

2. Biodiversidade, Recursos Genéticos Vegetais e Segurança Alimentar em um Cenário de Ameaças e Mudanças

Miguel Pedro Guerra, Fernando Souza Rocha & Rubens Onofre Nodari

Introdução

No início do novo milênio procedeu-se uma enquete mundial acerca dos dez maiores desafios a serem enfrentados pela humanidade nos próximos 50 anos, quando a população mundial deverá somar 10 bilhões de pessoas. Os temas escolhidos mais relevantes em ordem de importância foram os seguintes: energia, água, alimento, ambiente, pobreza, guerras, saúde, educação, democracia e população. Adicionalmente, estes temas deveriam estar associados a atributos de eficiência, sustentabilidade, cooperação e apelo socioambiental (Smalley, 2003).

É relevante notar que parte expressiva dos temas mencionados apresenta forte aderência com a temática da biodiversidade e a relação humana com a biosfera. Assim, para parcela expressiva dos formadores de opinião em nível global, existe uma percepção clara de que esta temática é importante e seus desdobramentos são relevantes à nossa existência. Acima de tudo, os temas mencionados refletem a clara percepção de uma crise ambiental sem precedentes na história geológica mais recente do planeta.

Esta crise ambiental tem sido discutida e abordada de diferentes formas e matizes. Cohen (2010) associa esta crise com a impossibilidade de a riqueza saída das entranhas do planeta ser multiplicada para atender o crescente nível de consumo. Segundo este autor, até o advento da Revolução Industrial, o crescimento econômico engendrava seus próprios limites e o crescimento populacional não era acompanhado por ganhos similares na produtividade da agricultura. Uma fração expressiva de pessoas se alimentava mal. Fome, doenças e guerras reduziam novamente o contingente populacional, a capacidade de produzir e o crescimento. Desde o século XIX, esse limite foi superado, pois ganhos inéditos de produtividades na agricultura se espalharam pelo mundo. Mas o espectro de um teto ao crescimento volta a rondar a humanidade, talvez relacionado a uma longa vigência da Lei de Malthus (Cohen 2010). Teria sido esse breve intervalo de dois séculos de crescimento desimpedido, desde a Revolução Industrial, uma exceção? Ou representa efetivamente uma mudança definitiva de padrão?

As percepções da crise ambiental remontam à década de 60 do século passado. Rachel Carson, no seu livro Primavera Silenciosa (*Silent Spring*), mostrou como o DDT

(Dicloro-Difenil-Tricloroetano) penetrava na cadeia alimentar e acumulava-se nos tecidos gordurosos dos animais, inclusive em humanos, com o risco de causar câncer e dano genético (Carson, 2002). A grande polêmica gerada não se limitava aos riscos, mas também ao questionamento na confiança cega da humanidade ao progresso tecnológico.

Este capítulo trata da biodiversidade e suas relações com a agricultura e o funcionamento de ecossistemas em um cenário de escassez de recursos e de mudanças ambientais, na época geológica que vem sendo chamada de Antropoceno, exatamente pelas ameaças que a atual forma de viver da civilização humana impõe à natureza (Steffen *et al.*, 2011). Além disso, o capítulo também aborda a necessidade de mudança de paradigma visando à sustentabilidade.

A Biodiversidade e suas Nuances

Biodiversidade pode ser definida como a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo os ecossistemas terrestres, marinhos e aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreende ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas (Artigo 2º da Convenção sobre Diversidade Biológica - CDB).

Este conceito inclui a variabilidade genética dentro das populações e espécies e a variedade de: i. espécies da flora, da fauna e de microrganismos; ii. funções ecológicas desempenhadas pelos organismos nos ecossistemas; iii. comunidades, *habitat* e ecossistemas formados pelos organismos. Neste contexto, os próprios processos ecológicos, geralmente negligenciados no tratamento das questões sobre biodiversidade, estão incluídos. Mais do que isso, quando os processos ecológicos são afetados, toda a teia de interações entre espécies (incluindo relações tróficas e não tróficas) e a evolução das mesmas, também são afetadas (Tilman *et al.*, 2006).

Um conceito relacionado, o de diversidade de espécies, é frequentemente utilizado para se referir ao número espécies em uma comunidade (riqueza de espécies). Porém, diversidade de espécies é um conceito que combina a riqueza de espécies e as suas abundâncias relativas, quando comparadas umas às outras dentro de uma comunidade biológica (ver Cain *et al.*, 2011). Tradicionalmente, a diversidade tem sido particionada em diferentes escalas espaciais: i. a diversidade α (variabilidade em nível local); ii. diversidade β (taxa na qual as espécies se acumulam em um levantamento), e iii. a diversidade γ (o número de espécies em uma região).

O tamanho global da biodiversidade é incerto. No livro *The Diversity of Life*, E. O. Wilson, postulou a existência aproximada de 1,75 milhões de espécies (Wilson, 1992), cujo valor é hoje estimado entre 8,7 e 10,6 milhões de espécies das quais apenas 10% foram descritas. Dois grupos taxonômicos, cada qual por suas peculiaridades, se destacam. Os insetos, por comporem 60% de toda a biodiversidade do planeta, e as plantas, por se constituírem em elos tróficos com os quais os demais grupos taxonômicos apresentam dependência (Dobson & Lovejoy, 1996).

A biodiversidade é distribuída de forma heterogênea pelo planeta. Assim, tomando-se como exemplos as plantas, no trópico úmido, como é o caso de alguns ecossistemas do Bioma Mata Atlântica, é possível encontrar-se até 350 espécies de árvores por ha, enquanto que o total de espécies arbóreas nativas da América do Norte é de aproximadamente 700 espécies.

O conceito de megadiversidade integra diferentes informações biológicas. Entretanto, os dois principais critérios para a inclusão dos países nesta categoria referem-se ao número total de espécies e ao grau de endemismo, tanto no nível de espécies quanto de categorias taxonômicas superiores. Com base nesses critérios concluiu-se que 17 países poderiam ser considerados detentores megadiversidade: África do Sul, Austrália, Brasil, China, Colômbia, Equador, Estados Unidos da América, Filipinas, Índia, Indonésia, Madagascar, Malásia, México, Papua Nova Guiné, Peru, República Democrática do Congo e Venezuela (Mittermeier *et al.*, 1997).

Em 2002, foi realizada em Cancún, México, a primeira reunião de Países Megadiversos Afins. Dessa reunião resultou a organização de um movimento voltado à articulação política para que os interesses desses países sejam adequadamente defendidos nos fóruns internacionais. Os critérios para a adesão a este grupo foram associados à riqueza em diversidade biológica e os conhecimentos tradicionais associados. No entanto, esta organização não inclui todos os países megadiversos, caracterizados pelo Centro de Monitoramento de Conservação Ambiental da ONU. Assim, esse grupo foi formado inicialmente pelos seguintes países: África do Sul, Brasil, Colômbia, Equador, Filipinas, Peru, México, República Democrática do Congo, Madagascar, Austrália, China, Índia, Indonésia, Malásia e Venezuela. Posteriormente, houve as adesões da Bolívia, Costa Rica e o Quênia.

A biodiversidade apresenta um valor direto de uso, que é considerado o valor daqueles componentes, tais como o uso de genes, espécies, comunidades ecológicas ou processos biológicos que satisfazem as necessidades humanas, tais como alimentos,

combustíveis, princípios ativos de substâncias, energia e madeira. Valor direto também considera o uso de não consumo dos componentes da biodiversidade, tais como recreação, turismo, ciência e educação.

Por sua vez, o valor de uso indireto da biodiversidade está associado ao suporte às atividades econômicas, entre outras. Este valor se origina do papel da biodiversidade na manutenção dos serviços dos ecossistemas que dão suporte à produtividade biológica, à regulação do clima, à manutenção da fertilidade do solo, à ciclagem de nutrientes, polinizadores, à qualidade da água e do ar.

Polinizadores, por exemplo, atuam em 2/3 dos cultivos agrícolas do planeta, os quais representam em torno de 25% dos alimentos consumidos. Contudo, as evidências de quase 20 anos já indicavam declínio expressivo nos três principais grupos de polinizadores: abelhas, morcegos e beija-flores (Dobson & Lovejoy, 1996). As estimativas indicam que os serviços prestados por estes polinizadores são variáveis entre espécies e locais, embora elevados. Uma das estimativas indicou que o valor total deste serviço para 100 cultivos diretamente utilizados na alimentação humana, entre 10 categorias com base na Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO): cereais, oleaginosas comestíveis, frutas, nozes, leguminosas, raízes e tubérculos, especiarias, cultivos estimulantes, cultivos açucareiros e hortaliças, chegaria a €153 bilhões em 2005 (Gallai *et al.*, 2009). Os autores concluíram que a capacidade de nutrir a população mundial em decorrência do declínio de polinizadores estará claramente abaixo do nível atual de consumo no mundo, para muitas regiões do planeta, tal como a Europa.

Quando se considera o declínio de espécies da biodiversidade, há consenso de que ele tem cinco causas: a destruição e fragmentação dos ecossistemas, a introdução de espécies exóticas invasoras, a sobre-exploração dos recursos genéticos, a poluição e as mudanças climáticas ou ainda diferentes combinações destas. A fragmentação de ecossistemas vem ocorrendo principalmente nas florestas tropicais. Em torno de 70% do desmatamento ocorrido ao longo da década de 1990 nas duas das mais importantes florestas tropicais do planeta, África e América Latina, ocorreu em função da conversão destas áreas florestais em áreas de atividades agrícolas (FAO, 2001).

A continuar no ritmo corrente de perda de biodiversidade, pode ocorrer a extinção de 20 a 50% de todas as espécies nos próximos 50 a 100 anos, configurando um evento comparável às cinco grandes extinções (*Big Five*) com registro fóssil (Kirchner & Weil, 2000). Estes autores estimaram em 10 milhões de anos o tempo de retorno ou de

regeneração, assim definido como o intervalo de tempo entre picos extinção e picos de diversificação dos organismos. Adicionalmente, os autores deste estudo sugerem que existem limites intrínsecos de quão rapidamente a biodiversidade pode se recuperar após eventos de extinção, independentemente de sua magnitude. Sugerem, por fim estes cientistas, que a atual era de extinção antropogênica, que leva à expressiva diminuição da biodiversidade, resultará em fortes impactos negativos futuros por milhões de anos.

Segurança Alimentar Mundial

Segurança alimentar (*Food Security*) refere-se à disponibilidade e acesso aos alimentos (FAO, 2010). Existe segurança alimentar quando todas as pessoas, em todos os momentos, têm acesso físico e econômico a alimentos suficientes, seguros e nutritivos para satisfazer as suas necessidades alimentares, bem como às preferências alimentares culturalmente aceitáveis para uma vida ativa e saudável (FAO, 1996). A segurança alimentar existe quando todas as pessoas de uma família têm acesso físico a alimentos saudáveis e nutritivos para atender as necessidades de dietas e preferências alimentares para uma vida saudável e ativa.

Existem no planeta 925 milhões de pessoas subnutridas, o que representa quase 16% da população dos países em desenvolvimento, enquanto que dois bilhões de pessoas têm acesso intermitente a alimentos em consequência da pobreza em vários graus. Deste total, 770 milhões habitam a Ásia, o Pacífico Sul e a África Subsaariana. Seis milhões de crianças, equivalentes a 17 mil por dia, morrem por ano em decorrência da fome. Por outro lado, no ano de 2006, o número de pessoas com sobrepeso ultrapassou o número de pessoas subnutridas. Assim, o planeta conta com mais de um bilhão de pessoas na primeira categoria e em torno de 800 milhões de pessoas na segunda (FAO, 2010).

Ao conceito de segurança alimentar agrega-se o de inocuidade alimentar (*Food Safety*), o qual se refere ao manuseio, preparo e armazenamento de alimentos de maneira a evitar doenças derivadas do consumo destes alimentos. Isto inclui um conjunto de rotinas que devem ser seguidas para evitar danos potencialmente severos à saúde.

Por fim, há neste contexto, um terceiro conceito, o de soberania alimentar (*Food Sovereignty*), definido como a capacidade e direito dos povos e estados soberanos para estabelecerem suas próprias políticas agrícolas e alimentares.

A Saúde do Planeta e os Serviços Ecossistêmicos

Os serviços dos ecossistemas são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas (*Milennium Ecosystem Assessment*, 2005) e incluem: a) serviços de provisão, que são os benefícios obtidos diretamente dos ecossistemas (por exemplo, alimentos, medicamentos, madeira, fibras, biocombustíveis); b) serviços reguladores, assim definidos como os benefícios proporcionados pela regulação de processos naturais (por exemplo, filtragem de água, decomposição de resíduos, regulação do clima, polinização de cultivos agrícolas, regulação de doenças humanas); c) serviços de suporte, associados à regulação de funções e processos ecológicos básicos necessários para o fornecimento de todos os outros serviços ecossistêmicos, tais como a ciclagem de nutrientes, fotossíntese, formação do solo; d) serviços culturais, caracterizados como os benefícios psicológicos e emocionais proporcionados pelas relações humanas com os ecossistemas, tais como experiências recreativas, estéticas e espirituais enriquecedoras.

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (AEM) é considerada a mais ampla avaliação já realizada sobre o estado e a saúde dos ecossistemas do planeta e teve a participação 1.360 pesquisadores de 95 países, sendo submetida a um extenso processo de revisão por pares e a um conselho independente de revisores editores composto de 80 membros. O sumário dos resultados desta avaliação mostra que, nos últimos 50 anos, a ação antrópica alterou a estruturados ecossistemas de maneira mais rápida e extensiva do que em qualquer outro intervalo de tempo equivalente na história da humanidade. Isso acarretou uma perda substancial e, em grande medida, irreversível na biodiversidade do planeta. Com relação aos ciclos biogeoquímicos, os fluxos de nitrogênio e fósforo duplicaram e triplicaram, respectivamente, nos ecossistemas terrestres desde 1960. Cerca de 50% de todo o nitrogênio sintético foi utilizado desde 1985 e cerca de 60% do aumento nos teores de CO₂, avaliado a partir de 1750, ocorreu desde 1959.

Adicionalmente, esta avaliação concluiu que 60% (15 entre 24) dos serviços ecossistêmicos avaliados encontram-se degradados ou então estão sendo utilizados de forma não sustentável. Esta degradação dos serviços ecossistêmicos causa prejuízos ao bem-estar humano e representa perdas na riqueza natural de todas as nações (*Milennium Ecosystem Assessment*, 2005).

Em um trabalho considerado clássico por estabelecer as bases de valoração dos serviços ecossistêmicos, estimou-se em US\$ 33 trilhões o valor global anual dos serviços prestados pelos sistemas ecológicos e o estoque do capital natural que os geram (Costanza *et al.*, 1997).

Este trabalho fundamentou-se no estudo de diferentes ecossistemas de 16 biomas do planeta, incluindo oceanos e procedendo-se a estimativa do valor médio/ha de 17 diferentes serviços. Ênfase foi dada aos seguintes serviços: regulação da composição da atmosfera e do clima, produção de alimentos e matérias-primas, absorção e ciclagem de resíduos, suprimento de água e ciclo de nutrientes, polinização e controle biológico, recursos genéticos, recreação e cultura. O maior valor estimado ocorreu para os pântanos e superfícies de inundação, entre elas, os manguezais, cujos serviços ecossistêmicos foram valorados em US\$ 14.785/ha/ano. Os serviços ecossistêmicos atribuídos às florestas tropicais foram estimados em US\$ 2.007/ha/ano.

Relatório Planeta Vivo

O Relatório Planeta Vivo é publicado desde 1998 a cada dois anos, objetivando descrever o estado da mudança da biodiversidade global e o nível de pressão na biosfera causado pelo consumo humano de recursos naturais. Inicialmente o relatório fundamentou-se em três indicadores.

O primeiro, chamado índice planeta vivo, avalia a biodiversidade mundial com base na média de três índices distintos que medem as tendências em populações de 695 espécies terrestres, 344 espécies de água doce e 274 espécies marinhas. Os resultados desta avaliação mostraram que, para o ambiente terrestre, as populações tiveram uma redução de cerca de 30% entre 1970 e 2003. Neste mesmo período, as populações das espécies terrestres tropicais tiveram uma redução de 55%, enquanto que as populações das espécies temperadas mantiveram-se razoavelmente estáveis.

Por sua vez, a pegada ecológica (*Ecological Footprint*) é conceituada como a pressão humana sobre a natureza no que tange à área biologicamente produtiva, necessária para a disponibilização de recursos ecológicos e serviços. Mais especificamente, a pegada ecológica se refere ao consumo de alimentos, materiais e energia em termos de área biológica produtiva necessária para produzir estes recursos e absorver a poluição correspondente. Já a biocapacidade da terra constitui a quantidade de área biologicamente produtiva - zona de cultivo, pastagens, floresta e pesca - disponível para responder às necessidades da humanidade.

Para o ano de 2001 a pegada ecológica foi de 13,5 bilhões de ha, equivalentes a 2,2 ha por habitante. Contudo, para a época, a biocapacidade do planeta era de 11,3 bilhões de habitantes, equivalentes a 1,8 ha por pessoa e excedendo, assim, a biocapacidade do planeta em 0,4 ha por pessoa, ou 21%.

Em sua edição no ano de 2010, ano internacional da biodiversidade, o relatório enfatizou que a perda de biodiversidade pode provocar o estresse ou degradação de ecossistemas e, com o tempo, até o seu colapso. Essa situação ameaça a continuidade da prestação dos serviços pelos ecossistemas que, por sua vez, ameaça ainda mais a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas. Fundamentalmente, a dependência da sociedade humana em relação aos serviços ecossistêmico faz da perda desses serviços uma séria ameaça para o futuro bem-estar e desenvolvimento de todos os povos do mundo.

Ainda nesta mesma edição, o relatório abordou também a questão dos serviços de ecossistemas e das unidades de conservação, enfatizando que estas desempenham papel vital para assegurar que os ecossistemas continuem a funcionar e a prestar serviços ambientais, beneficiando as comunidades situadas nos limites da unidade de conservação, em ecossistemas adjacentes e em todo o mundo. Por exemplo, unidades de conservação marinhas podem garantir uma oferta de alimentos nutritivos para as comunidades locais, assegurando a sustentabilidade da pesca e unidades de conservação terrestres podem garantir uma oferta regular de água limpa.

***Hotspots* de Biodiversidade**

O conceito *hotspot* de biodiversidade¹ foi proposto com base na constatação de que a biodiversidade de plantas não se encontra igualmente distribuída no planeta, e reconhece a ocorrência de um processo de acentuada erosão genética, causada principalmente pela fragmentação dos ecossistemas. Assim, *hotspot* de biodiversidade é uma área com pelo menos 1.500 espécies endêmicas de plantas e que tenha perdido mais de três quartos de sua vegetação original. *Hotspots* são reconhecidos pelo alto grau simultâneo de endemismo e ameaça e cuja grande biodiversidade é relevante para o planeta (Myers *et al.*, 2000).

Em 1988 foram reconhecidos 10 *hotspots* em florestas tropicais e estas áreas continham 13% de toda a diversidade vegetal do planeta em 0,2% da sua superfície. No ano de 1990 os estudos e levantamentos possibilitaram a ampliação para 18 *hotspots*, incluindo quatro do tipo mediterrâneo e que continham 20% da diversidade vegetal do planeta em 0,5% da sua superfície. No ano de 2000 ocorreu uma ampliação para 25, os quais haviam perdido 88% da vegetação natural e continham 60% das plantas e animais em 1,4% da superfície do planeta.

Atualmente há 34 *hotspots* de biodiversidade cobrindo 2,3% da superfície do planeta e que abrigam 50% e 42%, respectivamente, das espécies vegetais e de vertebrados

existentes. Este cenário comprova a degradação ambiental e a fragmentação dos ecossistemas e sugere a necessidade urgente de ações de preservação, em função das ameaças crescentes, agora potencializadas com os efeitos das mudanças climáticas. No Brasil, dois biomas foram enquadrados como *hotspots*, a Mata Atlântica e o Cerrado, que juntos abrigam mais de 30 mil espécies de plantas endêmicas (Myers *et al.*, 2000).

Os *hotspots* de biodiversidade são considerados como o “mapa do tesouro” dos recursos genéticos vegetais (RFGs) e sua identificação e caracterização são fundamentais para o estabelecimento de mecanismos e ações para a sua conservação e uso sustentável.

Recursos Genéticos Vegetais e Agricultura

Estima-se a existência de 300.000 espécies de plantas, das quais aproximadamente 250.000 foram identificadas. Em torno de 30.000 espécies são fontes de alimentos; cerca de 7.000 foram coletadas, manejadas ou cultivadas pelos humanos em algum momento da história da humanidade e cerca de 500 foram objeto de programas formais de melhoramento genético (FAO, 1996). Estes dados chamam a atenção ao fato de que a humanidade é detentora de um catálogo extraordinário de plantas produtoras de alimentos passíveis de serem exploradas de forma sustentável e, no entanto, utilizamos parte ínfima deste potencial.

Considera-se que apenas 30 culturas alimentam o mundo e contribuem com 95% das calorias consumidas pela humanidade. Trigo, arroz e milho são responsáveis por mais da metade da ingestão de calorias e outras seis: sorgo, milheto, batatinha, batata-doce, soja e cana-de-açúcar elevam este valor para 75% (FAO, 1996). Quando este suprimento de energia alimentar provindo de plantas é analisado regionalmente, um expressivo número de culturas apresenta importância. Assim, na África central a mandioca supre mais da metade das calorias de origem vegetal, enquanto em nível global este valor decresce para apenas 1,6%.

Os levantamentos da FAO (1996) mostraram que, quando se considera o suprimento de energia de origem vegetal na comparação entre diferentes países, 90% do consumo *per capita* desta energia provém de 103 espécies de plantas. Um total de 110 espécies de plantas contribui para 90% do suprimento médio *per capita* de calorias, gorduras e proteínas em nível mundial. Estas informações implicam em dois aspectos: o primeiro é que a diversidade dos RFGs não está sendo adequadamente explorada e permanece como um componente expressivo para a segurança alimentar mundial. Adicionalmente, e não menos importante, existe a necessidade prioritária de conservar esta expressiva diversidade.

Os ganhos de produtividade na produção de alimentos ocorridos no âmbito da Revolução Verde atingiram seus tetos enquanto a população mundial continua crescendo (Conway & Toenniessen 1999). Estes autores mostraram que os programas de melhoramento genético para três dos principais grãos (arroz, trigo e milho) resultaram, no período imediatamente anterior à Revolução Verde, compreendido entre 1965 e 1974, em incrementos médios anuais de produtividade de 30 kg para o arroz e trigo e de 40 kg para o milho. No auge da revolução verde, compreendido entre os anos de 1975 e 1984, estes ganhos de incrementos médios anuais foram de 80 kg para o arroz e o trigo e de 60 kg para o milho. Já no período compreendido entre 1985 e 1994 estes incrementos médios anuais regrediram para valores médios de 43 kg para o arroz, 32 kg para o trigo e 38 kg para o milho. Assim, parece claro que os ganhos de produtividade não foram sustentáveis e que outros fatores podem ter afetado negativamente a manutenção destes ganhos.

Ainda segundo Conway & Toenniessen (1999), os benefícios da biotecnologia vegetal não serão efetivos a menos que as sementes sejam fornecidas gratuitamente ou a custos nominais para os pequenos agricultores. Adicionalmente, para assegurar que as pessoas mais pobres não sofram de fome no século XXI, é necessário que os benefícios gerados pelas biotecnologias sejam orientados pela pesquisa do setor público. Será necessário também que os programas de melhoramento abordem com mais ênfase culturas subutilizadas, tais como a mandioca, arroz-de-sequeiro, sorgo e milheto, os quais são fonte de alimento e emprego para 650 milhões de pessoas pobres que necessitam maiores produtividade e estabilidade em suas colheitas, além da necessidade de remuneração e dependendo da região. Para estes autores, o sucesso da Revolução Verde foi baseado em ampla colaboração internacional, incluindo a troca livre de material genético e de informação. Muito do valor adicionado nas cultivares modernas foi acumulado ao longo dos séculos pelos agricultores por meio da seleção das melhores plantas como fonte de sementes para os futuros plantios. Estas variedades crioulas (*landraces*) têm sido distribuídas gratuitamente pelos países em desenvolvimento para a comunidade global. Finalizam estes autores afirmando que as patentes na área de biotecnologia são fatores complicadores e minadores destas relações colaborativas.

Mudanças Climáticas Globais

Os principais causadores das mudanças climáticas globais são os gases de efeito estufa, constituídos majoritariamente por vapor de água, dióxido de carbono (CO₂), ozônio, metano (CH₄), óxidos de nitrogênio (N₂O) e clorofluorcarbonos (CFCs). Calcula-se que as

atividades agropecuárias sejam responsáveis por um terço das emissões totais de gases de efeito estufa (Foley *et al.*, 2011). Assim, o óxido nitroso é liberado principalmente a partir de fertilizantes, da fermentação intestinal de animais e do manejo de esterco, o gás metano é liberado em solos com elevada matéria orgânica e também como resultado do manejo de esterco e da fermentação intestinal. Por sua vez, o dióxido de carbono é liberado a partir de solos com matéria orgânica elevada, fermentação intestinal e queimadas.

Ao longo dos últimos 650 mil anos os teores de CO₂ variaram entre 180-300 partes por milhão (ppm); os teores de CH₄ variaram entre 0,32-0,79 ppm e os de N₂O chegaram a 0,27 ppm. Já em 2005, estes valores foram de 379, 1,77 e 0,32 ppm, respectivamente. Entre 1980 e 2000 o planeta experimentou dramáticas mudanças ambientais, assim sumarizadas: as décadas de 1980-90 apresentaram as temperaturas mais elevadas entre aquelas registradas no século passado. Neste período, ocorreram três intensos e persistentes eventos El Niño e observaram-se mudanças consideráveis na incidência de nuvens tropicais e na dinâmica de monções. Os níveis atmosféricos de CO₂ aumentaram em 9% (de 337 para 369 ppm). Por fim, neste período, a população humana aumentou em 37% (Ipcc, 2007¹).

As mudanças climáticas, ocasionadas por atividades humanas, tais como aquelas associadas à queima de combustíveis fósseis e de nossas florestas, revelam dados perturbadores. A concentração de gás carbônico aumentou em 30% na atmosfera, nos dois últimos séculos, com um aumento de mais de 50% do total, ocorrido nos últimos 40 anos.

O quinto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), disponível em <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>, divulgado em 31 de Março de 2014, projeta uma redução do Produto Interno Bruto (PIB) global entre 0,2% e 2% ao ano devido à variabilidade climática do planeta, caso as temperaturas aumentem em até 2 °C ao longo das próximas décadas. As estimativas mostram também uma redução de 25% na produção dos principais grãos até o ano de 2050, embora as estimativas sejam de que nós necessitaremos dobrar nossa produtividade para alimentar uma população de 9 bilhões de pessoas.

Desafios do Desenvolvimento Sustentável

Discutem-se os antecedentes da crise ambiental, já caracterizada como um diálogo de surdos. A questão sobre limites do crescimento, com base na exploração dos recursos naturais, e a preservação dos ecossistemas, não se constituiu em fonte de preocupação

¹ Disponível em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/annexessglossary-e-o.html. Acesso em: 20 de dezembro de 2013.

por parte dos economistas neoclássicos, incluindo Marx e Keynes. Segundo Para a maioria destes economistas, no período entre 1850 e 1950, o ambiente não impunha restrições à atividade econômica.

A partir da década de 1960 uma série de eventos contribuiu para uma nova percepção deste assunto. Entre eles, destacam-se os movimentos antinucleares, os movimentos estudantis, a publicação do livro “Os Limites do Crescimento” (Meadows *et al.*, 1978), a realização das conferências de Estocolmo e a Eco-92. A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio em 1992, culminou com a Convenção sobre Diversidade Biológica, a Convenção do Clima, o Protocolo de Kyoto, a Declaração do Rio e a Agenda 21.

Ao longo da década de 1970 iniciaram-se as discussões sobre um novo paradigma nas relações das atividades humanas e o meio ambiente em torno do ecodesenvolvimento, para o qual Ignacy Sachs foi um dos principais teóricos. A corrente ecodesenvolvimentista recebeu reforços em 1972, como resultado da I Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, paradoxalmente proposta pelos EUA, com a liderança do Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Esta conferência se constituiu no primeiro grande encontro internacional a questionar a ótica economicista e perdulária do conceito de desenvolvimento vigente no pós-guerra e se contrapôs à percepção hegemônica para a época de que o meio ambiente e os recursos naturais não impunham limites ao crescimento.

Paralelamente, personalidades influentes da política, da ciência, de empresas e de organizações não governamentais concentraram os debates sobre o desenvolvimento sustentável na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), criada em dezembro de 1983 pela Assembleia Geral da ONU e chefiada pela então primeira ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. Seu relatório final, publicado em abril de 1987, consagrou a expressão desenvolvimento sustentável como sendo “aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”. Emerge do Relatório Brundtland o conceito dos três pilares do desenvolvimento sustentável: desenvolvimento econômico, equidade social e proteção ambiental. As recomendações do documento, publicado com o título “Nosso Futuro Comum”, levaram à realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), em junho de 1992, no Rio de Janeiro. A Conferência também é chamada de Cúpula da Terra, Rio-92 e ECO-92. A terceira iniciativa, também gestada ao longo dos anos 1980, visou formular um modelo alternativo de desenvolvimento centrado nas necessidades humanas mais do que nos mercados.

Do Desenvolvimento Sustentável à Sustentabilidade

Na linha das concepções de desenvolvimento sustentável e do ecodesenvolvimento, novos conceitos vêm sendo propostos. Um deles propõe a limitação no crescimento da atividade econômico-industrial para assim reduzir os seus impactos ambientais. Independentemente das concepções apresentadas, o debate deve ocorrer, levando em conta a necessidade imprescindível de diminuir a pegada ecológica da humanidade.

Particularmente, a agricultura tem a imperativa necessidade de produzir alimentos e produtos não alimentícios, mas pode fazê-lo utilizando princípios e práticas agroecológicas e sustentáveis, ampliando a gama de espécies efetivamente utilizadas na agricultura e minimizando as externalidades nos agroecossistemas. Diversos países encaram a agroecologia como um campo emergente de estudo para desenvolvimento de tecnologia e inovação, aqui vista como a junção das leis e regras que regem ecossistemas naturais aplicadas ao desenho e manejo de ecossistemas agrícolas. A agricultura poderia fornecer, assim, alimentos de alta qualidade biológica para a população e, ao mesmo tempo, preservar os ecossistemas e a biodiversidade.

Conclusão

O conjunto de sistemas ambientais do planeta pode ser dividido em ecossistemas naturais, agroecossistemas e sistemas urbano-industriais. O crescimento populacional, o aumento no consumo e o crescimento econômico-industrial resultaram em perdas progressivas nas funções ambientais e conseqüente diminuição da qualidade ambiental. Isto resultou na depleção dos recursos naturais e na desestruturação dos sistemas sociais e econômicos. Uma das questões centrais quanto a isto se refere à possibilidade de manter as funções ambientais de uma região associada ao desenvolvimento e, se isso for possível, quais são as atividades ou tecnologias sustentáveis?

É importante considerar que, ao contrário de outros fatores de produção, tais como capital e trabalho, os recursos naturais mostram-se inflexíveis em termos de localização. A Floresta Amazônica está onde ela está e os recursos hídricos para abastecer os centros urbano-industriais não podem ser transportados. Assim, um dos principais dilemas colocados pelo desenvolvimento sustentável é que não podemos mais tratar estes fatores como substituíveis e renováveis *stricto sensu*, e mover pessoas e capital para novas áreas quando os recursos naturais tornam-se escassos ou exauridos.

Rachel Carson (2002), afirmou que “o homem é parte da natureza e sua guerra contra a natureza é, inevitavelmente, uma guerra contra si mesmo... Temos pela frente um desafio como nunca a humanidade teve, de provar nossa maturidade e nosso domínio, não da natureza, mas de nós mesmos”. A grande questão que resta é: estamos realmente comprometidos com isto e ainda temos tempo para mudar?