

*Inovação e Sustentabilidade sob a Ótica da
Economia Ecológica.* VITÓRIA/ES, 17 A 21 DE SETEMBRO DE 2013.
Hotel Vitória Grand Hall

**X ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA
DE ECONOMIA ECOLÓGICA**



X ENCONTRO DA ECOECO

Setembro de 2013

Vitória - ES - Brasil

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AGRICULTURA: EM BUSCA DE RESPOSTAS MAIS
SUSTENTÁVEIS**

Heitor Marcos Kirsch (UFRGS) - heitor.kirsch@gmail.com

Sociólogo, estudante e doutorando em Desenvolvimento Rural

Juan Camilo de los Ríos Cardona (UFRGS) - juan.camilo@ufrgs.br

Engenheiro Florestal, estudante e doutorando em Desenvolvimento Rural

Mudanças climáticas e agricultura: em busca de respostas mais sustentáveis

Resumo: O objetivo deste trabalho é discutir que atualmente muitas das práticas agrícolas para a produção de alimentos são insustentáveis socialmente e ambientalmente, com consequências nefastas sobre a manutenção da biodiversidade, e o bem-estar humano. A agricultura também tem responsabilidade sobre a atual mudança climática e, além disso, é uma das atividades mais afetadas por essas mudanças, colocando em risco a segurança alimentar em muitas regiões, o que necessariamente demandará novas formas de produção de alimentos e de manejo dos serviços ecossistêmicos. As reflexões apresentadas fazem parte das teses de doutorado dos autores quem analisam, por separado, a relação entre agricultura e mudanças ambientais no Brasil e na Colômbia. São analisados os resultados de estudos de casos de estratégias que consorciavam a produção de cultivos agrícolas com a silvicultura como forma de explorar as sinergias socioeconômicas e ambientais e como configuração alternativa para uma agricultura mais sustentável em suas dimensões social e ambiental.

Palavras-Chaves: Desenvolvimento; Agricultura; Sustentabilidade; Sistemas Agroflorestais.

Abstract:

The objective of this paper is to discuss that currently many agricultural practices for food production are unsustainable socially and environmentally, that impact on the maintenance of biodiversity, and human well-being. Agriculture also has responsibility for the current climate change and, moreover, is one of the most affected by these changes. endangering food security in many regions, which necessarily require new forms of food production and management of ecosystem services. The reflections presented here are part of the doctoral theses of the authors who analyze, separately, the relationship between agriculture and environmental changes in Brazil and Colombia. The results of case studies strategies that consort producing crops with forestry are analyzed as a way to exploit synergies and environmental and socioeconomic setting as an alternative to a more sustainable agriculture in their social and environmental dimensions.

Keywords: Development, Agriculture; Sustainability; Agroforestry Systems.

Introdução

Não resta dúvida que a intensificação da atividade agrícola, valendo-se de níveis elevados de insumos químicos sintéticos e de técnicas de mecanização para aumentar quantitativamente a oferta de produtos cultivados ou criados por unidade de área e tempo, foi a principal responsável pela duplicação da produção de alimentos no mundo do início dos anos de 1960 até meados da década de 1990, com um aumento de apenas 18% da terra arável globalmente (TILMAN, 1999).

A produção de grãos, principalmente de cereais, como o trigo, o arroz e o milho, aumentaram em uma taxa superior ao da população humana, fato que contribuiu decisivamente para a diminuição do número de pessoas subnutridas, mesmo num período em que a população humana da terra dobrou. Tais realizações, no entanto, são vistas com ceticismo e desconfiança por vários pesquisadores (DIRMEYER *et al.*, 2010; FARINA *et al.*, 2011; LAWRENCE; CHASE, 2010; POSTEL, 1998) que questionam o impacto ambiental da chamada “revolução verde”.

Além disso, estudos recentes apontam que a população mundial é atualmente de 7 bilhões de pessoas aproximadamente e que ainda deve crescer para um número aproximado aos 9 bilhões em 2050 (UNITED NATIONS - DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, 2011). Este aumento, associado às demais mudanças socioeconômicas e políticas, deve resultar em um incremento na demanda mundial de alimentos em 50% até 2030 e em quase 70% em 2050 (FAO, 2006).

O anterior acompanhado das mudanças ambientais globais, onde a climática é a de maior atenção, sendo que a Organização das Nações Unidas - ONU - chegou a considerar que “as alterações climáticas são a questão central de desenvolvimento humano para nossa geração” (ONU, 2008), sendo os países em desenvolvimento priorizados por albergarem a maior proporção de população vulnerável, entre outros fatores, pela sua dependência da agricultura, inclusive se calcula que essa atividade é a principal fonte de subsistência para três em cada quatro indivíduos em situação de pobreza no mundo (WHEELER; KAY, 2010).

Espera-se que, nos países em desenvolvimento, haverá uma redução importante nos rendimentos dos cultivos, um decrescimento significativo na sua disponibilidade de água, um aumento no número de pessoas expostas a doenças como o paludismo e a cólera, assim como aumento no risco de enchentes, produto de chuvas torrenciais e aumento no nível do mar (IPCC, 2001). Por outro lado, a projeção é que para a metade deste século, 7,5 bilhões de pessoas serão de países em desenvolvimento, mais do que nunca, a atividade agrícola se tornou fundamental para a segurança alimentar e crescimento econômico local (WHEELER; KAY, 2010).

Um dos efeitos destas transformações na atividade agrícola é o impacto dos ecossistemas locais e seus serviços ambientais (FARIA; CAMPOS, 2012; FOLEY *et al.*, 2005, 2007; GORDON *et al.*, 2008), em razão das mudanças ocorridas no uso dos solos e o uso de agrotóxicos que, além do mais, trouxe graves riscos à saúde humana (ATREYA *et al.*, 2012; KONRADSEN, 2007). Estas consequências são, em alguma medida, resultado da ambiguidade que se estabeleceu entre esta atividade, e um modelo de desenvolvimento aplicado na agricultura, como vamos procurar demonstrar na seção que segue esta introdução.

As restrições em termos ambientais, impostas pela degradação da terra e disponibilidade de água (CASTRO; SINGER, 2012; POSTEL, 1998; RAUT *et al.*, 2012; FOLEY *et al.*, 2005; HAZELL; WOOD, 2008), e as restrições socioeconômicas (LIU *et al.*, 2007; MORTON, 2007) tornam o modelo baseado na intensificação de monocultivos ambiental e socialmente insustentável. Por conta disso, discute-se que a sociedade age irracionalmente ao desconhecer os limites naturais dos ecossistemas (LEFF, 2004) e que há necessidade de uma mudança radical do modo predominante de produção na agricultura, sobretudo nos trópicos (CASH *et al.*, 2003; FOLKE *et al.*, 2002; PRETTY, 2008).

As atividades agrícolas que integram a lavoura, a pecuária e a silvicultura, os chamados sistemas agroflorestais, são apontados como uma das alternativas que podem apresentar respostas encorajadoras a estes condicionantes, tanto econômicos (REILLY *et al.*, 2007), quanto ambientais (PIMENTEL *et al.*, 1992), como vamos abordar na terceira seção deste trabalho onde argumentamos que esses sistemas integrados podem oferecer resultados ambientais e

socioeconômicos encorajadores e ajudam às populações vulneráveis, cuja principal atividade é a agricultura, a se adaptarem ou enfrentarem as consequências adversas das mudanças ambientais e econômicas que as afetam.

As reflexões aqui apresentadas fazem parte dos projetos de tese em Desenvolvimento Rural dos autores, cada um com projetos separados no Brasil e na Colômbia, mas compartilhando um mesmo tema de pesquisa relacionado com agricultura e as mudanças ambientais, com ênfase na mudança climática, e com foco principal na identificação de estratégias de adaptação dessa agricultura e das comunidades locais.

Agricultura e desenvolvimento: uma relação ambígua

O crescimento da agricultura, em especial no que tange à produtividade e à eficiência da organização econômica do setor comercial ligado a ela, é visto geralmente como um pré-requisito para o crescimento econômico (ROSTOW, 1960; SCHULTZ, 1965). Esta relação é ressaltada em uma economia onde uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) é fortemente dependente da agricultura tecnificada e da exploração de recursos naturais (BOSERUP, 1966; HAYAMI; RUTTAN, 1988).

Neste contexto, a agricultura assume as funções de suprir as necessidades alimentares nacionais, gerar postos de trabalho e ainda receitas cambiais dos produtos destinados à exportação (MUTANGADURA, 2007). A lógica que perpassa este arranjo é que através da criação e aumento do poder aquisitivo rural e o crescimento da exploração de eventuais atividades econômicas não-agrícolas (STIFEL, 2010), há uma redução da pobreza (BARBIER, 2000).

Timmer (2002) procura demonstrar, analisando o Produto Interno Bruto (PIB) de cerca de 65 países em desenvolvimento no período de 1960-1985 que, mesmo havendo uma defasagem entre o crescimento no PIB agrícola e os valores e crescimento do PIB não-agrícola, o crescimento da produtividade produziu efeitos positivos indiretos, como preços mais baixos dos alimentos que melhoraram a ingestão nutricional, elevando a produtividade dos trabalhadores. De maneira semelhante, Self e Brabowski (2007) estabeleceram por meio de uma análise comparativa dos dados empíricos de 89 países, distribuídos

geograficamente em várias partes do mundo, sobretudo em locais como África, América Latina, Ásia, Europa e no Oriente Médio, uma relação positiva entre as diferentes medidas de produtividade agrícola e crescimento médio do PIB real *per capita* durante 1960-1995.

Este tipo de associação, no entanto, tem sido questionado. Com base em informações do crescimento do setor agrícola e da renda rural no período de 1960 e 2001 em 85 países em desenvolvimento, Gardner (2005) afirma que não é possível atribuir à agricultura como causa determinante do crescimento no PIB *per capita* nacional e nem mesmo sua relação com a redução da pobreza rural. Para este pesquisador, basear políticas públicas em oferecer variedades melhoradas de cultivos, parece apresentar resultados ilusórios na redução da pobreza em longo prazo. Os esforços no desenvolvimento de pesquisa, educação e infraestrutura rural, com uma regularidade, apresentaram-se como investimentos altamente rentáveis para alcançar este objetivo (GARDNER, 2005).

Jayne *et al.* (2003), por exemplo, demonstraram em uma pesquisa domiciliar realizada entre 1990 e 2000 em cinco países na África Oriental e Austral, que as famílias com tamanho reduzido e forma precária de acesso à terra, e, principalmente a aquelas que são negados os serviços básicos como educação, apresentaram pouca ou nenhuma escolaridade e são especialmente as mais susceptíveis de exibirem níveis de pobreza maior.

Outra faceta pela qual o modo predominante de agricultura tem sido questionado está vinculado às externalidades ambientais que produz. Para maximizar o rendimento dos principais cultivos, as práticas agrícolas atuais envolvem uma cuidadosa seleção das variedades de plantas agrícolas para combinarem com as condições locais de cultivo. Fatores limitantes, especialmente a água, o nitrogênio e fosfato mineral, são fornecidos em excesso, e as pragas são controladas com o uso de pesticidas químicos (TILMAN, 1999). Por exemplo, , somente nos Estados Unidos, 545 milhões de quilogramas de agrotóxicos são aplicados anualmente. Uma das razões do uso intensivo deste tipo de produto é certamente a baixa eficiência destes, visto que menos de um por cento aplicados sobre as lavouras atingem os organismos aos quais se destinam (PIMENTEL; BURGESS, 2012).

Richter (2002) aponta para um número ainda mais preocupante. Em todo mundo cerca de 26 milhões de pessoas morrem anualmente em decorrência de intoxicações associadas ao uso de agrotóxicos e é estimado que 99% dos casos ocorram em países de renda baixa e média, pelo fato de que aproximadamente 60% da força de trabalho nestes locais é empregada na agricultura (JEYARATNAM, 1985).

Segundo Pimentel (2009), dados do governo dos Estados Unidos indicam que 18% dos pesticidas e 90% dos fungicidas são cancerígenos e podem afetar seriamente os sistemas neurológico, respiratório e reprodutivo. Além do mais, a Organização Mundial da Saúde estima que um número próximo de 3 milhões de casos diretos de envenenamento humano ocorrem anualmente por pesticidas (KONRADSEN, 2007), em sua grande maioria associados a tentativas de suicídios por ingestão destes produtos químicos utilizados na agricultura (GUNNELL; EDDLESTON, 2003).

Somado a estas questões, para alguns estudiosos é preocupante que regiões inteiras do mundo passaram a ser dominadas por monocultivos de uma dada variedade, às vezes com uma mesma característica genética, substituindo as condições naturais dos ecossistemas que continham um número indeterminado de espécies de plantas, insetos e muitas espécies de vertebrados e homogeneizando os espaços rurais através de novos agro-ecossistemas (TILMAN, 1999).

Além das sementes transgênicas, há também alteração da fertilidade do solo por meio da adubação e irrigação excessivas, o controle de organismos invasores através de pesticidas químicos e a mecanização intensiva que deteriora a estrutura do solo (FARIA; CAMPOS, 2012), além disso, essa homogeneização das paisagens diminuem os agentes polinizadores, como as abelhas, reduzindo a produtividade e rentabilidade agrícola (BENNETT *et al.*, 2001).

Ricketts *et al.* (2004), em um estudo realizado em áreas de plantio de café em duas propriedades, uma de 46 e outra de 111 hectares, na Costa Rica, constataram que os benefícios da polinização natural são enormes para a agricultura. Nestas áreas, houve um incremento em 20% na produtividade do cultivo, o que representou algo próximo a um acréscimo de US\$ 60 mil/ano na renda, para cada uma delas. Por sua vez, Valle e Clark (2013) demonstram que o

desmatamento em áreas da Amazônia brasileira não só aumenta os casos de malária nas localidades onde houve a substituição da paisagem natural (OLSON *et al.*, 2010), mas também há evidências de uma significativa ampliação de sua incidência em espaços urbanos no entorno das margens destas florestas.

Nascimento (2008) considera que a procura do aumento da produtividade da terra com vistas ao lucro, o que ele denomina o *impulso de melhoramento*, é o principal responsável pela crise ambiental na agricultura. Foley *et al.* (2005), por exemplo, calcula que aproximadamente 40% de todas as áreas agricultáveis já experimentaram, em algum momento recente, um processo de degradação do solo, uma redução em sua fertilidade ou mesmo um sobrepastoreio.

Em outras palavras, enquanto a economia ordinária mantiver o lucro como o seu único fim e seguir por orientar suas decisões não considerando reparar os danos ambientais ocasionados, “esse reducionismo imperante estará ajudando mais a encobrir que a analisar e resolver os problemas ambientais e sociais que acarreta o comportamento da civilização industrial” (NAREDO, 2001, p. 1).

A economia ordinária não reconhece que os ecossistemas têm um limite máximo de capacidade de suportar pressão. Esta característica deu cabida a novas áreas da economia, como a ecológica, que partem do suposto que os ecossistemas têm um limite máximo e que, portanto, há necessidade de ecologizar a economia ordinária (LEFF, 2004; MARTINEZ-ALIIR, 1995; NAREDO, 2001).

A agricultura é também uma das principais responsáveis pelas emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Alguns estudos apontam que ela já é responsável pela emissão de 25% de carbono, em sua maioria associado aos processos de desmatamento, 50% de metano, e 75% de óxido nitroso (TUBIELLO *et al.*, 2007). Como um todo, é estimado que a agricultura contribua com um patamar entre 10 a 12% das emissões totais dos gases de efeito estufa (FOLEY *et al.*, 2011; SMITH *et al.*, 2007).

No Brasil, segundo Avzaradel (2011), no ano de 2005, a agricultura e as ações relacionadas ao uso da terra foram juntas responsáveis pela produção de cerca de 87,3% das emissões de metano (CH₄) e estima-se que 53,9% das emissões do país resultaram da fermentação entérica do gado de corte suíno e

bovino brasileiro. Esta atividade igualmente responde pela maior parcela das emissões de óxido nitroso (N₂O). As emissões diretas deste gás, principalmente as que resultam dos dejetos de animais em pastagem, e as indiretas dos solos agrícolas representam, somadas, aproximadamente 85% das emissões totais do país (AVZARADEL, 2011).

Ironicamente, a agricultura ao mesmo tempo em que é uma das atividades que contribui decisivamente para a mudança climática global, será uma das atividades mais profundamente impactadas pelas transformações que deverão ocorrer nos ciclos naturais, especialmente nos países em desenvolvimento onde a maior dependência da exploração dos recursos naturais (EAKIN; LEMOS, 2006).

Os choques não serão sentidos somente no que tange à produção e à disponibilidade de alimentos (PARRY *et al.*, 2004), como também, a estabilidade do abastecimento, o acesso e a utilização destes serão afetados (CARTY, 2012; SCHMIDHUBER; TUBIELLO, 2007). Alguns estudiosos destacam que esta característica incorrerá em situações de impacto significativo sobre a segurança alimentar, particularmente em países em desenvolvimento nas regiões tropicais, que concentram boa parte da população pobre do mundo, como já destacamos (ERICKSEN *et al.*, 2009; PARRY *et al.*, 2007).

Além dos aspectos relacionados à mobilidade humana, como a necessidade de migrações, quer sejam temporárias, sazonais ou definitivas (BLACK *et al.*, 2011; MEZE-HAUSKEN, 2000; TACOLI, 2013), em razão das mudanças no clima e no ambiente, alguns estudos têm enfatizado que é bastante presumível que em poucas décadas deverá haver deslocamentos de vários cultivos, de localidades que atualmente são climaticamente favoráveis, para outras onde não se observa sua ocorrência (EMBRAPA/UNICAMP, 2008; MARENGO, 2007).

Isso significa que provavelmente ocorrerá uma acentuada modificação do atual zoneamento agrícola no Brasil (MORAES *et al.*, 2011) e em várias outras partes do globo, podendo inclusive impor uma mudança na dieta alimentar em alguns locais (THORNTON, 2012).

Deste modo, como menciona Tilman (1999, p. 5998), “mais do mesmo não funcionará”. Em termos de agricultura, é preciso buscar alternativas

que reduzam os efeitos ou mesmo evitem as externalidades negativas entre a produção de alimentos e a oferta de serviços ecossistêmicos. Assim será possível garantir a satisfação das necessidades humanas imediatas e/ou futuras, com menor degradação das condições ambientais, e ajudando na promoção de um círculo que seja efetivamente virtuoso entre desenvolvimento e a agricultura.

Em busca de respostas sustentáveis para agricultura

Uma das questões que vem merecendo a atenção nos estudos sobre mudanças ambientais é a avaliação da capacidade em se produzir respostas que previnam efeitos opostos aos inicialmente esperados ou mesmo não planejados, ou seja, processos de má-adaptações ou desadaptações (BARNETT; O'NEILL, 2010; ERIKSEN *et al.*, 2011). Quer dizer, há muitas estratégias de adaptação, sobretudo na agricultura, que nem sempre são planejadas e, inúmeras vezes, realizadas de modo autônomo (BROOKS *et al.*, 2009), com soluções incrementais (ADGER *et al.*, 2012), fazendo-as insustentáveis num horizonte temporal mais ampliado num cenário de mudanças impostas ao ambiente (BROWN, 2011; ERIKSEN; BROWN, 2011).

Um dos exemplos que pode ser considerado como uma resposta que não atende a esta característica de má-adaptação, está relacionada às ondas de calor que causaram a morte de 14.802 pessoas num período de 20 dias na França em 2003. O governo francês recomendou desde então que todos os locais onde residam pessoas idosas tenham ao menos um ambiente refrigerado, inclusive com a alocação de recursos públicos da ordem de € 60 milhões para tal finalidade (MICHELON *et al.*, 2005). A questão é que algumas respostas que podem solucionar os problemas para alguns, como o caso dos climatizadores de ar altamente demandantes de energia, criam um *feedback* aumentando as emissões de gases de efeito estufa e asseveram em um tempo futuro, sua causa inicial, quer dizer, não solucionam o problema global.

O problema é que grande parte da produção de energia ainda provém de fontes de origem fóssil. As energias renováveis modernas correspondem hoje a uma quantia extremamente reduzida da matriz energética mundial: 0,1% energia solar, 0,1% geotérmica e 0,2% eólica, as hidrelétricas entram na conta com 2,3%,

mas, da mesma forma que a bioenergia (mesmo com a perspectiva do etanol celulósico), há claros limites para sua expansão global (ABRAMOVAY, 2012, p. 24). Isso cria a necessidade de se propor técnicas agrícolas mais eficientes na conversão da energia e menos impactantes sobre o meio natural.

Os sistemas agroflorestais são apontados por muitos especialistas como um dos exemplos de eficiência no uso da energia nos quais há uma mistura de árvores ou outras plantas lenhosas perenes com cultivos de lavouras, pastagens e/ou animais (ALBRECHT; KANDJI, 2003). Eles têm sido praticados através dos tempos para melhorar a eficiência energética e a rentabilidade econômica, além de evitar problemas como degradação dos solos, poluição das águas, entre outros. Em outras palavras, fazer que a agricultura seja mais eficiente no uso da energia e, conseqüentemente, mais sustentável.

Steinshamn *et al.* (2004), em experimento realizado ao longo de 3 anos em uma fazenda leiteira na Noruega, demonstrou a importância de sistemas que integram o manejo do fluxo interno de nutrientes de uma unidade produtiva para melhorar a fertilidade natural do solo e reduzir a utilização de pesticidas e com isso aumentar a quantidade e qualidade da produção total. O aumento e manutenção da matéria orgânica do solo em áreas de cultivo como esta, demonstrou ser essencial para a capacidade de retenção de água, a disponibilidade de nutrientes, e ainda, o sequestro de carbono (DRINKWATER *et al.*, 1998; TILMAN, 1998).

Alguns estudos têm demonstrado que os sistemas agroflorestais também podem sequestrar quantidades consideráveis de carbono em forma de biomassa vegetal e em produtos de longa duração, como a madeira, ou mesmo no solo, se constituindo em uma alternativa promissora, especialmente em áreas de agricultura familiar (VERCHOT *et al.*, 2007), aportando à mitigação do efeito estufa associado às mudanças climáticas. Além disso, como sugerem Garrity *et al.* (2010), como há um aumento na produção de forragens, combustíveis, fibras e renda dos produtos oriundos das árvores consorciadas, isso acarreta um aumento no armazenamento de carbono, tanto acima, como abaixo do solo, produzindo como efeito indireto uma conservação mais eficaz do solo e da biodiversidade.

Igualmente, os resultados apresentados pelo estudo realizado por Palm *et al.* (2002) na Província de Loreto, na Amazônia peruana, demonstraram que os sistemas agroflorestais, combinando café e pupunha com cobertura de leguminosas, apresentaram emissões de óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄) semelhantes a uma floresta secundária próxima de 23 anos, utilizada na avaliação.

No mesmo sentido, Garrity *et al.* (2010) reportaram que a integração de espécies de árvores em sistemas de cultivos alimentares anuais é particularmente importante em localidades dependentes da produção para autoconsumo. As árvores consorciadas sustentam uma cobertura verde sobre a terra ao longo do ano que mantém a cobertura vegetal do solo, reforça o fornecimento de nutrientes através da fixação de nitrogênio e ciclagem de nutrientes. Em razão disso, há um processo de geração de quantidades maiores de matéria orgânica, o que melhora sua estrutura e a infiltração de água.

Esta maneira de organização dos plantios agrícolas é assinalada como uma das formas mais apropriadas para a recuperação de solos degradados, levando a um aumento direto da produção agrícola de alimentos, da segurança alimentar e da renda de centenas de milhares de famílias de pequenos agricultores em Zâmbia, Malawi, Níger e Burkina Faso, no continente africano (GARRITY *et al.*, 2010).

A opção por cultivos baseados em sistemas agroflorestais podem ser especialmente benéficos para a biodiversidade em localidades onde os monocultivos são mais frequentes (COWIE *et al.*, 2007), fortalecendo tanto a resiliência ecológica do ambiente, quanto a social e econômica das famílias que a praticam, como demonstraram Quinion *et al.* (2010) em um estudo realizado junto a agricultores que utilizavam os sistemas agroflorestais por um período superior a cinco anos em duas localidades no Malawi, na África.

Portanto, estas práticas, que forneçam alimentos e fibras, mantendo os *habitats* de espécies ameaçadas, e a biodiversidade local, associando a prestação de serviços ecossistêmicos, tais como a polinização (RICKETTS *et al.*, 2004), o controle de pragas e o fornecimento de água potável (SMITH *et al.*, 2008), seriam estratégias bastante adequadas para uma agricultura promotora de sustentabilidade em longo prazo.

Para que se possa de fato contribuir na construção de sinergias ente a agricultura e a sustentabilidade, é preciso prestar atenção igualmente nos seus condicionantes institucionais (FOLKE *et al.*, 2002), para que formas alternativas que hoje se apresentam como sustentáveis, não acabem gerando novas restrições aos objetivos do desenvolvimento em um futuro próximo.

Processos participativos de desenvolvimento destas novas tecnologias podem ser extremamente profícuos no sentido de identificar soluções de sucesso que sejam mais facilmente adotados, para responderem a essas necessidades da produção agrícola (GARRITY, 2004).

Considerações finais

Este trabalho buscou demonstrar que é cada vez mais explícito que o atual modelo de desenvolvimento e o conteúdo heurístico das principais formas de respostas são inadequados e ineficientes, tanto em sua dimensão ambiental, quanto social, para enfrentar a mudança climática e solucionar o problema da pobreza e a insegurança alimentar no mundo.

Vários estudiosos têm salientado que os efeitos negativos que as recentes transformações impostas ao ambiente, nos obrigam necessariamente a questionar e reconfigurar as principais noções que, de alguma forma, estão vinculadas a noção do desenvolvimento. Seu foco unidirecional no crescimento econômico e consumo, associado a um tratamento do meio ambiente como uma externalidade, podem levar e exacerbar a vulnerabilidade das pessoas diante dela.

Por outro lado, a necessidade em se buscar atingir a segurança alimentar e mitigar os riscos à saúde de muitas práticas agrícolas modernas, em um cenário de transformação ambiental e social, faz com que sejamos forçados a considerar estratégias alternativas que incluam práticas na agricultura que mitiguem esses efeitos negativos à sociedade e ao ambiente.

Nesta direção, as lições aprendidas com os sistemas agroflorestais, que demandam menos insumos de origem fóssil, ou outros não-renováveis em sua produção, podem representar uma iniciativa bastante promissora, ainda que se deva relativizar e reconhecer a sua capacidade limitada em termos de transferibilidade a contextos distintos. Uma das características importantes reside

justamente em que esses sistemas agroflorestais estão melhor adaptados ao ambiente local e, portanto, menos vulneráveis às mudanças climáticas.

Se tomarmos como ponto de referência que a capacidade de produzir respostas dos agricultores para se adaptar ou enfrentar não se baseia em continuar a fazer o que eles estão fazendo, mas sim, na sua habilidade e condição em se adaptar continuamente às mudanças nas condições biofísicas e econômicas, então o potencial destes sistemas de produção, sobretudo em áreas tidas como vulneráveis, pode ser bastante interessante.

De modo semelhante, eles podem oferecer um potencial significativo para desenvolver sinergias entre os esforços para mitigar os efeitos ambientais indesejados das alterações climáticas e os de ajudar as populações vulneráveis a se adaptarem ou enfrentarem as consequências negativas desta transformação. Obviamente que para entender estas possíveis relações, suas características agrícolas e as dinâmicas socioeconômicas a que estão submetidos precisam ainda ser melhor entendidas.

Referências

- ABRAMOVAY, R. Desigualdades e limites deveriam estar no centro da Rio+ 20. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 21-34, 2012.
- ADGER, W. N.; BARNETT, J.; BROWN, K.; MARSHALL, N.; O'BRIEN, K. Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 2, p. 112-117, 11 nov 2012.
- ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 99, n. 1-3, p. 15-27, out 2003.
- ATREYA, K.; SITAULA, BISHAL KUMAR; BAJRACHARYA, R. M. Pesticide use in agriculture: The philosophy, complexities and opportunities. **Scientific Research and Essays**, v. 7, n. 25, p. 2168-2173, 5 jul 2012.
- AVZARADEL, A. C. Inventário brasileiro de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa não controlados pelo protocolo de Montreal. In: MOTTA, R. S.; HARGRAVE, J.; LUEDEMANN, G.; GUTIERREZ, M. B. S. (Eds.). **Mudança do clima no Brasil: Aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: IPEA, 2011. p. 77-89.
- BARBIER, E. B. The economic linkages between rural poverty and land degradation: Some evidence from Africa. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 82, p. 355-370, 2000.

BARNETT, J.; O'NEILL, S. J. Maladaptation. **Global Environmental Change**, v. 20, n. 2, p. 211-213, maio 2010.

BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; CARACO, N. F. Human Impact on Erodable Phosphorus and Eutrophication: A Global Perspective. **BioScience**, v. 51, n. 3, p. 227, 2001.

BLACK, R.; BENNETT, S. R. G.; THOMAS, S. M.; BEDDINGTON, J. R. Climate change: Migration as adaptation. **Nature**, v. 478, n. 7370, p. 447-9, 27 out 2011.

BOSERUP, E. The conditions of agricultural growth - The economics of agrarian change under population pressure. **Population Studies**, v. 20, n. 1, p. 137, jul 1966.

BROOKS, N.; GRIST, N.; BROWN, K. Development futures in the context of climate change: Challenging the present and learning from the past. **Development Policy Review**, v. 27, n. 6, p. 741-765, 9 nov 2009.

BROWN, K. Sustainable adaptation: An oxymoron? **Climate and Development**, v. 3, n. 1, p. 21-31, jan 2011.

CARTY, T. **Extreme weather, extreme prices**. Oxford - UK: OXFAM International, 2012.

CASH, D. W.; CLARK, W. C.; ALCOCK, F. *et al.* Knowledge systems for sustainable development. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, n. 14, p. 8086-91, 8 jul 2003.

CASTRO, M. C.; SINGER, B. H. Agricultural settlement and soil quality in the Brazilian Amazon. **Population and environment**, v. 34, n. 1, p. 22-43, set 2012.

COWIE, A.; SCHNEIDER, U. A.; MONTANARELLA, L. Potential synergies between existing multilateral environmental agreements in the implementation of land use, land-use change and forestry activities. **Environmental Science & Policy**, v. 10, n. 4, p. 335-352, jun 2007.

DIRMEYER, P. A.; NIYOGI, D.; NOBLET-DUCOUDRÉ, N. DE; DICKINSON, R. E.; SNYDER, P. K. Impacts of land use change on climate. **International Journal of Climatology**, v. 30, n. 13, p. 1905-1907, 15 nov 2010.

DRINKWATER, L. E.; WAGONER, P.; SARRANTONIO, M. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. **Nature**, v. 396, n. November, p. 262-265, 1998.

EAKIN, H. C.; LEMOS, M. C. Adaptation and the state: Latin America and the challenge of capacity-building under globalization. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 1, p. 7-18, fev 2006.

EMBRAPA/UNICAMP. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Brasília / Campinas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa / Universidade de Campinas - Unicamp, 2008.

ERICKSEN, P. J.; INGRAM, J. S. I.; LIVERMAN, D. M. Food security and global environmental change: emerging challenges. **Environmental Science & Policy**, v. 12, n. 4, p. 373-377, jun 2009.

ERIKSEN, S.; ALDUNCE, P.; BAHINIPATI, C. S. *et al.* When not every response to climate change is a good one: Identifying principles for sustainable adaptation. **Climate and Development**, v. 3, n. 1, p. 7-20, jan 2011.

ERIKSEN, S.; BROWN, K. Sustainable adaptation to climate change. **Climate and Development**, v. 3, n. 1, p. 3-6, jan 2011.

FAO. **World Agriculture: Towards 2030/2050 - Prospects for food, nutrition, agriculture and major commodity groups**. Roma: Food and Agriculture Organization (FAO), 2006.

FARIA, A. M. M.; CAMPOS, I. Custos ecológicos: Dilemas da cotonicultura em Mato Grosso. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica (REVIBEC)**, v. 19, p. 42-53, 2012.

FARINA, R.; SEDDAIU, G.; ORSINI, R. *et al.* Soil carbon dynamics and crop productivity as influenced by climate change in a rainfed cereal system under contrasting tillage using EPIC. **Soil and Tillage Research**, v. 112, n. 1, p. 36-46, mar 2011.

FOLEY, J. A.; ASNER, G. P.; COSTA, M. H. *et al.* Amazonia revealed: Forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 1, p. 25-32, 2007.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R. S.; ASNER, G. P. *et al.* Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-4, 22 jul 2005.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A; *et al.* Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337-42, 20 out 2011.

FOLKE, C.; CARPENTER, S.; ELMQVIST, T. *et al.* Resilience and sustainable development: Building adaptive capacity in a world of transformations. **Ambio**, v. 31, n. 5, p. 437-40, ago 2002.

GARDNER, B. L. Causes of rural economic development. **Agricultural Economics**, v. 32, n. s1, p. 21-41, jan 2005.

GARRITY, D. P. Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. **Agroforestry Systems**, v. 61-62, n. 1-3, p. 5-17, jul 2004.

GARRITY, D. P.; AKINNIFESI, F. K.; AJAYI, O. C. *et al.* Evergreen Agriculture: a robust approach to sustainable food security in Africa. **Food Security**, v. 2, n. 3, p. 197-214, 28 ago 2010.

GORDON, L. J.; PETERSON, G. D.; BENNETT, E. M. Agricultural modifications of hydrological flows create ecological surprises. **Trends in ecology & evolution**, v. 23, n. 4, p. 211-9, abr 2008.

GUNNELL, D.; EDDLESTON, M. Suicide by intentional ingestion of pesticides: a continuing tragedy in developing countries. **International Journal of Epidemiology**, v. 32, n. 6, p. 902-909, 17 dez 2003.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. **Desenvolvimento agrícola: Teoria e experiências internacionais**. Brasília: Embrapa, 1988.

JAYNE, T. S.; YAMANO, T.; WEBER, M. T. *et al.* Smallholder income and land distribution in Africa: implications for poverty reduction strategies. **Food Policy**, v. 28, n. 3, p. 253-275, jun 2003.

JEYARATNAM, J. Health problems of pesticide usage in the Third World. **British Journal of Industrial Medicine**, v. 42, n. 8, p. 505-506, 10 dez 1985.

KONRADSEN, F. Acute pesticide poisoning - a global public health problem. **Danish Medical Bulletin**, v. 54, p. 58-9, 4 set 2007.

LAWRENCE, P. J.; CHASE, T. N. Investigating the climate impacts of global land cover change in the community climate system model. **International Journal of Climatology**, v. 30, n. 13, p. 2066-2087, 15 nov 2010.

LEFF, E. **Racionalidad ambiental: La reapropiación social de la naturaleza**. Mexico, D.F: Siglo Veintiuno Editores, 2004. p. 505

LIU, J.; DIETZ, T.; CARPENTER, S. R. *et al.* Coupled human and natural systems. **Ambio**, v. 36, n. 8, p. 639-49, dez 2007.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade: Caracterização do clima no Século XX e cenários climáticos no Brasil e na América do Sul para o século XXI**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2007.

MARTINEZ-ALIIR, J. **De la economía ecológica al ecologismo popular**. Barcelona: ICARIA, 1995.

MEZE-HAUSKEN, E. Migration caused by climate change: how vulnerable are people in dryland areas? **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, n. 5, p. 379-406, 2000.

MICHELON, T.; MAGNE, P.; SIMON-DELAVELLE, F. Lessons of the 2003 heat-wave in France and action taken to limit the effects of future heat-waves. In: KIRCH, W.; MENNE, B.; BERTOLLINI, R. (Eds.). **Extreme weather events and public health responses**. Berlin: Springer-Verlag, 2005. p. 131-140.

MORAES, W. B.; CINTRA, W.; JUNIOR, D. J.; BUCKER, W. Potenciais impactos das mudanças climáticas globais sobre a agricultura. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 2, p. 3-14, 2011.

MORTON, J. F. The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 50, p. 19680-5, 11 dez 2007.

MUTANGADURA, G. The incidence of land tenure insecurity in Southern Africa: Policy implications for sustainable development. **Natural Resources Forum**, v. 31, n. 3, p. 176-187, ago 2007.

NAREDO, J. Economía y sostenibilidad: La economía ecológica en perspectiva. **Polis, Revista de la Universidad Bolivariana**, p. 1-27, 2001.

NASCIMENTO, H. M. **Ecologia política agrária: a contribuição russa-alemã**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. **Anais...** Rio Branco: SOBER. , 2008

OLSON, S. H.; GANGNON, R.; SILVEIRA, G. A.; PATZ, J. A. Deforestation and malaria in Mâncio Lima County, Brazil. **Emerging infectious diseases**, v. 16, n. 7, p. 1108-15, jul 2010.

PALM, C. A.; ALEGRE, J. C.; AREVALO, L. *et al.* Nitrous oxide and methane fluxes in six different land use systems in the Peruvian Amazon. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 16, n. 4, p. 21-1 - 21-13, 6 dez 2002.

PARRY, M. L.; CANZIANI, O. F.; PALUTIKOF, J. P.; LINDEN, P. J. VAN DER; HANSON, C. E. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK.: Cambridge University Press, 2007.

PARRY, M. L.; ROSENZWEIG, C.; IGLESIAS, A.; LIVERMORE, M.; FISCHER, G. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. **Global Environmental Change**, v. 14, n. 1, p. 53-67, abr 2004.

PIMENTEL, D. **Integrated pest management: Innovation-development process**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009.

PIMENTEL, D.; BURGESS, M. Small amounts of pesticides reaching target insects. **Environment, Development and Sustainability**, v. 14, n. 1, p. 1-2, 24 set 2012.

PIMENTEL, D.; STACHOW, U.; TAKACS, D. A. *et al.* Conserving biological diversity in agriculture/forestry systems. **BioScience**, v. 42, n. 5, p. 354-362, 1992.

POSTEL, S. L. Water for food production: Will there be enough in 2025? **BioScience**, v. 48, n. 8, p. 629, ago 1998.

PRETTY, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 363, n. 1491, p. 447-65, 12 fev 2008.

QUINION, A.; CHIRWA, P. W.; AKINNIFESI, F. K.; AJAYI, O. C. Do agroforestry technologies improve the livelihoods of the resource poor farmers? Evidence from Kasungu and Machinga districts of Malawi. **Agroforestry Systems**, v. 80, n. 3, p. 457-465, 13 jun 2010.

RAUT, N.; DÖRSCH, P.; SITAULA, BISHAL K; BAKKEN, L. R. Soil acidification by intensified crop production in South Asia results in higher N₂O/(N₂ + N₂O) product ratios of denitrification. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 55, p. 104-112, dez 2012.

REILLY, J.; PALTSEV, S.; FELZER, B. *et al.* Global economic effects of changes in crops, pasture, and forests due to changing climate, carbon dioxide, and ozone. **Energy Policy**, v. 35, n. 11, p. 5370-5383, nov 2007.

RICHTER, E. D. Acute human pesticide poisonings. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Encyclopedia of pest management**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2002. p. 3-6.

RICKETTS, T. H.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R.; MICHENER, C. D. Economic value of tropical forest to coffee production. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 34, p. 12579-82, 24 ago 2004.

ROSTOW, W. **The Stages of Economic Growth: A Non-Communist Manifest**. Cambridge: Cambridge University Press, 1960.

SCHMIDHUBER, J.; TUBIELLO, F. N. Global food security under climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 50, p. 19703-8, 11 dez 2007.

SCHULTZ, T. W. **Transformando a agricultura tradicional**. Rio de Janeiro: Zahar, 1965.

SELF, S.; GRABOWSKI, R. Economic development and the role of agricultural technology. **Agricultural Economics**, v. 36, n. 3, p. 395-404, maio 2007.

SMITH, P.; MARTINO, D.; CAI, Z. *et al.* Agriculture. In: METZ, B.; DAVIDSON, O. R.; BOSCH, P. R.; DAVE, R.; MEYER, L. A. (Eds.). **Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007. p. 497-540.

SMITH, P.; MARTINO, D.; CAI, Z. *et al.* Greenhouse gas mitigation in agriculture. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 363, n. 1492, p. 789-813, 27 fev 2008.

STEINSHAMN, H.; THUEN, E.; BLEKEN, M. A. *et al.* Utilization of nitrogen (N) and phosphorus (P) in an organic dairy farming system in Norway. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 104, n. 3, p. 509-522, dez 2004.

STIFEL, D. The rural non-farm economy, livelihood strategies and household welfare. **Journal of Cooperatives**, v. 4, n. 1, p. 82-109, 2010.

TACOLI, C. Migration as a response to local and global transformations: A typology of mobility in the context of climate change. In: MARTINE, G.; SCHENSUL, D. (Eds.). **The Demography of Adaptation to Climate Change**. New York, London and Mexico City: NFPA, IIED and El Colegio de México, 2013. p. 41-54.

THORNTON, P. **Recalibrating food production in the developing world: Global warming will change more than just the climate**. . Copenhagen - Denamark: [s.n.] , 2012

TILMAN, D. The greening of the green revolution. **Nature**, v. 396, n. November, p. 211-212, 5 abr 1998.

TILMAN, D. Global environmental impacts of agricultural expansion: the need for sustainable and efficient practices. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 96, n. 11, p. 5995-6000, 25 maio 1999.

TIMMER, C. P. Agriculture and economic development. In: GARDNER, B.; RAUSSER, G. (Eds.). **Handbook of agricultural economics - Vol 2A**. Amsterdam, Netherlands: North Holland, 2002. p. 1487-1546.

TUBIELLO, F. N.; SOUSSANA, J.-F.; HOWDEN, S. M. Crop and pasture response to climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 50, p. 19686-90, 11 dez 2007.

UNITED NATIONS - DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. **World Population Prospects: The 2010 Revision, Highlights and Advance Tables**. . New York: [s.n.], 2011

VALLE, D.; CLARK, J. Conservation Efforts May Increase Malaria Burden in the Brazilian Amazon. **PLoS ONE**, v. 8, n. 3, p. e57519, 6 mar 2013.

VERCHOT, L. V.; NOORDWIJK, M.; KANDJI, S. *et al.* Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 12, n. 5, p. 901-918, 28 abr 2007.

WHEELER, T.; KAY, M. Food crop production, water and climate change in the developing world. **Outlook on Agriculture**, v. 39, n. 4, p. 239-243, 1 dez 2010.