

# A Agronomia e o Desenvolvimento Sustentável:

Por uma Ciência da Complexidade

**Benedito Silva Neto<sup>1</sup>**

## Resumo

---

A concepção hegemônica da Agronomia vem apresentando crescentes dificuldades em tratar da complexidade dos problemas gerados pelo atual padrão de desenvolvimento da agricultura. A partir de uma interpretação da noção de paradigma baseada no Realismo Crítico, a qual procura isentar tal noção de qualquer elemento de irracionalidade, discute-se nesse artigo as possibilidades de uma mudança paradigmática na Agronomia. Nessa discussão salienta-se que a Teoria da Complexidade e o Realismo Crítico podem fornecer bases teóricas e epistemológicas consistentes para a constituição da Agronomia como uma das “ciências da complexidade”. Assim, de acordo com a Teoria da Complexidade, a consideração da agricultura como uma atividade constitutiva de sistemas abertos e evolutivos é de fundamental importância para que a Agronomia possa contribuir efetivamente para a promoção do desenvolvimento sustentável. Para tanto, porém, a forte hegemonia exercida pelo Positivismo sobre a Agronomia deve ser superada, posto que, para isso, as contribuições do Realismo Crítico neste campo são consideradas de fundamental importância. A partir dessas considerações, é realizada uma caracterização do paradigma hegemônico, denominado de Agronomia Normal, e dos elementos já existentes de um novo paradigma, o da Agronomia como uma ciência da complexidade. Enfim, enfatiza-se que a discussão da noção de paradigma desenvolvida nesse artigo indica que, para além de um debate estritamente acadêmico, tal mudança na Agronomia insere-se no campo mais amplo das correlações de forças e conflitos de interesse presentes na sociedade. A constituição da Agronomia como uma ciência da complexidade constitui-se, assim, em uma atividade eminentemente emancipatória.

**Palavras-chave:** Paradigmas da Agronomia. Ciência agrônômica. Complexidade. Realismo crítico.

---

<sup>1</sup> Doutor em Desenvolvimento Agrícola pelo AgroParisTech/França, professor dos Mestrados em Desenvolvimento e Modelagem Matemática da Unijui. [bsneto@unijui.edu.br](mailto:bsneto@unijui.edu.br)

## **Abstract**

---

The hegemonic conception of Agronomy has shown increasing difficulties in dealing with the complexity of the problems generated by the current pattern of development of agriculture. From an interpretation of the concept of paradigm based on Critical Realism, which seeks to exempt such a concept of elements of irrationality, the article discusses the possibilities of a paradigm shift in Agronomy. The discussion stresses that the Theory of Complexity and Critical Realism can provide consistent theoretical and epistemological bases for the formation of Agronomy as one of the “sciences of complexity.” Thus, according to the Theory of Complexity, the consideration of agriculture as an activity constitutive of open systems is of fundamental importance for the possibility of Agronomy contributes effectively to the promotion of sustainable development. However, for that the hegemony exercised by positivism on Agronomy must be overcome. Therefore, the contributions of Critical Realism in this field are considered of fundamental importance. From these considerations, it is made the characterization of the hegemonic paradigm in Agronomy, called the Normal Agronomy, and the existing elements of a new paradigm, that of Agronomy as a science of complexity. Finally, the article emphasizes that the discussion of the concept of paradigm developed indicates that, beyond a purely academic debate, this change in Agronomy is included in the broader field of the social correlation of forces and conflicts of interest. The formation of Agronomy as a science of complexity is, therefore, in an activity essentially emancipatory.

**Keywords:** Paradigms of Agronomy. Agronomic science. Complexity. Critical realism.

O atual padrão de desenvolvimento da agricultura baseado na adoção de insumos e equipamentos de origem industrial, comumente designado de “modernização da agricultura” ou “Revolução Verde”, embora tenha provocado significativos aumentos da produção, tem gerado também graves problemas econômicos, sociais e ambientais. Esse processo tem suscitado, já há várias décadas, muitas críticas aos profissionais de Agronomia, na medida em que estes desempenham um papel central na geração e aplicação das tecnologias ditas “modernas”. Poucas mudanças, porém, têm sido percebidas nesse campo no sentido de capacitar os seus profissionais para o enfrentamento dos problemas gerados pelo atual padrão de desenvolvimento da agricultura.

Neste artigo é realizada uma reflexão sobre a Agronomia e seu papel diante da crescente incerteza relacionada ao desenvolvimento sustentável das sociedades contemporâneas. Isto porque, embora os graves problemas econômicos, sociais e ambientais provocados pelo atual padrão de desenvolvimento da agricultura representem, em seu conjunto, uma séria ameaça à sustentabilidade das sociedades contemporâneas, poucas mudanças têm sido percebidas na Agronomia diante de tal situação. Observa-se, assim, uma crescente defasagem entre a postura reducionista dos profissionais de Agronomia diante da realidade agrícola e a complexidade dos problemas a ela relacionados. Esta defasagem se traduz pela dificuldade de grande parte dos agrônomos em compreender cientificamente os problemas provocados pelo atual padrão de desenvolvimento da agricultura para, a partir dessa compreensão, propor alternativas que possibilitem um desenvolvimento sustentável do setor primário.

Por outro lado, a literatura científica sobre a complexidade, cujos conceitos básicos são discutidos na primeira parte do artigo, pode proporcionar novas perspectivas para os estudos sobre a relação entre a Agronomia e o desenvolvimento sustentável. Os novos achados da ciência nessa área vêm sendo associados não apenas a uma nova forma de “fazer

ciência”, mas também têm provocado uma importante reflexão sobre a própria natureza da atividade científica. Tais achados têm permitido, como discutido na segunda parte do artigo, uma interpretação da noção de paradigma que a isenta de qualquer elemento de subjetividade ou irracionalidade. As reflexões sobre a complexidade e a noção de paradigma a ela associada constituem-se no ponto de partida da discussão da Agronomia realizada no presente artigo. Nele sustentamos o argumento de que a defasagem entre a formação agrônômica e os problemas das sociedades contemporâneas decorre de dificuldades que são, em última instância, de ordem paradigmática. Em outras palavras, argumenta-se que o paradigma atualmente hegemônico na Agronomia, discutido na terceira parte do artigo, constitui-se em um obstáculo a uma definição adequada do seu objeto, impossibilitando os seus profissionais de tratar os problemas da agricultura sob o ponto de vista do seu desenvolvimento sustentável. Por outro lado, em contraste com esse paradigma hegemônico, discute-se na quarta parte desse artigo alguns elementos de um novo paradigma, cuja adoção permitiria o desenvolvimento de abordagens no seio da Agronomia, capazes de apreender a dinâmica da agricultura em toda a sua complexidade. Esse novo paradigma deve, também, permitir aos agrônomos a definição de novos e mais adequados procedimentos de trabalho, assim como avanços importantes na aplicação de métodos atualmente adotados. A quinta e última parte do artigo apresenta considerações sobre o fato de que uma mudança paradigmática na Agronomia, que implique que os seus profissionais a reconheçam como uma “ciência da complexidade” (Stengers, 2004), não depende apenas de um debate a ser travado estritamente no âmbito da comunidade científica. Neste contexto, serão apresentadas considerações que indicam que uma mudança paradigmática de tal amplitude dificilmente se concretizará sem uma crescente demanda da sociedade por uma Agronomia capaz de contribuir positivamente para a solução dos problemas relacionados à agricultura que ameaçam a sua sustentabilidade.

## A Complexidade

Uma extensa literatura sobre temas relacionados com a complexidade tem sido produzida nas últimas décadas. Do ponto de vista científico, a noção de complexidade tem sido relacionada muitas vezes à existência de uma série de aparentes paradoxos no comportamento de certos sistemas, os quais são, em geral, intratáveis pelos métodos usualmente empregados pela ciência. Dentre estes paradoxos destaca-se o da relação entre determinismo e imprevisibilidade.

De fato, resultados recentes sobre sistemas dinâmicos demonstram que a formalização de um sistema de forma determinista, isto é, sem a presença de variáveis aleatórias, não implica na previsibilidade do comportamento do mesmo. Ao contrário, muitos sistemas dinâmicos não lineares estão sujeitos a mudanças bruscas de comportamento, formalizadas matematicamente como bifurcações, durante as quais seu comportamento torna-se imprevisível, mesmo em condições experimentais controladas<sup>2</sup> (Prigogine; Stengers, 1986, p. 229; Nicolis; Prigogine, 1989, p. 71; Prigogine, 1994, p. 30). Tais sistemas, denominados “complexos”, podem apresentar vários comportamentos que vão desde o equilíbrio até o caos-determinista, passando por vários ciclos-limite, de acordo com o valor de um, ou mais, parâmetros. O valor assumido por tais parâmetros na fronteira entre um ciclo-limite e outro, ou entre um ciclo-limite e o caos-determinista, é chamado de ponto de bifurcação. Por exemplo, na Figura 1 é mostrada uma bifurcação em forquilha (Prigogine, 1994, p. 30).

---

<sup>2</sup> Embora a grande maioria desses sistemas seja “aberta”, ou seja, não controlável.

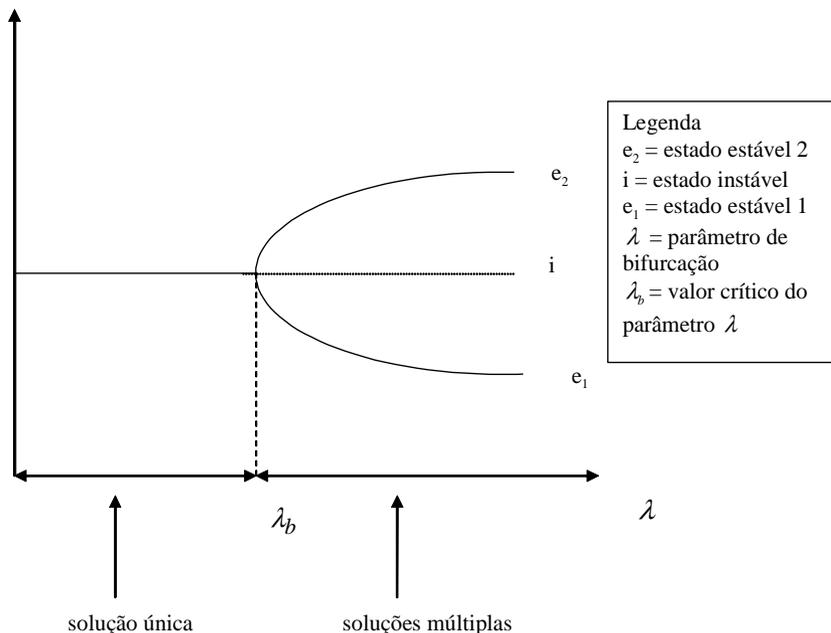


Figura 1: Exemplo de ponto de bifurcação

Fonte: Prigogine (1994, p. 30)

Conforme mostrado na Figura 1, antes do parâmetro  $\lambda$  atingir o valor  $\lambda_b$ , o sistema apresenta apenas uma solução, como no caso de um estado de equilíbrio. No ponto  $\lambda_b$ , porém, o sistema passa a apresentar soluções múltiplas. Assim, a partir de um ponto de bifurcação, um mesmo valor de  $\lambda$  está associado a mais do que um estado do sistema. Prigogine (1994, p. 30) salienta que, quando um sistema se localiza longe de um ponto de bifurcação, o seu comportamento é regido, fundamentalmente, pelas relações deterministas que caracterizam sua estrutura, mas, em um ponto de bifurcação, a trajetória futura de um sistema é definida probabilisticamente pelas suas flutuações internas ou por perturbações externas. Esta é a base do conceito de “ordem por flutuação”, discutido por Prigogine e Stengers (1986, p. 239). Por exemplo, a partir do ponto  $\lambda_b$ , há certa probabilidade do sistema mostrado na Figura 1

tomar a trajetória  $e_1$  ou  $e_2$ , uma vez que a probabilidade do sistema tomar a trajetória  $i$  é bastante baixa devido à alta instabilidade da mesma. Assim, no caso de seguir as trajetórias  $e_1$  ou  $e_2$ , as quais são estáveis (pelo menos inicialmente), o sistema pode continuar deterministicamente sua evolução na medida em que  $\lambda$  aumenta até atingir um novo ponto de bifurcação. No caso, porém, de seguir a trajetória  $i$ , o sistema continuará vulnerável a flutuações internas e a perturbações externas de forma crescente, na medida em que  $\lambda$  aumenta. Caso o processo for repetido, a evolução do sistema poderá ser diferente.

De acordo com Nicolis e Prigogine (1989, p. 14), esta combinação entre determinismo e não determinismo, característica dos sistemas complexos, lhes confere uma dimensão histórica, na medida em que, apesar de serem imprevisíveis, estes sistemas guardam a “memória” dos eventos passados que ocorreram em momentos críticos que, por esta razão, marcarão toda sua evolução posterior. É por esse motivo que os sistemas complexos, em geral, são altamente sensíveis as suas condições iniciais e a flutuações e perturbações, embora o efeito destas últimas dependa das condições do sistema no momento em que elas ocorrem.

Além das bifurcações, uma das características mais importantes dos sistemas complexos é a presença de propriedades emergentes, isto é, as propriedades de um sistema que não podem ser explicadas pelas propriedades dos seus componentes.

A partir de um ponto de bifurcação, há uma quebra de simetria entre os componentes do sistema, o que implica em certa organização do mesmo. Tal organização, portanto, não pode ser compreendida apenas a partir da análise dos componentes do sistema isoladamente e, muitas vezes, nem mesmo a partir da análise das relações que estes estabelecem entre si (ou seja, a estrutura ou configuração do sistema), mas exige que a própria evolução do sistema seja considerada. Em outras palavras, a organização de um sistema complexo e, assim, as propriedades emergentes a ela relacionada são “produtos históricos” (Nicolis; Prigogine, 1989, p. 140; Prigogine; Stengers, 1986, p. 230).

Pode-se argumentar, no entanto, que a teoria dos sistemas dinâmicos, sobre a qual boa parte dos estudos sobre sistemas complexos se baseia, por si só, pode apenas indicar possibilidades matemáticas, as quais não necessariamente correspondem a processos reais. É justamente em resposta às críticas ao caráter formal e altamente abstrato de muitos estudos sobre sistemas complexos, que se destacam os resultados obtidos no campo da termodinâmica do não equilíbrio. As estruturas dissipativas, isto é, sistemas que dissipam energia se mantendo longe do equilíbrio termodinâmico, são sistemas físicos, químicos, biológicos e sociais omnipresentes na biosfera terrestre (sendo a própria biosfera também uma estrutura dissipativa). A caracterização de tais estruturas dissipativas como sistemas complexos, evolutivos e auto-organizados é algo que encontra atualmente pouca contestação na comunidade científica (Nicolis; Prigogine, 1989, p. 36). Enfim, é importante salientar que os estudos sobre sistemas complexos têm provocado a formulação de uma série de conceitos importantes como o de atrator estranho (Bergé et al, 1996), caos-determinista (Eve et al, 1997; Kiel; Elliot, 1997), criticalidade auto-organizada (Bak; Chen, 1991), fractais (Sapoval, 1997), autopoiese (Maturana; Varela, 1997), evolução logística (Prigogine; Stengers, 1986, p. 251) e panarquia (Gunderson; Holling, 2002), por meio dos quais podem ser analisadas as suas características específicas, assim como a sua grande diversidade.

Enfim, a noção de complexidade tem sido empregada para discutir as consequências do caráter evolutivo e aberto do desenvolvimento sustentável sobre os pressupostos metodológicos usados para o seu estudo e, principalmente, para a sua promoção (Rihani; Geyer, 2001; Rihani 2002a; Rihani, 2002b; Silva Neto, 2008), para interpretar a dinâmica geral da agricultura por meio da caracterização dos sistemas agrários como sistemas complexos (Silva Neto, 2005; Santos et al, 2007) e, em conjunto com o realismo crítico (Bhaskar, 1986), para fundamentar métodos de pesquisa baseados na observação da atividade agropecuária em condições de campo (Silva Neto, 2007).

## A complexidade e o conceito de paradigma científico

A interpretação da atividade científica a partir da noção de complexidade tem gerado resultados interessantes no campo epistemológico. Talvez um dos mais importantes, discutido especialmente por Bhaskar (2007, p. 26),<sup>3</sup> é a interpretação do significado do determinismo e suas relações com a ciência.

Um aspecto fundamental da interpretação de Bhaskar da atividade científica é o que este autor denomina de “falácia epistêmica” cometida pelo realismo empírico de Hume, segundo a qual proposições sobre a realidade são transformadas em proposições sobre nosso conhecimento da realidade (Bhaskar, 2007, p. 16). A partir desta crítica, o autor defende que a ontologia, análise da natureza do ser (ou da realidade), não pode ser reduzida à epistemologia, análise das condições para o conhecimento do ser (ou da realidade). É a partir desta crítica que Bhaskar (2007, p. 107) propõe uma distinção entre um determinismo ontológico, cuja ubiquidade é uma condição fundamental para a viabilidade da ciência e um determinismo epistemológico, o qual ocorre apenas sob certas condições. O fato de o realismo empírico, fortemente hegemônico na ciência contemporânea, reconhecer apenas o determinismo epistemológico, faz com este seja o sentido que normalmente se atribui ao termo determinismo. Segundo Bhaskar (2007, p. 107), o determinismo epistemológico ocorre quando o conhecimento das causas de um fato torna-se possível antes mesmo que ele ocorra, ou seja, que um fato seja perfeitamente previsível. O determinismo epistemológico implica o pressuposto de sistemas simples ou “fechados” (predeterminados) ou, pelo menos, na necessidade do estabelecimento de condições controladas para a prática científica. Já o determinismo ontológico implica a possibilidade de o conhecimento das causas de um fato não se permitir antes que o mesmo ocorra. Isto porque a

---

<sup>3</sup> Bhaskar refere-se aos sistemas complexos como “abertos” e aos sistemas simples como “fechados”.

natureza complexa e estruturada da realidade faz com que a ocorrência de muitos eventos seja regida simultaneamente por diferentes causas, as quais, por sua vez, são regidas por diferentes princípios cuja supremacia na determinação do evento em questão, embora possa ser explicada a posteriori, apenas em condições muito especiais pode ser conhecida a priori. Isto explica, ainda segundo Bhaskar (2007, p. 107), a assimetria temporal entre causa e efeito e, portanto, a irreversibilidade do tempo, o que mostra, aliás, uma clara convergência da posição desse autor com a noção de complexidade discutida na seção anterior.

Partindo dessas concepções, Bhaskar (2007, p. 108) postula que a atividade científica só pode ser concebida no quadro de relações deterministas ontológicas. Em outras palavras, a ciência, segundo este autor, se interessa por explicar as causas de eventos, fenômenos e processos, o que implica a impossibilidade de qualquer atividade científica diante da ocorrência de eventos, fenômenos ou processos arbitrários, sem causas. Por outro lado, Bhaskar (2007, p. 110-111) defende que as leis científicas apenas impõem restrições ao tipo de comportamento possível de um sistema, posto que o comportamento efetivamente observado depende das circunstâncias específicas sob as quais ele ocorre, que, embora influenciem o sistema, não podem ser consideradas como causas do seu comportamento. Aqui também é interessante observar a convergência das posições de Bhaskar com as noções de complexidade discutidas anteriormente, especialmente em relação ao efeito que pequenas flutuações internas ou perturbações externas podem ter sobre o comportamento de sistemas não lineares. Na perspectiva de Bhaskar (2007, p. 125), portanto, o determinismo não implica um mundo “fechado”, isto é, no qual basta definir as condições que prevaleceram no passado para conhecermos o futuro. Ao contrário, implica um mundo “aberto”, o que significa que as relações deterministas que o regem definem possibilidades, alternativas, e não um único caminho para a sua evolução. Em outras palavras, a forma como Bhaskar define o objeto da ciência permite assumir o seu determinismo sem, no entanto, renunciar ao seu caráter histórico.

Outro aspecto importante da atividade científica discutido por Bhaskar (1998) é a dupla dimensão que este autor atribui à ciência. Assim, a dimensão que este autor denomina “transitiva” da ciência corresponde ao fato de que esta depende de um corpo de conhecimentos que só pode ser gerado e transmitido por meio de uma atividade eminentemente social (Bhaskar, 1998, p. 9). Em outras palavras, a ciência seria, sob este ponto de vista, também uma atividade social, promovida por uma comunidade científica que estabelece regras e convenções com o objetivo de assegurar o seu funcionamento. A dimensão transitiva da ciência a torna, assim, um produto característico de determinadas sociedades, as quais, embora venham disseminando o seu padrão cultural de forma crescente às demais sociedades, muitas vezes por meio da promoção do próprio “pensamento científico”, nem por isso deixam de ter na ciência um produto cultural e histórico que lhe é característico. Neste sentido, a ciência é uma das formas possíveis de obtenção e acumulação de saberes presentes na sociedade.

A ciência, porém, não é apenas um saber entre outros. Sua principal especificidade diante de outros “saberes” decorre da dimensão denominada por Bhaskar (1998, p. 11) de “intransitiva” da ciência, isto é, pelo fato de o conhecimento científico só poder ser validado a partir de um confronto com uma realidade que lhe é exterior. Em outras palavras, a dimensão intransitiva da ciência significa que os seus objetos existem independentemente do (ou, no caso das ciências sociais, pelo menos anteriormente ao) conhecimento que acumulamos sobre eles.

Esta dupla dimensão atribuída por Bhaskar à ciência coloca uma clara perspectiva para a superação da forte dicotomia existente entre as ciências da natureza e as ciências da sociedade (Bhaskar, 1998, p. 2). Em relação às ciências naturais, sua principal contribuição está no fato de permitir salientar que, mesmo nas ciências “duras” (ou “Exatas e Naturais”), a atividade científica não ocorre a partir de uma relação direta do cientista com o seu objeto. Ao contrário, tal relação é mediada por con-

ceitos, teorias e métodos que, longe de serem formulados “naturalmente” a partir das observações realizadas pelo pesquisador, somente podem se conceberem pelo mesmo após um longo e, muitas vezes árduo, processo de formação, no qual se salienta, portanto, a dimensão transitiva (social) dessas ciências. Neste sentido, as observações de eventos realizadas pelos pesquisadores devem ser vistas como experiências socialmente produzidas, pois não podem ocorrer sem a existência de um aparato científico socialmente elaborado.

Já em relação às Ciências Sociais, Bhaskar (1998, p. 34) afirma que, embora as estruturas sociais dependam, pelo menos em parte, do conhecimento que os indivíduos e grupos sociais, dentre estes os próprios cientistas, possuem dela, esse conhecimento é sempre obtido sobre uma sociedade que existe anteriormente a esses indivíduos ou grupos sociais. Neste sentido, o conhecimento não determina imediatamente a estrutura social, mas participa da sua “reprodução” (o que inclui sua eventual transformação). Assim, longe de ser imediata e arbitrariamente produzida pelos indivíduos ou pelos grupos sociais, a dinâmica da sociedade é um produto histórico regido por mecanismos e processos que podem ser explicados cientificamente. Por outro lado, isto não significa que se possa excluir a possibilidade de esta mesma dinâmica ser influenciada, ou mesmo orientada de algum modo considerado desejável, pela atividade dos indivíduos ou grupos sociais que a compõe. E, como tais indivíduos e grupos sociais podem se apoiar no próprio conhecimento científico para, coletivamente, influenciar em um sentido considerado desejável às transformações da sociedade, a ciência pode, portanto, apresentar um caráter emancipatório (Bhaskar, 1986; Collier, 1994; Edgley, 1976).

A discussão da atividade científica desenvolvida nas obras de Bhaskar<sup>4</sup> comentadas anteriormente pode ser empregada para uma interpretação objetiva da noção de paradigma proposta por Khun (1982).

---

<sup>4</sup> E outros defensores do Realismo Crítico (ver, por exemplo, Arche et al, 2004)

Esta noção, fundamental para os propósitos deste artigo, foi desenvolvida para explicar o comportamento não linear da atividade científica, caracterizada pela existência de crises e rupturas, assim como por períodos de acumulação progressiva e regular de conhecimentos. Neste sentido, a própria ciência pode ser considerada como um processo complexo, para cuja explicação o apelo a aspectos arbitrários, meramente subjetivos, ou a convenções de caráter essencialmente pragmático, torna-se perfeitamente dispensável.<sup>5</sup> Neste viés, o conceito de paradigma proposto por Kuhn (1982) pode ser interpretado como o conjunto de conceitos, teorias, métodos e procedimentos, aceito, muitas vezes tacitamente, por uma comunidade de pesquisadores e profissionais em geral ligados a um determinado campo da ciência, o qual lhes possibilita definir as atividades consideradas legítimas de serem desenvolvidas no âmbito do seu campo. A definição de tal conjunto ocorre a partir de um processo seletivo, em que casos de sucesso são retidos, em detrimento dos elementos do conjunto que se mostram reiteradamente ineficazes.

A adoção de um paradigma, portanto, não depende de uma adesão consciente e voluntária, mas ocorre pela introjeção pelo pesquisador de um quadro de discernimento da sua disciplina e dos limites do seu campo de estudos, o qual acaba por lhe parecer tão lógico e coerente que muitos pesquisadores concebem sua disciplina como algo “óbvio e natural”, tornando-os, muitas vezes, incapazes de realizar uma reflexão crítica sobre a mesma. Embora, porém, esta reflexão crítica seja necessária, ela está longe de ser suficiente para que um cientista, insatisfeito com a sua disciplina, mude de paradigma. Nesses casos, é muito mais comum que tal pesquisador mude de campo de estudos, reconvertendo-se a outra disciplina. Tal fenômeno, aliás, é muito comum na Agronomia. As críticas às mazelas provocadas pela adoção de insumos e equipamentos de origem industrial (ou seja, à “modernização da agricultura”, à “Revolução Verde”, etc.), fazem com que muitos

---

<sup>5</sup> Posição, aliás, defendida veementemente pelo próprio Kuhn (Kuhn, 1982, p. 251; Horgan, 1999, p. 59)

agrônomos se voltem para o campo das ciências sociais.<sup>6</sup> Estes profissionais, porém, mesmo sendo por vezes “ferrenhos” críticos do paradigma hegemônico, raramente deixam de compartilhá-lo. Tal fenômeno corrobora a posição sustentada neste artigo de que a adesão a um paradigma dificilmente ocorre a partir de escolhas conscientes.

O conceito de paradigma proposto por Kuhn (1982) está intimamente relacionado à noção de ciência normal introduzida por este autor. Kuhn (1982, p. 29) denomina “ciência normal” aos períodos em que um determinado campo da ciência se desenvolve de forma regular e progressiva. Durante esses períodos os cientistas compartilham de maneira largamente consensual, muitas vezes tácita até, de uma problemática comum relacionada a um objeto também comum e bem definido, assim como de métodos e critérios de validação, que asseguram uma grande coesão à comunidade científica. Nesses períodos, a atividade científica, ainda segundo Kuhn (1982, p. 57), constitui-se essencialmente na procura de soluções para problemas do tipo “quebra-cabeça”, ou seja, que, embora possam ser bastante complicados, são bem-definidos teoricamente.

As soluções de tais problemas, em geral, suscitam o surgimento de questões que, por sua vez, geram problemas semelhantes, assegurando aos cientistas farto material para a pesquisa. Evidentemente isto não significa que a ciência normal prescinde de criatividade. Ao contrário, é nesses períodos que, de certa forma, a engenhosidade dos cientistas pode se expressar plenamente, especialmente no que diz respeito ao aperfeiçoamento de métodos de pesquisa ou de abordagens teóricas que, embora dentro de um campo bem-delimitado, podem trazer contribuições decisivas para resolver “quebra-cabeças” particularmente difíceis. Por outro lado, a ciência normal, em geral, pode ser praticada a partir de uma aceitação tácita, muitas vezes até inconsciente, dos pressupostos teóricos e, principalmente, epistemológicos, que funda-

---

<sup>6</sup> Sendo atualmente cada vez mais frequente esta reconversão envolver questões relacionadas ao meio ambiente.

mentam as abordagens desenvolvidas. Isto faz com que, durante os períodos de predominância da ciência normal, a reflexão dos fundamentos teóricos e epistemológicos do campo de estudos em questão seja tipicamente bastante pobre, pois em geral considerada de utilidade muito limitada, com os pesquisadores que a propõe dispendendo de poucas oportunidades para a sua divulgação.

Kuhn (1982, p. 77) observa, porém, que a ciência normal está sujeita a transformações que, progressivamente no início, mas de forma cada vez mais violenta, pode levá-la a crises e rupturas. O autor sublinha, assim, que mesmo nos seus períodos de maior estabilidade, a ciência normal sempre encontra dificuldades com certos problemas; isto porque por mais bem delimitada que seja uma disciplina científica, sempre há ambiguidades a respeito de certos problemas que se encontram na fronteira do seu campo de estudos, as quais podem levar alguns pesquisadores a se arriscar “fora” do mesmo, levando-os a adotar teorias, métodos ou procedimentos que desafiam os critérios estabelecidos pela comunidade científica em questão. Além disso, a própria rigidez da ciência normal cria dificuldades à renovação das abordagens adotadas pelas comunidades científicas; dificuldades que, por sua vez, podem criar obstáculos crescentes até mesmo para a solução de problemas “corriqueiros” do seu campo. Enfim, a acumulação de tais obstáculos pode provocar verdadeiras revoluções científicas.

É interessante salientar que é durante esses períodos de rupturas e crises paradigmáticas da ciência, conforme exposto por Kuhn (1982, p. 116), que as discussões de ordem epistemológica destacam-se. É que muitas vezes as contradições acumuladas são tantas que sua superação exige uma “completa” redefinição da disciplina em questão, envolvendo o seu objeto, os seus problemas básicos, as abordagens e os métodos de investigação e, até mesmo, os critérios de cientificidade que os legitimam, os quais dificilmente podem prescindir de uma reflexão sobre suas bases filosóficas.

A discussão da Agronomia como uma das “ciências da complexidade” (Stengers, 2004), proposta neste artigo, baseia-se na noção de ruptura paradigmática brevemente sintetizada anteriormente. Essa noção, é importante destacar, não considera um paradigma como uma mudança que ocorre a partir da subjetividade dos cientistas, ou da afirmação de elementos irracionais na atividade científica ou ainda do caráter arbitrário de certos aspectos da realidade. Ao contrário, a noção de paradigma discutida nos parágrafos anteriores refere que as mudanças paradigmáticas só podem ocorrer a partir de uma crescente defasagem entre a evolução das abordagens adotadas por uma determinada comunidade científica e a evolução do seu próprio objeto de estudo, o que pode levar ao surgimento de problemas insolúveis no quadro do paradigma corrente. É justamente esse argumento que procuramos desenvolver neste artigo. Especificamente, entendemos que os limites postos pelo paradigma hegemônico impedem, e impedirão de maneira crescente, que a Agronomia possa contribuir efetivamente a um enfrentamento adequado da verdadeira crise civilizatória que vivemos, para a qual, aliás, os problemas gerados pelo atual padrão de desenvolvimento da agricultura representam um sério agravante. Uma mudança paradigmática nesse campo é, portanto, imprescindível. Antes, porém, de discutir alguns contornos possíveis dessa mudança, por meio da identificação dos elementos já perceptíveis de um novo paradigma, é preciso discutir, mesmo que brevemente, algumas características fundamentais do paradigma atualmente hegemônico na Agronomia.

## **A Agronomia Normal**

A observação dos artigos publicados nas principais revistas científicas que abrangem o campo da Agronomia como um todo, indica claramente que o paradigma atualmente hegemônico na Agronomia corresponde ao que Kuhn (1982, p. 27) denomina “ciência normal”. Por

essa razão este paradigma é denominado neste artigo de “Agronomia Normal”. Segundo esse paradigma, a Agronomia seria uma disciplina cuja problemática estaria centrada no rendimento físico das plantas e dos animais. Assim, a Agronomia estaria muito mais próxima das Ciências da Natureza do que das Ciências da Sociedade. Essa proximidade torna as concepções ontológicas e epistemológicas propostas pelo positivismo ou, pelo menos, pelo empirismo clássico que lhe dá suporte (Bhaskar, 2007, p. 14), bastante comuns entre os praticantes da Agronomia Normal, mesmo que raramente estes tenham consciência disso.

De um ponto de vista ontológico, a única realidade reconhecida pelo positivismo e, portanto, a única realidade pela qual a ciência deve interessar-se, se resume a fatos observáveis. As leis científicas, portanto, de acordo com esta abordagem, correspondem a relações invariáveis entre fatos; leis cuja descoberta permitiria que estes sejam previstos (Andery; Sério, 1988; Bhaskar, 2007, p. 63). Em suma, para o positivismo, a realidade é “rasa e estática” (Bhaskar, 2007, p. 241). Devido a tais concepções, segundo a Agronomia Normal, uma investigação genuinamente científica só pode ocorrer sob condições controladas,<sup>7</sup> pois esta é a única maneira de assegurar uma perfeita correspondência entre os fatos observáveis e os processos que lhes dão origem.

Os fatos pelos quais a Agronomia Normal se interessa, no entanto, são tratados por um conjunto de disciplinas, das quais ela adota certos procedimentos. A Agronomia Normal, embora esteja baseada em uma problemática específica e bem-definida, como indicado anteriormente, em geral adota procedimentos adaptados de outras disciplinas, o que lhe proporciona um caráter eminentemente multidisciplinar. Assim, a Agronomia Normal constitui-se essencialmente em uma aplicação “ad hoc” de métodos de um conjunto de disciplinas, que vão desde a Física até a Sociologia, privilegiando, aliás, fortemente a Biologia aplicada.

---

<sup>7</sup> Ou pressupondo a prevalência de sistemas fechados (não complexos) em condições não controladas (Bhaskar, 2007, p. 64).

Obviamente essa concepção da Agronomia tem profundas consequências sobre a formação dos agrônomos. Em primeiro lugar, o seu caráter multidisciplinar representa um sério obstáculo a uma abordagem coerente da agricultura. Neste sentido, as várias habilidades que devem ser desenvolvidas ao longo da formação de um agrônomo, como a capacidade de contextualizar socialmente suas ações e de considerar o impacto ambiental das mesmas, a capacidade de interagir com os agricultores e, até mesmo, a sua “competência técnica” (em geral entendida como a capacidade de resolver problemas pontuais das atividades agropecuárias, como definir o tipo e doses de insumos de acordo com as normas técnicas vigentes), tendem a ser interpretadas como habilidades estanques, a serem desenvolvidas de forma isolada e independente umas das outras. Dentre essas habilidades, ainda segundo a Agronomia Normal, uma grande ênfase é dada à competência técnica, no sentido já definido, sendo, portanto, o “técnico” neste caso concebido de forma dicotômica em relação ao social, ao econômico e ao ambiental.

Além disso, as concepções epistemológicas positivistas tendem a provocar uma grande dificuldade dos adeptos da Agronomia Normal em lidar com a complexidade característica do desenvolvimento da agricultura, tornando-os suscetíveis a concepções simplistas derivadas do senso comum como, por exemplo, que o desenvolvimento consiste essencialmente em aplicação de tecnologia, de que o aumento dos rendimentos físicos sempre implica o desenvolvimento da agricultura, etc. Muitas vezes, porém, esta dificuldade sequer é reconhecida como tal. Uma noção central na Agronomia Normal é a de que um conhecimento suficientemente aprofundado das relações solo-planta/animal-atmosfera (base da sua “competência técnica”) permitiria aos agrônomos prescindir da análise da complexidade da agricultura no seu exercício profissional. Tal noção, característica do período de rápida adoção de insumos e equipamentos de origem industrial conhecido como “modernização da agricultura” (Graziano da Silva, 1982), é, provavelmente, o que mais fortemente proporciona características paradigmáticas às práticas agrônomicas surgidas durante esse período.

Com os efeitos naturalmente decrescentes das técnicas “modernas”, outrora muitas vezes espetaculares, porém, a Agronomia Normal vem enfrentando crescentes dificuldades geradas pela contradição entre as práticas a ela vinculadas e o contexto social e ambiental em que estas são aplicadas. A reação dos “agrônomos normais” diante dessas contradições é, em geral, a alegação da falta de condições para desenvolver as práticas do passado, clamando por mais pesquisa e melhores condições para a extensão. Alguns chegam até a clamar por “políticas agrícolas adequadas”, referindo-se aos juros extremamente baixos, quando não negativos, vigentes no sistema de crédito rural brasileiro nos anos 70. Esta “nostalgia da modernização” leva este tipo de agrônomo a identificar na falta de um pacote tecnológico adequado a causa principal dos obstáculos para uma prática profissional eficiente. Na verdade, porém, os problemas da Agronomia Normal residem na ineficiência de tais pacotes no novo contexto da agricultura, independentemente da natureza dos mesmos (“química”, “agroecológica”, “alternativa”, etc.). Esta nostalgia, portanto, pode prevalecer mesmo entre muitos críticos da modernização da agricultura ou da Revolução Verde, na medida em que muitos desses críticos continuam adotando a mesma postura reducionista, característica da Agronomia Normal, diante da realidade agrícola, embora por vezes propondo um pacote tecnológico alternativo, baseado na Agroecologia, na Agricultura Orgânica, etc.

Enfim, é importante observar que, ao não reconhecer as especificidades da problemática do desenvolvimento sustentável da agricultura, a Agronomia Normal tende a tornar qualquer esforço para a formação de agrônomos capazes de tratar dos problemas provocados especificamente pelo atual padrão de desenvolvimento da agricultura, se não totalmente supérflua, no máximo um mero suplemento em relação às questões centrais, relacionadas ao rendimento físico das culturas e criações, às quais os agrônomos, segundo a Agronomia Normal, devem se dedicar.

## A Agronomia como uma Ciência da Complexidade

Há, porém, a construção de outra Agronomia em curso. Vários grupos de profissionais atuantes na pesquisa, no ensino e na extensão<sup>8</sup> vem desenvolvendo noções que convergem para a construção de uma Agronomia como uma “ciência da complexidade”. O que, no entanto, precisamente tal expressão significa? De acordo com Stengers (2004), uma ciência da complexidade caracteriza-se essencialmente pelo abandono das pretensões controladoras e preditivas das concepções tradicionais da ciência em prol de um caráter prospectivo e emancipatório; em outras palavras, uma ciência que não é concebida como um instrumento de controle, mas sim para construir alternativas e revelar oportunidades, podendo, pois, inserir-se, como tão bem expressam Prigogine e Stengers (1986, p. 52), em um “diálogo com a natureza, da qual ela saberá apreciar os múltiplos encantos, e com os homens de todas as culturas, dos quais ela saberá então respeitar as questões”; e isto sem deixar de empregar abordagens estritamente rigorosas, mas, ao contrário, possibilitando-a de tratar de forma eficiente, objetiva e clara, problemas para os quais as abordagens usuais têm apresentado resultados altamente insatisfatórios.

Neste sentido, em primeiro lugar é importante destacar que uma das características principais da Agronomia como uma ciência da complexidade é que esta representa um avanço na cientificidade desse campo. Isto porque, ao contrário da Agronomia Normal, a Agronomia como uma ciência da complexidade não considera a agricultura como um objeto inerte sobre o qual se deve intervir simplesmente para “melhorá-la”, mas como um objeto que deve ser compreendido cientificamente para que sua evolução possa ser orientada em um sentido desejável. A problemática tratada por essa Agronomia, portanto, está centrada na dinâmi-

---

<sup>8</sup> Como alguns professores ligados aos cursos de Agronomia da Unijuí, da UFSM, da UFRGS e da Universidade de Viçosa, no Brasil, e à Cátedra de Agricultura Comparada e Desenvolvimento Agrícola do AgroParisTech na França.

ca das agriculturas históricas e suas transformações. Segundo essa Agronomia é a análise do desenvolvimento da agricultura que fornece os conhecimentos básicos a partir dos quais os agrônomos devem fundamentar a sua atuação, qualquer que seja ela.

De acordo com a concepção da Agronomia como uma ciência da complexidade, este campo abarca o conjunto das relações que os seres humanos mantêm com a natureza e entre eles mesmos com o objetivo de explorar os ecossistemas cultivados. O caráter histórico e evolutivo dessas relações e as propriedades emergentes por elas originadas, tornam imprescindível que esta Agronomia mantenha o seu foco nos processos e mecanismos subjacentes aos fatos observáveis, e não nos fatos em si. Assim, as leis científicas que esta Agronomia deve procurar estabelecer correspondem à explicação desses processos e não à simples correlações entre fatos. Em suma, em contraposição à ontologia positivista que interpreta a realidade de forma “estática e rasa”, como indicado anteriormente, segundo as concepções ontológicas adotadas por esta outra Agronomia, a realidade é estratificada e dinâmica. Esta visão é imprescindível para que se possa compreender os processos fundamentais responsáveis pelo caráter evolutivo da biosfera e dos seus subsistemas. A partir destes processos pode-se então analisar as especificidades de cada sociedade e das suas relações com os ecossistemas, cultivados e espontâneos, dos quais ela depende para a sua sobrevivência.

A elaboração de uma Agronomia baseada nestas concepções requer a integração de conhecimentos de diversas disciplinas, de forma específica, em termos de teorias, métodos e procedimentos que lhes são próprios, inexistentes em outras disciplinas. Dentre os procedimentos adotados por esta Agronomia destacam-se os baseados em métodos de investigação em condições não controladas, os quais são imprescindíveis para uma abordagem adequada da complexidade dos processos históricos e evolutivos responsáveis pelo desenvolvimento da agricultura. Essas características proporcionam a esta Agro-

nomia um caráter interdisciplinar, em que o técnico, o social, o econômico e o ambiental apresentam-se integrados em um quadro teórico e conceitual comum. A superação da dicotomia entre, por um lado, os aspectos “técnicos” e, por outro, os aspectos “sociais e ambientais” da agricultura, aliada ao desenvolvimento de fundamentos teóricos, de métodos e procedimentos específicos ao seu objeto, aliás, permitiria uma ampliação da competência dos agrônomos possibilitando que estes respondam a demandas da sociedade (como as expostas pelos movimentos populares e pelos agricultores com maiores dificuldades de reprodução social) que os adeptos da Agronomia Normal têm se mostrado incapazes de responder. Além disso, o próprio significado de “competência técnica” teria de ser ampliado, pois esta não se resumiria, como definido pela Agronomia Normal, na capacidade de memorizar e, portanto, transmitir aos agricultores as últimas inovações produzidas pela experimentação agrícola, as quais quase sempre são sintetizadas na forma de normas técnicas. No caso da Agronomia como uma ciência da complexidade, competência técnica significa a capacidade de um profissional em contribuir positivamente para que os agricultores resolvam os seus problemas, independentemente da proximidade destes em relação a qualquer uma das disciplinas que compõem a Agronomia.

A necessidade de mudanças na Agronomia para que ela possa considerar de forma mais adequada a complexidade do seu objeto, tem sido afirmada reiteradamente em um grande número de eventos relacionados à formação agrônômica.<sup>9</sup> Resta, portanto, realizar uma discussão dos obstáculos que se põem para que tais mudanças ocorram e a Agronomia possa ser assumida como uma ciência da complexidade.

---

<sup>9</sup> Como em vários dos Congressos Brasileiros de Agronomia.

## A Difícil Mudança

As dificuldades de uma mudança voluntária de paradigma, salientadas na primeira seção deste artigo, indicam que a superação de um paradigma é um processo complexo, para a qual uma crise do campo da ciência em questão é apenas uma das condições necessárias, mas talvez não suficiente. Uma comunidade científica pode simplesmente excluir da sua disciplina todas as questões com as quais ela não consegue lidar, “resolvendo”, desse modo, a crise do seu paradigma por meio de uma rígida limitação do seu campo de abrangência. Em outras palavras, a comunidade científica pode deslegitimar e, assim, excluir tudo o que não puder ser tratado no quadro de uma Ciência Normal. Esta parece ser uma forte tendência da comunidade científica identificada com a Agronomia Normal. Neste sentido, os problemas levantados pelo atual padrão de desenvolvimento da agricultura, e pelas dificuldades de assegurar a sua sustentabilidade, que não estão diretamente relacionados ao rendimento físico das culturas e criações, podem ser simplesmente ignorados pela Agronomia. Tais problemas seriam, então, considerados como externos ao campo dessa ciência, devendo ser tratados por outras disciplinas como, por exemplo, a ecologia. O problema, no entanto, é que nenhuma outra ciência tem como objeto específico a agricultura, sendo a Agronomia a única para a qual se põe a possibilidade da constituição de uma “ciência da agricultura” como um todo. A limitação da Agronomia a questões relativas ao rendimento físico das culturas e criações, sem nenhum esforço para o desenvolvimento de um enfoque global da agricultura, deverá, portanto, criar um vazio de conhecimento pelo qual a humanidade certamente pagará (e provavelmente já está pagando) um elevado preço.

Neste sentido, uma pressão da sociedade é imprescindível para que a crise paradigmática da Agronomia ocorra por meio de uma superação da Agronomia Normal. As reivindicações dos movimentos sociais, das instituições governamentais e não governamentais, e de todos aque-

les cujos interesses são negligenciados pela forma como a Agronomia tem procurado enfrentar os problemas da agricultura, tornam-se fundamentais para uma mudança paradigmática na Agronomia. Isto desencadeia uma dupla tarefa para os agrônomos que pretendem promover tal mudança. Além da necessidade de fazer avançar a reflexão acadêmica sobre o novo paradigma e, a partir disso, formar novas gerações de agrônomos com uma visão mais adequada da sua disciplina, os agrônomos devem promover um debate público que estimule as demandas da sociedade por uma Agronomia capaz de contribuir positivamente para a solução dos problemas relacionados à agricultura que ameaçam a sua sustentabilidade.

## Considerações Finais

A discussão realizada nesse artigo indica que a superação do paradigma hegemônico na Agronomia em favor de uma concepção desse campo como uma ciência da complexidade, insere-se em um amplo movimento intelectual que extrapola o debate científico, abarcando os pressupostos filosóficos da atividade científica. A inserção da Agronomia neste movimento pode fazer com que esta possa contribuir mais efetivamente no amplo esforço interdisciplinar necessário para o enfrentamento do desafio no desenvolvimento sustentável das sociedades contemporâneas. Por outro lado, a discussão da noção de paradigma suscitada por esse movimento indica que uma mudança paradigmática dificilmente pode ocorrer a partir de um debate estritamente acadêmico e de forma voluntária por uma comunidade científica. Neste sentido, uma mudança paradigmática na Agronomia depende não só de um considerável esforço intelectual, mas também da influência deste sobre a dinâmica da sociedade como um todo, inserindo tal mudança, portanto, no amplo campo das correlações de forças e conflitos de interesse presentes na sociedade. A constituição da Agronomia como uma ciência da complexidade constitui-se, assim, em uma atividade eminentemente emancipatória.

## Referências

- ANDERY, M. A. P. A.; SÉRIO, T. M. de A. P. Há uma ordem imutável na natureza e o conhecimento a reflete: Augusto Comte. In: ANDERY, et al. *Para compreender a ciência, uma perspectiva histórica*. São Paulo: Educ, 1988. p. 378-401.
- ARCHE, M.; BHASKAR, R.; COLLEIR, A.; LAWSON, T.; NORRIE, A. (Eds.). *Critical Realism: essential readings*. Londres: Routledge, 2004. p. 418-432.
- BAK, P.; CHEN, K. Self-Organized Criticality. *Scientific American*, p. 46-53, 1991.
- BERGÉ, P.; POMEAU, Y.; DUBOIS-GANCE, M. *Dos ritmos ao caos*. São Paulo: Ed. Unesp, 1996.
- BHASKAR, R. *Scientific Realism and Human Emancipation*. Londres: Verso, 1986.
- BHASKAR, R. *The Possibility of Naturalism. A Philosophical Critique of the Contemporary Human Sciences*. Londres: Verso, 1998.
- BHASKAR, R. *A Realist Theory of Science*. With a new introduction. Londres: Verso, 2007.
- COLLIER, A. *Critical Realism*. London: Verso, 1994.
- EDGLEY, R. Reason as dialectic: science, social science and socialist science. *Radical Philosophy*, vol. 15, p. 2-7, 1976.
- EVE, R. A.; HORSFALL, S.; LEE, M. E. (Eds.). *Chaos, Complexity and Sociology. Myths, Models and Theories*. London: Sage Publications, 1997.
- GRAZIANO DA SILVA, J. *A modernização dolorosa*. Estrutura agrária, fronteira agrícola e trabalhadores rurais no Brasil. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.
- GUNDERSON, L. H.; HOLLING, C. S. (Ed.). *Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. London: Island Press, 2002.
- HORGAN, J. *O fim da ciência*. Uma discussão sobre os limites do conhecimento científico. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.
- MATURANA, H.; VARELA, F. *De máquinas e seres vivos*. Autopoiese, a organização do vivo. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I. *Exploring Complexity*. An introduction. Nova York: Freeman and Company, 1989.
- KIEL, D. L.; ELLIOT, E. (Eds.). *Chaos theory in the social sciences: foundations and applications*. Michigan: University of Michigan Press, 1997. p. 295-323.

KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1982.

PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. *La nouvelle alliance*. Métamorphose de la science. Paris: Ed. Gallimard, 1986.

PRIGOGINE, I. *Les lois du chaos*. Paris: Flammarion, 1994.

RIHANI, S.; GEYER, R. Complexity: an appropriate framework for development? *Progress in Development Studies*, 1(3), p. 237-245, 2001.

RIHANI, S. Implications of adopting a complexity framework for development. *Progress in Development Studies*, 2(2), p. 133-143, 2002a.

RIHANI, S. *Complex Systems Theory and Development Practice*. Understanding non-linear realities. London: Zed Books, 2002b.

SANTOS, P. E. dos; OLIVEIRA, A.; SILVA NETO, B. Sistemas agrários, sistemas complexos. CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS: Prática Sistêmica em Situações de Complexidade 3., 2007, Florianópolis, *Anais...* Florianópolis, 2007. CD-ROM.

SAPOVAL, B. *Universalités et fractales*. Jeux d'enfants ou délits d'initié? Paris: Flammarion, 1997.

SILVA NETO, B. Abordagem sistêmica, complexidade e sistemas agrários. In: MOTA, D. M. da; SCHMITZ, H.; VASCONCELOS, H. E. M. (Org.). *Agricultura familiar e abordagem sistêmica*. 1. ed. Aracaju: Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, 2005. p. 81-103. V. 1.

SILVA NETO, B. Análise-diagnóstico de sistemas agrários: uma interpretação baseada na Teoria da Complexidade e no Realismo Crítico. *Desenvolvimento em Questão*, vol. 5, n. 9, p. 33-58, jan./jun. 2007.

SILVA NETO, B. Desenvolvimento sustentável: uma abordagem baseada em sistemas dissipativos. *Ambiente & Sociedade*, 2008. n. 2, p. 197-201. V. 7.

STENGERS, I. The challenge of complexity: Unfolding the ethics of science. In Memoriam of Ilya Prigogine. *E:CO*, vol. 6, n. 1-2 (número especial duplo), p. 92-99, 2004.

Recebido em: 28/4/2009

Aceito em: 19/6/2009