

Intensificação sustentável: um novo modelo tecnológico na agricultura

JOSÉ LIMA SANTOS

Professor Catedrático, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

Alimentar um mundo de 9 a 10 mil milhões de pessoas com padrões de consumo médios bastante mais exigentes do que os atuais é um desafio com que nos defrontaremos globalmente até 2050. Vencer este desafio implica garantir o acesso das pessoas aos alimentos, objetivo que estamos longe de atingir atualmente e cons-titui, por isso mesmo, a tarefa mais urgente. Implica ainda reduzir o desperdício alimentar, do campo até ao prato, e aumentar consideravelmente a produção global de alimentos.

Obter o necessário aumento de produção por simples expansão da área de terras cultivadas teria custos inaceitáveis em termos de deflorestação tropical, perda de biodiversidade, destruição de serviços cruciais dos ecossistemas e emissões de CO₂. Deste modo, qualquer solução aceitável passará sempre pela intensificação agrícola, ou seja pelo aumento da produção agrícola por hectare, nas terras já atualmente cultivadas, de modo a reduzir a pressão para converter ecossistemas naturais em novas terras de cultivo.

A intensificação agrícola do passado poupou muita terra para a natureza, para a conservação da biodiversidade e para a manutenção e continuidade de processos ecológicos de que dependemos e a que hoje chamamos ‘serviços de ecossistemas’. De facto, sem a intensificação agrícola do passado, estaríamos hoje provavelmente bem pior no que se refere quer a segurança alimentar quer a biodiversidade e serviços dos ecossistemas.

Sem a intensificação agrícola do passado, estaríamos hoje provavelmente bem pior no que se refere quer a segurança alimentar quer a biodiversidade e serviços dos ecossistemas.

No entanto, a intensificação agrícola do passado foi baseada no uso crescente de *inputs* industriais, tais como adubos químicos de síntese, pesticidas, energia e água de rega, utilizados para transformar o meio agronómico e torná-lo mais favorável ao crescimento de meia dúzia de variedades de plantas geneticamente melhoradas para aumentar a produtividade da terra, as quais requerem agroecossistemas mais artificializados do que as variedades tradicionais. Esta intensificação baseada em *inputs* industriais alcançou o desejado aumento da produtividade da terra cultivada, mas à custa de um uso cada vez mais ineficiente destes *inputs*, de que

resultaram perdas excessivas dos mesmos, as quais, por sua vez: (1) ampliaram as emissões poluentes de nitratos, fosfatos, gases com efeitos de estufa e pesticidas persistentes, e (2) aceleraram o esgotamento de recursos naturais úteis, como água, solo, biodiversidade, energia e múltiplos serviços de ecossistemas.

Assim, defrontamo-nos hoje com o dilema da intensificação. Por um lado, a redução da superfície cultivada por degradação dos solos ou por urbanização, os custos ambientais inaceitáveis da expansão da área cultivada à custa dos ecossistemas naturais que restam e a necessidade de aumentar a produção agrícola – para fazer face ao crescimento demográfico, à mudança nas dietas nos países em desenvolvimento e à procura de matérias-primas agrícolas para fins não alimentares, como os biocombustíveis – requerem produzir mais por hectare de superfície cultivada, ou seja requerem intensificar. Por outro lado, a forma como intensificámos no passado, com base no acréscimo do uso de *inputs* industriais por hectare de terra cultivada, não é mais possível e/ou desejável, porque se defronta hoje com claros limites.

Primeiro, é necessário reduzir a pegada ambiental da intensificação baseada em *inputs*, no que se refere quer a poluição química quer a perda de biodiversidade à escala planetária.

Segundo, o melhoramento genético das plantas utilizado no passado parece estar a encontrar também sérios limites face ao desejado aumento da resposta das plantas aos fertilizantes e pesticidas para aumentar a produtividade da terra, reduzir custos e controlar poluições. Estes limites têm a ver com a via seguida, no passado, para aumentar a produtivi-

dade da terra: concentrar a maior parte do produto da fotossíntese da planta cultivada no grão, utilizando plantas com muito grão e pouca palha, e não tanto aumentar a produção fotossintética do agroecossistema no seu conjunto. Acontece que as plantas necessitam de raízes, caules e folhas, e não podem ser constituídas apenas por espiga e grão. Portanto, a poderosa via de melhoramento percorrida até aqui está a esgotar-se, sem que tenham aparecido alternativas com igual potencial a curto e médio prazo (Brown, 2004).

Terceiro, o esgotamento de recursos hídricos afeta hoje numerosas áreas agrícolas, particularmente nas regiões mais povoadas do planeta, como a China e a Índia (Brown, 2004).

Quarto, os impactes esperados das alterações climáticas na produtividade das culturas agrícolas e nos recursos hídricos, sobretudo em zonas que têm já

hoje uma reduzida produtividade, como a África Subsaariana ou a bacia mediterrânica, lançam dúvidas sobre a nossa capacidade agrícola global no futuro.

Quinto, a dependência de energia fóssil barata, induzida pelo modelo de intensificação baseada em *inputs*, originou uma significativa vulnerabilidade da produção agrícola face aos preços da energia, o que é particularmente relevante no atual ambiente estrutural de subida de preços da energia.

Ultrapassar o dilema da intensificação implica assim produzir mais por hectare de superfície cultivada, sem para isso ter de aumentar a utilização de *inputs* por hectare, o que requer uma mudança de modelo tecnológico na agricultura. Por isso, analisamos, em seguida, algumas características do modelo tecnológico vigente, em que se baseou a

No entanto, a intensificação agrícola do passado foi baseada no uso crescente de inputs industriais [...] favorável ao crescimento de meia dúzia de variedades de plantas geneticamente melhoradas para aumentar a produtividade da terra, as quais requerem agroecossistemas mais artificializados do que as variedades tradicionais.

intensificação agrícola do passado: o modelo químico-mecânico. Trata-se de identificar os contornos da transição requerida do modelo químico-mecânico para um novo modelo: a intensificação sustentável.

Contudo, ultrapassar o dilema da intensificação requer mais do que uma mudança de modelo tecnológico. Requer mudar o comportamento das pessoas: produtores de bens alimentares, consumidores e produtores de ciência e tecnologia; o que nos remete para o domínio das políticas públicas. A necessidade de novas políticas requer, por sua vez, que atuemos não só como consumidores, produtores ou cientistas, mas também como cidadãos que pedem novas políticas. Por isso, na secção final deste artigo, voltamo-nos para este tema da necessidade de novas políticas públicas para promover a intensificação sustentável.

O modelo tecnológico químico-mecânico

O modelo tecnológico em agricultura inclui não só a base de conhecimentos usada para gerar novas técnicas agrícolas para responder a novos desafios, mas também o modo como estas técnicas se articulam entre si para responder a estes desafios (Bonny e Daucé, 1989).

Na Europa e na generalidade dos países mais desenvolvidos, no pós-Guerra, e, mais tarde, também em muitos países em desenvolvimento, difundiu-se um novo modelo tecnológico na agricultura, num quadro caracterizado pela rápida diminuição da população ativa agrícola, absorvida pela expansão dos setores da indústria e dos serviços. A crescente escassez de força de trabalho e o consequente aumento do respetivo custo de oportunidade colocaram o aumento da produtividade do trabalho agrícola no centro do novo modelo tecno-

lógico. A produtividade do trabalho na agricultura é o produto de duas componentes: a superfície cultivada por trabalhador e a produtividade por hectare de superfície cultivada. Assim, para aumentar a produtividade do trabalho, o novo modelo agiu sobre estas duas componentes com base numa dupla substituição:

- de trabalho humano e tração animal por máquinas e motores, de modo a aumentar a superfície cultivada por trabalhador (componente mecânica do modelo);
- de processos biológicos que ocorrem no agroecossistema (e.g., fixação do azoto atmosférico pelas bactérias do solo, ou controlo de pragas por interações bióticas) por *inputs* químicos de origem industrial (e.g., adubos azotados ou pesticidas), de modo a aumentar a produtividade por hectare de superfície cultivada (componente química do modelo).

Devido à importância destas duas componentes do modelo, ele tem vindo a ser designado como modelo químico-mecânico (Bonny e Daucé, 1989). Ambas as componentes assentaram em sólidos avanços globais no domínio da ciência e da agronomia e no uso de enormes quantidades de energia fóssil barata para produzir os *inputs* mecânicos (máquinas e combustíveis) e químicos (fertilizantes industriais e pesticidas) necessários. Como resultado, a agricultura tornou-se extremamente dependente deste subsídio energético: por exemplo, em Portugal, o consumo de energia fóssil necessário para produzir uma Kcal de energia alimentar multiplicou-se por dez entre 1953 e 1989 – subindo de 0,17 para 1,70 kcal (Santos, 1996).

As novas variedades de plantas melhoradas no âmbito do modelo químico-mecânico são, em geral, muito produtivas. Mas este potencial produtivo ape-

Ultrapassar o dilema da intensificação implica assim produzir mais por hectare de superfície cultivada, sem para isso ter de aumentar a utilização de inputs por hectare, o que requer uma mudança de modelo tecnológico na agricultura.

nas se manifesta quando estas plantas estão integradas em agroecossistemas profundamente modificados, em que encontram água e nutrientes em abundância e um ambiente asséptico em que pragas, doenças e outras plantas competidoras estão suprimidas pela utilização sistemática de pesticidas. Um número reduzido destas novas variedades de plantas altamente produtivas, geradas pela moderna ciência agronómica, foi substituindo, um pouco por todo o lado, múltiplas variedades adaptadas ao agroecossistema local, que tinham sido geradas, ao longo de séculos, pelos conhecimentos locais de muitas gerações de agricultores. A base genética do modelo químico mecânico foi-se assim estreitando, o que tornou o modelo, no seu conjunto, cada vez mais dependente da disponibilidade de energia barata e, portanto, vulnerável face ao aumento do preço da energia.

A difusão do modelo químico-mecânico implicou, no plano socioeconómico, uma progressiva integração dos sistemas de produção agrícola na economia de mercado: mercados dos produtos agrícolas, mercados dos novos *inputs* de origem industrial e ainda mercados de crédito para comprar os novos *inputs*. Desenvolveu-se, neste quadro, uma profunda dependência dos agricultores – até então, os principais agentes da criação dos conhecimentos locais em que assentavam os seus sistemas de produção – face a saberes científicos globais, primeiro na posse do Estado e do seu aparelho de investigação e extensão rural, e,

depois, na posse dos fornecedores comerciais dos novos *inputs*.

A dupla substituição operada pelo modelo químico-mecânico permitiu uma maior produção de alimentos por trabalhador agrícola, e, assim, a transferência de muitas pessoas da agricultura para os setores emergentes da indústria e dos serviços. Deste modo, deu-nos uma liberdade de escolha ocupacional que hoje muito prezamos. Além disso, reduziu o risco global de insuficiência alimentar – a insegurança alimentar do mundo de hoje resulta da desigualdade na repartição do rendimento, e não tanto da insuficiência do potencial tecnológico de produção de alimentos.

A artificialização dos agroecossistemas permitiu aumentar a produção agrícola ao longo da segunda metade do século XX principalmente através do aumento da produção por hectare (intensificação) e não tanto pela expansão da área cultivada. Isto teve evidentes vantagens em termos de uma menor pressão para converter habitat natural em terra agrícola.

O uso ineficiente de *inputs* químicos conduziu, no entanto, a graves problemas de poluição, que estão longe de ser apenas locais. O uso de fertilizantes azotados duplicou o ciclo global do azoto (Mitousek et al., 1997) e a

presença de pesticidas bioacumuláveis é hoje detetável em zonas relativamente remotas, onde nunca foram utilizados, como a Antártida.

As novas variedades de plantas melhoradas no âmbito do modelo químico-mecânico são, em geral, muito produtivas. Mas este potencial produtivo apenas se manifesta quando estas plantas estão integradas em agroecossistemas profundamente modificados, em que encontram água e nutrientes em abundância e um ambiente asséptico em que pragas, doenças e outras plantas competidoras estão suprimidas pela utilização sistemática de pesticidas.

Os agroecossistemas tocados pelo modelo químico-mecânico estão hoje profundamente modificados. São mais produtivos, em termos de produção de alimentos por hectare, mas também mais dependentes do subsídio energético exterior para assegurar o seu próprio funcionamento e estabilidade.

A nível global, a generalização do modelo químico-mecânico, mesmo nos países em desenvolvimento (a chamada revolução verde), permitiu multiplicar por três a produção global de cereais desde 1950, com base na adoção de variedades de trigo, arroz e milho de alto rendimento, na multiplicação por três da área irrigada e na multiplicação por onze do uso global de fertilizantes de origem industrial (Brown, 2004).

Um novo modelo tecnológico: intensificação sustentável

Necessidade de aumentar a produtividade do trabalho esteve, como vimos, na origem do modelo tecnológico químico-mecânico em agricultura. Do desenvolvimento deste modelo resultou o aumento da produtividade da terra (intensificação agrícola), através do aumento da utilização de *inputs* industriais, geralmente acompanhado de redução da eficiência com que os mesmos são utilizados.

Hoje, ultrapassar o dilema da intensificação implica aumentar a produtividade da terra (a parte boa da intensificação) sem aumentar o uso de *inputs* por hectare (a parte má), o que requer ganhos muito significativos na eficiência de utilização destes *inputs* (*more crop per drop*). De facto, definida como nível de produção por hectare, e não como nível de *inputs* por hectare, a intensificação agrícola pode, como vimos, ser a chave para satisfazer a procura crescente de alimentos, bioenergia e biomateriais, evitando, ao mesmo tempo, a conversão maciça de habitat natural em terras agrícolas, a qual teria um custo ambiental insustentável.

No âmbito do modelo químico-mecânico, os aumentos de produção por hectare do passado foram geralmente conseguidos à custa de aumentos do nível de *inputs* por hectare. Deste modo, os consumos agrícolas de adubos, pesticidas, água ou energia multiplicaram-se globalmente por diversos fatores ao longo das últimas décadas. Este crescimento no uso de *inputs* determinou uma redu-

ção da eficiência com que os mesmos são utilizados na produção agrícola, sendo necessárias doses crescentes de *inputs* para obter acréscimos sucessivos idênticos do nível de produção (lei dos rendimentos decrescentes). Esta redução de eficiência, conjugada com o incremento generalizado do consumo de *inputs*, deu origem a uma diversidade de problemas ambientais, como a eutrofização dos ecossistemas aquáticos, o envenenamento das cadeias alimentares, o declínio dos aquíferos e caudais, e ainda a emissão maciça de gases com efeito de estufa pela agricultura. Além disso, traduz-se também frequentemente em custos mais elevados, menor qualidade e segurança dos alimentos, menor competitividade e maior vulnerabilidade face ao fim da era da energia barata.

Deste modo, o novo modelo tecnológico deverá centrar-se em desligar, tanto quanto possível, o aumento da produção por hectare do nível de utilização de *inputs* industriais por hectare. Esta direção de mudança permitir-nos-á criar uma agricultura ao mesmo tempo mais competitiva, mais amiga do ambiente e mais resiliente face à escassez crescente de água e à subida do preço da energia. Esta direção de mudança poderá vir a configurar-se num modelo tecnológico alternativo ao modelo químico-mecânico, e tem vindo a ser designada como intensificação sustentável (Royal Society, 2009).

O grau em que conseguiremos desligar, no futuro, produção por hectare e nível de *inputs* por hectare não é ainda muito claro. Há certamente limites a esta estratégia tecnológica para produzir mais com menos e, assim, reduzir *trade offs* entre ambiente e economia, ao mesmo tempo que aumenta a produção por hectare. Estes limites são mais evidentes a curto prazo e devem-se sobretudo aos chamados *lock-ins* tecnológicos (a prova mais evidente da existência de modelos tecnológicos). Por exemplo, a total expressão do potencial genético das variedades de plantas que hoje usamos na agricultura depende de agroecossistemas simples, com reduzida competição, mas também com reduzida ajuda

de predadores e parasitoides, logo com maior necessidade de utilização de pesticidas. Depende também de elevados níveis de nutrientes disponíveis no solo, logo adubações copiosas. Este exemplo ilustra a “resistência” do modelo tecnológico vigente: não é possível mudar as técnicas uma a uma; a mudança requer a emergência de um novo modelo tecnológico alternativo ao modelo vigente em que novas técnicas – baseadas em determinadas áreas do conhecimento, frequentemente não privilegiadas no modelo vigente – se articularão umas com as outras de modo a responder a novas necessidades e novos desafios.

Existem pelo menos duas vias estratégicas para a transição de modelo tecnológico na agricultura que podemos hoje antever e que podem conduzir-nos ao desligamento do crescimento da produção por hectare face aos níveis de utilização de *inputs* por hectare. A primeira destas vias baseia-se no aumento da eficiência na utilização dos *inputs*, por aplicação dos mesmos de um modo mais preciso, no tempo e no espaço – o que é referido como agricultura de precisão, num sentido genérico do termo, porque inclui também novos métodos de rega, bem como numerosas outras tecnologias, tal como a proteção integrada e a utilização sustentável de pesticidas.

A segunda via (que não é necessariamente alternativa à primeira) baseia-se na cópia e utilização de processos ecológicos – predação, parasitismo e doença, fixação simbiótica de azoto, micorrizas, combinações de culturas permanentes e anuais, como nos sistemas agroflorestais – para substituir

inputs comprados de origem industrial (pesticidas, fertilizantes e energia).

É possível conceber técnicas que potenciam as duas vias. Por exemplo, a utilização dos “níveis económicos de ataque” como critério para a realização de tratamentos com pesticidas, substituí, na produção integrada, os tratamentos por “calendário” (i.e. independentes da verificação do nível de

ataque) característicos do modelo químico-mecânico.

Os níveis económicos de ataque implicam não tratar a não ser quando o nível de ataque da praga permita prever que o custo de não tratar, em termos de perda de produção, vai ultrapassar o custo do tratamento. Esta técnica permite, simultaneamente, aumentar a eficiência do *input* pesticida, aplicando-o de forma mais criteriosa (primeira via), e, pelo facto de agredir menos as populações de auxiliares predadores e parasitoides (frequentemente mais vulneráveis ao pesticida do que a praga),

potencia os processos ecológicos que, de forma gratuita, fazem o mesmo trabalho que o pesticida – existindo, portanto, também uma lógica de substituição de *inputs* por processos ecológicos (segunda via).

A primeira via (eficiência no uso de *inputs* através de uma aplicação mais precisa ou criteriosa) depende sobretudo das novas tecnologias da informação, incluindo os sistemas de informação geográfica (SIG), bem como as tecnologias de sensores e de deteção remota. A segunda via (substituição de *inputs* por processos ecológicos) assenta num melhor conhecimento da forma como os agroecos-

Existem pelo menos duas vias estratégicas para a transição de modelo tecnológico na agricultura que podemos hoje antever e que podem conduzir-nos ao desligamento do crescimento da produção por hectare face aos níveis de utilização de inputs por hectare.

A primeira destas vias baseia-se no aumento da eficiência na utilização dos inputs, por aplicação dos mesmos de um modo mais preciso, no tempo e no espaço – o que é referido como agricultura de precisão [...] A segunda via (que não é necessariamente alternativa à primeira) baseia-se na cópia e utilização de processos ecológicos [...] para substituir inputs comprados de origem industrial.

sistemas funcionam. Ambas poderão vir a utilizar também as biotecnologias para resolver problemas de precisão ou de substituição, respetivamente.

A intensificação de base ecológica (segunda via) depende de uma provisão reforçada e resiliente de serviços de polinização, controlo biótico de pragas e doenças, fertilidade do solo e outros serviços de ecossistemas. Depende portanto de ecossistemas saudáveis e funcionais, em que se apoia para reduzir a atual dependência da produção de alimentos face a *inputs* industriais ricos em energia, cujo preço está a aumentar. A proteção dos ecossistemas radica aqui não no seu valor intrínseco, mas sim no reconhecimento da nossa dependência face aos mesmos para assegurar a produção de alimentos numa nova era de energia mais cara em que é necessário reforçar a sustentabilidade ambiental.

Note-se ainda que muitas das novas técnicas acima discutidas já existem ou estão em desenvolvimento. O que não existe ainda é um modelo tecnológico alternativo, que potencie um desenvolvimento mais rápido destas técnicas e promova a sua articulação, complementaridade e sinergia.

É importante salientar ainda uma diferença relevante entre as duas vias estratégicas de transição para o novo modelo, no que se refere ao respetivo desenvolvimento científico e tecnológico. O melhor conhecimento da forma como os agroecossistemas funcionam (segunda via) é um bem público no sentido económico do termo. Este melhor conhecimento, uma vez disponível, pode ser utilizado gratuitamente por qualquer agricultor para melhorar o seu sistema produtivo, sendo portanto difícil a quem produziu o conhecimento remunerar o seu esforço de inves-

tigação e desenvolvimento tecnológico. Porque se trata apenas de conhecimento, é difícil patenteá-lo, ou seja restringir-lhe o acesso para cobrar um preço pelo seu uso. Por isso, o investimento privado em investigação e desenvolvimento tecnológico associados à segunda via estratégica será sempre necessariamente limitado.

Por outro lado, o aumento da eficiência na utilização dos *inputs* por aplicação mais precisa dos mesmos (primeira via) implica geralmente artefactos, equipamentos, software ou sementes, tais como equipamento de rega gota-a-gota, sementes OGM, semeadores de precisão, software SIG – ou seja, bens privados, que podem ser mais facilmente patenteáveis e vendidos para remunerar o esforço de investigação e desenvolvimento tecnológico. A primeira via é assim naturalmente mais atrativa para o investimento privado na investigação e desenvolvimento. Esta diferença entre a natureza pública ou privada do output final do processo de investigação e desenvolvimento tecnológico explica o desigual nível de desenvolvimento de diversos ramos da ciência e tecnologia agrónomicas quando o essencial do investimento em investigação e desenvolvimento tecnológico é privado.

...implicaria que o Estado financiasse prioritariamente investigação que gera essencialmente bens públicos (como o conhecimento sobre o funcionamento dos agroecossistemas), em que o setor privado não vai estar interessado em investir. O setor privado apostaria, por seu lado, tal como acontece na realidade, na investigação que produz essencialmente bens privados, patenteáveis.

Verifica-se, ainda que, de modo surpreendente, as prioridades de investimento público em ciência coincidem frequentemente muito de perto com as do setor privado, pelo que, ao contrário do que seria de esperar, não se desenvolve a desejada complementaridade (divisão do trabalho) entre o público e o privado no financiamento da inves-

tigação e desenvolvimento tecnológico. Esta complementaridade implicaria que o Estado financiasse prioritariamente investigação que gera essencialmente bens públicos (como o conhecimento sobre

o funcionamento dos agroecossistemas), em que o setor privado não vai estar interessado em investir. O setor privado apostaria, por seu lado, tal como acontece na realidade, na investigação que produz essencialmente bens privados, patenteáveis (predominantes na primeira via, a da precisão no uso de inputs). Vanloqueren e Baret (2009) baseiam-se exatamente nesta lógica de ausência de complementaridade para explicar o incipiente desenvolvimento da inovação agroecológica quando comparada com o estado avançado da engenharia genética no contexto do sistema de investigação agronómica. A conclusão evidente é que falta dar a devida prioridade, na política de investigação, às áreas da investigação que produzem essencialmente conhecimento não patenteável, como aquele que se refere ao funcionamento dos agroecossistemas.

Políticas públicas: proteger e remunerar bens públicos

A produção agrícola ocorre no seio de ecossistemas modificados (agroecossistemas) e não num contexto fabril totalmente separado do meio natural. Deste modo, as técnicas agrícolas têm profundos efeitos sobre a qualidade ambiental. Alguns destes efeitos são positivos – por exemplo, biodiversidade associada aos sistemas de produção de baixa intensidade produtiva –, outros são negativos – por exemplo, poluição, conversão de habitat natural e erosão do solo.

Ao contrário dos alimentos produzidos, os efeitos ambientais da agricultura não estão à venda no

mercado. Os agricultores e os sistemas privados de investigação e desenvolvimento tecnológico reagem sobretudo àquilo que tem um preço de mercado, que possa remunerar o seu esforço. Tudo o resto – qualidade da água, biodiversidade, enfim toda a sustentabilidade ambiental – é um efeito lateral de decisões tomadas em função daquilo que tem um preço. Deste modo, o mercado falha sistematicamente na regulação ambiental da agricultura. A ideia da mão invisível, de Adam Smith, segundo a qual o mercado transforma as decisões interesseiras de cada um de nós no máximo de bem comum, só funciona se todas as consequências das nossas decisões tiverem um preço de mercado (ou um incentivo,

positivo ou negativo, que regule as nossas escolhas). Havendo algumas destas consequências, como é o caso dos impactes ambientais da agricultura, que não são trocadas no mercado nem regulados por outros incentivos, a mão invisível já não nos conduz ao máximo de bem comum – resultado conhecido como falha de mercado. Resulta disto então a privatização dos benefícios (na forma de lucros privados, a que não são deduzidos os custos ambientais) com a coletivização dos custos ambientais (que ficam para ser suportados por terceiros), que não é justa e, sobretudo, não é eficiente.

A falha de mercado, aceite pelos economistas das mais diversas tendências, requer intervenção do Estado. No caso que agora nos interessa, ela requer políticas públicas para lidar com as questões de sustentabilidade ambiental em agricultura. Estas políticas podem assumir diversas formas, desde a simples regulamentação ambiental à diferenciação dos

A falha de mercado, aceite pelos economistas das mais diversas tendências, requer intervenção do Estado. No caso que agora nos interessa, ela requer políticas públicas para lidar com as questões de sustentabilidade ambiental em agricultura. Estas políticas podem assumir diversas formas, desde a simples regulamentação ambiental à diferenciação dos produtos conforme a sua pegada ecológica, para melhor guiar os comportamentos de compra dos consumidores, passando pelos incentivos económicos diretos à produção de bens públicos ambientais pela agricultura.

produtos conforme a sua pegada ecológica, para melhor guiar os comportamentos de compra dos consumidores, passando pelos incentivos económicos diretos à produção de bens públicos ambientais pela agricultura.

Alguma intervenção pública, assumindo uma das modalidades acima referidas, é assim necessária para proteger os serviços de ecossistemas em que se baseia a intensificação sustentável. Igualmente, como vimos, também na área da política de investigação e desenvolvimento tecnológico, o argumento do carácter público de grande parte do conhecimento agro-ecológico implica um aumento significativo do investimento público para viabilizar o desenvolvimento da base científica necessária para uma intensificação de base ecológica.

Bibliografia

- Bonny, S. e Daucé, P., 1989. "Les nouvelles technologies en agriculture: une approche technique et économique". *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, 13, 5-33.
- Brown, L., 2004. *Outgrowing the Earth: The Food Security Challenge in an Age of Falling Water Tables and Rising Temperatures*. Earth Policy Institute. www.earth-policy.org/index.php?/books/out
- Royal Society, 2009. *Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture*. Londres: The Royal Society.
- Santos, J. L., 1996. "Modelo técnico, espaço e recursos naturais. Os balanços energéticos da agricultura portuguesa (1953 e 1989)". *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, 45, 263-288.
- Vanloqueren, G. e Baret, P. V., 2009. "How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations". *Research Policy*, 38, 971-983.
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J. e Melillo, J. M., 1997. "Human domination of Earth's ecosystems". *Science*, 277, 494-499.

