource management instruments, sustainable rural development, and research contributions to minimize the environmental impact of agriculture on the ecosystem, under the AGENDA 21 principles. Environmental research potentials are evaluated, and advances and obstacles of legal, institutional, political, economic and educational nature are characterized. Restrictions that delay institutional advances in the implementation of environmentally sustainable agriculture ecosystems are stressed. The intention of the discussion is to stimulate planners, researchers and technicians, toward a clearer perception of the obstacles and strategies that could encourage Embrapa to assume the challenge of environmental research.

¹ D. Sc. Engenharia de Produção - Gestão Ambiental, Pesquisador do CNPSA/Embrapa, C.P. 21, CEP 89700.000, Concórdia-SC, seiffert@cnpsa.embrapa.br

Key words: environmental resources; environmental preservation; sustainable agriculture; research management; Embrapa.

INTRODUÇÃO

A Agenda 21, em sua Seção II - Conservação e gerenciamento dos recursos para o desenvolvimento, Capítulo 10 - Abordagem integrada de planejamento e do gerenciamento dos recursos terrestres, declara que os componentes terrestres (solo, água, minérios e biota) estão organizados em ecossistemas, que oferecem uma grande variedade de serviços essenciais para a manutenção da integridade dos sistemas, os quais sustentam a vida e a capacidade produtiva do ambiente (Brasil, 1996).

Informa, também, que a abordagem integrada do planejamento e do gerenciamento do uso de tais recursos é uma maneira prática de resolver os conflitos, que decorrem da pressão sobre os recursos terrestres, resultantes do aumento populacional e do crescimento da atividade econômica. Examinando de forma integrada o estoque e a condição qualitativa da base dos recursos e formas alternativas de seu uso, é possível reduzir conflitos, adotar alternativas mais eficientes e vincular o desenvolvimento social e econômico à proteção e melhoria do ambiente, contribuindo, assim, para se atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável (Macnish, 1990).

O objetivo geral desta abordagem é facilitar a alocação dos recursos da terra aos usos que propiciem os maiores benefícios sustentáveis e a promoção de um gerenciamento, que assegure o uso de tais recursos em uma base tecnológica que minimize ou exclua o seu desgaste. Como objetivos específicos, considera relevantes: 1) a análise e o desenvolvimento de políticas de apoio ao melhor uso possível da terra e do gerenciamento sustentável dos recursos terrestres, 2) o melhoramento e o fortalecimento do sistema de planejamento, gerenciamento e avaliação dos recursos terrestres, 3) o fortalecimento das instituições que atuam na coordenação e implementação de intervenções sobre o uso da terra, 4) a criação de mecanismos que facilitem a intervenção e a participação ativa da sociedade (especialmente a comunidade e populações locais), na tomada de decisão sobre o uso e o gerenciamento da terra.

No que diz respeito ao processo que envolve a intervenção da pesquisa para o desenvolvimento sustentável é preciso dar ênfase a aspectos como: a adoção de sistemas de planejamento que integrem componentes ambientais biofísicos e econômico-sociais; o fortalecimento de sistemas de informação, observação sistemática e avaliação de dados ambientais; o desenvolvimento de políticas microrregionais; a promoção de atividades científicas, que levem à melhor compreensão dos ecossistemas naturais, agrícolas, pecuários, florestais e aquáticos; a conscientização e educação ambiental; o reforço da capacidade tecnológica; o fortalecimento das instituições que lidam com a terra para que assumam uma abordagem interdisciplinar ambiental, social e econômica; o fortalecimento de mecanismos de coordenação interinstitucional e o fortalecimento da capacidade local de tomada de decisões sobre políticas de desenvolvimento econômico, ambientalmente compatíveis.

Com base nestas colocações, o presente trabalho efetua uma prospecção sobre a adequação institucional da Embrapa quanto à sua política de pesquisa e difusão para os anos vindouros, tendo em mente o inevitável acoplamento dos sistemas de produção agropecuários às exigências da política ambiental. Isto porque o futuro da agricultura precisa ter por base a concepção de que o objetivo principal do estudo do futuro é fortificar a capacidade de nele interferir construtivamente (Quirino *et al.*, 1997).

POLÍTICA AMBIENTAL RURAL

A maior parte do espaço territorial do município é utilizada para propósitos agrícolas como cultivos, criações e florestas. Por isto, a agricultura tem uma importância vital quanto à responsabilidade de manter e desenvolver o ambiente natural como tampão ecológico e zona de equilíbrio, como *habitat* para animais e plantas, como espaço de recreação e lazer para o ser humano.

Na sociedade industrial, a agricultura deu lugar a métodos de produção caracterizados por um alto grau de mecanização, que conduziu à concentração espacial e crescente especialização, até mesmo no setor de produção animal, e que tem trazido efeitos deletérios ao ambiente. Práticas agrícolas ambientalmente amigáveis são orientadas para o zoneamento de cultivos e criações, controle da erosão, minimização do uso de nutrientes, minimização do

impacto de poluentes, uso de cultivos rotacionados, manutenção e restauração da estrutura da paisagem e despoluição dos cursos de água.

Estratégias de governo implantadas em países desenvolvidos, têm dado ênfase à redução da poluição causada pelo emprego de substâncias perigosas à saúde, ao combate à depredação crescente de espécies e biótipos, assegurando a dotação de uma proporção suficiente de espaço natural, entremeado com espaço agrícola. A elaboração de uma legislação local, ligada ao desenvolvimento agrícola, inclui medidas de criação de áreas de proteção a plantas e animais ameaçados de extinção, conservação da água, zoneamento agrícola, conservação do solo, zoneamento da expansão urbana, manejo do lixo, e de resíduos industriais e resultantes da mineração. Programas de assistência específicos para implementação do desenvolvimento da área rural e conservação da natureza, têm trazido valiosas contribuições ao uso correto do espaço rural (Ratcliffe, 1992; Deutschland, 1994b).

As alterações das características da superfície, introduzidas sobre o espaço físico territorial pela atividade humana têm conduzido a consequências significativas para alteração do comportamento climático regional. Para isto concorrem dois processos básicos, a alteração do albedo da superfície (o desvio da habilidade de um objeto absorver radiação como um corpo negro é expressa pelo albedo, que é a percentagem de radiação total incidente de energia que é refletida), e a alteração do ciclo hidrológico. Modificações das formas naturais de vegetação, em glebas exploradas com agricultura, ocasionam uma elevação na capacidade de reflexão da energia solar da superfície (aumento do albedo). Com isto são alterados os ciclos energético e hidrológico pelo aquecimento das camadas baixas da atmosfera que incrementam a movimentação das massas de ar e pela modificação da cobertura vegetal que atua sobre o tempo de retenção e armazenagem de água e carbono na camada vegetal e no solo. Há, também, uma redução na transferência de água para a atmosfera por evapotranspiração, bem como aceleração da velocidade de escoamento superficial, durante o período que sucede à precipitação, e com isto, um incremento no processo erosivo e de sedimentação (Carey, 1990; Plate, 1992; Park *et al.*, 1994).

Uma maior quantidade de água, que deveria ficar armazenada por maior tempo de retenção é escoada com maior velocidade, alterando o ciclo hidrológico local e uma menor quantidade de água é cedida à atmosfera pela

evapotranspiração. A redução da evapotranspiração juntamente com a elevação da temperatura do solo afetam a liberação de umidade para a atmosfera e um declínio conseqüente no volume de nuvens e distribuição da precipitação (Black, 1991; Deutschland, 1994a).

É fundamental o delineamento de uma política agrícola ambiental apropriada, que seja capaz de reduzir o desgaste e a poluição ambiental originada pelas operações agrícolas, e que oriente o curso na direção do surgimento de formas de agricultura que sejam sustentáveis no longo prazo, tanto do ponto de vista econômico como ecológico.

Regulamentações precisam orientar estados e municípios a oferecer aos agricultores programas de assistência para adoção de métodos de produção ambientalmente saudáveis e que levem em consideração o *habitat natural*. Mediante tais políticas, podem ser dados subsídios aos produtores para que adotem reduções substanciais no uso de fertilizantes e agentes protetores de plantas; redução na lotação de animais; exclusão de áreas de cultivo; investimentos em reflorestamento; manejo de florestas naturais e melhoras no manejo da água .

Medidas precaucionais de âmbito local, acopladas ao planejamento regional, precisam ser usadas para salvaguardar os potenciais dos recursos naturais. A regulamentação da política regional deve prescrever o uso econômico e prudente dos recursos, especialmente a água, o espaço, o solo, a biodiversidade bem como a proteção aos espaços abertos, para propósitos de recreação e equilíbrio ecológico.

Em anos recentes, as atividades de lazer relacionadas às áreas rurais têm adquirido considerável significado econômico e o potencial dos recursos naturais, quando devidamente preservados e manejados, pode ser importante fator de desenvolvimento econômico para o campo. A proteção aos recursos ambientais encontra, na legislação federal e estadual, amplas regulamentações em matéria de procedimentos, que podem ser aplicadas pelas autoridades municipais no desenvolvimento dos recursos ambientais rurais locais (Machado, 1992).

Quanto à implementação de uma política ambiental rural, os obstáculos políticos, institucionais, econômicos e educacionais atuais são derivados do fato de que, embora a maior parte dos recursos ambientais naturais situe-se no espaço rural, pelo crescimento da população urbana e êxodo da população

rural, o processo da tomada de decisão sobre a alocação de recursos está politicamente centrado em demandas urbanas. Mais grave, ainda, no curto prazo, é o fato de ser delegado aos agricultores o manejo de um ecossistema complexo sem o necessário conhecimento das conseqüências e efeitos que os processos produtivos causam ao ambiente tanto dentro de sua gleba como além de suas divisas. É indispensável, portanto, que maiores conhecimentos sejam propiciados aos produtores para que possam gerenciar ecossistemas agrícolas, pecuários e florestais. Avanços no entanto são observados quanto ao aperfeiçoamento de Códigos Ambientais Municipais e a criação de mecanismos de intervenção para gestão de recursos ambientais em alguns municípios.

Como impasse político, ainda pode ser mencionado o baixo esforço dos municípios no delineamento de uma política agrícola ambientalmente compatível, que esteja voltada para a minimização do desgaste e poluição dos recursos naturais originada pelas operações agrícolas. Programas de assistência técnica para adoção de métodos de produção ambientalmente saudáveis são ainda tímidos (Programa Microbacias Hidrográficas).

O impasse econômico reside na condição atual de uma economia rural descapitalizada, de relação custo/benefício muito estreita, que empobreceu e desestimulou os produtores (particularmente, a agricultura familiar), e, conseqüentemente, retardou a adoção de processos alternativos de produção e a aplicação de investimentos que minimizem a degradação dos recursos naturais e a poluição.

O impasse educacional refere-se ao fato de que programas de educação ambiental rural, que adotam métodos pedagógicos para aplicação ao ensino profissionalizante e ensino extra-escola dirigidos a adultos (produtores rurais), estão ainda em uma fase incipiente e na busca de recursos para sua implementação.

No âmbito da Embrapa, pode-se indagar qual é sua participação na formulação de políticas ambientais voltadas para o setor agropecuário, por meio de seu envolvimento institucional com organismos internacionais, MMA, IBAMA, Ministério Público, secretarias estaduais do meio ambiente e autoridades municipais. Os conhecimentos científicos e tecnologias ambientalmente desejáveis, que podem orientar o uso do espaço rural de forma sustentável gerados pela pesquisa, precisam ser colocados na mesa de

negociações quando da tomada de decisão sobre a formulação de políticas ambientais que envolvem os sistemas de produção agrícolas, pecuários, florestais e aquícolas.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Uma atuação humana crescente sobre a base dos recursos naturais, no último século têm causado modificações significativas em seu estado natural e colocado em xeque a sua capacidade de suportar a vida (Machado, 1992; Turner, 1993; Wissenschaftsrat, 1994). A partir do momento em que a degradação dos recursos naturais passou a ameaçar a qualidade da vida humana, nasceu a consciência da necessidade da tutela jurídica do meio ambiente. A legislação ambiental surgiu da consciência sobre o problema da degradação e destruição do meio ambiente, onde a lei é colocada como estratégia de controle das formas de perturbação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico (Conama, 1992; Machado, 1992; Silva, 1994).

O desenvolvimento atual e futuro da proteção ambiental com relação a instrumentos regulatórios e econômicos é uma tarefa permanente. Juntamente com o princípio político de ação preventiva, a regulamentação ambiental precisa ser atualizada para incorporar os avanços do conhecimento científico e da tecnologia. Além disso, existe a necessidade de homogeneização das várias áreas da legislação ambiental, que de certo modo evoluíram de forma independente. As regulamentações sobre a caracterização do impacto ambiental são um passo nesta direção e a codificação de longo prazo em uma lei ambiental básica deve ser um objetivo prioritário do Estado.

O desenvolvimento da condição ambiental depende da ação responsável por parte de indivíduos e grupos sociais. O Estado, pela legislação ligada ao licenciamento e ao monitoramento da aplicação da legislação, deverá ser o guardião de uma política eficiente e efetiva de proteção ambiental (Deutschland, 1994b).

Uma política global, envolvendo o ar, a água, o solo e o subsolo, vem propiciando normatividade mais ampla, a começar pela Lei n° 6.938 de 31/08/81, que dispõe sobre a política nacional de meio ambiente, seus fins, mecanismos de formulação e sua aplicação.

Mais recentemente foram promulgadas a Lei n° 7.661 de 16/05/88, instituindo o plano nacional de gerenciamento costeiro; a Lei n° 7.797 de 10/07/89, criando o Fundo Nacional do Meio Ambiente e a Lei n° 7.802 de 11/07/89, dispendo sobre pesquisa, produção, embalagem e controle de agrotóxicos. Cogita-se, atualmente, a elaboração de um texto único e abrangente dos aspectos fundamentais da matéria, como o Código do Meio Ambiente.

A Constituição Federal de 1988 foi a primeira a tratar deliberadamente da questão ambiental e assumiu tratamento da matéria em termos amplos e atuais. As constituições estaduais, de modo geral, dispuseram amplamente sobre a proteção ambiental, utilizando a competência que a Constituição Federal reconheceu aos estados nessa matéria. As leis orgânicas dos municípios, também, vêm cuidando da questão ambiental e declaram, em geral, que o município, em cooperação com o estado e a União, promoverá a preservação, conservação, defesa, recuperação e melhoria do meio ambiente. Propõe a instituição de sistemas de administração da qualidade ambiental e a coibição de qualquer atividade que implique degradação ambiental (Machado, 1992; Silva, 1994).

Do ponto de vista legislativo brasileiro, alguns diplomas legais são importantes para a tutela jurídica do meio ambiente:

1) Decreto-Lei n° 1.413 de 14/08/75, dispendo sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividade industrial.

2) Decreto n° 76.389 de 03/10/75, dispendo sobre medidas de prevenção e controle da poluição industrial.

3) Portaria do Ministério do Interior n° 13 de 15/01/76, fixando os parâmetros para a classificação de águas interiores nacionais, de acordo com alternativas de consumo e dispendo sobre o controle da poluição.

4) Lei n° 9.433 de 08/01/97, que dispõe sobre a política nacional de recursos hídricos, representa um novo marco institucional do país.

5) Lei n° 9.605 de fevereiro 1998, que dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

A tutela jurídica do ambiente é fundamental como suporte para ações de intervenção por meio da educação (adesão voluntária) e aplicação das regulações

legais para implementação de políticas de gestão ambiental, seja pelo princípio poluidor-pagador de cunho econômico, seja pelo princípio legal de cunho coercitivo, como licenciamento ambiental, entre outros. A legislação brasileira vem oferecendo avanços significativos a partir da Constituição de 1988, bem como tem sido encorajado aos municípios a elaboração de códigos municipais ambientais, que aplicam tal legislação às especificidades locais. O Ministério Público, nos últimos cinco anos, vem sendo aparelhado cinstitucionalmente, para atuar na aplicação e mediação das questões ligadas à tutela jurídica do ambiente.

Como impasse educacional deve ser mencionado que o Direito Ambiental só passou a ser disciplina obrigatória nos cursos de Direito, à partir de 1988. Conseqüentemente, a maioria dos advogados, juizes, delegados, formados anteriormente, e que deveriam estar desempenhando as funções de autoridades ambientais locais, necessitam ser atualizados quanto a este referencial.

A evolução e o aperfeiçoamento da base legal bem como a aplicação da legislação pressupõem a disponibilidade de conhecimentos científicos e técnicos atualizados, para que os legisladores e o Ministério Público possam atuar em sua plenitude. Tais índices técnicos atualizados, mensalmente, são via de regra gerados pelas instituições científicas e formam a base sobre a qual se assentam a legislação e a mediação das demandas judiciais. É de se prever, neste contexto, que a Embrapa venha cumprir um papel de crescente importância como instituição geradora de subsídios técnicos e científicos para o aperfeiçoamento e aplicação da legislação ambiental. Além disso, o conhecimento da legislação ambiental deveria ser considerado um pré-requisito no âmbito da Embrapa, como conhecimento básico para os pesquisadores responsáveis pela geração de tecnologias de produção agropecuária, que deverão, necessariamente, estar ajustadas às exigências ambientais legais.

PESQUISA AMBIENTAL

O Programa de Ação AGENDA 21, elaborado na Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento (Rio 1992), em seu capítulo 35, “Pesquisa para um Desenvolvimento Sustentável”, sugere fundamentações para orientação da pesquisa e desenvolvimento científico no campo ambiental.

As estratégias de desenvolvimento deverão estar baseadas à luz de novos resultados de pesquisa, que conduzam à minimização da sobrecarga ambiental e do desgaste dos recursos naturais. Por esta razão é sugerido que sejam estimulados a pesquisa nos países em desenvolvimento e o fortalecimento do trabalho cooperativo entre pesquisadores e pessoas ligadas à tomada de decisão, o acoplamento do conhecimento regional e local e o trabalho associado de pesquisadores em um campo multidisciplinar.

Estão previstas as seguintes medidas concretas:

1) levantamento de dados ambientalmente relevantes e desenvolvimento dos respectivos bancos de dados, nos campos dos recursos naturais e da área social, considerando também a dependência entre saúde humana e ambiente;

2) delineamento dos campos prioritários de pesquisa no contexto internacional, levando em conta a necessidade de uma estratégia de desenvolvimento sustentável comum;

3) criação de mecanismos institucionais por meio de resultados de pesquisa para formulação de uma política de desenvolvimento ambiental;

4) desenvolvimento de instrumentos e estímulos para melhor manejo dos recursos ambientais;

5) desenvolvimento de métodos e resultados de pesquisa que incorporem o conhecimento tradicional das diferentes culturas regionais.

Para aumentar o conhecimento sobre os processos fundamentais naturais que ocorrem na terra e as inter-relações com as mudanças antropogênicas, deverão, sobretudo, ser realizadas novas pesquisas que investiguem os ciclos biológicos, geológicos e químicos e sua evolução nos diferentes ecossistemas.

Também será necessário o desenvolvimento de novas técnicas de análise, modelagem e prognose, que considerem a influência da atividade humana. De modo especial é preciso a integração dos conhecimentos das ciências naturais, sociais e da economia para melhor compreensão sobre quais interações da atividade econômica e social causam uma sobrecarga ambiental e suas conseqüências sobre as atividades de produção.

É de grande significado a ligação entre os antecedentes de caráter global e sua associação com medidas de caráter regional e local. Por isto deverão ser

trabalhadas avaliações e prognoses sobre o desenvolvimento futuro, nos campos local, regional e global, de possíveis reações antropogênicas de sobrecarga ambiental bem como deverão ser desenvolvidas estratégias sustentáveis de desenvolvimento.

É reconhecido de forma consensual, que os problemas ambientais encontrarão na pesquisa e no desenvolvimento do conhecimento científico, sua maior possibilidade de resposta e orientação para a evolução de um desenvolvimento humano futuro, ambientalmente compatível (Deutschland, 1995; Brasil, 1996).

Desde os anos setenta, a pesquisa ambiental vem ampliando-se e conseguiu caracterizar, em muitos campos, os sintomas da degradação e desenvolver indicadores de modificações ambientais dentro de uma base de modelo de dados. Em muitas áreas da pesquisa ambiental, o trabalho é de caráter interdisciplinar e de natureza eminentemente preventiva. O entendimento do ambiente como o conjunto dos processos e espaços nos quais ocorrem as relações de troca entre a natureza e a civilização possibilita definir a pesquisa ambiental como a descrição e análise da condição do ambiente, a análise de seus processos de modificações, o desenvolvimento de soluções para problemas ambientais e a geração de tecnologias ambientais (Wissenschaftsrat, 1994).

De modo geral, é recomendada, pela pesquisa ambiental, a busca de um amplo trabalho conjunto entre as áreas de conhecimento da engenharia e das ciências naturais, que utilize a modelagem como instrumento para o entendimento do sistema ambiental. Entre as disciplinas relevantes contam também a economia, direito, ciências sociais, medicina, de forma que contribuam para a análise das causas dos problemas ambientais e da compreensão de atividades preventivas, adaptativas e adoção de estratégias que evitem danos ambientais. A conscientização ambiental assume, ainda, dimensões do conhecimento jurídico, social, psicológico, histórico e pedagógico, que estão ligadas ao comportamento ambiental humano.

A pesquisa ambiental e o desenvolvimento tecnológico precisam alcançar o desafio de criar para a sociedade humana, um conceito sólido e implementável para um desenvolvimento ecologicamente sustentável. Desta necessidade, derivam três campos de pesquisa intimamente integrados: pesquisa de sistemas ambientais, pesquisa de conseqüências ambientais e pesquisa sobre ciclos de tecnologia .

A pesquisa de sistemas ambientais busca entender os sistemas ambientais e suas inter-relações juntamente com o sistema da civilização e prever o seu desenvolvimento. A pesquisa de conseqüências ambientais, procura estimar os efeitos dos sistemas antropogênicamente modificados sobre o próprio ambiente natural, sobre o ser humano, sua saúde e seu ambiente socioeconômico. A pesquisa sobre o ciclo de tecnologias busca aplicar os conhecimentos desenvolvidos nas etapas anteriores, dirigidos à redução ou completa exclusão do desgaste e da poluição (produção integrada à proteção ambiental), derivados das atividades industriais e da agricultura. Esse tipo de pesquisa inclui o desenvolvimento tecnológico para ciclos completos, em larga escala, do uso de matérias-primas, baixa emissão residual e conservação dos recursos.

Conceitos de manejo ambiental precisam ser preparados, para permitir o uso cuidadoso que assegure a continuidade dos sistemas naturais. Esta será a base de conhecimento sobre a qual deverá estar assentada a recomendação para as ações de políticas de desenvolvimento decorrentes (Deutschland; 1994b; 1995).

Áreas prioritárias de pesquisa relacionadas aos sistemas climáticos incluem investigações sobre ciclo hidrológico, sistemas de uso da terra, sistemas ecológicos, solos, água, economia, tecnologia, sistemas de informações ambientais.

Com relação aos sistemas de uso da terra, as formas de utilização precisam ser sistematicamente estudadas e descritas em termos de seus efeitos sobre o clima. Numerosas inter-relações existem entre o uso da terra, a agricultura, a pecuária e a sociedade. Um entendimento claro dos processos interconectados que ocorrem na paisagem não podem ser alcançados sem a descrição e avaliação das causas sociais de mudanças no uso da terra e seus efeitos sobre os ecossistemas, a paisagem e os usuários.

A pesquisa de sistemas ecológicos oferece suporte à pesquisa de mudança climática global, porque informa sob quais condições os ecossistemas terrestres e aquáticos são estáveis, quais os efeitos que a utilização intensiva e alterações causam aos ecossistemas, como estes podem ser limpadados/saneados e como podem ser utilizados em uma base sustentável ou mantidos continuamente protegidos. A pesquisa ecológica permite formular condições para estabilidade e produtividade, tanto para fatores naturais, como alterações no uso de solos,

água, ocorrência de pragas/doenças, quanto para fatores antropogênicos, como utilização, poluição do ar e da água e produtos químicos agrícolas. Algumas áreas incluem ecossistemas agroflorestais, ecossistemas pecuários, ecossistemas aquáticos, zoneamento industrial e suas conurbações (Deutschland, 1995).

Em relação aos solos, o comportamento de substâncias naturais e antropogênicas nas camadas do solo, sua transferência para plantas e para a cadeia alimentar têm sido objeto de pesquisa ao lado da acidificação, compactação e erosão visando à proposição de estratégias de saneamento do solo. A pesquisa busca o esclarecimento dos processos que ameaçam as funções normais dos solos. Do ponto de vista toxicológico e do potencial de ameaça das substâncias detrimenais sobre o ecossistema, as perguntas que buscam ser respondidas dizem respeito a sua dispersão e destino final, transformação biótica e abiótica e atuação toxicológica.

A água potável situa-se na base da vida e encontra-se distribuída de forma desigual no espaço e no tempo, como resultado de vários fatores, onde processos energéticos, físicos, químicos e biológicos estão associados na forma de troca. O risco à escassez na disponibilidade de água e suas funções tem sido trazido, por meio da construção civil, a inclusão de substâncias detrimenais, produção industrial, transformações químicas, processos de queima, tráfego, atividade agrícola e pecuária, efluentes e deposição de lixo, o que tem comprometido a qualidade dos lençóis de água superficial e subterrânea. Além do uso abusivo da água, a aceleração do escoamento superficial, por meio da agricultura, da malha viária, de técnicas de drenagem e compactação, tem contribuído para a baixa disponibilidade de água potável subterrânea e superficial.

Nas regiões de captação de água superficial e subterrânea, a minimização da introdução de substâncias detrimenais é de grande importância. As águas superficiais têm sido principalmente ameaçadas pela inclusão difusa decorrente da atividade agrícola e comunal. A limpeza das águas servidas é, no contexto das microbacias e bacias hidrográficas, especialmente importante porque, quando não potáveis, degradam os estoques de água que são normalmente usados para consumo humano. O objetivo da pesquisa de águas interiores tem sido normalmente o de garantir a segurança dos recursos hídricos e a manutenção do espaço aquático natural, mediante o desenvolvimento de uma base ecológica conceitual para o saneamento de pequenos cursos de água.

A necessidade de captação de água para o abastecimento das cidades envolve grande esforço de análise para controle da sua qualidade, sendo que a principal atividade de pesquisa está ligada à hidrologia e ciências geológicas. A pesquisa sobre tratamento de águas servidas vem sendo desenvolvida tradicionalmente em universidades e já existe uma avançada tecnologia e construção de instalações de clarificação, com suporte científico fornecido por meio de uma orientação da área de engenharia. Análise química e produção de água potável, vem sendo trabalhada por institutos de química da água e a química analítica moderna tem oferecido métodos eficazes de análise e tratamento (Bischof, 1993).

Existem, ainda, lacunas no desenvolvimento de fundamentações do conhecimento em relação a ecossistemas aquáticos e à influência antropogênica sobre águas interiores superficiais e subterrâneas. Em pequenos cursos de água existem lacunas de conhecimento sobre o papel da erosão, do escoamento e da sedimentação. Em grandes cursos de água são investigados, especialmente, aspectos da presença de elementos detritais e sobrecarga de elementos tóxicos. São necessários dados dos efeitos das canalizações de efluentes industriais, de estações comunitárias de tratamento de esgotos e de instalações de animais em confinamento sobre os cursos de água. Aí existem ligações entre o campo analítico e o biológico de grande significado quanto à suas repercussões toxicológicas.

No campo da economia, o objetivo da ciência é a investigação da origem, distribuição e emprego de bens e serviços escassos. Do ponto de vista de uma Economia Ambiental, tem sido necessária e significativa a inclusão do componente dos recursos não-renováveis e, além de produtos úteis, também a inclusão de substâncias residuais, oriundas do processo de produção e consumo. A pesquisa econômica ambiental, busca desenvolver instrumentos e mecanismos para analisar formas de estímulo visando prevenir e diminuir a sobrecarga ambiental, geradas pelos produtos e processos de produção. Procura abordar o desenvolvimento de maneiras eficientes de lidar com bens ambientais escassos e apontar limites de uso a processos que conduzam ao esgotamento dos recursos ambientais.

A exigência de que os preços devam apresentar a verdade ambiental não obriga apenas o Estado a impor medidas que evitem danos ambientais, mas

também, o setor privado a adotar iniciativas de produção suportáveis pelo ambiente e ao mesmo tempo rentáveis.

Neste sentido, abre-se um amplo campo de pesquisa, voltado para à delimitação da degradação ambiental pela atividade produtiva e para promover novas oportunidades, que a proteção ambiental, como fator de crescimento e de inovação, pode proporcionar à economia.

Algumas tarefas da pesquisa estão ligadas à obtenção de princípios para que o processo produtivo consiga eliminar a separação entre economia e ecologia, atingir um entendimento das exigências ambientais da economia e do crescimento, reformar os indicadores econômicos, sugerir conceitos para uma economia ecológica e recomendar sistemas produtivos que economizem recursos (Turner, 1993; Wicke, 1993).

Perspectivas de escassez de matérias-primas e de espaço para depósito de resíduos, a poluição da água, do ar e do solo trouxeram novas exigências para o desenvolvimento da tecnologia. Os objetivos de uma pesquisa tecnológica ambiental têm sido conduzidos pelos campos da ciência da engenharia, constituindo-se em uma área de conhecimento rica e diversificada, envolvendo construção de máquinas, técnicas de procedimentos, eletrotécnica e engenharia civil, como principais disciplinas, bem como das ciências naturais da biologia, química e geologia.

O direito ambiental, trazido à tona nos últimos anos no campo do lixo, da água e de emissões, tem fortificado a pesquisa industrial ambiental. O objetivo da pesquisa tecnológica ambiental é o desenvolvimento de produtos, de tecnologias de produção e de processos para a eliminação ou minimização de emissões e resíduos ambientalmente detrimenais e para o saneamento de danos ambientais. O enfoque de medidas curativas de fim de processo (*end of pipe*), que prevaleceram até recentemente, vem sendo suplementado por uma abordagem preventiva, que inclui o desenvolvimento de tecnologias limpas em sua origem. Neste sentido, as pesquisas que estão voltadas para a quantificação dos danos ambientais, por meio de medidas técnicas e analíticas, assumem grande importância. Alguns temas principais da pesquisa tecnológica ambiental estão orientados para a economia de resíduos (lixo, detritos, sucatas, aparas), eliminação de resíduos (aproveitamento e transformação), prevenção e minimização de emissões e saneamento do ar, purificação de esgotos, proteção da água e minimização de ruídos (Wissenschaftsrat, 1994).

Para a área de dados ambientais é necessário um sistema compreensível de administração de dados, que esteja interligado com agências que geram dados relacionados com a condição ambiental. Esta estrutura de administração de informação deve coordenar a coleta e o monitoramento de forma eficiente, garantir a qualidade, organizar o manejo e assegurar a disponibilidade e o acesso a dados ambientais. É desejável, ainda, que tais serviços estejam conectados a uma rede de informações ambientais internacional. A tarefa prioritária é ligar as agências existentes e seus dados por meio de sistemas de redes de informação.

Um processo eficiente de informações inicia-se por uma boa orientação na coleta dos dados, incluindo garantia e monitoramento da qualidade dos dados, adequado processamento e acesso facilitado a usuários. Neste campo, uma tarefa importante da pesquisa é desenvolver sistemas de informações de fácil uso para integração de dados ambientais e socioeconômicos (Wissenschaftsrat, 1994; Deutschland, 1995; Seiffert, 1996).

Estratégias de desenvolvimento e gestão de recursos ambientais precisam estar baseadas em conhecimentos gerados por resultados de pesquisa. Avanços vem sendo efetuados pelas universidades, que têm formado recursos humanos e desenvolvido pesquisas na direção da construção de uma ciência ambiental.

A Embrapa designa atualmente cerca de 25% de seu orçamento para a pesquisa ambiental, como resposta à tendência da questão ambiental polarizar fortemente os processos de desenvolvimento de tecnologia para a agropecuária nos anos vindouros.

O esforço institucional da Embrapa está manifestado no Programa 11, Proteção e Avaliação da Qualidade Ambiental, que busca atender demandas por avaliação ambiental (levantamento, diagnóstico, identificação, dimensionamento, prognóstico) e por monitoramento ambiental (condição da qualidade relacionada com atividades da agricultura, do extrativismo e da agroindústria). O objetivo é promover a geração de conhecimentos e tecnologias que assegurem a qualidade ambiental, propiciando melhor qualidade de vida à população humana e a sustentabilidade das atividades da agricultura, do extrativismo e da agroindústria. É possível prever que o objetivo do programa venha a ser ampliado para uma visão de desenvolvimento rural, na qual todas as potencialidades do espaço rural estejam incluídas de forma integrada, uma

vez que nele se encontra o principal estoque de recursos naturais (água, biodiversidade, espaço físico, minerais,) indispensável para a sustentação da economia e da atividade humana como um todo, e não apenas tendo em mente usos para a agricultura, extrativismo e agroindústria.

Dentro da complexidade descrita em relação aos campos da pesquisa ambiental, fica bastante evidente que o esforço para o seu desenvolvimento, de modo geral, é ainda bastante tímido, sendo resultante do impasse político relacionado com a insuficiente conscientização de autoridades, planejadores, decisores políticos e empresários, quanto a importância do papel da pesquisa ambiental no processo de desenvolvimento sustentável. No entanto, o espaço rural é a área onde se concentra a principal reserva de recursos naturais sobre a qual a pesquisa referente ao desenvolvimento de sistemas economicamente sustentáveis e ambientalmente suportáveis precisa se desenvolver, e onde a Embrapa tem o seu principal espaço de atuação. No âmbito nacional, não se encontra outra estrutura de pesquisa disponível para implementar uma pesquisa ambiental efetiva, que possa intervir sobre a microeconomia e sobre o modo atual predatório de produção agrícola, largamente adotado no país.

Como impasse econômico, pode ser mencionado que, ainda, é pequeno o acesso a recursos para aplicação na pesquisa ambiental. Existem critérios restritos quanto à aprovação de projetos pelo Fundo Nacional do Meio Ambiente, CNPq e FINEP, e dificuldades burocráticas para habilitação a fontes de recursos internacionais. Como impasse educacional, há ainda a necessidade de um grande esforço na formação de massa crítica para assumir a pesquisa ambiental, dentro do nível de urgência necessário. É possível antever que o campo da pesquisa ambiental crescerá em importância dentro da programação de pesquisa da Embrapa porque o desafio atual é como associar a economia e o ambiente para promover o desenvolvimento do uso sustentável de todas as potencialidades do espaço físico territorial, o que vai além de sua aplicação apenas para produção de alimentos e fibras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma escala crescente, a intervenção humana está alterando o clima e o ambiente. Progressivamente, habitats modificados nos contextos, local, regional e global estão influenciando as condições de vida da população atual e das gerações futuras.

Os efeitos destas intervenções, que incluem o uso intensivo e inapropriado da superfície terrestre, crescimento populacional, urbanização, industrialização, mineração, produção de energia, produção de alimentos e matérias-primas, têm intensificado reações ambientais de conseqüências negativas.

A análise das relações entre os seres humanos e o ambiente é um campo vital da evolução do conhecimento científico que, por meio da pesquisa ambiental, investiga as funções e as alterações dos sistemas naturais. A pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias poupadoras de recursos ambientais precisam atingir o desafio de auxiliar na formulação de um conceito de desenvolvimento, que seja consistente, economicamente viável e ambientalmente suportável. Tal base de conhecimento irá ser crescentemente demandada, porque representa a fundamentação sobre a qual deverá se apoiar necessariamente a tomada de decisão sobre políticas de desenvolvimento futuro, tanto locais e regionais quanto globais.

Pelo fato de a questão ambiental colocar em cheque o modo de produção atual, o enfoque da pesquisa ambiental irá, inquestionavelmente, redirecionar em profundidade, nos anos vindouros, a programação de pesquisa da Embrapa. Implementar a adequação institucional a este contexto é uma estratégia indispensável à sobrevivência institucional.

REFERÊNCIAS

BISCHOF, W. **Abwassertechnik**. Stuttgart: Teubner, 1993. 629p.

BLACK, P. E. **Watershed hydrology**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1991. 408p.

BRASIL. Congresso Nacional. Senado Federal. **Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento: agenda 21**. Brasília: Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996.

CAREY, B. W. Soil conservation, an essential component of sustainable agriculture. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM TO INTEGRATED LAND USE MANAGEMENT FOR TROPICAL AGRICULTURE, 1., 1990, Brisbane. **Proceedings...** [S. l.]: Queensland Dept. of Primary Industries, 1990.

CONAMA. **Resoluções do Conama**. Brasília: IBAMA, 1992. 245p.

DEUTSCHLAND. Federal Ministry for the Environment. **Enquete Comission Schutz der Erdatmosphäre, Schutz der Grunen Erde**. Bonn: Economica Verlag, 1994a. 702p.

DEUTSCHLAND. Federal Ministry for the Environment. **Environmental policy - Climate protection Germany**. Bonn, 1995. 141p.

DEUTSCHLAND. Federal Ministry for the Environment. **Environmental policy, german for sustainable development**. Bonn, 1994b. 141p.

MACHADO. P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 4.ed. São Paulo: Malheiros, 1992. 606p.

MACNISH, S. E. Integrated land use management, a mechanism for achieving agriculture. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LAND USE MANAGEMENT FOR TROPICAL AGRICULTURE, 1., 1990, Brisbane. **Proceedings...** [S. l.]: Queensland Dept. Primary Industries, 1990.

PARK. S. W.; MOSTAGHIMI, R. A.; MCCLELLAN, P. W. BMP impacts on watershed run off sediment and nutrient yields, **Water Resources Bulletin**, v. 30, n. 06, p. 1011-1012, Dec. 1994.

PLATE, E. J. **Weierbach Project, Prognosemodell für die Gawässerbelastung durch stofftransport aus einem kleinen ländlichen**

Eizugsgebiet. Karlsruhe: Institut für Hidrologie und Wasserwirtschaft, Universität Karlsruhe, 1992. 531p.

QUIRINO, T. R.; RODRIGUES, G. S.; IRIAS, L. J. M. **Ambiente, sustentabilidade e pesquisa, tendências da agricultura brasileira até 2005**, Jaguariuna: Embrapa-CNPMA, 1997. 21p. (Embrapa-CNPMA. Pesquisa em Andamento, 2).

RATCLIFFE, J. **Town and country planning.** 2.ed. London: University College London, 1992. 506p.

SEIFFERT, N. F. **Uma contribuição ao processo de otimização do uso dos recursos ambientais em microbacias hidrográficas.** Florianópolis: UFSC, 1996. 253p. Tese Doutorado.

SILVA, J. A. **Direito ambiental constitucional.** São Paulo: Malheiros, 1994. 242p.

TURNER, R. K. **Sustainable environment economics and management.** London: Belhaven, 1993. 389p.

WISSENSCHAFTSRAT. **Stellungnahme zur Umweltforschung in Deutschland.** Köln: Band I, 1994. 251p.

WICKE, L. **Umweltökonomie, eine praxisorientierte einföhrung.** München: Verlag Vahlen, 1993. 712p.