

# Fundação Universidade Federal do Rio Grande

## Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental

Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.

ISSN 1517-1256

Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental

Volume 18, janeiro a junho de 2007

### UTILIZAÇÃO DO MODELO MUNDO3 PARA CONHECER COMO PROCESSOS SISTÊMICOS SÃO ENTENDIDOS NA FORMAÇÃO AGRONÔMICA

João Carlos Torres Vianna<sup>1</sup>  
Arion de Castro Kurtz dos Santos<sup>2</sup>

#### RESUMO

O presente artigo é parte de uma tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Produção Vegetal da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) no Rio Grande do Sul. O sistema complexo representado no Mundo3, traduzido para o Português e adaptado por Vianna (2005), modelado com o software STELLA (Laboratório de Aprendizagem Experimental com Animação para o Pensamento Sistêmico), vem historicamente exibindo taxas crescentes de população, saída industrial, produção de comida e uso de recursos. Este tem por objetivo a geração de cenários que mostrem tendências e ajudem a se pensar de forma sistêmica. Foi realizado um trabalho exploratório, junto a professores e alunos tendo como base um questionário construído a partir do modelo Mundo3 onde partes do Setor Agricultura foram transformadas em frases afirmativas ou negativas, seguidas de uma escala tipo Likert. As questões de pesquisa propostas diziam respeito: às condições necessárias para a sustentabilidade da agricultura regional; aos principais cenários obtidos para a (in)sustentabilidade; a comparação das representações de alunos e professores com o modelo Mundo3; a existência de pensamento sistêmico; o possível distanciamento entre Agronomia e Ecologia, que impossibilitaria a existência da visão de biosfera e de agro-ecossistema. Resultados sugerem que o modelo Mundo3 é uma ferramenta útil para estudos que tenham como meta conhecer o comportamento e a integração de sistemas e subsistemas dinâmicos, e que existem muitas conexões que precisam ser melhor estudadas para que a agricultura possa ser pensada de forma sustentável e os impactos causados pela produção de alimentos fiquem dentro capacidade de suporte da biosfera. Embora o grupo que respondeu o questionário não tenha interagido diretamente com o modelo, a partir das respostas foi possível recriar cenários agregando alguns ajustes sugeridos. Existem indícios do pensamento sistêmico tendo em vista a percepção de elos de retroalimentação pelo grupo pesquisado. Parecem existir dificuldades de percepção de que o meio ambiente tem uma capacidade produtiva própria, que precisa ser compreendida para ser explorada de maneira que os limites dos ecossistemas sejam respeitados e a saúde destes preservada. Existem alguns

<sup>1</sup> UFPEL - Departamento de Meteorologia - [jcvianna@ufpel.tche.br](mailto:jcvianna@ufpel.tche.br).

<sup>2</sup> FURG - Departamento de Física e Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental - [dfsarion@furg.br](mailto:dfsarion@furg.br).

pontos que devem ser motivo de futuros trabalhos de pesquisa, e foram sugeridos pelos pesquisadores alguns ajustes ao modelo Mundo3.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, Pensamento sistêmico, Retroalimentação, Mundo3, STELLA, Agricultura, Agroecossistema.

## **ABSTRACT**

This paper is part of a PhD thesis from the post-graduation program in Agronomy and Vegetable Production from Federal University of Pelotas (UFPEL), Rio Grande do Sul, Brazil. The complex system represented in World3, translated to Portuguese and adapted by Vianna (2005), modeled with the STELLA software (Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation), has shown growing population rates, industrial output, food production and use of resources. The model aims the creation of scenarios that show tendencies and help to think in a systemic way. It was carried out an exploratory work with teachers and students having as basis a questionnaire built from the World3 model where parts of the Agricultural Sector were transformed in affirmative or negative sentences, followed by a Likert scale. The research questions proposed concerned: the necessary conditions for sustainability of the regional agriculture; the main scenarios obtained for the (un)sustainability; a comparison between students and teachers representations with World3 model; the existence of system thinking; the possible gap between agronomy and ecology, that makes impossible the existence of the biosphere and agricultural ecosystem view. Results suggest that the World3 model is a useful tool for studies which aim to know the behavior and interconnection of the dynamical systems and subsystems, and that there are many connections which need to be better understood for that the agriculture may be thought in a sustainable way and the impacts caused by the food production stay inside the carrying capacity of the Biosphere. Despite the group that answered the questionnaire did not interact directly with the model, from the answers it was possible to recreate scenarios aggregating some suggested adjusts. There are evidences of system thinking because the feedback loops were noticed by the researched group. It seems that there are difficulties of perception that the environment has its own capacity of production which need to be understood to be explored in a way that the limits of the ecosystems are respected and the health of theses systems preserved. There are some items that must motivate future research works, and some adaptation in the World3 model were suggested by the researchers.

**Keywords:** Sustainability, System thinking, Feedback, World3, STELLA, Agriculture, Agricultural ecosystem.

## **1. Introdução e fundamentação teórica**

O presente artigo é parte de uma tese de doutorado, que procurou mostrar a possibilidade de uso da modelagem como ferramenta para compreender como os processos que ocorrem dentro dos sistemas complexos são percebidos na formação agrônômica.

A fundamentação teórica para este trabalho teve como base histórica Bertalanffy (1977), que considerou que a distinção dos organismos vivos está associada com o seu grau de organização, e procurou separar os sistemas em abertos e fechados. Em 1940 ele definiu sistema aberto como aquele que importa e exporta matéria, energia e informação, considerou também que os organismos, não se comportam como sistemas fechados, onde os componentes imutáveis atingem um estado de equilíbrio, mas sim podem atingir um estado estacionário que depende de trocas contínuas com o ambiente.

Para mostrar que os sistemas não podem ser estudados através de partes isoladas, foi considerada a definição de sistema apresentada por Capra (1996), que considera os sistemas vivos como totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas em partes menores, ou

seja, as propriedades sistêmicas surgem da organização do todo e são destruídas quando o sistema é desmembrado em elementos isolados.

Para salientar a fragilidade da biosfera foi adotada como referencial pelos autores deste artigo a definição de biosfera apresentada por Lévêque (2002), como uma película superficial do planeta, composta pela atmosfera, hidrosfera, litosfera, que engloba os seres vivos e onde a vida é permanentemente possível.

Para definir ecossistema, foram analisados, no projeto maior a partir do qual foi elaborado este artigo, vários autores e adotou-se como referência Frontier (2001), que define ecossistema como um sistema de interações entre as populações de diferentes espécies e entre estas e o meio físico em que vivem. Se por um lado o meio condiciona a existência e a biologia das espécies, estas modificam o meio, de tal forma que o biótipo (área geográfica com condições ambientais uniformes onde vivem plantas e animais) constitui-se, ao mesmo tempo, em um elemento do sistema e em uma produção do sistema.

A análise dos sistemas agrícolas, bem como da agricultura sustentável teve como base Altieri (2000). O autor aqui citado afirma que os sistemas agrícolas tradicionais surgiram no decorrer dos séculos com a evolução biológica e cultural e representam a experiência que os agricultores foram acumulando ao interagirem com o ambiente, sem o uso de insumos externos, capital e conhecimento científico. A agricultura pode ser sustentável quando é vista como um ecossistema, isto é um agro-ecossistema. Para tal, é preciso que as práticas agrícolas e a pesquisa não se preocupem com altos níveis de produtividade de uma mercadoria em particular e sim com a otimização do sistema como um todo, levando em conta não apenas a produção econômica, mas também o vital problema da estabilidade e sustentabilidade ecológicas, (Altieri, 2000).

## **2. Descrição geral do modelo Mundo3**

Popper (1972) chamou de Mundo3 o mundo contendo os produtos da mente humana, em oposição ao Mundo1, mundo físico, e o Mundo2, o mundo da experiência ou pensamento no sentido subjetivo.

Meadows et al. (1974, 1978), desenvolveu estudos para o Clube de Roma a respeito dos limites do crescimento humano e modelou o Mundo3, que é um exemplo formal de modelo matemático de um sistema social complexo, que combina elementos tanto da visão ecológica quanto tecnológica do mundo, assim como teorias derivadas de muitas disciplinas.

O método usado para selecionar, transcrever e analisar a grande variedade de informação contida no modelo Mundo3 é denominado dinâmica de sistemas, que é um paradigma de modelagem bastante diferente daqueles usados nos casos mais comuns das ciências físicas e sociais.

A modelagem formal de um sistema é um processo que envolve muitos experimentos, retornos e repetições. Contudo, o processo terá um ciclo através um número lógico de passos em seqüência, onde o sucesso completo de cada passo depende do anterior.

O sistema complexo representado no Mundo3, modelado com o software STELLA® (Laboratório de Aprendizagem Experimental com Animação para o Pensamento Sistêmico) (RICHMOND, 1885 e 1987; KURTZ DOS SANTOS et al., 2002) vem historicamente exibindo taxas crescentes de população, saída industrial, produção de comida e uso de recursos. Toda esta atividade produtiva e reprodutiva está baseada sobre ecossistemas que fornecem a manutenção das funções necessárias para a sociedade. Estes ecossistemas são governados por leis físicas imutáveis e são vulneráveis a degradação a partir do mau uso. O sistema social humano é composto de instituições políticas e econômicas que respondem a percepção da escassez, primeiramente através do desenvolvimento de novas tecnologias.

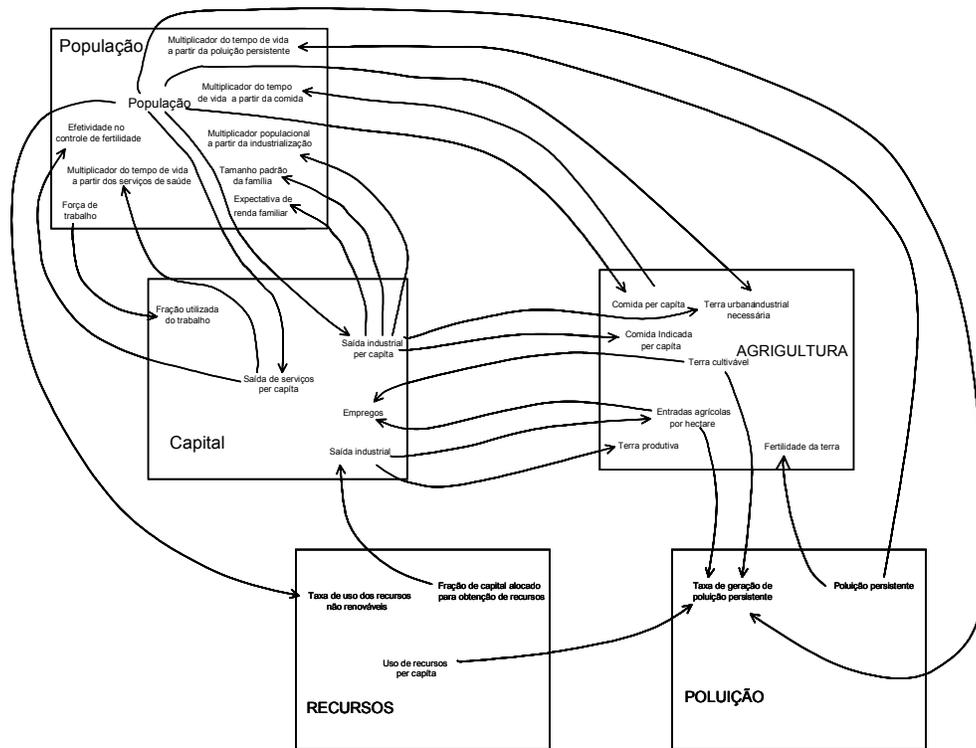


FIGURA 1. Interações entre os cinco setores básicos do Mundo3.  
Fonte: Adaptado de Meadows et al., 1974.

Os propósitos do Mundo3 são determinar quais os modos de comportamento mais característicos da população global, as saídas de material sob diferentes condições e identificar futuras políticas que possam levar um modo de comportamento instável para uma taxa estável. Portanto, o modelo Mundo3 não tem por objetivo uma previsão exata da realidade, mas sim a geração de cenários gerais que mostrem tendências e ajudem o pesquisador a pensar a respeito de determinado tópico de forma sistêmica.

Os setores primários do modelo estão representados na figura 1, onde os setores População e Capital são os que têm maior responsabilidade pelo crescimento material. Onde mais particularmente População incorpora os efeitos de todos os fatores econômicos e ambientais que influenciam as taxas de nascimento e morte, assim como o tamanho da população. O Capital inclui os meios manufaturados de produção industrial, serviços e saídas agrícolas. Os setores Agricultura, Recursos não-renováveis e Poluição incluem os determinantes da capacidade de suporte do ambiente.

Na Agricultura estão incluídos a terra e outros fatores que influenciam os efeitos das entradas de capital na produção de comida. Recursos não-renováveis representam o combustível e entradas minerais exigidas para fazer uso do estoque de capital para processar bens e serviços. Na Poluição estão incluídos os materiais persistentes produzidos pela indústria e agricultura que podem reduzir a expectativa de vida humana, a produtividade agrícola ou a capacidade natural dos ecossistemas para absorver substâncias agressivas.

No que diz respeito à postulação da estrutura do modelo, tem-se elos ligando elementos, indicando que estes são afetados por mudanças em outros.

Na figura 2 são apresentadas estruturas de elos que permitem uma visão mais clara dessa relação causal entre elementos. A polaridade de cada influência causal é um sinal de + ou – próximo à ponta da seta. Uma polaridade positiva significa que um aumento no primeiro elemento causa um aumento no segundo e um decréscimo causa igualmente um decréscimo no segundo. Uma polaridade negativa significa que um aumento no primeiro elemento produz um decréscimo no segundo e um decréscimo no primeiro um aumento no segundo.

No diagrama apresentado na figura 2 um exemplo de leitura pode ser o seguinte: Ao se aumentar a Taxa de Investimento leva a um aumento, em corrente de causa e efeito, das variáveis Investimento Industrial, Capital Industrial, Saída Industrial, Capital Agrícola, Comida *per capita*, e a



(250 vezes a quantidade consumida globalmente em 1970); Taxa de Assimilação da Poluição Persistente por ano (25 vezes a quantidade de poluição retida inofensivamente pelo ecossistema natural em 1970).

Finalizando esta descrição geral, observa-se que o modelo Mundo3 foi desenvolvido como um exercício na organização de informações oriundas de muitas fontes, explicitamente resumido, explorando implicações e generalizações a partir de um restrito entendimento a respeito do futuro do complexo sistema sócio-econômico humano.

Este tipo de exercício poderá ter valor, mesmo que a informação produzida seja incompleta, pois um re-exame das suposições básicas dos modelos mentais correntes e uma discussão mais aberta sobre as bases de decisão social poderão estimular novas tentativas para melhorar o processo de construção do modelo e das teorias dos sistemas sociais, das quais todos os sistemas dependem.

Portanto, o modelo Mundo3 não é “o modelo”, mas sim “um modelo” de mundo, feito durante um estágio inicial do desenvolvimento da compreensão dos sistemas.

### **3. O questionário e as questões de pesquisa**

Com base na fundamentação teórica, foi realizado um trabalho exploratório, junto a professores e alunos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Produção Vegetal da UFPel. Estes responderam um questionário com onze afirmativas, construído a partir do modelo Mundo3 utilizando os métodos propostos por Vennix (1999), onde partes do Setor Agricultura do modelo Mundo3 foram transformadas em frases afirmativas ou negativas, seguidas de uma escala do tipo Likert, solicitando-se concordância ou discordância em relação a cada um dos enunciados, segundo a graduação:

- A- Concordo Fortemente
- B- Concordo
- C- Não Concordo nem Discordo
- D- Discordo
- E- Discordo Fortemente

Para que fosse possível a interação direta entre o pesquisador e o grupo de pesquisa, este ficou restrito a 13 pessoas, que foram convidadas a participarem deste trabalho. O questionário foi aplicado de modo individualizado, com hora e local escolhido pelo participante.

O estudo experimental foi restrito à abordagem de tópicos mais diretamente relacionados com o setor Agricultura do modelo Mundo3, para verificar como os conceitos de tempo e ou clima

são conectados com as suas variáveis, bem como dos outros quatro setores do modelo, visando encontrar indícios da existência de algum tipo de pensamento sistêmico na formação agronômica. A busca destes indícios teve como base o entendimento de elos de retroalimentação conforme Bertalanffy (1977) e Forrester (1968). É importante salientar que os conceitos de tempo e clima não aparecem explicitamente no modelo Mundo3, mas sim de forma diluída na definição de variáveis como poluição persistente e fertilidade da terra, dentre outras.

Na aplicação do instrumento de coleta de dados foi feita uma breve apresentação do modelo Mundo3, visando esclarecer que não existem respostas certas ou erradas, mas sim um posicionamento numa escala de atitudes. Logo após cada questão havia um quadro, onde foi solicitado que fosse registrada qualquer informação julgada pertinente, pois esta enriqueceria a análise qualitativa dos dados.

Ao concluir a etapa exploratória, as representações do grupo foram usadas para gerar informações que permitiram realimentar o modelo com vistas à geração de cenários, que foram analisados quanto à existência ou não de indícios que sugerissem a possibilidade do Mundo3 ser regionalizado. Com isto foi gerado um produto que permitiu estabelecer, dentro da visão sistêmica, as seguintes questões de pesquisa:

- 1) O modelo Mundo3 possibilita, através do pensamento sistêmico, entender as condições necessárias para a sustentabilidade da agricultura regional? Quais os principais cenários obtidos para a (in)sustentabilidade?*
- 2) Como se comparam as representações de alunos e professores com o modelo Mundo3? Ou, como se comparam os cenários resultantes das representações de alunos e professores (sujeitos de pesquisa) com os cenários que resultam dos valores de parâmetros originais do modelo Mundo3 conforme proposto por Meadows?*
- 3) É possível concluir-se que não existe pensamento sistêmico e que através da visão disciplinar fragmentada o conhecimento é construído em pedaços, pretendendo que o todo posteriormente seja consolidado e explicado?*
- 4) É possível afirmar-se que existe um distanciamento entre agronomia e ecologia, que impossibilita a existência da visão de biosfera e de agro-*

*ecossistema, portanto a parcela de produção, a lavoura está baseada numa estrutura produtivista, onde apenas considera a relação quilogramas /Hectare?*

Para exemplificar a técnica usada no levantamento dos dados, uma das afirmativas do questionário construído a partir do modelo Mundo3 é apresentada a seguir com uma breve descrição.

#### **4. Exemplo de análise da questão 1**

*Questão 1: “As atividades agrícolas causam poluição que permanece no ar, água, solo e se transmite através da cadeia alimentar”*

A relação da atividade agrícola com clima e ou tempo pode ser observada em muitos trabalhos de pesquisa que buscam maiores rendimentos, através da adaptação de plantas às condições ambientais das diferentes regiões biogeográficas.

O aumento do volume de produção tem sido noticiado ano a ano pelos meios de comunicação de massa. Porém, são raras as vezes em que são mencionados danos ambientais causados pela produção agrícola, tais como: 1-geração de gases que contribuem para o efeito estufa; 2- contaminação da água, ar e solo por pesticidas, adubos e fungicidas; 3- aceleração dos processos de desertificação em função da erosão nas áreas cultivadas; embora estes impactos venham sendo estudados no mundo há pelo menos três décadas, conforme pode ser observado em Meadows et al. (1974, 1978 e 1992).

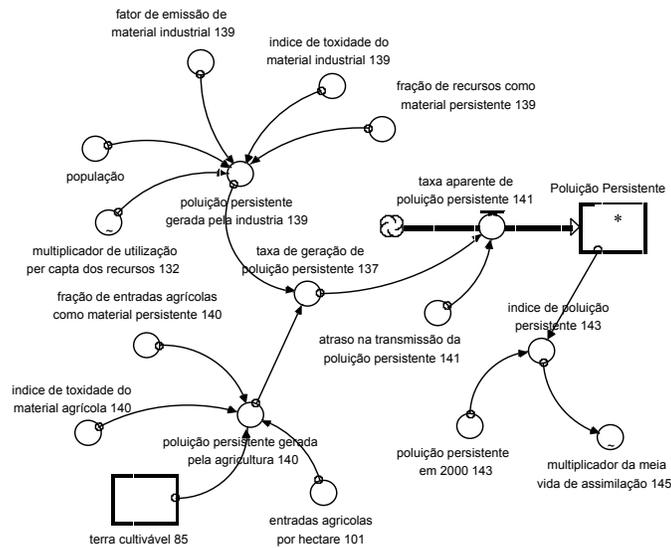


FIGURA 3. Poluição gerada pela agricultura. Parte do modelo Mundo3 de onde foi retirada a questão 1. Note o esquema de Taxas, Níveis e Conversores utilizado pelo STELLA (Mais detalhes sobre a metáfora do STELLA são encontrados em Kurtz dos Santos et. al., 2002).

No modelo Mundo3 a relação entre atividade agrícola e poluição aparece claramente em diversas variáveis. Na figura 3 apresenta-se parte do modelo onde pode ser percebido que a “Poluição persistente gerada pela agricultura” contribui diretamente na taxa de geração de poluição e, conseqüentemente, para o crescimento do estoque de “Poluição persistente” na biosfera, estoque este que está representado pelo retângulo marcado com \*.

A explicação dos outros conversores e taxa da figura 3 foge do escopo deste artigo embora sejam apresentados com detalhes em Vianna (2005), onde todo o modelo Mundo3 foi estudado, traduzido e adaptado e colocado à disposição dos pesquisadores.

## 5. Resultados do estudo experimental

Nesta seção apresentam-se as respostas das questões de pesquisa da seção 3 e algumas recomendações.

### 5. 1. Resposta da questão de pesquisa 1:

*O modelo Mundo3 possibilita, através do pensamento sistêmico, entender as condições necessárias para a sustentabilidade da agricultura regional? Quais os principais cenários obtidos para a (in)sustentabilidade?*

A partir do estudo do modelo Mundo3 e de alguns cenários básicos que foram recriados, foi possível responder afirmativamente a esta questão, pois se observa que existem muitas conexões que precisam ser melhor estudadas para que a agricultura possa ser pensada de forma sustentável e os impactos causados pela produção de alimentos fiquem dentro capacidade de suporte da biosfera.

Nesta pesquisa não foi possível o uso de dados regionais em função do difícil acesso a estas informações. Porém, a partir de alguns dos cenários gerados com estatísticas mundiais, como o apresentado na figura 4, sugere-se que as situações regionais possam ser analisadas seguindo os mesmos critérios, pois os ecossistemas parecem reagir à intervenção humana de forma semelhante tanto na micro-escala como na escala planetária.

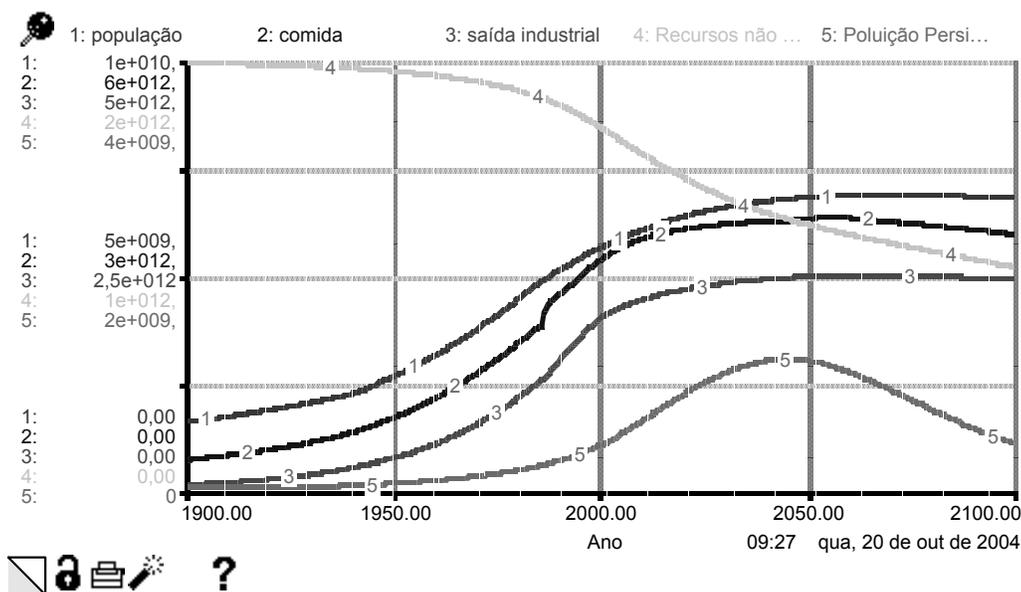


FIGURA 4. Estado do Mundo Cenário 11<sup>3</sup>.

Ressalta-se que o desenvolvimento sustentável é visto neste trabalho não como a manutenção de um determinado ritmo ou padrão de crescimento econômico, mas sim como uma nova visão de mundo onde a sociedade possa ver-se como uma parte integrante do sistema biosfera e perceba a necessidade de respeitar os limites dos ecossistemas para que a vida no planeta Terra possa perdurar.

A idéia de sustentabilidade conforme o parágrafo anterior pode ser melhor compreendida através do cenário 11, apresentado na figura 4.

<sup>3</sup> Um dos cenários obtidos a partir do modelo aqui não apresentados por falta de espaço.

Olhando-se apenas para as curvas 1, 2 e 3, verifica-se que o modelo Mundo3 foi capaz de gerar um cenário que aponta para uma condição de estabilização da população, comida e saída industrial. Este comportamento embora represente uma condição mundial, sugere que a sustentabilidade da agricultura regional pode vir a ser uma realidade se condições semelhantes às desta simulação forem implementadas através de políticas públicas governamentais e a sociedade se torne politizada o bastante para que possa exigir dos governantes o cumprimento de metas e acordos que não apenas gerem valores de mercado, mas sim qualidade de vida.

Dos treze cenários gerais que foram analisados, apenas três apontam para condições de sustentabilidade da agricultura e indústria, onde a poluição permanece baixa quando comparada com outros cenários. Nos demais cenários observou-se que as variáveis População, Comida, Saída industrial e Poluição crescem até determinado ponto, e depois começam a declinar, indicando uma condição de tendência ao colapso do sistema biosfera.

Durante o estudo do modelo Mundo3 um exercício que se mostrou muito interessante foi a simples inclusão de um conversor que permitisse ao pesquisador controlar a toxicidade dos insumos agrícolas durante as simulações.

Obteve-se, assim, uma variante do cenário 11 onde foi acrescentado na simulação um controle assumindo que a toxicidade dos insumos agrícolas teria sido reduzida em 30% a partir de 1985. Este é um resultado relevante do ponto de vista agrônomo, pois se verificou uma redução no pico de poluição sem reflexos na oferta de comida, o que é coerente com os princípios da agroecologia que garante ser possível a produção de alimentos com níveis de poluição menores.

Ressalta-se que no modelo Mundo3 o índice de toxicidade dos materiais agrícolas foi considerado dez vezes menor do que o industrial, em função da existência de emissões radioativas cujos efeitos ambientais prolongam-se, em alguns casos, por décadas.

## **5. 2. Resposta da questão de pesquisa 2:**

*Como se comparam os cenários resultantes das representações de alunos e professores (sujeitos de pesquisa) com os cenários que resultam dos valores de parâmetros originais do modelo Mundo3 conforme proposto por Meadows?*

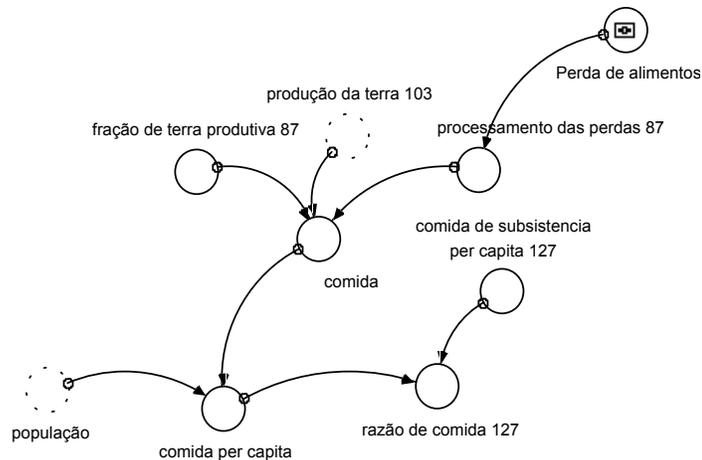


FIGURA 5. Parte do diagrama em STELLA referente à perda de alimentos no modelo Mundo3, modificado por Vianna, 2005.

Os resultados do estudo experimental mostraram que o modelo Mundo3 é uma ferramenta útil para estudos que tenham como meta conhecer o comportamento e a integração de sistemas e subsistemas dinâmicos.

Embora o grupo que respondeu o questionário não tenha interagido diretamente com o modelo, a partir das respostas foi possível recriar alguns cenários agregando alguns ajustes sugeridos, comparando-se, assim, o comportamento original do modelo com o novo comportamento após as sugestões dos alunos e professores.

No modelo desenvolvido pelo grupo do professor Meadows as perdas da produção entre processamento e estocagem foram consideradas em torno de 10% e estão representadas pela variável “processamento das perdas 87”, conforme apresentado na figura 5. Este valor foi considerado muito otimista e levou aproximadamente 54% do grupo a posicionar-se no nível discordo. Nas justificativas escritas foram sugeridos valores entre 25 e 40% para representar aquela parte da produção que é perdida.

Um valor intermediário de 30% foi usado para gerar alguns cenários novos e compará-los com os correspondentes que foram recriados a partir das informações fornecidas pelos autores do modelo. Para fins de resposta desta questão de pesquisa foram reproduzidos vários cenários, porém considerados apenas três que sugeriram uma condição de mundo sustentável.

A comparação visual dos pares dos cenários (aqui não apresentados) mostrou que ao considerar-se um valor de 30% para as perdas, as variáveis População, Comida e Saída industrial, nos três cenários, estabilizam-se em patamares menores com um pico de poluição menor.

Esta modificação mostra que as perdas de produção exercem um controle expressivo sobre outras variáveis do modelo. A informação sugerida por professores e alunos do grupo de pesquisa foi muito útil para mostrar-se que qualquer ajuste no modelo deverá ser feito por etapas e o pesquisador interessado em estudar situações regionais através do modelo Mundo3 terá que ir testando suas modificações através da geração de cenários.

É importante ressaltar-se novamente que neste trabalho apenas as variáveis População, Comida, Saída industrial, Recursos não renováveis e Poluição persistente foram consideradas para fins de geração dos cenários.

### **5. 3. Resposta da questão de pesquisa 3:**

*É possível concluir-se que não existe pensamento sistêmico e que através da visão disciplinar fragmentada o conhecimento é construído em pedaços, pretendendo que o todo posteriormente seja consolidado e explicado?*

A resposta é negativa. Os padrões de respostas obtidos nas questões 2, 5, 6, 10 e 11 do questionário sugerem que existam indícios do pensamento sistêmico, tendo em vista a percepção de laços de retroalimentação pelo grupo pesquisado.

A possível existência de indícios do pensamento sistêmico, reconhecidos no padrão de respostas, em algumas observações escritas e nos diálogos durante a aplicação do questionário, permite que se recomende a realização de Seminários sobre o pensamento sistêmico no Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), com o objetivo de aproximar professores e alunos para debater de forma transdisciplinar, ou pelo menos interdisciplinar, os impactos da atividade humana, mais particularmente da produção de alimentos, sobre os ecossistemas e a biosfera como um todo.

Num segundo momento, amadurecida a idéia e confirmado o interesse do grupo, recomenda-se criação de uma disciplina neste Programa de Pós-graduação, que trate dos princípios de sistemas usando modelagem computacional qualitativa.

Esta recomendação, embora aparentemente simples, não será tarefa fácil de ser implementada, pois a estrutura administrativa das universidades praticamente isola os professores nos seus campos de atuação mais imediatos. Assim, os indícios de pensamento sistêmico que foram

observados precisam ser valorizados ao máximo para que as barreiras burocráticas possam ser vencidas e projetos sejam elaborados e desenvolvidos de forma transdisciplinar.

É muito provável que professores e alunos tenham que lutar para superar a pressão do poder das empresas transnacionais dentro das universidades, que cada vez mais dominam o mundo e tentam apresentar soluções tecnológicas para todos os problemas ambientais criados pelo ser humano. Muitas vezes tentam determinar o que vai ser objeto de pesquisa ou estudo, bem como a forma que será adotada para tratar o tema definido.

Esta pressão, somada à burocracia universitária, tende a aniquilar qualquer projeto que tenha como objetivo uma formação acadêmica mais elaborada e crítica, como a que existe nos projetos que tenham na sua base o pensamento sistêmico. Mas estas dificuldades devem ser motivo de empenho cada vez maior de professores e alunos, para que a universidade não se transforme num centro de treinamento de mão-de-obra barata para atender os interesses do mundo empresarial, que praticamente controla todos os meios de produção agrícola.

#### **5. 4. Resposta da questão de pesquisa 4:**

*4) É possível afirmar-se que existe um distanciamento entre Agronomia e Ecologia, o que determina que uma parcela da produção, a lavoura, esteja baseada numa estrutura produtivista, a qual valoriza apenas a relação quilogramas /hectare?*

O padrão de respostas obtido na questão 11 do questionário aplicado, juntamente com os indícios de visão sistêmica observados nas questões 2, 5, 6 e 10, sugere uma resposta negativa.

Entretanto, apesar dos padrões de respostas apontarem para a direção da existência de uma visão sistêmica, em alguns dos comentários feitos durante a aplicação do questionário foi observado que parecem existir dificuldades de percepção de que o meio ambiente tem uma capacidade produtiva própria, que precisa ser compreendida para ser explorada de maneira que os limites dos ecossistemas sejam respeitados e a saúde destes preservada.

Em um destes comentários, referente à questão 11 do questionário, um dos integrantes do grupo de pesquisa considerou que frente à indústria a agricultura tem pouco peso no processo de geração da poluição. Esta consideração indica uma direção oposta aos princípios defendidos pela agroecologia, que considera a forma atual de produção de alimento causadora de grandes danos

ambientais. Em outra observação, feita a respeito da mesma questão, foi sugerido que é possível reduzir-se a poluição conhecendo-se e utilizando-se a capacidade produtiva do meio ambiente.

Estes dois comentários opostos mostram que apesar da existência de indícios de pensamento sistêmico, que permitem a conexão entre agricultura e Ecologia, há também resistências e divisões que precisam ser superadas, para que a produção de alimento fique mais próxima daquilo que todos desejam, com alimentos mais saudáveis para o consumo humano e níveis de poluição menores.

### **5. 5. Algumas observações e recomendações sobre o modelo Mundo3**

O modelo Mundo3 mostrou-se eficiente como ferramenta em atividades de pesquisa voltadas para o pensamento sistêmico, como as que foram desenvolvidas no presente trabalho.

Entretanto, é importante salientar-se que durante o estudo do modelo foi observado que existem alguns pontos que devem ser motivo de futuros trabalhos de pesquisa, destacando-se os seguintes:

- 1- No sub-sistema Agricultura o estoque de terra cultivável não entra em colapso durante o tempo de simulação;
- 2- Não existem variáveis para representar desastres naturais e epidemias;
- 3- Na variável comida os oceanos foram desconsiderados por terem uma produção insignificante quando comparada com as terras agrícolas.

Com relação à primeira observação, ressalta-se novamente a definição da variável Terra Cultivável no modelo Mundo3, que corresponde à área de terra em Hectares usada de tempo em tempo ou permanentemente para produção agrícola. Esta terra inclui solos considerados próprios para cultivo de plantas comestíveis com produtividades aceitáveis e adaptadas ao ambiente. Salienta-se que nem toda esta terra é altamente produtiva, pois a capacidade agrícola é amplamente variável e depende de:

- 1- Composição física, química e biológica do solo;
- 2- Amplitude e sazonalidade da temperatura;
- 3- Distribuição e sazonalidade do total anual de chuvas em relação à evapotranspiração.

Ressalta-se, também, que a “Água” é uma importante variável, que foi pouco considerada pelo modelo. A irrigação (um dos usos não consuntivos da água) é a atividade que mais consome água, em especial no RS (cultura do arroz, por exemplo).

Na figura 6 apresenta-se uma parte do diagrama do Setor Agricultura, onde se percebe que o estoque de terra para uso agrícola identificado por “terra cultivável\_85” cresce a partir da terra potencialmente cultivável através da “razão de desenvolvimento da terra 96” que canaliza os investimentos para a expansão da área de produção agrícola. Por outro lado, o estoque de terra cultivável é consumido pela erosão e pelo crescimento das áreas urbanas.

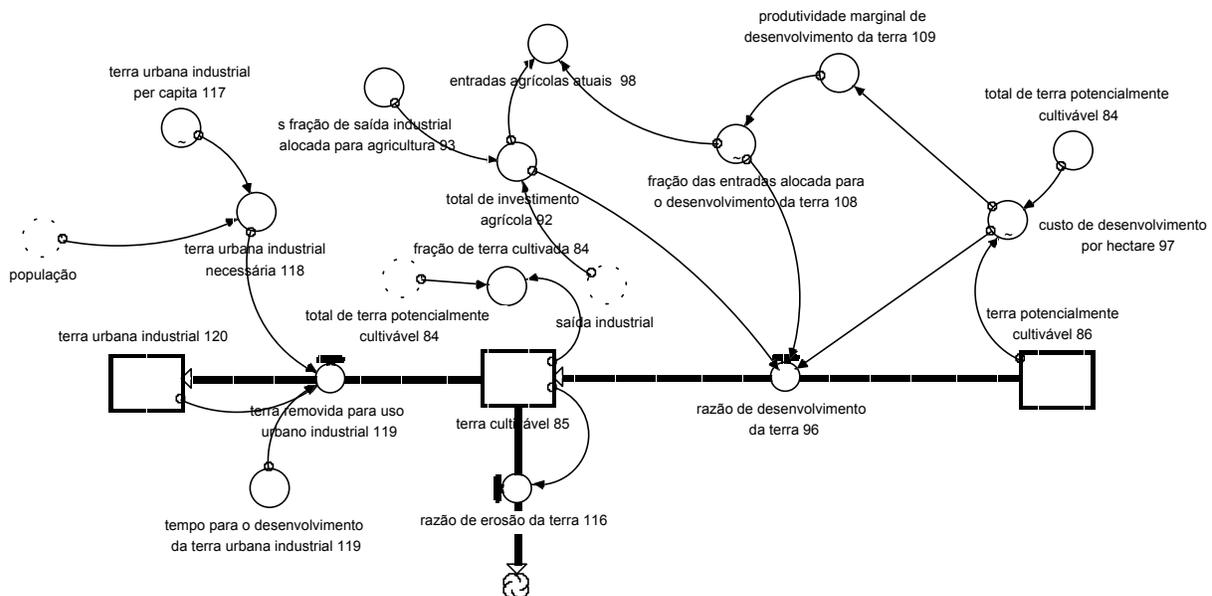


FIGURA 6. Parte do diagrama em STELLA do Setor Agricultura do modelo mundo3.

No cenário correspondente observa-se que a terra cultivável não apresenta um comportamento que sugira condição de colapso, indicando que este estoque possa ser extinto, mesmo com o crescimento da erosão e da ocupação da terra para fins urbanos. Este comportamento ocorre porque existem mecanismos internos no modelo fortemente influenciados pela saída industrial, que impedem o colapso.

Com relação à observação referente às epidemias é importante chamar-se a atenção para o fato de que existem grandes regiões do mundo onde parcelas expressivas da população estão contaminadas pela AIDS. Esta síndrome possivelmente será o grande desafio deste século, onde as políticas públicas terão de garantir os meios necessários aos serviços de saúde, para que estes possam desenvolver um trabalho de forma integrada que seja capaz de controlar a propagação da doença, fazendo com que esta não concorra em escala mundial de forma tão expressiva para reduzir a expectativa de vida, como atualmente ocorre em alguns países da África.



Fontenelle & Coutinho (2004) numa avaliação do estado da Terra, apresentam dados que também sugerem a importância dos oceanos como uma fonte importante de alimento. Neste artigo verifica-se que anualmente a indústria da pesca retira dos mares e rios do mundo 100 milhões de toneladas de pescado, deste volume, 8 milhões de toneladas em condições de consumo humano, são descartadas ainda nos navios por terem um baixo valor comercial. Os autores citados neste parágrafo chamam a atenção para o fato de que este descarte corresponde ao consumo de peixe no Brasil num período de 6 anos. Contudo é importante ressaltar que este otimismo vai de encontro a todos os alertas sobre o colapso das grandes pescarias mundiais devido à sobrepesca. O que pode vir a acontecer é o melhor aproveitamento do que hoje tem baixo valor comercial (como acima ressaltado) e ou maior investimento em esforços de pesca sobre estoques de pescarias ainda não explorados, como a Anchoíta. Há também o desenvolvimento da aquicultura, mas que tem causado pesados impactos socioambientais (como o cultivo de camarão no Nordeste do Brasil), pois geralmente envolve atividades realizadas dentro do mesmo modelo de agricultura aqui analisado.

Os oceanos, além de uma fonte de alimento importante, exercem grande influência no comportamento do clima do planeta, especialmente no ciclo do CO<sub>2</sub>, onde grandes quantidades deste subproduto do mundo industrializado são absorvidas pelas camadas superficiais e, de forma mais lenta, transferidas para águas profundas. As superfícies dos oceanos são “sumidouros” de Carbono dentro dos limites dos seus ciclos naturais (através da fotossíntese realizada pelo fitoplâncton). Mesmo o Carbono que fica indisponível nas águas profundas (caindo como “chuva de detrito”), volta à superfície em zonas de ressurgência, quando as correntes frias do fundo emergem, como na costa do Perú (mantendo altas taxas de produção de Anchova, que entra em colapso quando o El Niño acontece).

Em função das observações feitas nos dois últimos parágrafos, recomenda-se que em futuros trabalhos de pesquisa seja estudada a possibilidade de incluir no modelo Mundo3 um subsistema que represente as contribuições dos oceanos como fonte de alimento e nos ciclos biogeoquímicos, especialmente do CO<sub>2</sub>.

No que diz respeito a nossa região ressalta-se a importância da variável “Água”, tão consumida na irrigação. Pois já temos na zona sul do RS um conflito importante entre arroteiros e pescadores para bombeamento da água da Lagoa Mirim em épocas de seca e de captação restringida pela FEPAM. A água, apesar de fazer parte de um ciclo (o Ciclo da Água), é, em última análise, um

“recurso não-renovável”, pois é um estoque finito e, cada vez menos disponível para seus múltiplos usos.

### **5. 6. Ajustes do modelo Mundo3**

Sem apresentarmos detalhes técnicos relatamos brevemente alguns ajustes feitos no modelo.

Em função do padrão de respostas para a questão 11 do questionário aplicado ao grupo de pesquisa, onde a maioria reconhece a possibilidade de produzir-se alimentos poluindo menos, foi incluído um controle sobre o índice de toxicidade do material agrícola. Este seria um primeiro mecanismo que permite ao pesquisador fazer simulações que tenham como objetivo estudar as possíveis condições para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, isto é, que possa ser suportada pelo ecossistema onde está inserida a propriedade rural.

Em função do padrão de respostas obtido na questão 8 do questionário aplicado ao grupo de pesquisa, onde a maioria discordou de que as perdas de alimentos sejam de apenas 10%, foi incluída uma variável denominada “Perda de alimentos”, juntamente com o seu respectivo controle no simulador, onde o pesquisador pôde definir um nível de perdas de alimentos variando entre 10 e 45%.

No quadro referente à implementação das políticas foram incluídos os botões ano 2010, ano 2015, ano 2020 e ano 2035, criando assim mais quatro alternativas de paradas para inclusão de informações geradas a partir de protocolos internacionais, como o de Quioto (Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (1992, 2004) que começou a vigorar a partir de 2005 e determina que os países signatários têm de reduzir em torno de 5% as emissões de poluentes entre 2008 e 2012.

Salienta-se que o futuro usuário do modelo Mundo3 poderá redefinir estes botões, conforme o ano em que precisar incluir a informação, indicando o momento a partir do qual a nova política passará a ser considerada na simulação.

## **6. Conclusões**

O modelo Mundo3 é uma ferramenta muito útil na compreensão das condições necessárias para sustentabilidade agrícola num cenário macro, pois permite a visualização de muitas conexões que existem entre a produção de alimentos e impactos ambientais. Para estudos de micro escala é imprescindível que se tenha acesso rápido e fácil a todas as bases de dados, pois isto permitirá aos

pesquisadores construir cenários que ajudem a entender as condições e peculiaridades locais, necessárias para formação de políticas públicas que garantam uma produção de alimentos com qualidade, garantindo que todo o processo fique dentro da capacidade de suporte do ecossistema.

É possível criar novos cenários modificando apenas uma variável ou constante, como as perdas na produção, que segundo Meadows et al. (1974) são de 10%. O grupo de pesquisa sugeriu valores entre 25 e 40%. Em função desta recomendação, foi incluído um controle no modelo Mundo3, modificado por Vianna (2005), que permite o ajuste do valor a ser considerado na simulação. A informação fornecida pelo grupo de pesquisa mostrou que qualquer ajuste no modelo deverá de ser feito por etapas e o pesquisador interessado em estudar situações regionais através do modelo Mundo3 terá de ir testando suas modificações através da geração de cenários.

Há indícios de pensamento sistêmico no grupo de pesquisa, registro este que foi possível em função do padrão de respostas encontrado em algumas questões do questionário usado no levantamento dos dados, bem como em observações escritas e diálogos entre o pesquisador e grupo de pesquisa. Como estes foram relativamente muito tênues, recomenda-se a realização de Seminários sobre pensamento sistêmico no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, com o objetivo de aproximar alunos e professores para debater de forma transdisciplinar os impactos da produção de alimentos sobre os ecossistemas e a biosfera como um todo.

Embora tenham sido registrados indícios de pensamento sistêmico, também existem resistências em considerar que a produção de alimentos causa impacto ambiental. Isto foi possível perceber em considerações feitas no grupo de pesquisa, onde um dos membros considerou que a agricultura tem pouco peso no processo de geração de poluição quando comparada com a indústria. O modelo Mundo3 apresenta algumas limitações na sua estrutura que precisam ser destacadas e estudadas em futuros trabalhos de pesquisa. No sub-sistema Agricultura o estoque de terra cultivável não entra em colapso durante a simulação. Também não existem variáveis para representar desastres naturais e epidemias, e na variável Comida os oceanos foram desconsiderados por terem uma produção insignificante quando comparada com as terras agrícolas.

## Bibliografia

- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: Ed. Universidade /UFRGS, 2000. 110p.
- BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1977. 351p.
- CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix, 1996. 256p.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988. 430p.
- CONVENÇÃO QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (1992). **Protocolos, etc., 1997. Protocolo de Quioto e legislação correlata**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas. Coleção ambiental, v. 3, 2004.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988. 430p.
- FONENELLE, A. & COUTINHO, L. O estado geral da Terra. **Veja**, São Paulo, n. 51, p.181-213, dez. 2004.
- FORRESTER, J. M. **Principles of systems**. Cambridge: Wright -Allen Press Inc.,1968.
- FONENELLE, A. & COUTINHO, L. O estado geral da Terra. **Veja**, São Paulo, n. 51, p.181-213, dez. 2004.
- FRONTIER, S. **Os ecossistemas**. Portugal: Instituto Piaget, 2001. 154p.
- KURTZ DOS SANTOS, A. C. et. al. **Modelagem Computacional Utilizando STELLA considerações teóricas e aplicações em gerenciamento, física e ecologia de sistemas**. Editora da FURG, Rio Grande, 2002.
- MEADOWS, D. L., BEHRENS III, W. W., MEADOWS, D. H., NAILL, R. F., RANDERS, J., ZAHN, E. K. O. **Dynamics of growth in finite world**. Cambridge, Massachusetts: Wright-Allen Press, Inc., 1974. 637p.
- MEADOWS, D. H., MEADOWS, D. L., RANDERS, J., BEHRENS III, W. W. **Limites do crescimento**. São Paulo: Perspectiva, 1978. 200p.
- MEADOWS, D. H. & MEADOWS, D. L. **Más allá de los límites del crecimiento**. Madrid: El país Aguilar, 1992.
- POPPER, K. R. **Objectie knowledge**. Oxford: Clarendon Press. 1972.
- RICHMOND, B. et al. **STELLA [Computer Program]**. High Performance System, Inc. Lyme, 1985.
- RICHMOND, B. et al. **An Academic User's Guide to STELLA**. High Performance System, Inc. Lyme, 1987.
- VENNIX, J. A. M. **Group model building: facilitating team learning using system dynamics**. England: John Wiley & Sons Ltd, 1999.
- VIANNA, J. C. T. **Representações do tempo e clima na formação agrônômica para agricultura (in)sustentável através de técnicas de modelagem**. Pelotas, 2005. 279f. Tese (Doutorado). Produção Vegetal. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. 2005.