

# Impactos ecológicos no cerrado goiano mediante a teoria das estruturas dissipativas

*João Batista da Silva Oliveira*

## Resumo

Tem como tema as interações entre sistema capitalista e meio ambiente. Situa no âmbito da economia e complexidade e possui como objetivo geral caracterizar a economia goiana como um sistema aberto, possível de ser tratada pela teoria das estruturas dissipativas. A metodologia trata-se de uma revisão teórica de autores ligados ao paradigma emergente como Fritjof Capra, Ylia Prigogine, Humberto R. Maturana e Francisco Varela Garcia, James Lovelock e na revisão teórica da obra "Trajetórias e reestruturação da indústria brasileira após a abertura e a estabilização" de David Kupfer. Apresenta a economia goiana, o padrão de concorrência vigente em suas cadeias agroindustriais e ainda, como este padrão de concorrência dependente de recursos naturais, intensifica os fluxos de materiais e energia e os impactos ambientais no Cerrado goiano. Dentre os principais resultados, nota que as principais cadeias agroindustriais possuem uma estrutura que é inerentemente deletéria por se tratar de setores maduros onde os processos de inovações são mínimos. Tais setores possuem a característica de no presente e no futuro elevar a desordem no meio. A principal conclusão a que se chega é de que as principais cadeias agroindustriais do Estado de Goiás não podem ou poderão vir a ser sustentáveis.

**Palavras-chave:** Cerrado, Economia goiana, Impactos ecológicos.

## Abstract

It has as its theme the interactions between the capitalist system and the environment. It lies within the scope of economy and complexity. Has as general objective to characterize the Goian economy as an open system, possible to be treated by the theory of dissipative structures. The methodology is a theoretical revision of authors related to the emerging paradigm as Fritjof Capra, Ylia Prigogine, Humberto R. Maturana e Francisco Varela Garcia, James Lovelock. and in the theoretical revision of the book "Trajectories and restructuring of Brazilian industry after opening and stabilization" by David Kupfer. It presents the Goian economy, the current competition pattern in its agroindustrial chains and also how this pattern of competition depends on natural resources, intensifies material and energy flows and environmental impacts in the vegetation of the Brazilian interior. Among the main results, the main agroindustrial chains have a structure that is inherently deleterious because they are mature sectors where processes of innovation are minimal. Such sectors have the characteristic of present and future to elevate the disorder in the middle. The main conclusion reached is that the main agroindustrial chains of the State of Goiás can not or may become sustainable.

**Keywords:** Vegetation of the Brazilian interior, Goian economy, Ecological impacts

## Introdução

Este artigo tem como tema as interações que ocorrem entre sistemas econômicos e meio ambiente. E ao se tratar das interações entre economia goiana e meio ambiente, a intensificação dos impactos ocorrem a partir da implantação do ideário neoliberalizante na América Latina. Segundo Amaral (2008), o ideário neoliberalizante surgiu como alternativa imposta pelas economias desenvolvidas às economias subdesenvolvidas como forma de superação da crise mundial do capitalismo na década de 1970. Este ideário aparece sob o discurso da globalização, amparada pelos organismos internacionais, defendendo reformas estruturais; o incentivo ao funcionamento dos mercados; a menor presença estatal nas atividades econômicas e como forma de ingressar nos mercados internacionais, a abertura comercial e financeira, objetivando assim, o crescimento e o desenvolvimento econômico. Para Amaral (2008) é assim que se estabelece uma nova economia aos países periféricos, baseada na especialização e não na diversificação produtiva. Se voltando para o aspecto primário exportador, se alinhando a teoria das vantagens comparativas. As consequências deste evento são tais que, ao inserir no cenário internacional, a nação periférica perde a capacidade de negociação frente às instituições internacionais, fazendo com que a acumulação e a reprodução de capital na periferia passasse a ocorrer por intermédio da produção primária, reforçando assim, a dependência tecnológica, comercial, financeira, ecológica e estabelecendo a vulnerabilidade das economias periféricas frente a eventos econômicos externos. Enfim, estabelecendo o marco que define não só a nova fase da dependência econômica, mas também devido ao esforço exportador, a dependência ecológica.

A abertura comercial, por sua vez, afeta o padrão de concorrência das indústrias. E estas são expostas à competitividade internacional por meio de uma reestruturação produtiva. Estes eventos têm como efeito a desindustrialização e substituição desta pela exportação de produtos primários, tais como grãos; minérios; celulose; alimentos, dentre outros. É neste contexto que a economia goiana se adequou ao novo modo exportador, tendo seu padrão de concorrência alterado, se consubstanciando na produção de grãos e outras *commodities* em elevada escala para o comércio internacional. Assim, a economia goiana, ao longo da década de 1990 tem suas exportações elevadas e cresce a taxas maiores que a média nacional. No entanto, a inserção desta no comércio internacional mediante a lei das vantagens comparativas apresenta uma tendência, ainda muito pouco abordada, ou seja, a de intensificar a utilização e a deterioração dos recursos naturais no interior das economias periféricas. No caso aqui, do Cerrado goiano.

Ao observar a economia goiana mediante a teoria das estruturas dissipativas com o intuito de entender como se dá a intensificação dos impactos ecológicos no Sistema de Gaia, defendemos que o acontecer das principais cadeias agroindustriais do Estado de Goiás ocorre de forma deletéria. Enfim, causando a deterioração do Cerrado. É neste sentido que se insere nossa proposta. Situado no âmbito da economia e complexidade, tendo como tema as interações que se estabelecem entre sistema capitalista e sistema de **Gaia**. Nosso objetivo geral em caracterizar a economia goiana como um sistema aberto, apresentando como ocorrem as interações entre economia goiana e meio ambiente.

### **Materiais e métodos**

A metodologia utilizada trata-se de uma revisão teórica de autores ligados ao paradigma emergente tais como, Fritjof Capra; Ylia Prigogine; Humberto R. Maturana e Francisco Varela Garcia; James Lovelock, na revisão teórica da obra “Trajetórias e reestruturação da indústria brasileira após a abertura e a estabilização” de David Kupfer e na aquisição e tratamento de dados em sites governamentais do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDCI) e Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG). Buscaremos apresentar a economia goiana, bem como o padrão de concorrência vigente em suas cadeias agroindustriais. Posteriormente, segundo a teoria do caos, mostraremos como este padrão, dependente de recursos naturais, intensifica os fluxos de materiais e energia e os impactos ambientais no Cerrado goiano. No próximo tópico apresento o conceito de padrões de concorrência para entender a dinâmica da economia goiana, mais especificamente de suas principais cadeias agroindustriais.

#### *A economia goiana*

A seção tem por objetivo apresentar o conceito de competitividade e padrões de concorrência elaborados por Kupfer (1992) para que possa entender e perspectivar a dinâmica das principais cadeias agroindustriais do Estado de Goiás. Em sua obra “Padrões de concorrência e competitividade” Kupfer (1992) ao definir o padrão de concorrência e como estes ocorrem, insere o elemento incerteza nas decisões microeconômicas, diferenciando esta do risco de Knight. Enquanto risco diz respeito a possibilidade de realização de cálculos com o intuito de obter probabilidades, a incerteza se trata da impossibilidade de obter qualquer probabilidade acerca do futuro. Sendo assim, de acordo com Kupfer (1998) as empresas

através de seus dispêndios haveria de adotar estratégias concorrenciais, tais como gastos em aumento da eficiência produtiva; qualidade, inovação e marketing com o intuito de concorrer de acordo com o padrão de concorrência no mercado.

Entretanto, para teorizar sobre tais setores, ou seja, teorizar sobre o desequilíbrio; a abordagem da concorrência perfeita deixa vários espaços. Neste contexto, Kupfer (1998) sugere um conceito correlato de padrão de concorrência, onde em uma indústria vigoraria certo padrão de concorrência dominante, que por sua vez seria composto por um feixe de trajetórias, tais como preço; qualidade; habilidade de servir ao mercado; esforço de venda; diferenciação de produto e outras. Segundo Kupfer (1998), o padrão de concorrência seria, portanto, um vetor particular, contendo uma ou mais dessas formas, resultante da interação das forças concorrenciais presentes no espaço de competição. Entretanto, de acordo com Kupfer (1992) elaborado o conceito de padrão de concorrência, seu comportamento é variável, podendo apresentar dois comportamentos distintos. Pode apresentar um padrão de concorrência, onde a ação das empresas em um mercado estabelece ou transforma o padrão de concorrência. Nesse caso, o esforço inovativo das firmas, ao mudar essas variáveis, redefine a estrutura da indústria (número e tamanho das firmas, relação capital/produto, grau de diferenciação de produto, grau de economia de escala e escopo, etc.). O segundo caso, o caso particular e definido por Kupfer (1992, p.10) como:

Aquele em que a estrutura da indústria é considerada dada e estável o suficiente para condicionar as condutas das firmas, que, como já dito, corresponde às visões do tipo estrutura-conduta-desempenho, ortodoxas ou não. Do ponto de vista das teorias do progresso técnico, poder-se-ia tentar associar esse segundo caso a uma situação na qual a estrutura de mercado foi definida por condutas inovativas adotadas no passado, mas já absorvidas, ie, que não causam mais transformações - situação em que se poderia enquadrar essa indústria no estágio de maturidade tecnológica.

De acordo com Kupfer (1998) o caso particular não supõe ausências de inovações, basta que essas estejam ocorrendo de forma previsível, tratando-se de inovações incrementais. Kupfer (1998) lista duas características a respeito dos padrões de concorrência, onde: a) são específicos a cada setor e b) são mutantes devido a alterações nas estratégias concorrenciais nos componentes da indústria e no ambiente destas. De acordo com Kupfer (1998) para determinar o padrão de concorrência vigente em uma determinada indústria, ou seja, saber se é inovador ou incremental, deve-se conhecer as origens das vantagens competitivas. Estas podem ter origem nas características próprias do produto, ao modo de produção, às vendas e à gestão. Podem estar vinculados a rendimentos de escala, concorrência por custos; aos tamanhos dos mercados; às relações com fornecedores e usuários, bem como ser devida a fatores sistêmicos, tais como, política econômica; ao financiamento da empresa ou de sua

clientela; às disponibilidades de infra-estrutura; a aspectos de natureza legal, entre outras. Desta forma, a conduta não é principal determinante da capacidade competitiva da empresa, pois está se insere num ambiente econômico.

O problema central da empresa para que se possa tomar a decisão mais próxima do padrão de concorrência, seria segundo Kupfer (1992) o de reconhecer no presente o padrão de concorrência que estaria vigorando no futuro. As conclusões sobre como se dá esse processo são essenciais para se definir competitividade. As principais conclusões são de que o tempo é fator decisivo no processo de concorrência, bem como a impossibilidade das empresas avaliarem com precisão as próprias estratégias e por fim o padrão de concorrência do setor. Enfim, segundo Kupfer (1992, p.2) “competitividade é definida como função da adequação das estratégias das empresas individuais ao padrão de concorrência vigente no mercado específico.” Entretanto, Kupfer (1992) é enfático quanto a impossibilidade de se conhecer a competitividade *ex-ante* e sim *ex-post*. Logo, competitividade deve ser mensurada pelo critério desempenho. No caso geral a avaliação perde qualquer caráter determinístico devido a uma estratégia poder transformar o padrão de concorrência, desta forma competitividade é enfim um fenômeno "*ex-post*" que, porém, não pode ser percebido pelo desempenho atual da firma no mercado. O desempenho no mercado hoje está indicando a competitividade da empresa em algum momento do passado. Entre esse momento e o presente, diferentes firmas possivelmente adotaram novas e diferentes estratégias, com base em expectativas incertas de retorno. É disso que surge a mudança que permite que uma firma não competitiva torne-se competitiva.

#### *Padrão de concorrência vigente na economia goiana*

No Estado de Goiás, há o enfrentamento de vários blocos de capital, disputando mercados. Dentre estes cita-se a indústria sucroalcooleira, a cotonicultura, a indústria de soja, do setor de carnes e a mineralógica. Do enfrentamento destes blocos emerge um padrão de concorrência, onde se faz dominante a concorrência através de aumento de escala com o objetivo de diluir custos, oferecendo assim, produtos mais baratos no comércio internacional, possibilitando volumes maiores de exportação, logo elevando o desempenho das principais cadeias agroindustriais, enfim a competitividade.

Mediante a classificação de Kupfer (1998), os principais grupos agroindustriais do Estado de Goiás são caracterizados como produtores de *commodities*. O grupo de *commodities* se caracteriza como um setor que reúne as indústrias que operam em processo

contínuo, como produtores em elevada escala, de produtos homogêneos em grande tonelagem e ainda intensivos em recursos naturais e energéticos. Possuem a principal característica de possuir elevada participação no mercado de um número reduzido de empresas, se caracterizam ainda pela pequena diferenciação em produtos. Ademais, o grupo de *commodities* se caracteriza por padronização do produto, o preço ocorre em conformidade com o comércio internacional; pela existência de fatores que são decisivos na redução de custos que, são a oferta de serviços técnicos especializados; controle de matéria prima; fatores estruturais relacionados a transportes, bem como acesso a vias de distribuição. Segundo Kupfer (1998), os produtores de *commodities* são caracterizados como tendo a produção de um produto pouco diferenciado, a produção tem que ocorrer de forma elevada para reduzir custos e o processo é continuado. No caso da produção de cana-de-açúcar, de soja, algodão e rebanhos o produto é comercializado em grandes toneladas, optam pela máxima redução de custos.

No Estado de Goiás existem fatores facilitadores para a produção em larga escala de tais produtos. Dentre as vantagens competitivas cita-se de acordo com Ideanews (2005), condições climáticas; solos favoráveis à produção; qualidade dos produtos agrícolas e uma topografia adequada que permite a mecanização da cultura. E ainda, pesquisas desenvolvidas para a adaptação de culturas ao Cerrado; investimentos em tecnologia; preços de terras mais baratos que em outras regiões no país. Os fatores listados acima aumentam a capacidade de concorrer em larga escala, reduzindo custos e oferecendo produtos mais baratos no mercado internacional. Logo, todos estes fatores facilitadores além de determinar o padrão de concorrência reforçam ainda, a barreira à entrada no setor, que está relacionada ao tamanho do aporte de capital inicial. Portanto o padrão de concorrência no setor se caracteriza como concorrência por redução de custos através de aumento de escala. Esse padrão é reforçado por vantagens competitivas próprias ao Estado de Goiás, ou seja, ao ambiente econômico. Enfim, o padrão de concorrência das principais cadeias agroindustriais do Estado de Goiás (sucroalcooleiro, cotonicultura, soja e de carnes), trata-se de concorrer mediante aumentos na escala, buscando a redução de custos através do aumento da escala, elevando as exportações e desta forma elevando o desempenho. A competitividade é medida através de exportações.

O estado das principais cadeias agroindústrias pode ser tido como setor maduro. Para Kupfer (1998) um setor maduro se caracteriza pelas inovações geradas já terem sido absorvidas pelos concorrentes. Não implica ausência de inovações, mas estas ocorrendo de forma marginal e visam mais à eficiência, à redução de custos do que a criação de marcas ou diferenciação de produtos. As inovações incrementais no âmbito agrícola, sobretudo na

produção de cana-de-açúcar visam diluir custos. Dentre elas nota-se a busca por eficiência maior expansão da área plantada, maior produtividade através de técnicas agrônômicas e maior qualidade da matéria-prima. Os ganhos em eficiência no âmbito agrícola são transferidos a indústria como maior produtividade e maior qualidade, consistindo em estratégia para elevar rendimentos no âmbito da indústria.

O desempenho do setor cotonicultor, sucroalcooleiro, soja e de carnes, bem como a exportação e rendimento demonstram ser a característica do padrão de concorrência dada como aumentos de escala com o intuito de diluir custos. De acordo com Kupfer (1998) os baixos custos unitários surgem como reflexo dos ganhos de escala proporcionado pela alta capacidade de produção que, nesses setores, é favorecida pela natureza da base técnica, processos contínuos de produção. Estes ganhos de escala são potencializados por empresas que exploram mercados mundiais. De acordo com Kupfer (1998) estas fontes de competitividade constituem fortes barreiras à entrada de novos concorrentes. Assim, a possibilidade de novos entrantes nesse grupo está condicionada, mais que em qualquer outro, à ocorrência de um ritmo de expansão da demanda que seja superior à capacidade da indústria estabelecida atendê-la. Em geral, a produção nesses setores destina-se aos mercados interno e externo. A atração de clientes se dá através do atendimento a especificações técnicas - padronização - e preços baixos.

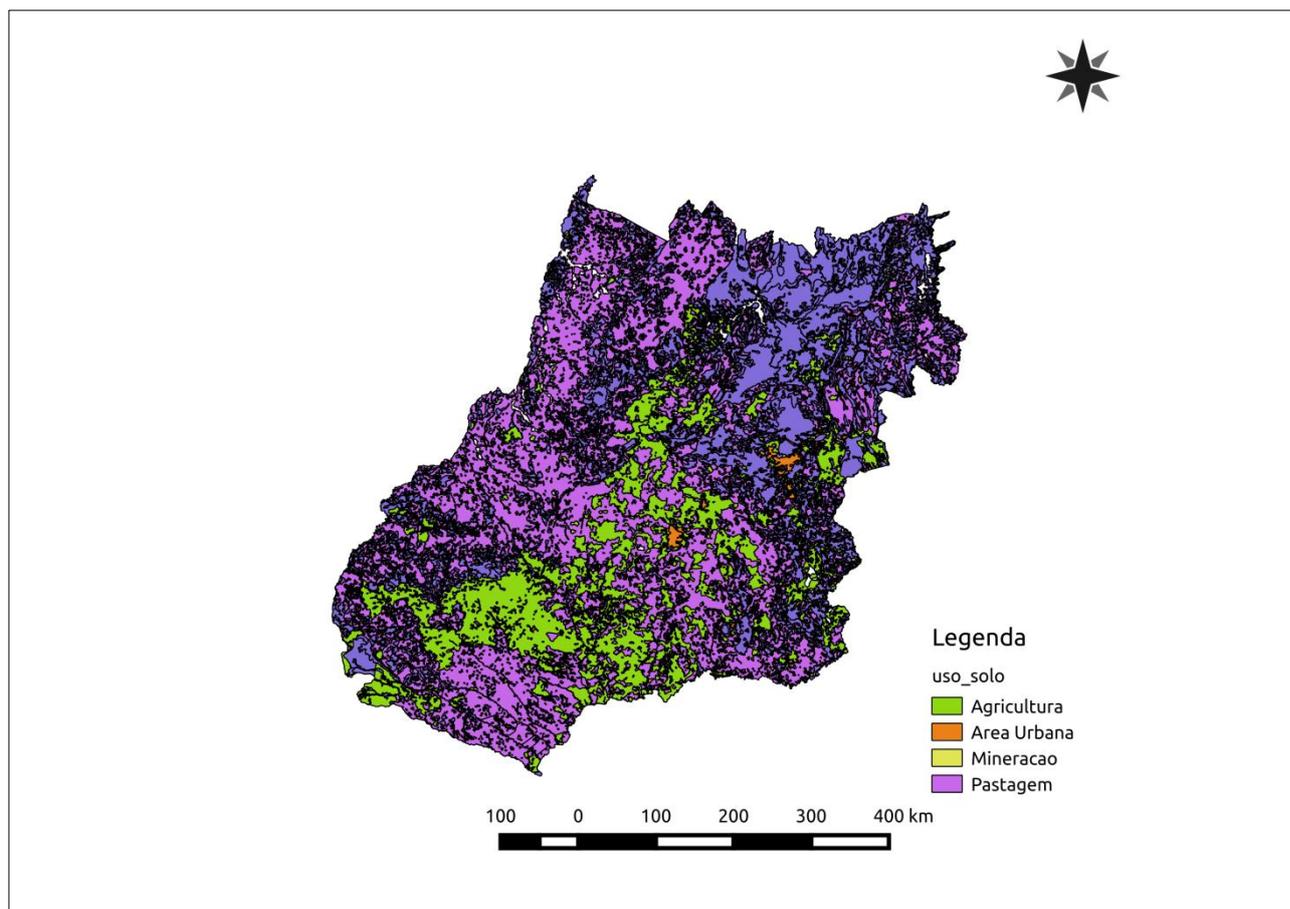
Ainda de modo geral, as empresas são "tomadoras de preços". Os preços, em geral definidos em bolsas internacionais são extremamente sensíveis às condições de demanda que imperam nos principais países consumidores. A alta relação capital/produto e a necessidade de investir à frente da demanda para estarem bem posicionadas faz com que a capacidade de mobilizar recursos para investimentos seja decisiva para a manutenção da competitividade das empresas. No âmbito da indústria, a característica da agricultura no Estado de Goiás enquanto ocorrer em escalas elevadas fornece à agroindústria matéria-prima próximo ao centro transformador. A agroindústria possui características que explicam seu padrão de concorrência e são determinados por: Várias bases tecnológicas e vários produtos; elevado *market-share*; são tomadoras de preços, os preços são cotados em mercados internacionais; alta relação capital/produto; concentração de mercado; produto pouco diferenciado, comercializado em lotes de toneladas como no caso do álcool e açúcar, se tratando de *commodities*; escala de produção elevada, ou seja, produzem em alta quantidade; primam pela máxima redução de custos; produto padronizado a preços baixos; necessidade de investir à frente da demanda; representam elevado valor de investimento inicial; não interrupção na produção o que facilita ganhos de escala. Por se tratar de um setor maduro, as

inovações incrementais ocorrem em nível de produção, distribuição e processos. Dentre as inovações incrementais no âmbito da indústria, nota-se uma preocupação em adquirir uma maior eficiência com o intuito de adquirir maior produtividade com a otimização do equipamento seja por eficiência na utilização, na manutenção ou inovando tecnicamente através de investimentos.

Pelo exposto acima, a conclusão a que se chega é que, a economia goiana trata-se de um sistema que ao manter seu padrão de organização, de crescimento econômico maior que a média nacional, o faz mediante a captação de recursos naturais e a emissão de externalidades negativas em seu ambiente, ou seja, intensificando os impactos ecológicos por meio do padrão de concorrência observado nas principais cadeias agroindustriais do Estado. Isso porque os processos que ocorrem no âmbito da indústria, estão inseridos e são dependentes do meio. De tal forma que, ao elevar a escala com o intuito de diluir custos, eleva-se a competitividade de seus setores medida pela a elevação das exportações, que por sua vez concorre para o crescimento da economia goiana acima das taxas nacionais ao mesmo tempo que intensifica os impactos ecológicos.

Segundo o MDIC, (2018), as exportações do Estado de Goiás cresceram 978% de 2000 para 2015, indo de US\$ 544.863.873,00 para US\$ 5.878.262.696,00 FOB. Os produtos básicos variaram em 959%, os manufaturados em 1054%, os semimanufaturados em 1028% e os industrializados em 1033%, evidenciando a competitividade da economia goiana. Como este crescimento está inserido e ocorre em função do meio, é conhecida como competitividade espúria. O mapa 1 demonstra a deterioração do meio por meio dos usos da terra que reflete em desmatamento, deterioração dos solos, escassez qualitativa e quantitativa das águas, perda da biodiversidade e em conflitos pelos usos dos recursos naturais, além de uma tendência inflacionária e elevação de demanda por bens públicos. De acordo com o mapa, apenas na região norte do Estado existe uma área composta por Cerrado, as demais áreas são compostas por pastagens e usos agrícolas.

Imagem 1 - Estado de Goiás – Usos do solo



Fonte: SIEG (2018). Elaborado pelo autor

Dentro deste contexto, torna-se possível utilizar a teoria das estruturas dissipativas para tratar das interações entre a economia goiana e o Cerrado goiano com o intuito de tratar dos impactos ecológicos. A teoria das estruturas dissipativas pressupõe que estas relações se processem em rede, por meio de uma derivação estrutural, onde as alterações nos processos do meio ocorrem em função das alterações no sistema capitalista, gerando assim impactos ecológicos, onde um sistema muda em função de outro, de forma retroativa. Na próxima seção serão apresentados os desenvolvimentos no âmbito da Biologia que culminaram com a elaboração da teoria das estruturas dissipativas que visam tratar de sistemas abertos e dinâmicos.

#### *Teoria das estruturas dissipativas*

O objetivo desta parte consiste em apresentar as evoluções feitas no campo da Biologia a partir da década de 1920, que culminaram com a elaboração da Teoria das Estruturas Dissipativas pelo Físico-Químico, prêmio Nobel em Química em 1977, Ilya

Prigogine. Apresenta também a referida teoria como própria para descrever sistemas abertos e afastados do equilíbrio, e, ainda, características do capitalismo como passível de ser descrito pela teoria das estruturas dissipativas, por se tratar de um sistema econômico aberto a fluxos de matéria e energia, ou seja, por estar relacionado ao meio-ambiente, aberto à entrada de recursos naturais como forma de manter seu padrão de organização de crescimento econômico ou maximizador de consumo, bem como eliminando externalidades.

De acordo com Capra (1996), surgiu em Viena, na década de 1920, um grupo de biólogos denominado internacionalmente de círculo de Viena que possuíam em comum o fato de acreditarem que os fenômenos biológicos exigiam novas maneiras de pensar, transcendendo os métodos tradicionais das ciências físicas. Dentre estes biólogos, Ludwig von Bertalanffy dedicou-se a substituir os fundamentos mecanicistas da ciência por uma visão sistêmica.

Segundo Capra (1996), Ludwig von Bertalanffy deu um passo fundamental ao reconhecer que os organismos vivos são sistemas abertos que não podem ser descritos pela termodinâmica clássica. Ele chamou esses sistemas de "abertos", porque eles precisam se alimentar de um contínuo fluxo de matéria e energia extraídas do seu meio ambiente para permanecerem vivos. Segundo Capra (1996), um tratamento mais completo que incorporasse as descobertas de Bertalanffy só seria desenvolvido com o conceito de Estruturas Dissipativas. Trata-se de um modelo da Teoria Geral dos Sistemas Vivos (TGSV), desenvolvido pelo físico-químico Ilya Prigogine, com o objetivo de observar padrões de estabilidade longe do equilíbrio. Quer dizer, diferentes daqueles descritos pela termodinâmica clássica. A teoria das estruturas dissipativas serve para sublinhar a íntima interação que existe entre a estrutura, de um lado, e o fluxo e a mudança ou dissipação, de outro.

Porém Ilya Prigogine se interessou primeiramente pelos fenômenos biológicos. De acordo com Prigogine ( *apud* Capra, 1996) “eu estava muito interessado no problema da vida. Sempre pensei que a existência da vida está nos dizendo alguma coisa muito importante a respeito da natureza” E ainda segundo Prigogine (1977, p.226) “pareceu-me, então, que aquelas coisas vivas nos proporcionariam notáveis exemplos de sistemas, que eram altamente organizados, em que fenômenos irreversíveis desempenhavam papel essencial.”

De acordo com Capra (1996), Estruturas Dissipativas são sistemas comumente encontrados na natureza, que se caracterizam por estarem abertos a fluxos de matéria e energia, quer dizer, apresentam uma entrada (*input*) e uma saída (*output*). Por estarem afastados do equilíbrio entende-se que são sistemas fluentes, dinâmicos. De acordo com Maturana e Garcia (1997), se caracterizam desta forma por uma derivação estrutural,

significando que, por estarem em constante interação com seu ambiente, ou abertos a fluxos de matéria e energia, os sistemas possuem laços de retro-alimentação. Ou seja, mudanças estruturais no sistema causam mudanças estruturais em seu ambiente, que, por sua vez, afetará o sistema. Sendo assim, o conceito de derivação estrutural pressupõe que exista uma interdependência dinâmica entre sistema e ambiente, de tal forma que, para o sistema manter seu padrão de organização estável, dependerá do fluxo de matéria e energia oriundas de seu ambiente a percorrer todo o sistema, de forma que, interrompido esse fluxo, o sistema tende a desintegrar-se.

Estruturas dissipativas são ilhas de ordem num mar de desordem, mantendo e até mesmo aumentando sua ordem às expensas da desordem maior em seus ambientes. Por exemplo, organismos vivos extraem estruturas ordenadas (alimentos) de seu meio ambiente, usam-nas como recursos para o seu metabolismo, e dissipam estruturas de ordem mais baixa (resíduos). Dessa maneira, a ordem "flutua na desordem", (...) embora a entropia global continue aumentando (PRIGOGINE *apud* CAPRA, 1996, p.151 )

Enfim, a teoria das estruturas dissipativas serve para descrever sistemas que: a) estão abertos a fluxos de matéria e energia, portanto utilizando-se de fontes de sintropias positivas e, por outro lado, gerando elevada entropia. Em outros termos, captam recursos do ambiente e eliminam externalidades, resíduos; b) apresentam um padrão de organização emergente a partir de um ponto crítico. Para Prigogine (1977), é também estável; a mesma estrutura global se conserva, apesar do fluxo e da mudança constantes dos seus componentes. Uma estrutura dissipativa é caracterizada por Paiva (2001, p.7) como “um processo de auto-organização que se desenvolve no não-equilíbrio que frequentemente resulta em uma estrutura que apresenta uma forma muito mais complexa de comportamento. Sua característica distintiva é que ela requer uma entrada contínua de energia para ser sustentada”. Este processo é demonstrado por Capra (2002, p.88) através de um caso clássico de auto-organização, a instabilidade de Bénard.

Prigogine (...) se voltou para o fenômeno (...) da convecção, do calor, conhecido como "instabilidade de Bénard", que é hoje considerado como um caso clássico de auto-organização. No começo do século, o físico francês Henri Bénard descobriu que o aquecimento de uma fina camada de líquido pode resultar em estruturas estranhamente ordenadas. Quando o líquido é uniformemente aquecido a partir de baixo, é estabelecido um fluxo térmico constante que se move do fundo para o topo. O próprio líquido permanece em repouso, e o calor é transferido apenas por condução. No entanto, quando a diferença de temperatura entre as superfícies do topo e do fundo atinge um certo valor crítico, o fluxo térmico é substituído pela convecção térmica, na qual o calor é transferido pelo movimento coerente de um grande número de moléculas. A essa altura, emerge um extraordinário padrão ordenado de células hexagonais ("favo de mel"), no qual o líquido aquecido sobe através dos centros das células, enquanto o líquido mais frio desce para o fundo ao longo das paredes das células.

De acordo com Capra (1996) a análise dessas "células de Bénard" mostrou que, "à medida que o sistema se afasta do equilíbrio (isto é, a partir de um estado com temperatura uniforme ao longo de todo o líquido), ele atinge um ponto crítico de instabilidade, no qual emerge o padrão hexagonal ordenado".

De acordo com Capra (1996, p.89), "Prigogine e seus colaboradores descobriram que, como no caso da convecção de Bénard, esse comportamento coerente emerge de maneira espontânea em pontos críticos de instabilidade afastados do equilíbrio".

Não apenas o caso da instabilidade de Bénard, mas, de acordo com Paiva (2001, p.1), a maioria dos fenômenos encontrados na natureza e até mesmo no comportamento humano podem ser descritos pela teoria das estruturas dissipativas, por apresentarem, de um lado, ordem e estabilidade e, de outro, a desordem e a irregularidade. Exemplos de tais fenômenos seriam as mudanças no clima, redemoinhos de vento ou redemoinhos em geral, movimentos irregulares em taxas de lucros, em preços de ações e no dólar.

Ademais, Paiva (2001) cita uma empresa como exemplo de uma estrutura dissipativa, pois, resumidamente, uma empresa é um sistema que recebe entradas, tais como matérias-primas, mão-de-obra, pedidos e transforma estas entradas em saídas, que são o produto acabado, os lucros, salários, serviços. Uma empresa está em constante interação com seu ambiente, de forma que o resultado de um período alimenta o período posterior.

Um outro exemplo citado por Capra (1996) de uma estrutura dissipativa seria a célula, pois se encontra aberta a fluxos de materiais do ambiente e elimina resíduos. Ademais, uma célula apresenta um padrão emergente que é sua própria organização, ou seja, uma célula está aberta a fluxos de materiais através de interações recorrentes com o ambiente a fim de manter seu padrão emergente, que é sua organização. Outros casos poderiam ser citados como exemplos de estruturas dissipativas, que são os organismos vivos, sub-sistemas e outros sistemas sociais.

As estruturas dissipativas formadas por redemoinhos de água ou por furacões só poderão manter sua estabilidade enquanto houver um fluxo estacionário de matéria, vindo do meio ambiente, através da estrutura. De maneira semelhante, uma estrutura dissipativa viva, como, por exemplo, um organismo, necessita de um fluxo contínuo de ar, de água e de alimento vindo do meio ambiente através do sistema para permanecer vivo e manter sua ordem. (CAPRA, 1996, p.134).

Uma estrutura dissipativa se constitui em dois momentos. O primeiro momento é linear e corresponde à segunda lei da termodinâmica, onde os escoamentos são mínimos. O segundo é não-linear; o processo se torna irreversível e só pode ser descrito pela termodinâmica de sistemas irreversíveis.

O primeiro momento, segundo Capra (1996), se caracteriza por estar próximo ao equilíbrio. Neste estágio há processos de fluxos, de escoamentos, porém fracos. Neste caso o sistema será conduzido a um estado de entropia mínima, minimizando seus escoamentos, permanecendo tão perto quanto possível do equilíbrio.

O sistema se afasta do equilíbrio ao aumentarem gradativamente os fluxos de matéria e energia. Neste estágio, os escoamentos são mais fortes, a entropia se eleva e o sistema não tende mais ao equilíbrio. Encontra instabilidades que o levam a novas formas de ordem e afastam o sistema cada vez mais do equilíbrio. A complexidade é crescente e o conduz ao segundo momento.

Segundo Capra (2006), o segundo momento, é caracterizado como não-linear, de modo que, à partir de um ponto crítico, o sistema passa a se comportar como um todo, tornando impossível integrar o sistema a partir de suas partes. Neste ponto de passagem de equilíbrio para o não-equilíbrio emerge espontaneamente um padrão ordenado. De acordo com Capra (2002, p.22),

Quando o fluxo de energia aumenta, o sistema pode chegar a um ponto de instabilidade, chamado de “ponto de bifurcação”, no qual tem a possibilidade de derivar para um estado totalmente novo, em que podem surgir novas estruturas e novas formas de ordem. Esse surgimento espontâneo da ordem nos pontos críticos de instabilidade é um dos conceitos mais importantes da nova compreensão da vida. Tecnicamente, denomina-se “auto-organização”, e, em língua inglesa, é muitas vezes chamado simplesmente de *emmergence*, (...) ou surgimento.

Segundo Capra (1996), a principal característica observada é a ocorrência do fenômeno *emmergence*, que é definido como o surgimento de comportamentos coerentes e espontâneos, afastados do equilíbrio, sendo esta uma idéia auto-organizativa caracterizada, pelo surgimento espontâneo de novas formas de ordem.

Sendo assim, de acordo com Capra (1996), as estruturas dissipativas, além de se manterem longe do equilíbrio, podem até mesmo apresentar saltos de inovação. A criatividade, a inovação, o surgimento aparece quando é aumentado o fluxo de energia e matéria através da estrutura, podendo passar por novas instabilidades e se transformar em novas estruturas de complexidade crescente.

De acordo com Capra (2002), a partir do ponto crítico, cumpre um papel importante o conceito de laços catalíticos, laços de retro-alimentação e ainda laços de amplificação. São estes laços que farão o sistema se comportar como um todo e emergir para uma nova forma de organização. Embora as estruturas dissipativas recebam sua energia do exterior, as instabilidades e os saltos para novas formas de organização são os resultados de flutuações amplificadas por laços de retro alimentação positivos. Desse modo, a amplificação da

realimentação que gera um "aumento disparado", aparece como uma fonte de nova ordem e complexidade na teoria das estruturas dissipativas.

De acordo com Capra (1996), conclui-se que uma perturbação não estará limitada a um único efeito, mas tem possibilidade de se transformar em formas cada vez mais amplas. Ela pode até mesmo ser amplificada por laços de realimentação interdependentes, capazes de obscurecer a fonte original da perturbação. Sendo assim, a partir do ponto crítico, o sistema perde sua previsibilidade, sua reversibilidade e apresenta vários caminhos. A trajetória que o sistema seguirá a partir do ponto crítico dependerá das condições iniciais, de sua história.

Segundo Capra (1996), a partir do ponto crítico surge um elemento de indeterminação na teoria. Não há possibilidade de previsão a não ser em espaços muito curtos de tempo. Torna-se impossível saber qual trajetória o sistema seguirá a partir do ponto crítico, pois, a partir deste, se torna altamente não linear devido a laços de retro-alimentação, onde são gerados vários caminhos que dependem das condições iniciais, da história do sistema. Torna-se, então, imprevisível, ou seja, oscilações mínimas no ambiente determinarão qual trajetória seguir.

#### *A economia goiana como um sistema aberto*

Desta forma, não apenas os sistemas vivos, mas empresas, economias e sistemas sociais poderiam ser estudados por meio da teoria das estruturas dissipativas, pois possuem a característica comum de serem dinâmicos, de estarem abertos a fluxos de materiais e energia, de forma a manter seu padrão de organização. Não obstante, tratar-se de uma teoria capaz de descrever os processos e as interações entre sistema econômico e meio-ambiente. Sendo assim, cumpre aqui um papel importante o conceito de derivação estrutural apresentado por Humberto Maturana, que possibilita a análise dinâmica entre atividade econômica e meio ambiente, por estarem relacionadas entre si através de laços de retro-alimentação (*feedback-loops*). De acordo com Maturana e Garcia (1997, p. 30)

Dado o determinismo estrutural, uma vez que um sistema surge, seu acontecer consiste necessariamente numa história de interações recorrentes com os elementos de um meio que surgem com ele e o contém. Além disso, tal história de interações recorrentes entre o sistema e o meio transcorre necessariamente como uma derivação estrutural. Isto é, tanto a estrutura do sistema quanto a estrutura do meio mudam necessariamente e de maneira espontânea de um modo congruente e complementar enquanto o sistema conserva sua organização e coerência operacional com o meio que lhe permite conservar sua organização. Isso acontece numa dinâmica de complementariedade operacional na qual um observador vê o sistema deslocar-se no meio seguindo o único curso que pode seguir na conservação de sua organização, num processo no qual as estruturas do sistema e do meio mudam conjuntamente de maneira congruente até que o sistema se desintegra.

Ou seja, impactos ecológicos ou alterações estruturais no meio ambiente, gerados devido a atividade do sistema econômico, geram outras externalidades negativas dentro sistema econômico, tais como, conflitos pelos usos de recursos naturais, inflação de custos e aumento da demanda por bens públicos devido a impactos ecológicos mais sérios. Desta forma, como a economia goiana tem apresentado um padrão de organização de crescimento econômico maior que a média nacional e como este crescimento é devido a atuação de suas cadeias agroindústrias, as relações entre estes dois sistemas podem ser caracterizados ou tratados analogamente a um sistema aberto, pois apresenta-se aberta a fluxos de recursos naturais, eliminando resíduos, gerando externalidades para manter seu padrão de organização, de elevado crescimento econômico.

Na próxima seção a teoria das estruturas dissipativas será acoplada ao conceito correlato de padrão de concorrência elaborado por Kupfer (1992). O objetivo desta abordagem é observar como as variações em variáveis sistêmicas, tais como, taxa de câmbio; taxa de juros; políticas setoriais e políticas industriais, elevam a utilização de recursos naturais e a eliminação de externalidades negativas. Enfim. Como o estímulo ao padrão de concorrência estimula o crescimento da economia goiana e estimula a deterioração dos recursos naturais no Cerrado.

## **Resultados e discussões**

### *As interações entre economia goiana e meio ambiente*

Ao acoplar a teoria das estruturas dissipativas ao conceito correlato de padrão de concorrência, observa-se que, uma indústria para manter seu padrão de concorrência recorre ao meio, significando que este setor está aberto a fluxos de materiais e energia. Isso decorre, pois para a indústria se conservar no mercado, oferecendo seus produtos, necessita de recursos naturais e energia para efetuar o processamento destes. De tal forma que, para qualquer nível de produção exista conseqüentemente um determinado nível de externalidades negativas geradas.

Uma indústria por estar aberta a fluxos de matéria e energia, decorre naturalmente que ocorre de forma deletéria. No momento em que recorre ao meio para captar recursos naturais e, posteriormente, no momento em que elimina externalidades negativas, intensifica os impactos ecológicos regionais e globais, ou seja, afeta a capacidade de auto-organização de ecossistemas locais e afeta conseqüentemente e simultaneamente o Sistema de Gaia. Tais impactos ecológicos, por sua vez são intensificados toda vez em que se intensificam os

processos no interior do setor ou da indústria, tais como processos de produção; concorrência; consumo e distribuição ou quando são intensificados o padrão de concorrência. E de tal forma que essa intensificação nos impactos ecológicos decorre da intensificação dos fluxos de matéria e energia no interior do sistema ou no interior do setor.

À característica de uma indústria derivar-se em função do meio e posteriormente e, conseqüentemente, à característica do meio derivar-se em função da indústria, pode ser tratada por um determinismo estrutural por meio do conceito de derivação estrutural. Partindo do princípio de que o setor está aberto a fluxos de matéria e energia, ou seja, de que este ocorre interdependente ao meio, o conceito de Derivação Estrutural vai indicar que a competitividade daquele setor se deve a alterações no meio, devido a laços recorrentes entre os sistemas, intensificadas pelo padrão de concorrência. Enfim, ao alterar os processos no interior da indústria, seja intensificando o padrão de concorrência, elevando a competitividade, desempenho ou rentabilidade, decorre que a intensificação destes haverá de determinar a estrutura daquele setor, se sustentável ou deletéria. Posteriormente, devido a laços de interação ou retro- alimentadores (*feedback-loops*) entre os sistemas, haverá de alterar o processo de auto-organização do meio, a capacidade de autocriação dos ecossistemas e alterando a estrutura do meio.

Ao se utilizar da teoria das estruturas dissipativas para efetuar esta análise observa-se que uma indústria, partindo do pressuposto que esta se instalou em um meio de baixa entropia, ou seja, que ainda não foi deteriorado pela ação econômica, conclui-se que à medida que vão se intensificado os processos no interior da indústria, eleva-se conseqüentemente os níveis de extração ou de utilização de recursos naturais, de extração de fontes de sintropia positiva. Seja por desmatamento, utilização de jazidas, nutrientes e potenciais do solo dentre outras e, conseqüentemente os níveis de emissões de externalidades negativas como emissões e emanações dados por poluentes, gases, areia nos leitos dos rios, etc. Enfim, os processos no meio são alterados. Porém num primeiro momento e devido a capacidade de auto-organização do meio, há o amortecimento de tais impactos. Este estágio é considerado como um estágio de entropia mínima, onde os escoamentos de externalidades negativas, tais como emanações são mínimos, ou quando a atividade industrial ocorre em consonância com a atividade do meio. Neste caso, o sistema é sustentável, se caracteriza num estágio previsível, onde dado volume de investimentos correspondem a certos níveis mensuráveis de emanações.

Dentro deste contexto, conclui-se que, sustentabilidade poderia então, ser conceituada como a capacidade de existência do sistema econômico, da indústria sem comprometer a própria existência e a atividade do meio. Porém, à medida que se intensificam

os processos no interior da indústria por meio de alteração nas variáveis sistêmicas (aumento nos perfis de demanda global; desvalorização cambial; redução de taxas de juros; políticas industriais, comerciais e setoriais voltadas à proteção do agronegócio) há uma alteração, senão o reforço no padrão de concorrência vigente. Há, portanto, um aumento na escala de produção com o intuito de diluir custos e concorrer no mercado internacional com o intuito de manter e elevar as exportações, ou seja, a competitividade dos setores. Logo, ao alterar a política econômica, o Cerrado goiano tende a sofrer instabilidades mais severas, derivando para um novo estágio, enquanto por sua vez, o setor, bem como a economia goiana vai apresentando uma nova forma de organização, de alta produtividade e o grau de entropia tende a elevar neste estágio. De maneira resumida: A desvalorização cambial, a redução da taxa de juros; políticas comerciais de estímulo ao agronegócio; políticas setoriais e inovações incrementais, elevam as exportações e, portanto, a deterioração e os impactos sobre o meio já que incorre em maior uso dos recursos naturais. Já as inovações explosivas, pela possibilidade de alterar a estrutura da indústria, pode suavizar os impactos.

Entretanto, à partir de um ponto de bifurcação, o sistema não pode ser descrito linearmente e irrompe num padrão caótico, onde emerge uma nova ordem em meio a desordem crescente. Nesse estágio, os escoamentos são mais severos e ocorrem a uma “taxa” mais elevada que a capacidade de auto-organização do Cerrado. Neste estágio, não obstante os escoamentos serem elevados e fortes, os níveis de externalidades se tornam independentes aos processos industriais ou estímulos às variáveis sistêmicas, devido a laços catalíticos que são retro-alimentadores e amplificadores. Isso quer dizer que as externalidades, no caso aqui, as negativas possuem a capacidade de gerar outros tipos de externalidades, de criarem a si mesmas. Este seria o caso, por exemplo, onde a supressão da vegetação geraria o assoreamento dos rios e mais adiante o desaparecimento de uma espécie endêmica. Desta forma, o padrão de concorrência vigente nas principais cadeias agroindustriais possui um caráter deletério, pois à medida em que se eleva a escala de produção com o intuito de diluir custos, mais e mais se eleva o fluxo de materiais no interior do sistema, como meio de manter o padrão de organização, de elevado crescimento econômico acima da média nacional.

Portanto, se há uma relação entre escala de produção e crescimento econômico, há também uma relação positiva entre aumentos de escala e aumentos no fluxo de materiais e energia dentro do sistema. Logo há uma relação positiva entre a escala de produção e o grau de desordem no meio-ambiente, no Cerrado goiano. A princípio, o Cerrado consegue recompor seus componentes desgastados, por se tratar de um sistema autoprodutor, ou seja, que através de seus componentes produz a si mesmo. Entretanto, num segundo momento e

independente da escala de produção, num ponto crítico, cada vez mais distante do equilíbrio, a capacidade autoorganização do Cerrado se torna comprometida, os ecossistemas não conseguem recompor seus componentes desgastados e irrompe num padrão desordenado de impactos ecológicos, de externalidades negativas. Neste ponto, os laços catalíticos, de autoamplificação tornam possíveis a reprodução das externalidades negativas de modo amplificado, ou seja, além de um determinado volume de produção os impactos reproduzem se a si mesmos.

Não obstante, tais externalidades a partir de um ponto crítico possuem uma característica de serem irreversíveis. Vale dizer que, mesmo minimizando ou estagnando a atividade produtiva das principais cadeias, tais externalidades não voltam a seu estágio inicial, a suas condições iniciais.

### **Conclusões**

Esta artigo teve como objetivo caracterizar a Economia Goiana como um sistema aberto, passível de ser tratado pela teoria das estruturas dissipativas. Mais especificamente em mostrar como ocorrem as interações entre economia goiana e meio ambiente. Conclui-se que é possível caracterizar a economia goiana como um sistema aberto e, portanto, possível tratá-la segundo a teoria das estruturas dissipativas. Nota que os impactos ecológicos no Cerrado goiano estão relacionados a forma como a economia brasileira e, portanto, a economia goiana se inseriram no mercado internacional como uma economia primário-exportadora. E como as cadeias são dependentes dos recursos naturais para seu operar, o seu desempenho elevam os impactos no Cerrado. Concluimos também que estes impactos estão relacionados a mudanças em algumas variáveis que estimulam o padrão de concorrência no setor, como por exemplo, ao comércio internacional, ao estímulo às exportações seja por meio de desvalorização da moeda, redução da taxa de juros ou por meio de políticas votadas ao setor. Nota-se também que, as principais cadeias agroindustriais possuem uma estrutura que são inerentemente deletéria por se tratar de setores onde os processos de inovações são mínimos. Caso se tratasse de setores onde os processos inovativos fossem explosivos, esperaria que tais inovações pudessem mudar o setor de deletério para sustentável ou mais de acordo com a capacidade de autocriação do meio. No entanto, tais setores possuem a característica de no presente e no futuro elevar a desordem no meio, pois os processos inovativos nestes redefinem, transformam a estrutura de forma mínima, tendendo desta forma, a preservar, autopropetuar a estrutura deletéria do sistema.

**Bibliografia**

AMARAL, M. S. A. **Investida Neoliberal na América Latina e as Novas Determinações da Dependência**. 2006. 173 f. Tese (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia – Universidade Federal de Uberlândia (IE/UFU), Uberlândia.

CAPRA, Fritjof. **A Teia da Vida: Uma Nova Compreensão Científica dos Sistemas Vivos**. São Paulo: Cultrix, 1996, 294 p

\_\_\_\_\_. **As Conexões Ocultas: Ciência para uma vida sustentável**. São Paulo: Cultrix. 2002, 296 p.

CERQUEIRA, H. E. G. **A ECONOMIA EVOLUCIONISTA: Um capítulo sistêmico da teoria econômica**. 2000. Disponível em: < <http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/>> Acesso em 11 Out 2007

KUPFER, David. **Trajетórias de Reestruturação da Indústria Brasileira Após a Abertura e a Estabilização**. 1998. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia – Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE/UFRJ), Rio de Janeiro. Net. Disponível em:<<http://www.ie.ufrj.br/download/index.php>> Acesso em: 03 Ago 2006

MATURANA, H. R.; GARCIA, J.V.G. **De Máquinas e Seres Vivos: Autopoiese – A organização do vivo**. 3ªed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997, 140 p.

MDCI. 2018. Balança comercial. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/balanca-comercial>> Acesso em 09 mar 2018

PAIVA, W. P. **A Teoria do Caos e as Organizações**. 2001. Disponível em: <[http://www.ead.fea.usp.br/cod\\_pesq](http://www.ead.fea.usp.br/cod_pesq)> Acesso em 27 Fev 2007

PRIGOGINE, Ilya. 1977. **Autobiografia**. Disponível em: <[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/)> Acesso em 23 Jun 2007

SIEG. 2018. **Downloads**. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads/>> Acesso em 09 mar 2018

Sobre o autor:

João Batista da Silva Oliveira

Possui graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual de Goiás (2007) - Campus Itumbiara. Especialista em Ordenamento Ambiental e Desenvolvimento Social pela Universidade Estadual de Goiás (2018). Especializando em Recursos Hídricos - Campus Iporá. Tem experiência na área de Economia, com ênfase em Economia e Complexidade, escrevendo sobre os seguintes temas: Sistemas Econômicos segundo a Teoria do Caos relacionados a Meio ambiente, Autopoiese e Sustentabilidade; Autopoiese e Terceiro Setor; Economia e Literatura, Economia e Storytelling, Economia e Storytelling e experiência em popularização de C&T.

*Artigo recebido em 09/03/2018  
Aprovado em 31/08/2018*

Como citar esse artigo:

OLIVEIRA, João Batista da Silva Oliveira. Impactos ecológicos no cerrado goiano mediante a teoria das estruturas dissipativas. **Revista de Economia da UEG**. Vol. 14, N.º 1, jan/jun. 2018.