

Pós-Graduação em
Desenvolvimento Sustentável

**AMAZÔNIA DOS RIOS:
MODELAGEM PARTICIPATIVA DA GESTÃO DO USO DO SOLO
PARA O EMPODERAMENTO LOCAL**

Paulo Celso dos Reis Gomes
Tese de Doutorado

Brasília – DF, abril/2008



Universidade de Brasília
Centro de Desenvolvimento Sustentável

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**AMAZÔNIA DOS RIOS:
MODELAGEM PARTICIPATIVA DA GESTÃO DO USO DO SOLO
PARA O EMPODERAMENTO LOCAL**

Paulo Celso dos Reis Gomes

Orientador: Antonio César Pinho Brasil Júnior

Tese de Doutorado

Brasília – DF, abril/2008

Gomes, Paulo Celso dos Reis.

Amazônia dos Rios: modelagem participativa da gestão do uso do solo para o empoderamento local. / Paulo Celso dos Reis Gomes
Brasília, 2008.

282 p.: il.

Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.

1. Aprendizado coletivo. 2. Cenários. 3. Simulação Multiagentes. 4. ComMod. 5. Cormas. 6. Amazônia.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

PAULO CELSO DOS REIS GOMES

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**AMAZÔNIA DOS RIOS:
MODELAGEM PARTICIPATIVA DA GESTÃO DO USO DO SOLO
PARA O EMPODERAMENTO LOCAL**

Paulo Celso dos Reis Gomes

Tese de Doutorado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutor em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão Ambiental.

Aprovado por:

Antonio César Pinho Brasil Júnior, Doutor (CDS/UnB)
(Orientador)

Dóris Aleida Villamizar Sayago, Doutora (CDS/UnB)
(Examinador Interno)

Frédéric Adelin Georges Mertens, Doutor (CDS/UnB)
(Examinador Interno)

Jean François Tourrand, Doutor (CDS/UnB)
(Examinador Interno)

Hiroshi Noda, Doutor (INPA)
(Examinador Externo)

Sandra do Nascimento Noda, Doutora (UFAM)
(Examinador Externo)

Brasília-DF, 03 de abril de 2008

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, José e Therezinha, a razão de nascer.
À Paola, minha mulher e companheira, uma razão para viver.
Aos meus filhos, Phillip, Paola e Thiago, razões para melhorar este mundo.

AGRADECIMENTOS

Ao Projeto ALPHA, pelo financiamento dos meus primeiros contatos com os SMA e a plataforma Cormas junto à equipe GREEN do Cirad, em Montpellier.

Ao IFB, pelo financiamento dos trabalhos de campo em Benjamin Constant, realizados no âmbito do projeto BIODAM.

A CAPES, pelo financiamento da minha bolsa-sanduíche no Cirad (Montpellier-França) que possibilitou o meu aprofundamento nas questões afetas aos SMA e ComMod.

Ao meu orientador Brasil, pelas conversas, conselhos e orientações que facilitaram muito o percurso desta etapa da minha vida profissional.

Ao meu co-orientador Bousquet, pelas conversas e discussões sobre o papel do pesquisador frente a situações concretas do mundo real.

Ao pesquisador Tourrand, que demonstrou que a ciência é construída por seres humanos e me mostrou como se encaminha a pesquisa nos trópicos úmidos.

Ao casal de cientistas Sandra e Hiroshi Noda, pelas conversas e discussões que foram fundamentais para o meu aprendizado sobre a Amazônia dos Rios.

Ao engenheiro Bruno Bonte, pela parceria e amizade estabelecidas nas etapas de construção do modelo informático (simulador).

Aos corpos técnicos do CDS, do ENM e do CIRAD que sempre me apoiaram durante a realização deste trabalho.

Aos corpos técnicos do DEX, do InterFoco e do CFORM, pelo apoio e compreensão na dualidade entre os papéis de diretor e aluno, que exerci simultaneamente neste último ano.

Aos corpos técnicos do NERUA, da UFAM e do INPA, pelo apoio fundamental em minhas incursões na Amazônia dos Rios.

A equipe de pesquisadores do projeto BIODAM, que iniciou um processo interno de aprendizado coletivo, e cujo caráter multidisciplinar orientou este trabalho desde o seu início.

A meus irmãos, José Augusto e Marco Aurélio, pelo apoio fraterno que foi fundamental em diversos momentos.

Aos inúmeros amigos e colegas em Brasília, Manaus, Benjamin Constant e Montpellier que, de uma ou de outra forma, me apoiaram nesta caminhada e a tornaram mais agradável.

Aos moradores das comunidades rurais de Benjamin Constant, especialmente aqueles das comunidades de São João, Nova Aliança, Novo Paraíso, Cidade Nova, Tupi I e Tupi II, pela aceitação da minha proposta de trabalho, pela participação nas atividades realizadas com suas famílias em seus lares e, principalmente, por me ensinarem outras formas de se relacionar com a natureza e com o resto do mundo.

EPÍGRAFE

“Eu tô te explicando que é pra te confundir, eu tô te confundindo que é pra te esclarecer, eu tô iluminado pra poder cegar, eu tô ficando cego pra poder guiar.”

Tom Zé

“Se o mundo é mesmo parecido com o que vejo, prefiro acreditar no mundo do meu jeito, e você estava esperando voar, mas como chegar até as nuvens com os pés no chão?”

Renato Russo

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise prospectiva de cenários das dinâmicas territoriais e sociais que envolvem as mudanças no uso e cobertura do solo nas comunidades rurais do município de Benjamin Constant (AM), da região conhecida como Amazônia dos Rios (LÉNA, 2002). Cabe ressaltar que o trabalho só pode ser efetivamente realizado devido ao apoio dos inúmeros pesquisadores, de natureza multidisciplinar, que trabalharam e ainda trabalham nessa região, especificamente, aqueles do projeto BIODAM, do NERUA e da Rede SMART. Após a qualificação dos dados disponíveis sobre as dinâmicas territoriais locais, foi realizado um trabalho de perspectivas de cenários. Para tanto, foi construído um modelo dinâmico de simulação multiagentes (SMA) (FERBER, 1995), na plataforma Cormas. O modelo Solimões incorporou os comportamentos dos agentes locais, famílias de comunidades tradicionais, os quais não estão de acordo com as noções padronizadas de lucro e maximização da utilidade. Vale ressaltar que o trabalho realizado perseguiu, em todas as suas atividades, uma abordagem construtivista e participativa, denominada de modelização de acompanhamento – *Companion Modelling* (COMMOD, 2005), a qual propõe a criação de fóruns de discussão, que possibilitem um processo de aprendizado coletivo durante a construção do modelo. Foram simulados três conjuntos de cenários, para as comunidades de São João e de Nova Aliança, com a variação: (i) no pagamento da bolsa-escola, (ii) na taxa de natalidade e (iii) na produtividade agrícola. A série de simulações de cenários realizadas mostrou que a taxa de mudança do uso e da cobertura do solo na região não é função da renda dos agentes ou da estagnação econômica da região. Na realidade, para que ocorram grandes alterações nas taxas de mudança do uso e da cobertura do solo na região, é necessário um grande crescimento populacional ou uma mudança comportamental das populações ribeirinhas, de modo que abandonem a sua estratégia tradicional de garantir sua sobrevivência e adotem uma nova estratégia de acumulação de patrimônio. Como reflexão final do trabalho fica a afirmação de que, para o modelizador atingir, simultaneamente, os maiores níveis de pertinência, coerência, adequabilidade e sustentabilidade em seu modelo, a abordagem ComMod é, atualmente, uma das metodologias com o maior potencial de sucesso para elaboração de modelos socioambientais. Uma iniciativa ComMod pode (e a meu ver, deve) ser planejada para possibilitar a apropriação do processo de modelização e, com isso, deflagrar um processo de empoderamento e autonomia das comunidades envolvidas.

Palavras-chave: Aprendizado Coletivo. Cenários. Simulação Multiagentes. ComMod. Cormas. Amazônia.

RESUMÉ

Ce travail a pour objectif de réaliser une analyse prospective des scénarios des dynamiques territoriales et sociales concernant les changements d'usage du sol et des couvertures végétales par des communautés rurales d'Amazonie. Plus spécifiquement, cette étude porte sur des communautés de la municipalité de Benjamin Constant (état de l'Amazonas au Brésil), dans la région appelée l'Amazonie des Fleuves (LENA, 2002). Elle a été possible grâce à l'appui de nombreux chercheurs, de formation pluridisciplinaire travaillant dans cette région, et plus précisément ceux du projet BIODAM, du NERUA et du réseau SMART. Après la qualification des données disponibles sur les dynamiques territoriales locales, un travail prospectif par scénarios a été mené. Pour cela, un modèle dynamique de simulation multi-agent (SMA) (FERBER, 1995) a été conçu et implémenté sur la plate forme Cormas : le modèle *Solimões*. Il mobilise les comportements d'agents locaux - des familles de communautés traditionnelles - lesquelles ne sont pas en accord avec les notions standardisées de profit et de maximisation de l'utilité. Pour toutes ses activités, le travail a procédé selon une approche constructiviste et participative, nommée modélisation d'accompagnement – *Companion Modelling* (COMMOD, 2005). Celle-ci propose la création de forums de discussion qui permettent de faire émerger un processus d'apprentissage collectif au cours de la construction du modèle. Trois ensembles de scénarios ont été simulés, pour les communautés de São João et de Nova Aliança, en faisant varier : (i) le paiement des bourses d'école, (ii) le taux de natalité et (iii) la productivité agricole. La série de simulations de ces scénarios a montré que le taux de changement dans l'usage du sol et du couvert dans la région n'est pas une fonction du revenu des agents ni de la stagnation économique régionale. En réalité, pour voir apparaître de grandes altérations de l'utilisation des sols, il est nécessaire qu'une grande croissance de la population ait lieu ou qu'un changement radical de comportement apparaisse de façon à ce que les populations riveraines abandonnent leur stratégie traditionnelle de survivance et adoptent une nouvelle stratégie d'accumulation du patrimoine. En guise de réflexion finale de ce travail, on peut affirmer que, pour que le modélisateur puisse atteindre simultanément des niveaux élevés de pertinence, de cohérence, d'adaptabilité et de durabilité dans son modèle, l'approche ComMod s'avère actuellement être une des méthodologies ayant le plus grand potentiel de succès pour l'élaboration de modèles socio-environnementaux. Une initiative ComMod peut (et, à mon avis, doit) être planifiée afin de rendre possible l'appropriation du processus de modélisation et de ce fait, engendrer un processus d'*empowerment* et d'autonomie au sein des communautés concernées.

Mots-clés: Apprentissage collectif, scénarios, simulation multi-agent, ComMod, Cormas, Amazonie, LUCC.

ABSTRACT

This study aimed to carry out a prospective analysis of scenarios involving territorial and social dynamics in land use and cover change (LUCC) at rural communities of Benjamin Constant (*Amazonas State*), region known as Rivers' Amazon (LÉNA, 2002). Work could only be carried out effectively because of many researchers support, which worked and are still working in this region, specifically, those from BIODAM Project, NERUA Team and SMART Network. After local dynamics data qualification, a prospective scenarios job was carried out. Thus, a MultiAgent Simulation (MAS) model (FERBER, 1995) was built in Cormas. This model incorporated local actors' behaviour, from traditional communities' families, which are not in accordance with standard notions of profit and utility maximization. Work used, in all its activities, a constructive and participatory approach, called Companion Modeling (COMMOD, 2005), which proposes forums' creation, that allows a collective learning process during model elaboration. There were three sets of simulated scenarios, for communities of *São João* and *Nova Aliança*, by variation of: (i) *Bolsa-Família* payment, (ii) birth rate, (iii) agricultural productivity. Scenarios simulations' series showed that land use and cover change rate in region is not function of agents' income or economic stagnation. Indeed, for major changes occurrence in land use and cover change rate, it's needed a large population growth or a great behavior change, actually by communities abandoning its traditional strategy to ensure their survival and adopting a new accumulation strategy. As a final reflection this work makes an assertion that "to achieve, simultaneously, the highest levels of relevance, consistency, appropriateness and sustainability in a socio-environmental model, ComMod approach is currently the methodology with greatest success potential". An initiative ComMod can (in my opinion, must always) be designed to enable modeling process ownership by local actors and thereby initialize communities' empowerment and autonomy processes.

Keywords: Collective Learning. Scenarios. Multiagent Simulation. ComMod. Cormas. Amazon.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura I.01 - Fluxograma da Organização do Trabalho
- Figura 1.01 – Sucessão lógica de eventos futuros que formam cenários
- Figura 1.02 – Cenários Possíveis, Realizáveis (prováveis) e Desejáveis (preferenciais)
- Figura 1.03 – Grau de envolvimento dos participantes (adaptada de VAN ASSELT e RIJKENS-KLOMP, 2002)
- Figura 1.04 - Diagrama de modelização para a simulação da dinâmica espacial (adaptada de MORSHED e BORNE, 2006)
- Figura 1.05 - Representação esquemática de um sistema socioambiental (adaptado de BOUSQUET e TREBUIL, 2006)
- Figura 1.06 - Representação esquemática de um SMA (adaptado de FERBER, 1995)
- Figura 1.07 - Interface principal Cormas
- Figura 1.08 - Entidades Cormas
- Figura 1.09 - Espaços de simulação em Cormas
- Figura 1.10 - Interface gráfica para visualizar os resultados de simulações
- Figura 1.11 - Interface para seleção do horizonte de variação do tempo na simulação
- Figura 1.12 - O processo de tomada de decisão (adaptado de WOOLDRIDGE, 2002)
- Figura 1.13 - Visão compartilhada (adaptado de BOUSQUET e TREBUIL, 2005)
- Figura 1.14 - Estágios de processos ComMod (adaptado de BARRETEAU et al., 2001)
- Figura 1.15 – A realidade, as teorias e o modelo
- Figura 1.16 – A representação da realidade em 1 modelo
- Figura 2.01 - Modelo teórico, informático e jogo de papéis
- Figura 2.02 – Variáveis que afetam as MUCS (adaptado de ANGELSEN e KAIMOWITZ, 1999)
- Figura 2.03 – Diagrama relacionando agentes sociais e suas ações sobre os espaciais
- Figura 2.04 – Mapa Cognitivo e Calendário de Produção Anual – São João
- Figura 2.05 – Fichas descritivas semelhantes a Diagramas UML
- Figura 2.06 - Ação – Causas, Interferências e Efeitos
- Figura 2.07 - Bloco de 5 ações
- Figura 2.08 - Relação entre ação, bloco e estratégia
- Figura 2.09 - Diagrama Agente X Ação – Construção participativa em São João
- Figura 2.10 - Relação entre modelo teórico e UML
- Figura 2.11 - Relações de generalização e especialização (BOMMEL e GOMES, 2007)
- Figura 2.12 - Relações de agregação e composição (BOMMEL e GOMES, 2007)
- Figura 2.13 - Relação entre classes “Empresa” e “Pessoa” (BOMMEL e GOMES, 2007)
- Figura 2.14 - Diagrama de Classe Padrão na plataforma Cormas
- Figura 2.15 - Diagrama de Atividades (BOMMEL e GOMES, 2007)

- Figura 2.16 – Diagrama de Seqüência (adaptado de BOMMEL e GOMES, 2007)
- Figura 2.17 - “Inserção” de Métodos Simples
- Figura 2.18 – Interface para inicialização e visualização de dados
- Figura 3.01 - Localização de Benjamin Constant-AM
- Figura 3.02 - Localização das comunidades rurais de Benjamin Constant
- Figura 3.03 – Diagrama esquemático da comunidade de São João
- Figura 3.04 – Fotos do sítio da comunidade de São João
- Figura 4.01 – Chuva de idéias (brainstorm) em São João
- Figura 4.02 - Diagrama Agentes X Ações
- Figura 4.03 – Relações entre a família, seus membros e sua reserva
- Figura 4.04 – As organizações da comunidade
- Figura 4.05 – Espacialidade no modelo Solimões
- Figura 4.06 – Diagrama de Classes com as relações entre as coberturas do solo
- Figura 4.07 – Diagramas de transição de estado da terra firme e da várzea
- Figura 4.08 – Diagrama de Classes com as relações entre as atividades
- Figura 4.09 – Diagrama de Classes do Modelo Solimões
- Figura 4.10 - Diagramas de Atividades Gerais – Passo Anual
- Figura 4.11 - Diagrama de Atividades Básicas Mensais (meses de cheia e de seca)
- Figura 4.12 - Diagrama de Atividades específicas dos meses de seca
- Figura 4.13 - Diagrama de Atividades específicas dos meses de cheia
- Figura 7.01 – Espiral virtuosa do ComMod com a construção e o acúmulo de conhecimentos
- Figura 7.02 - Espiral virtuosa do ComMod com incrementos de coerência e pertinência

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1.01 – Definições de Cenários (adaptado de SIMON, 2006)
- Quadro 1.02 – Correspondência entre os objetos do conhecimento e as expressões semânticas (adaptada de MILTON ET AL., 1999; apud BECU, 2006)
- Quadro 3.01 – Principais causas imediatas do desmatamento (adaptado de ANGELSEN e KAIMOWITZ, 1999)
- Quadro 3.02 - Calendário “produção” local – São João
- Quadro 3.03 - Definição dos Agentes pela Comunidade
- Quadro 3.04 - Detalhamento dos principais Agentes Espaciais pela comunidade
- Quadro 3.05 - Detalhamento dos principais Agentes Sociais pela comunidade
- Quadro 3.06 - Descrição das atividades de roça e pesca
- Quadro 4.01 – Características das comunidades rurais de Benjamin Constant
- Quadro 4.02 - Agentes presentes em BC – abordagem especialista
- Quadro 4.03 Componentes de paisagem na área rural de Benjamin Constant
- Quadro 4.04 – Ações possíveis dos agentes
- Quadro 4.05 Relação entre ações e seus parâmetros de decisão
- Quadro 4.06 – Relação entre grupos de ações e seus parâmetros de decisão
- Quadro 4.07 Variáveis de escolha para cada ação
- Quadro 4.08 – Produtividade para cada tipo de atividade produtiva
- Quadro 4.09 - Consumo mensal de cada item da reserva por componente da família
- Quadro 4.10 – Valor de venda dos produtos da comunidade no mercado local
- Quadro 4.11 Tempos gastos na manutenção de cada tipo de roça
- Quadro 4.12 - Valores de inicialização das atividades para as famílias
- Quadro 4.13 – Variáveis definidas como “provas” no modelo Solimões
- Quadro 5.01 - Fenômenos que influenciam o futuro da Amazônia
- Quadro 5.02 - Atores que influenciam o futuro da Amazônia
- Quadro 5.03 – Provas importantes identificadas no cenário inercial
- Quadro 5.04 – Correlação dos cenários nas diferentes abordagens
- Quadro 5.05 – Faixas de valores para construção dos cenários de subvenção social
- Quadro 5.06 – Faixas de valores para construção dos cenários de população
- Quadro 5.07 – Faixas de valores para construção dos cenários
- Quadro 5.08 – Faixas de valores para construção dos cenários para Nova Aliança

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 5.01 – Variações de 4 provas na simulação do cenário inercial
- Gráfico 5.02 – Variações nos gastos mensais por família (cenário inercial)
- Gráfico 5.03 – Variações no consumo de mandioca (cenário inercial)
- Gráfico 5.04 – Variações nos consumos de mandioca e feijão (família 8)
- Gráfico 6.01 – Variações nas áreas utilizadas pelas comunidades pela variação na
- Gráfico 6.02 – Variações nos gastos mensais pela variação na subvenção social
- Gráfico 6.03 – Variações nos gastos mensais para duas famílias (F4 e F13)
- Gráfico 6.04 – Variações nos gastos mensais e na geração de recursos (R\$)
- Gráfico 6.05 – Variações na área utilizada pela variação na produtividade
- Gráfico 6.06 – Variações na área utilizada por habitante pela variação na produtividade
- Gráfico 6.07 – Variações nos gastos mensais (cenário inercial – Nova Aliança)
- Gráfico 6.08 – Variações na área e na produção de mandioca (cenário inercial – Nova Aliança)
- Gráfico 6.09 – Variações na área e na produção de mandioca (cenário inercial – Nova Aliança)

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

AC - Autômatos celulares
ACE - Agent-Based Computational Economics
BC - Benjamin Constant
BDI (Belief, Desire, Intention) – Crença, Desejo, Intenção
BIODAM – Gestão da Biodiversidade e dos Recursos Naturais na Amazônia
CGE - Computer General Equilibrium
CIRAD - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
COMMOD (Companion Modelling) - Modelização de acompanhamento
CORMAS - Common-pool Resources and Multi Agent Systems
GREEN - Gestion des Ressources Renouvelables et Environnement
GPS (Global Positioning System) – Sistema de Posicionamento Global
IA - Inteligência artificial
IAD - Inteligência artificial distribuída
IBM - Individual-based modeling
INPA – Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change
JASSS - Journal of Artificial Societies and Social Simulation
MABS - Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation
MAI - Modelos de Avaliação Integrada
MC - Modelo celular
MM - Modelos Markovianos
MUCS – Mudanças no Uso e na Cobertura do Solo
NERUA - Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônico
PIB – Produto Interno Bruto
PRODESAS – Projeto de Desenvolvimento Sustentado do Alto Solimões
RPG (role play-game ou jeu de role) – Jogo de papéis
SED - Simulação espacial dinâmica
SIG – Sistema de Informações Geográficas (georeferenciados)
SMA - Simulação de Sistemas Multiagentes
SMART – Strategic Monitoring of South-American Regional Transformations
SSBA - Simulações Sociais Baseadas em Agentes
UFAM – Universidade Federal do Amazonas
UML (Unified Modelling Language) – Linguagem de Modelização Unificada

SUMARIO

INTRODUÇÃO.....	4
1 ESTADO DA ARTE.....	9
1.1 PROSPECTIVA DE CENÁRIOS.....	9
1.1.1 O pensamento Preditivo.....	14
1.1.2 O pensamento Exploratório.....	15
1.1.3 O pensamento Visionário.....	20
1.1.4 Os diversos usos de métodos de cenários.....	22
1.2 MODELOS DE SISTEMAS SOCIOAMBIENTAIS.....	27
1.2.1 Tipos de modelos.....	29
1.2.2A integração de técnicas de modelização.....	40
1.3 SIMULAÇÃO DE SISTEMAS MULTIAGENTES.....	47
1.3.1 Os SMA e a simulação de sistemas complexos.....	50
1.3.2 Agentes - autonomia, interação e coordenação.....	57
1.3.3 As plataformas SMA.....	61
1.3.4 Os desafios das pesquisas com SMA.....	68
1.4 MODELIZAÇÃO DE ACOMPANHAMENTO – COMMOD.....	70
1.4.1 Uma visão compartilhada.....	73
1.4.2 ComMod e a pesquisa científica.....	76
1.5 MODELIZAÇÃO PARTICIPATIVA: VALIDADE DAS REPRESENTAÇÕES E VALIDAÇÃO DAS SIMULAÇÕES.....	82
1.5.1 A validação científica e a participativa.....	84
1.5.2 A sustentação das simulações.....	92
1.5.3 As incertezas científicas.....	98
2 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	102
2.1 MODELO TEÓRICO.....	103
2.1.1 Agentes Espaciais e Agentes Sociais.....	107
2.1.2 Ações de cada Agente.....	108
2.1.3 Estratégias dos Agentes.....	113
2.2 FORMALIZAÇÃO DO MODELO TEÓRICO EM UML.....	118
2.2.1 O Diagrama de Classes.....	119
2.2.2 Os Diagramas de Atividades e de Seqüência.....	125
2.2.3 Verificação da Eficiência dos Diagramas UML.....	126
2.3 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO SMA.....	128
2.3.1 Classes, Atributos e Métodos.....	128
2.3.2 Ordenamento da Simulação (Schedulling).....	129

2.3.3	Visualização do Modelo.....	130
2.3.4	O Ajuste (Debugagem) do Modelo.....	132
2.4	PROSPECTIVA DE CENÁRIOS.....	134
3	BENJAMIN CONSTANT, RIOS E FRONTEIRAS.....	135
3.1	A AMAZÔNIA	135
3.1.1	Histórico da Ocupação da Amazônia.....	138
3.1.2	A Mudança no Uso e Cobertura do Solo e o Desmatamento.....	143
3.2	AS DIFERENTES AMAZÔNIAS – DAS ESTRADAS AOS RIOS.....	149
3.2.1	A Várzea e a Terra-firme.....	150
3.2.2	A atuação do Poder Público no Alto Solimões.....	153
3.3	ORGANIZAÇÃO SOCIAL – COMUNIDADES.....	155
3.3.1	As relações políticas das comunidades.....	157
3.3.2	As relações econômicas.....	159
3.3.3	A Gestão do Trabalho.....	162
3.3.4	A Gestão da Produção.....	166
3.3.5	A Roça.....	171
3.3.6	A Pesca.....	175
3.3.7	O Sítio.....	178
3.3.8	O Extrativismo Animal e Vegetal.....	180
3.4	BENJAMIN CONSTANT.....	182
3.4.1	A comunidade de São João.....	186
4	MODELIZAÇÃO DAS DINÂMICAS DE USO E COBERTURA DO SOLO EM BC.....	194
4.1	A CONSTRUÇÃO DO MODELO TEÓRICO.....	195
4.1.1	O Modelo Teórico Preliminar (abordagem especialista).....	195
4.1.2	O Modelo Teórico Final (abordagem participativa).....	207
4.2	A FORMALIZAÇÃO DO MODELO EM UML.....	212
4.2.1	Os Diagramas de Classes.....	213
4.2.2	Os Diagramas de Atividades.....	220
4.3	A CODIFICAÇÃO DO MODELO EM CORMAS.....	224
4.3.1	Classes, Atributos e Métodos.....	225
4.3.2	Ordenamento da Simulação do Modelo.....	227
4.3.3	Visualização do Modelo.....	228
4.3.4	Ajuste e Análise de Sensibilidade do Modelo.....	229
4.3.5	A “Validação” do Modelo.....	230
5	SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS.....	232

5.1 EMERGÊNCIA DE CENÁRIOS.....	238
5.2 CENÁRIOS SELECIONADOS PARA O ESTUDO DE CASO.....	243
5.2.1 Cenários pela variação da subvenção social.....	243
5.2.2 Cenários pela variação da população.....	244
5.2.3 Cenários pela variação da produtividade.....	244
5.3 CENÁRIOS PARA A COMUNIDADE DE NOVA ALIANÇA.....	245
6 ANÁLISE DE CENÁRIOS.....	247
6.1 A VARIAÇÃO DA SUBVENÇÃO SOCIAL.....	247
6.2 A VARIAÇÃO DA POPULAÇÃO.....	250
6.3 A VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE.....	252
6.4 CENÁRIOS PARA A COMUNIDADE DE NOVA ALIANÇA.....	254
7 COMMOD: APROPRIAÇÃO PARA O EMPODERAMENTO E A AUTONOMIA.....	259
7.1 A UTILIDADE DO MODELO.....	259
7.2 A RELAÇÃO ENTRE COMPLEXIDADE E SIMPLICIDADE.....	261
7.2.1 Por que simplificar um modelo?.....	262
7.2.2 Por que complexificar um modelo?.....	264
7.2.3 O desafio do modelizador: complexificar ou simplificar?.....	266
7.3 A EFETIVIDADE DO COMMOD.....	267
7.4 A APROPRIAÇÃO DO MODELO PELOS ATORES ENVOLVIDOS.....	269
7.5 O EMPODERAMENTO E A AUTONOMIA.....	273
CONCLUSÃO.....	278
REFERÊNCIAS.....	289

INTRODUÇÃO

O significado da Amazônia tem se alterado nos últimos anos, com uma valorização ecológica de dupla face: a da sobrevivência humana e a do capital natural, sobretudo a megadiversidade e a água. Sabe-se que a Amazônia sul-americana corresponde a 1/20 da superfície terrestre e a dois quintos da América do Sul; contém um quinto da disponibilidade mundial de água doce (17%) e um terço das florestas mundiais latifoliadas, mas somente 3,5 milésimos da população planetária (BECKER, 2006). Por essas razões, Becker (2006) considerara a Amazônia como o coração ecológico do planeta, *heartland*.

A Amazônia está no centro da maioria dos grandes temas ambientais globais da atualidade: (i) conservação da biodiversidade, (ii) gestão dos recursos hídricos, (iii) emissão dos gases de efeito estufa, (iv) redução do desmatamento, etc. O novo valor atribuído ao potencial de recursos naturais confere à Amazônia o significado de fronteira do uso científico-tecnológico da natureza e, em sintonia com a política da formação de grandes blocos supranacionais, revela a necessidade de pensar e agir na escala da Amazônia sul-americana.

Os processos responsáveis pelas mudanças de uso e cobertura do solo e, conseqüentemente, pelo desmatamento são basicamente os mesmos para toda a Amazônia. Entretanto, existem variações regionais causadas por fatores locais referentes ao meio ambiente, a padrões históricos e culturais e também aos níveis distintos de organização social.

As discussões atuais sobre o futuro da região amazônica, geralmente, analisam (em uma visão físico-ambiental) a mudança do uso e cobertura do solo na região representada pelo arco do desmatamento que avança sobre a floresta. Para Becker (2006), a designação “Arco de Fogo”, ou “Arco do Desmatamento”, ou “Arco de Terras Degradadas” está ultrapassada ou constitui uma maneira reducionista de captar a realidade do uso da terra na região amazônica, pois é justo nesse arco que ocorrem as inovações.

Tal designação parece estar fortemente ancorada na interpretação da imagem de satélite captada a distância, isto é, do alto, sem o embasamento necessário e imprescindível dos processos históricos que moldaram as formas de ocupação e uso do território

amazônico, ao longo do tempo. Em uma análise socioeconômica mais realista, esse “avanço” pode ser analisado como a opção dos atores locais em modificar o uso e cobertura do solo (e conseqüentemente a sua cobertura vegetal) para melhoria (ou manutenção) de sua qualidade de vida.

Diversos trabalhos que envolve estudos de cenários têm sido desenvolvidos nas áreas de maior pressão antrópica, próximas ao “arco do desmatamento”, onde existem conflitos entre colonos, madeireiros, agricultores, pecuaristas e comunidades locais. Entretanto, a discussão de cenários ainda é incipiente nas regiões centrais da Amazônia, onde a presença das comunidades tradicionais é, geralmente, associada aos baixos impactos ambientais no local e também à uma possível sustentabilidade na utilização de recursos da floresta.

O presente estudo identificou os principais processos sociais que envolvem as dinâmicas territoriais na região de Benjamin Constant, município do estado do Amazonas, da região conhecida como Amazônia Ocidental, ou Amazônia Tradicional, ou ainda Amazônia dos Rios (LÉNA, 2002).

A área foi escolhida como foco do trabalho por duas de suas características intrínsecas. A primeira, por ser uma das que recebe menor pressão antrópica, onde o modelo de desenvolvimento predatório ainda não está consolidado. Entende-se, também por este motivo, que essa seja uma área na qual as características de ocupação ocorreram e ocorrem de forma similar aos demais locais da Amazônia Tradicional e, portanto, o trabalho pode ter um grande potencial de reprodutibilidade.

A segunda característica da área fundamental a efetiva realização do trabalho é a presença de um grupo de pesquisadores, de natureza multidisciplinar, que trabalharam e ainda trabalham nessa região, especificamente, aqueles do projeto BIODAM, do NERUA e da Rede SMART. Devido a esse histórico de cientistas na região e da disponibilidade de realização de atividades em rede, o trabalho dispôs de um grande banco de dados primários e, principalmente, de um acesso muito mais fácil às comunidades, as quais estão acostumadas a participar de atividades de pesquisa-ação junto à equipe do NERUA.

Após a qualificação dos dados disponíveis sobre as dinâmicas territoriais locais, foi realizado um trabalho de prospectivas de cenários aplicado a algumas comunidades

tradicionais de Benjamin Constant. Para tanto, foi construído um modelo de simulação multiagentes, a partir da caracterização e análise dos parâmetros de decisão dos principais atores envolvidos no processo de mudança do uso e cobertura do solo na região. Vale ressaltar que o trabalho realizado perseguiu, em todas as suas atividades, uma abordagem construtivista e participativa, denominada de modelização de acompanhamento – *Companion Modelling* (COMMOD, 2005).

OBJETIVOS

O **objetivo geral** foi realizar uma análise prospectiva de cenários das dinâmicas territoriais e sociais que envolvem as mudanças no uso e cobertura do solo nas comunidades rurais da região de influência do município de Benjamin Constant, no estado do Amazonas.

Para tanto, foi elaborado um modelo de simulação socioambiental que permite estabelecer diferentes cenários para a evolução das dinâmicas territoriais e sociais na região. O modelo é dinâmico e utiliza a ferramenta de modelização por Simulação de Sistemas Multiagentes (SMA) (FERBER, 1995). A abordagem utilizada na construção do modelo foi a modelização de acompanhamento – ComMod (COMMOD, 2005).

Como **objetivos específicos**, temos:

- Realizar uma avaliação qualitativa da dinâmica de mudanças do uso e cobertura do solo da região,
- Avaliar o comportamento dos agentes locais quanto ao uso e cobertura do solo,
- Sistematizar uma base de dados regional, para a área selecionada para o estudo, o que gera conhecimento regional,
- Fazer prognósticos, pela simulação de cenários para as diferentes dinâmicas territoriais e sociais, admitindo mudanças nas suas variáveis condicionantes (parâmetros de decisão dos agentes locais),
- Verificar o potencial de “reprodutibilidade” do modelo elaborado para outras comunidades tradicionais.
- Verificar o real nível de “usabilidade” da ferramenta SMA e da abordagem ComMod.

HIPÓTESES E QUESTÕES

Algumas hipóteses e questões nortearam a realização deste trabalho:

- i) O Sistema Multiagentes é uma ferramenta adequada para a modelização das dinâmicas territoriais e sociais, especificamente, em uma região da amazônia tradicional?
- ii) A Modelização de Acompanhamento é uma abordagem adequada para a modelização das dinâmicas territoriais e sociais de populações tradicionais da amazônia?
- iii) A taxa de mudança do uso e cobertura do solo na região é função da renda dos agentes e/ou da estagnação econômica da região?
- iv) A taxa de mudança do uso e cobertura do solo na região é função da limitação tecnológica da produção agropecuária na região?

O texto está dividido em três partes: (i) a primeira contém a reflexão teórica realizada para planejar este estudo, com base, principalmente, nos conhecimentos científicos convencionais; (ii) a segunda parte contém todo o trabalho (especialista e participativo/coletivo) de construção do modelo e dos cenários de simulação, executados, sempre que possível, de forma a mesclar a participação dos conhecimentos de especialistas e dos conhecimentos populares dos atores locais e (iii) a terceira parte apresenta uma segunda reflexão teórica, fruto da análise da confrontação entre o planejamento e a realização do modelo e as conclusões e recomendações deste trabalho.

A primeira parte contém três capítulos. O primeiro capítulo é reservado ao estado da arte dos principais temas utilizados na elaboração do modelo, agrupados em cinco grandes “áreas” temáticas: (i) prospectivas de cenários, (ii) modelos socioambientais, (iii) simulação de sistemas multiagentes, (iv) modelização de acompanhamento - ComMod e (v) modelização participativa: a validade das representações e a validação das simulações. O segundo capítulo apresenta a abordagem metodológica utilizada neste trabalho, que integrou abordagens do tipo especialista e do tipo participativa. O terceiro capítulo é reservado à caracterização da região de Benjamin Constant, que tem características tanto da “Amazônia dos Rios” (LÉNA, 2002) quanto da “Amazônia das fronteiras” (BECKER, 2006) e foi dividido em quatro temas principais: (i) uma descrição da Amazônia que passa pelo histórico de sua ocupação e pelas suas constantes mudanças no uso e cobertura do solo, como o desmatamento; (ii) uma descrição da Amazônia dos Rios, que passa pela várzea amazônica, especialmente na região do alto Solimões; (iii) uma descrição da organização social das comunidades de várzea desta Amazônia e (iv) uma descrição de Benjamin Constant.

A segunda parte vai do quarto ao sexto capítulo. O quarto capítulo descreve, de forma detalhada, o processo de modelização realizado neste estudo, que parte do modelo conceitual, passa pelo modelo formalizado em UML (*Unified Modelling Language*) e chega ao modelo implementado na plataforma Cormas. O quinto capítulo apresenta as simulações dos cenários selecionados. O sexto capítulo apresenta toda a discussão e a análise dos cenários simulados.

A terceira parte contém os dois últimos capítulos da tese. O sétimo capítulo apresenta uma discussão sobre o modelo elaborado e as reais possibilidades de sua apropriação pelos atores locais, com o objetivo de empoderamento e autonomia das comunidades envolvidas. O último capítulo apresenta as conclusões do trabalho realizado e as recomendações de possível continuidade em trabalhos nesta linha de pesquisa.

As três partes desta tese podem ser lidas em qualquer ordem, pois a leitura de uma parte não é pré-requisito para a leitura de outra. A ordem de apresentação dos capítulos dentro da primeira e terceira partes do texto é uma sugestão do autor, mas também não precisa ser seguida para a leitura e compreensão daquele capítulo. Entretanto, a ordem de apresentação dos capítulos na segunda parte é altamente recomendável a ser seguida como fluxo de leitura de seus conteúdos, já que há um direcionamento intencional da agregação de suas informações. O fluxograma apresentado na Figura I.01 representa a organização deste trabalho e pode ajudar o leitor a melhor explorá-lo.

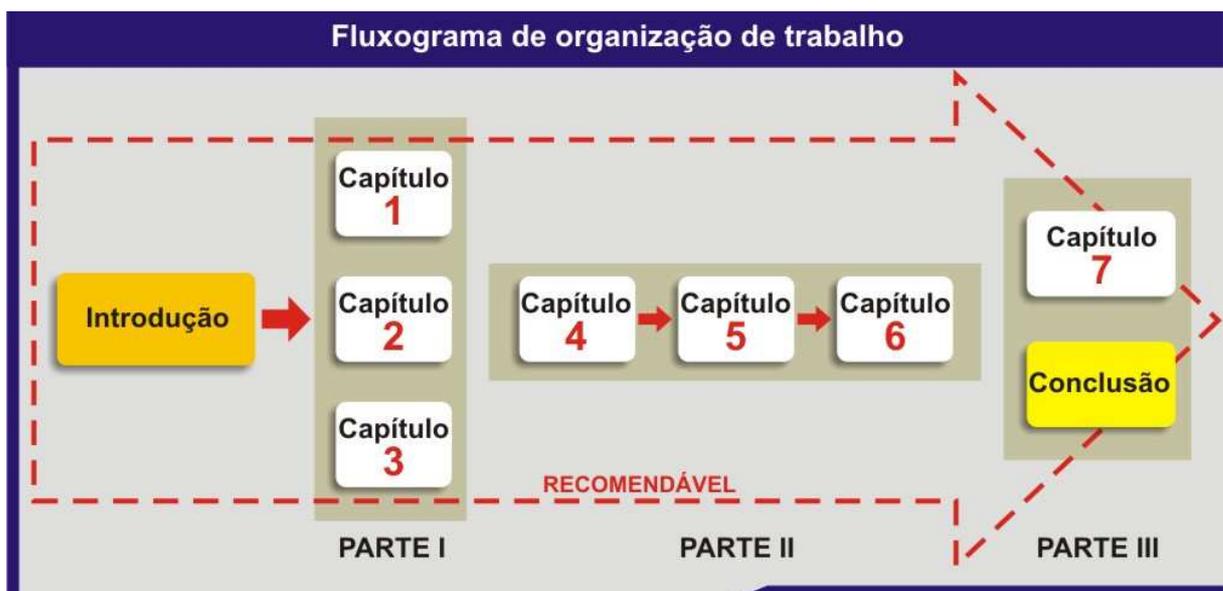


Figura I.01 - Fluxograma da Organização do Trabalho

1 ESTADO DA ARTE

Este primeiro capítulo é reservado ao estado da arte dos principais temas pesquisados e utilizados na elaboração do modelo, os quais foram agrupados em cinco grandes “áreas” temáticas: (i) prospectivas de cenários; (ii) modelos socioambientais; (iii) simulação de sistemas multiagentes; (iv) modelização de acompanhamento – ComMod - e (v) modelização participativa: a validade das representações e a validação das simulações. O fluxo de leitura dessas partes como aparece neste capítulo não é obrigatório, mas é aconselhável já que há uma perspectiva de “focalização” do conhecimento.

1.1 PROSPECTIVAS DE CENÁRIOS

Inicialmente cabe definir o que são “cenários”. Simon (2006) apresenta uma lista de definições de cenários feitas por diversos estudos e pesquisas, conforme o Quadro 1.01.

Fonte	Definição de Cenário
Schwartz (1991)	Referente ao planejamento de políticas. “Uma ferramenta para ordenar as percepções de alguém sobre os ambientes alternativos futuros nos quais as suas decisões deverão ser tomadas”.
Shoemaker (1993)	Referente ao planejamento corporativo. “Descrições focalizadas de futuros fundamentalmente diferentes apresentados em um tipo de <i>script</i> ou uma forma de narrativa”.
Godet e Roubelat (1996)	Referente ao planejamento de políticas. “Prospectiva de cenários é uma descrição de uma situação futura e o curso dos eventos os quais permitem alguém de sair de uma situação de origem e ir em direção a uma situação futura”.
Greeuw et al. (2000)	“Cenários <i>backcasting</i> se baseiam em uma situação desejada futura e oferecem um número diferente de estratégias para atingir esta situação”
Van Notten e Rotmans (2001)	“Cenários são descrições de futuros possíveis que refletem perspectivas diferentes sobre o passado, o presente e o futuro”.
Alcamo (2001)	Referente à avaliação ambiental internacional. “O IPCC descreve cenários como imagens do futuro, as quais não são nem visões nem previsões, mas sim uma imagem alternativa de como o futuro poderia se revelar” .
United Nations Environment Program (2002)	Referente à avaliação ambiental internacional. “Cenários são descrições de jornadas para possíveis futuros. Eles refletem considerações diferentes sobre como as tendências atuais se desenvolverão, como incertezas críticas se darão e que novos fatores deverão ser considerados”.
Henrichs (2003)	Referente à avaliação ambiental internacional. “Uma descrição plausível de como o futuro pode se revelar baseada em um conjunto de proposições do tipo if-then-else”.
Van der Heijden (2004)	Referente à o planejamento de políticas. “Descrições desafiadoras e internamente consistentes de futuros possíveis (...) com o intuito de serem representativas das faixas de possíveis desenvolvimentos e resultados futuros no mundo externo”.
Dreborg (2004)	“Previsões, via de regra, são condicionais, ou seja, elas são baseadas em um conjunto de considerações. Alguns analistas chamam isto de cenários”.

Quadro 1.01 – Definições de Cenários (adaptado de SIMON, 2006)

Segundo Porto *et al.* (2005), cenários são imagens do futuro, descritas “cena por cena”. Cenários também podem ser descritos como jogos coerentes de hipóteses. Uma definição mais detalhada é que cenários são o conjunto formado pela descrição de uma situação de origem e dos acontecimentos que conduzem à situação futura, e esse conjunto de acontecimentos e situações deve apresentar uma certa coerência.

Cada cenário procura estabelecer uma sucessão lógica de eventos, de forma que, partindo-se do presente (ou de uma dada situação), possa se visualizar como pode se chegar, passo a passo, a uma situação futura (Figura 1.01). A perspectiva de cenários é uma reflexão sistemática que visa orientar a ação presente à luz dos futuros possíveis. A perspectiva de cenários não pretende eliminar a incerteza, visa somente organizá-la e reduzi-la a um leque de possibilidades que seja administrável.

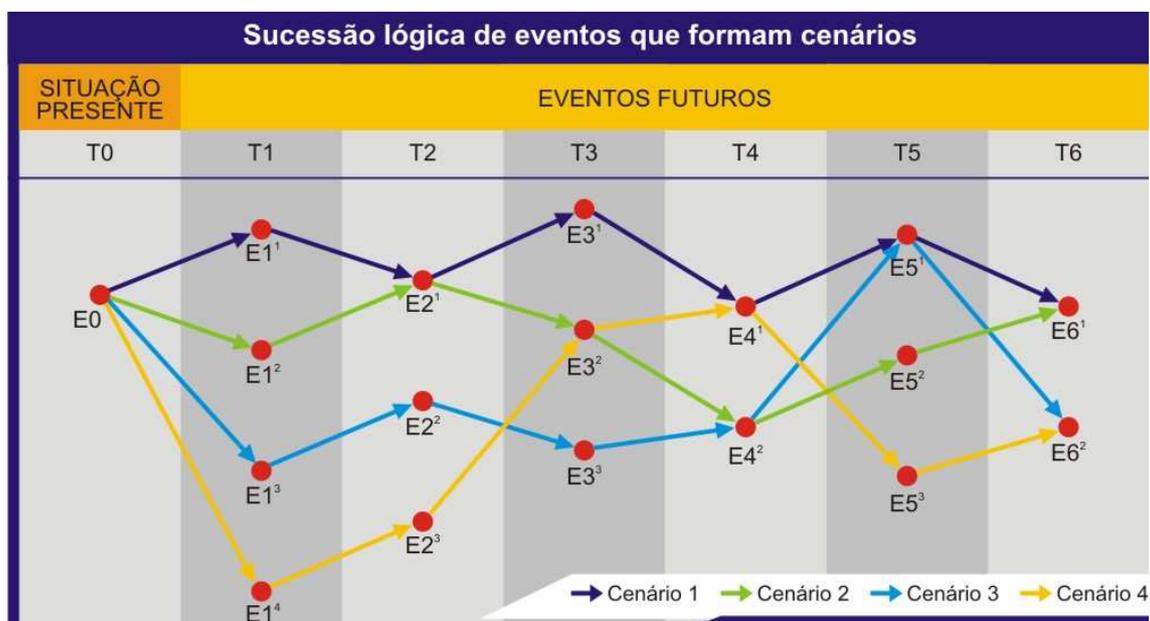


Figura 1.01 – Sucessão lógica de eventos futuros que formam cenários

A revisão bibliográfica de cenários ou de métodos de cenários tem poucas citações de seu uso na perspectiva da microescala (SIMON, 2006). A maioria das reflexões sobre os princípios e conceitos das pesquisas em cenários foi produzida em referência a empresas corporativas e processos de tomada de decisão na macroescala. Os fundamentos do uso da perspectiva de cenários com um foco geográfico mais limitado ou um foco mais social tem tido pouca consideração até o momento.

Desde os anos 50, o interesse em explorar o futuro se desenvolveu em um grande número de setores (militar, negócios, industrial etc.), e uma variedade de disciplinas foi se envolvendo nos estudos de futuro (administração, ciências sociais e econômicas, ciências naturais etc). Um grupo diversificado de tomadores de decisão, consultores e pesquisadores desenvolveu e usou cenários de diferentes maneiras (GREEUW et al. 2000). Atualmente, os estudos de futuro consistem num conjunto vasto de estudos e abordagens, e a área mais parece um “multicampo muito embaralhado” (MARIEN, 2002).

De um modo geral, a metodologia básica das previsões tradicionais é a extrapolação para o futuro de tendências verificadas no passado. Entretanto, a abordagem meramente extrapolativa está historicamente superada e, na maioria dos casos, seu uso é inadequado ou insuficiente para prognosticar o futuro na grande maioria dos casos (PORTO et al., 2005).

Para Porto et al. (2005), a abordagem extrapolativa tem uma incapacidade de lidar com a incerteza: seus métodos não possuem a flexibilidade para antecipar ou evidenciar mudanças qualitativas no futuro, fenômeno cada vez mais freqüente. Mas a principal deficiência da metodologia extrapolativa é ver o futuro com os “olhos” no passado. Isto corresponde a ignorar todas as mudanças latentes ou em andamento e admitir a reprodução das condições vigentes até o horizonte da projeção.

Outra alternativa para previsões consiste em projetar para o futuro a situação vigente no presente, ou em um passado muito recente. O uso desta abordagem tem demonstrado que, como menosprezam o passado, mas também minimizam ou ignoram a possibilidade de mudanças qualitativas no futuro, tais projeções baseadas exclusivamente na conjuntura presente induzem a erros muito mais freqüentes que os da extrapolação simples.

Atualmente, a análise prospectiva por meio de cenários é a alternativa que parece ser a mais adequada para trabalhar com o futuro. A prospectiva, segundo Godet (1983; apud PORTO et al., 2005), é uma reflexão sistemática que visa orientar a ação presente à luz dos futuros possíveis. Atualmente, a reflexão prospectiva se impõe em razão dos efeitos conjugados de dois fatores principais:

- a) a aceleração das mudanças técnicas, econômicas e sociais que exige uma visão a longo prazo;
- b) os fatores de inércia ligados às estruturas e comportamentos, cuja dinâmica é peculiar.

Portanto, é preciso considerar as incertezas quanto ao futuro e aprender a lidar com elas. Diversos métodos e técnicas têm sido criados, desde modelos matemáticos sofisticados até métodos rigorosos de organização, estruturação e hierarquização de variáveis dinâmicas em interação na mudança social. Entre estes, o método de cenários pode ser considerado como um dos mais completos processos para a antecipação de futuros (PORTO et al., 2005). Os cenários reduzem a incerteza em frente ao futuro sem cair no determinismo, ao trabalhar com mais de uma alternativa.

Cabe ressaltar que a antecipação de futuros prováveis por meio de cenários não é apenas um exercício especulativo, de pouca utilidade prática. Quando bem executada, ela serve para preparar a ação em frente a discontinuidades, oportunidades ou ameaças possíveis. Na verdade, não importa qual será o futuro exato, o mais importante é ter ações pré-planejadas para executar no caso em que um cenário específico ocorra (GEUS, 1997; apud PORTO et al., 2005).

Ao contrário das concepções determinísticas, a análise prospectiva parte do princípio de que o futuro é incerto e indeterminado e os atores sociais têm múltiplas alternativas. O pressuposto central é que o futuro é construído pela prática social, pela ação dos homens organizados que têm projetos, vontades, conflitos e, sobretudo, fazem escolhas e correm riscos com uma “visão” dos prováveis futuros (PORTO et al., 2005). A história é uma resultante da ação dos homens e pode seguir caminhos diversos, definidos pelos interesses em jogo, pelas circunstâncias políticas e pelos constrangimentos culturais.

Segundo Porto et al. (2005), quatro condições devem ser consideradas na formulação e análise de cenários:

- a) no mundo real, nenhum cenário acontece exatamente como descrito;
- b) a trajetória da realidade evolui dentro do conjunto de cenários traçados, combinando aspectos de um e de outro;

- c) um bom conjunto de cenários tem grande utilidade como sistema de referência para atingir um futuro determinado;
- d) um conjunto de cenários, explícita e adequadamente utilizado, reduz os conflitos de percepção a respeito do futuro e melhora a qualidade das decisões estratégicas, tornando-as mais controláveis e avaliáveis.

Segundo Börjeson et al. (2006), as principais técnicas utilizadas para os estudos de cenários são:

- a) técnicas geradoras, para gerar e coletar idéias, conhecimento e pontos de vista (oficinas, painéis ou pesquisas);
- b) técnicas integradoras, para integrar as partes em um todo (modelos matemáticos como análises de séries temporais, modelos explicativos e modelos de otimização ou modelos conceituais);
- c) técnicas de consistência, para garantir a consistência entre ou dentro de cenários (análises de impacto cruzado ou análises morfológicas de campo).

Alcamo (2001) descreve os elementos principais, típicos de cenários em estudos ambientais:

- a) descrição de mudanças *step-wise* (temperatura e outras variáveis climáticas, por exemplo);
- b) forças direcionadoras, que são os fatores determinantes que influenciam as mudanças descritas nos cenários (população, crescimento econômico, eficiência energética);
- c) ano-base, que é o tempo inicial do cenário; para cenários quantitativos, geralmente, é o ano mais recente com bases de dados adequadas disponíveis;
- d) horizonte e “passos” do tempo; o horizonte descreve o futuro mais distante coberto pelos cenários; o passo são as subdivisões (equivalentes e sucessivas) do tempo compreendido entre o horizonte e o ano-base; quanto maior o número de passos, maior o esforço analítico necessário.

Godet e Roubelat (1996) propuseram uma classificação de cenários de acordo com sua abrangência no “espaço de cenários” (Figura 1.02): (i) cenários possíveis, tudo que pode ser imaginado, (ii) cenários realizáveis, tudo que se mantém possível quando se consideram as restrições, (iii) cenários desejáveis, os quais atendem interesses e valores considerados (são possíveis, no entanto podem não ser realizáveis).

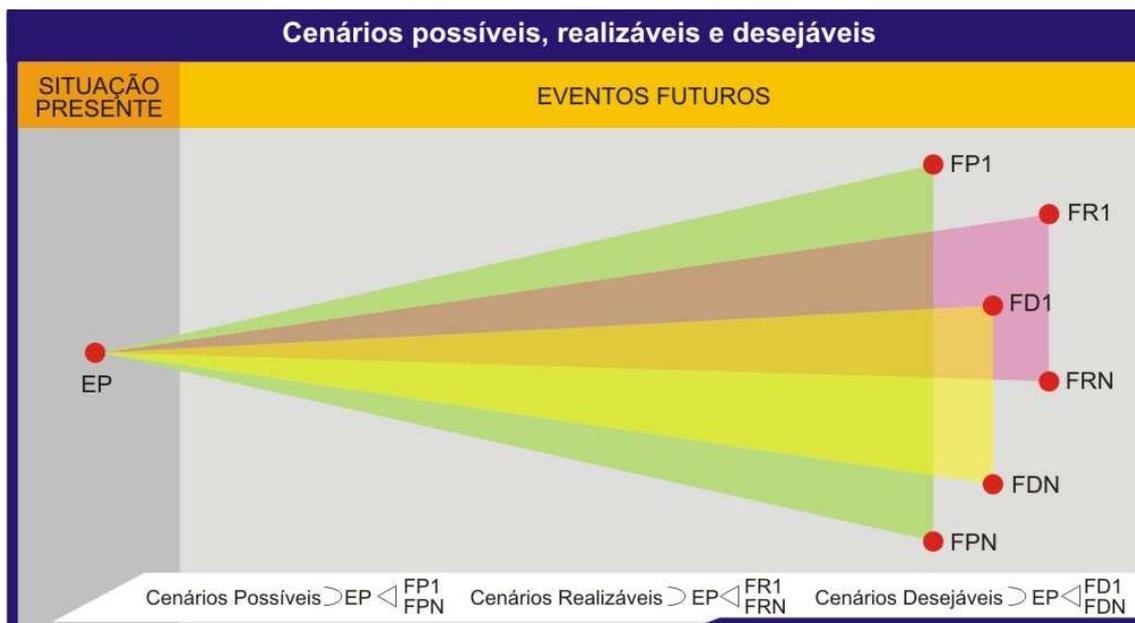


Figura 1.02 – Cenários Possíveis, Realizáveis (prováveis) e Desejáveis (preferenciais)

A variedade nas abordagens usadas em prospectivas de futuro pode, portanto, agrupar três categorias de exploração de futuros específicas (BÖRJESON et al., 2006): (i) os prováveis (análogo aos realizáveis), (ii) os possíveis, e (iii) os preferenciais (análogo aos preferenciais). Essas três abordagens respondem respectivamente às três questões que um tomador de decisão pode fazer sobre o futuro: (i) ‘O que vai acontecer?’ (ii) ‘O que pode acontecer?’ e (iii) ‘Como uma meta específica pode ser alcançada?’. Três modos de raciocínio clássicos correspondentes a estas categorias têm sido desenvolvidos: (i) o pensamento preditivo, para analisar cenários de futuros prováveis; (ii) o pensamento exploratório (a lógica das eventualidades), para analisar cenários de futuros possíveis e (iii) o pensamento visionário, para analisar cenários de futuros preferenciais (DREBORG, 2004).

1.1.1 O pensamento Preditivo

O pensamento preditivo tem uma longa tradição que retoma à antiguidade. A idéia é entender ou pelo menos ter uma indicação do que vai acontecer tentando encontrar o desenvolvimento mais similar no futuro, de forma a procurar estar mais bem preparado. Os cientistas entendem a previsão como uma melhor estimativa possível para as condições futuras; quanto menos sensível for a previsão em relação aos condutores do estudo, melhor. Börjeson et al. (2006) subdividem os cenários preditivos em: (i) previsões, que desenvolvem cenários “inerciais”, sem grandes

modificações e (ii) cenários “o que-se” (*what-if*), que investigam o desenvolvimento de cenários sob condições específicas de ocorrência de eventos futuros relevantes que modificam substancialmente as condições iniciais.

O pensamento preditivo, tradicionalmente, aplica técnicas quantitativas e está baseado em (DREBORG, 2004): (i) extrapolação de tendências, ou (ii) modelos preditivos. Quando há poucos dados, modelos inadequados, falta de tempo ou recursos para realizar um estudo científico profundo, ou quando a complexidade do problema a tratar é muito grande, os painéis de especialistas podem se mostrar mais apropriados. A técnica mais utilizada nesse caso é o Método Delphi clássico ou modificado (BÖRJESON et al. 2006).

A extrapolação de tendências tem como hipótese central: os padrões ocorridos no passado continuarão a ocorrer no futuro. A análise pode ser quantitativa ou qualitativa e os modelos utilizados são denominados modelos projetivos (VAN ITTERSUM et al., 1998). No caso de estudos sobre o uso da terra, esses modelos estudam a cobertura da terra no passado e as mudanças no uso da terra em relação a parâmetros biofísicos e socioeconômicos, os modelos projetam as tendências do futuro gerando certas alterações nesses parâmetros. Algumas hipóteses sobre o desenvolvimento do futuro são feitas para demonstrar como foram modelizadas as dinâmicas, que são conhecidas como cenários-base na literatura.

Os métodos preditivos foram desenvolvidos para responder a cenários com questões do tipo “o que-se?”. A idéia é que o futuro não pode ser visto apenas como uma extrapolação das tendências atuais, e a meta é analisar os efeitos de mudanças prováveis, como um resultado de quais otimizações ou simulações são necessárias. O uso de modelos preditivos geralmente se baseia em modelos computacionais (de diferentes tipos) para representar o sistema em estudo. No campo de mudanças do uso da terra, a técnica de *farm household* (FHM) é muito utilizada, na qual os cenários de políticas simuladas são combinações alternativas de medidas políticas existentes (políticas de preços, reforma estrutural, acesso a tecnologias apropriadas etc.). Os impactos desses cenários de políticas são geralmente avaliados confrontando-os com os resultados de uma simulação de cenário-base no mesmo modelo, no qual os comportamentos e as atividades atuais são refletidos (KRUSEMAN e BADE, 1998; apud SIMON, 2006).

1.1.2 O pensamento Exploratório

O modo de pensamento exploratório, também denominado de lógica das eventualidades, é caracterizado pela abertura a diversos desenvolvimentos diferentes do futuro. Novamente a idéia é estar mais bem preparado para resolver situações emergentes com a certeza de que ninguém pode saber o que realmente vai acontecer. A meta em estudos de cenários exploratórios é explorar situações ou desenvolvimentos que são considerados possíveis de ocorrer, a partir de uma variedade de perspectivas.

Tipicamente, um conjunto de cenários é trabalhado para expandir o escopo de desenvolvimentos possíveis (BÖRJESON et al. 2006), o que se assemelha aos cenários preditivos “o que se?”. Mas os cenários exploratórios são elaborados com um horizonte de tempo muito longo, e diferentes valores são atribuídos a cada cenário. O objetivo principal é estimular um pensamento criativo e ganhar novos pontos de vista sobre a forma como os processos sociais influenciam um ao outro (GREEUW et al., 2000). Ademais, em cenários exploratórios, o foco está muito mais no desenvolvimento do cenário (o processo como meio) do que nas saídas ou resultados do processo (o processo como fim) (VAN NOTTEN et al, 2003). Em um exercício de cenários exploratórios, o processo é geralmente tão importante quanto o produto, em alguns casos, o produto chega a ser descartado ao final do processo.

As metas de estudos de cenários exploratórios geralmente são (BÖRJESON et al. 2006):

- a) apoiar o planejamento das decisões (política, gestão, desenvolvimento local),
- b) educar/ensinar usuários, como estudantes, cidadãos ou pupilos,
- c) aumentar a consciência dos usuários, como políticos e atores locais,
- d) apoiar o processo de comunicação entre os participantes,
- e) explorar o espaço de oportunidades e apoiar a formulação de objetivos desejáveis e praticáveis,
- f) compreender melhor o funcionamento de um sistema dinâmico por meio de cenários e observar a influência de diversos indicadores.

Börjeson et al. (2006) subdivide os cenários exploratórios em: (i) cenários externos, que focam em fatores que estão fora do controle dos atores relevantes do

sistema, e (ii) cenários estratégicos, que focam em fatores internos, incorporando as ações políticas internas.

O método mais utilizado para construir cenários externos é o planejamento de cenários, também conhecido como Análise de Cenários ou Método de Aprendizado de Cenários (BOUSSET et al., 2005). O planejamento de cenários foi estabelecido para criar estratégias de negócios que sejam robustas mediante uma faixa de diferentes desenvolvimentos de cenários possíveis (VAN DER HEIJDEN, 2004; apud SIMON, 2006). O planejamento de cenários tem demonstrado uma habilidade para ajudar formuladores de políticas a antecipar fraquezas e inflexibilidades ocultas nos métodos e nas organizações. Ele também contribui para a criação de um entendimento comum em organizações, sobretudo, quando pessoas de diferentes históricos e com diferentes objetivos se encontram.

O planejamento de cenários é uma abordagem para estratégias que considera as incertezas de uma maneira que o planejamento estratégico tradicional não consegue. Duas técnicas são utilizadas geralmente para mapear as incertezas: a análise dimensional e a técnica dos eixos de cenários. Uma característica típica do planejamento de cenários contemporâneo é o envolvimento dos tomadores de decisão e dos atores locais importantes no processo de desenvolvimento dos cenários, em adição ao tradicional grupo composto por especialistas e cientistas. O envolvimento de atores locais é feito em diferentes níveis, de uma simples entrevista a oficinas (BÖRJESON et al, 2006), com o objetivo de garantir a qualidade das entradas científicas no processo de construção de cenários. Esta tendência remonta os objetivos da “ciência pós-normal” para formular um processo de produção do conhecimento mais orientado socialmente (RIS et al., 2006).

Chermack et al. (2006; apud SIMON, 2006) descrevem, de forma clara e coerente, os passos metodológicos para realizar o planejamento de cenários:

- a) Identificar uma agenda organizacional estratégica, incluindo hipóteses e considerações sobre visão e pensamento estratégicos.
- b) Confrontar as hipóteses existentes dos tomadores de decisão organizacionais pelo questionamento dos seus modelos mentais correntes sobre o ambiente externo.
- c) Examinar sistematicamente o ambiente externo às organizações para melhorar o entendimento da estrutura das forças condutoras de mudanças.

- d) Sintetizar as informações sobre futuros eventos possíveis em três ou quatro alternativas (desenhos ou *story-lines*) de futuros possíveis.
- e) Desenvolver narrativas das *story-lines* para torná-las relevantes e atraentes para os tomadores de decisão.
- f) Utilizar as histórias para ajudar os tomadores de decisão a rever seu pensamento estratégico.

Para Rotmans et al. (2000) uma *Story-line* pode ser definida em uma abordagem que envolve uma combinação de conhecimento e especialização providos por vários especialistas na forma de pesquisa da literatura e um formato livre de pensamento criativo por atores locais selecionados. Isso leva a uma multiplicidade de idéias, as quais são então estruturadas por meio de seu agrupamento e priorização, o que leva às denominadas *story-lines*. *Story-lines* são sequências de eventos, conectados de uma maneira lógica e consistente. Essas histórias geram caminhos de futuro não convencionais, os quais vão além da percepção usual. As *story-lines* produzidas pelos atores locais são agregadas primeiramente em um conjunto limitado de *story-lines* comuns e depois são expandidas e enriquecidas, utilizando-se o material da pesquisa.

Os cenários estratégicos são utilizados para testar diferentes cenários e estudar seus impactos sobre algumas variáveis-alvo. Esse método tem algumas similaridades com a construção de cenários “o que se?”, vários estudos integram dados quantitativos e o uso de técnicas computacionais. Em alguns casos, os modelos de programação e os modelos de simulação têm sido utilizados para testar cenários estratégicos. Na área de mudanças de uso da terra, um procedimento freqüente é a programação linear de múltiplos objetivos para gerar opções ótimas de uso da terra sob um conjunto diferente de objetivos e restrições (VAN ITTERSUM et al., 1998).

Apesar de os modelos de programação linear serem os mais comumente encontrados na literatura, às técnicas de modelização testadas e estabelecidas têm sido agregados métodos como autômatos celulares e modelos baseados em agentes (MANSON, 2002). O uso de sistemas multiagentes permite capturar mais facilmente as interações espaciais e temporais, e tem provado uma boa adaptabilidade quando a heterogeneidade e as interações entre agentes e ambientes são significativas (ETIENNE e LE PAGE, 2002; BOUSQUET e LE PAGE, 2004).

O método de análise de cenários para empoderamento dos atores locais difere do método clássico por envolver completamente os usuários no processo de construção de cenários alternativos. Eles incluem uma sucessão de passos “padrão” em vez de variações nos índices de acordo com os recursos dados, os incentivos e as capacidades organizacionais dentro do projeto.

Os onze passos para realizar um processo participativo de construção de cenários exploratórios em contextos de desenvolvimento local foram descritos por Wollenberg et al. (2000):

1. Solicitar aos participantes uma discussão sobre as diversas incertezas.
2. Solicitar aos participantes quais dimensões e faixas de importância e incerteza eles preferem explorar em mais detalhes através de cenários possíveis no sistema em estudo.
3. Para cada incerteza, é desejável especificar um conjunto de cenários demonstrando uma faixa possível de valores, baseados em pressuposições ou princípios, e destacando os riscos potenciais de cada cenário.
4. Para estimular a criatividade e trazer à tona “pólos” no cenário proposto, é apropriado utilizar saídas extremas (não apenas aquelas previsíveis). Deve-se focalizar primeiro em temas divergentes (em vez daqueles que refletem gradientes como altos, médios e baixos valores) mesmo que sejam incluídos temas indesejáveis, para criar quebras nas tendências históricas e construir o “cenário anterior” a partir de futuros imaginados, com o objetivo de não cair em simples extrapolação das tendências atuais.
5. Escolher um número de cenários iniciais para gerar os cenários correspondentes a eles no desenvolvimento de um tema específico.
6. Formar pequenos grupos e atribuir um cenário-tema para cada grupo.
7. Solicitar aos participantes em cada grupo que escolham um tempo-alvo no futuro, para o qual eles esperam que a incerteza perca força e ocorra um bom impacto no cenário-tema.
8. Solicitar a cada grupo que desenhe uma figura (ou exprima de outra forma) da condição presente e futura relacionadas ao seu cenário-tema.
9. Solicitar aos participantes que descrevam os recursos, atores, instituições, eventos e relações entre eles em cada figura (presente e futuro).
10. Fazer os participantes narrarem uma história que explique o que aconteceu (ou acontece) para fazer a transição entre as figuras do presente e do futuro. Para que essa história seja uma *story-line*, é necessário, durante a narrativa da história,

dar assistência aos participantes e trabalhar com eles para identificar tendências previsíveis que afetam os elementos, as incertezas e os principais modificadores de curso potenciais.

11. Trabalhar com os participantes para desenvolver uma forma de expressar sua estória e destacar os pontos principais.

Lancker e Nijkamp (1999; apud SIMON, 2006), da sua vez, descreveram os cinco passos necessários para realizar a construção de cenários estratégicos:

1. Uma variável-meta é definida, por exemplo, o desenvolvimento sustentável agrícola.
2. Alguns indicadores relevantes são selecionados conforme a variável-meta e os marcos do sistema estudado. Esses indicadores podem ser biofísicos, sociais ou econômicos. Eles são geralmente definidos por um painel de especialistas.
3. Um valor limite crítico (VLC) é estabelecido para cada indicador, geralmente pelo mesmo painel de especialistas. Para considerar as incertezas, os especialistas devem estabelecer uma faixa aceitável de VLC (mínimo e máximo).
4. Alguns cenários políticos são formulados. A faixa de políticas possíveis que afetam a variável-meta é mensurável, motivo pelo qual apenas algumas poucas políticas divergentes são escolhidas. Alguns estudos prévios podem ser úteis para escolher os cenários políticos que devem ser analisados.
5. Uma análise de impactos quantitativa é feita para cada cenário político pelos indicadores escolhidos e sua respectiva faixa de VLC.

1.1.3 O pensamento Visionário

O pensamento visionário, ou pensamento normativo, significa visualizar como a sociedade (ou um setor dela, ou uma atividade específica) pode ser concebida para melhorar seu modo de funcionamento atual. Pretende-se sugerir soluções para um problema social fundamental ao se estabelecerem metas visionárias e se explorarem os caminhos que levam a atingir essas metas.

Börjeson et al. (2006) subdividem os cenários normativos em: (i) cenários preservadores, construídos para descobrir como uma meta específica pode ser atingida de forma mais eficiente, respondendo à pergunta “Como uma meta X pode ser atingida realizando pequenos ajustes na situação atual?”; e (ii) cenários

transformadores, elaborados quando um pequeno ajuste no desenvolvimento corrente não é suficiente e uma quebra da tendência é necessária para atingir as metas estabelecidas, respondendo à pergunta “Como uma meta X pode ser atingida quando a estrutura central do sistema atual necessariamente será alterada?”. O primeiro tipo (cenários preservadores) é utilizado, principalmente, para planejamento regional. O segundo tipo (cenários transformadores) é o mais encontrado na literatura científica e está fortemente ligado à abordagem de *backcasting* (DREBORG, 1996; ROBINSON, 2003).

A abordagem de *backcasting* pode ser descrita como um exercício no qual se trabalha dos cenários desejáveis para trás com o objetivo de se determinar que tipo de medidas seriam necessárias para atingi-lo. O uso de métodos de *backcasting* não é apenas sobre como futuros desejáveis podem ser atingidos, mas também sobre a análise dos níveis para os quais futuros indesejáveis podem ser evitados ou enfrentados (ROBINSON, 1990).

A abordagem de estudos de futuro pelo pensamento visionário envolve o desenvolvimento de cenários normativos (também conhecido por cenários antecipatórios ou prescritivos) indicado para explorar a factibilidade e as implicações de se atingir pontos finais ou um conjunto de metas desejado. Essa abordagem pretende responder à questão “O que você deve fazer para atingir uma meta definida?” (ROBINSON, 2003). O modo de pensamento visionário pode ser ilustrado pela afirmação do gato (na conhecida fábula “Alice no país das maravilhas”) “Se você não sabe para onde quer ir, não importa qual estrada você seguirá”. Imagens (ou visões) de futuros desejáveis (sustentáveis) são definidas, em seguida deve-se “olhar para trás” para descobrir como esse futuro desejável pode ser atingido, antes de definir e planejar atividades e estratégias de desenvolvimento que levem para esse futuro desejável (QUIST e VERGRAGT, 2006).

Devido à sua característica normativa de solução de problemas, o modo de pensamento visionário é mais indicado para problemas e soluções de longo prazo (QUIST e VERGRAGT, 2006), nos casos de problemas complexos e nos casos de necessidade de grandes mudanças (DREBORG, 2004; apud SIMON, 2006) no sistema. Essa abordagem normativa tem a vantagem adicional de introduzir as questões das escolhas políticas sob análise, o que a torna mais transparente quanto a

impossibilidade de se criar um manto aparentemente neutro da objetividade científica para justificar decisões tomadas por outras razões (ROBINSON, 2003).

Os nove passos para realizar processo de construção de cenários visionários em contextos de desenvolvimento local foram descritos por Wollenberg et al. (2000):

1. Solicitar aos participantes que produzam uma visão do que eles gostariam de ver modificado no seu sistema. A questão pode ser geral ou específica.
2. Dar aos participantes a chance de refletir individualmente ou em grupos focais de discussão para iniciar o processo visionário. Conforme o nível de complexidade da informação desejada na visão ou a quantidade de consultas a informações adicionais necessárias, este passo pode levar desde alguns minutos até dias.
3. Solicitar aos participantes que apresentem seus cenários para os outros. Meios simples como esquemas em quadros negros ou papéis pardos ou enquetes teatrais podem ser suficientes. As apresentações devem ser acompanhadas por explicações dos criadores.
4. Facilitar a discussão entre os participantes sobre as implicações dos cenários apresentados e os pontos de ação relacionados.
5. Solicitar aos participantes que caracterizem os recursos atuais, atores, instituições, eventos e relações entre eles (correspondentes à imagem atual do sistema).
6. Solicitar aos participantes que confrontem as duas imagens, atual e desejável, em pequenos grupos ou individualmente.
7. Trabalhar com os participantes para identificar as principais restrições e oportunidades para atingir a sua visão, dada a imagem atual. Quais são as capacidades e fraquezas existentes entre os atores para atingir a sua visão? Quais são as forças externas que afetam suas capacidades de atingir esta visão?
8. Solicitar aos participantes que realizem uma discussão (*brainstorm*) sobre uma estratégia para atingir sua visão, dadas essas restrições e oportunidades identificadas.
9. Convidar os participantes a refletir sobre as diferenças entre as estratégias de cada grupo, relacionando a visão e os cenários projetados para facilitar pontos de discussão e produzindo pontos de ação.

1.1.4 Os diversos usos de métodos de cenários

O modo de pensamento aplicado às prospectivas de futuro está intimamente relacionado com a natureza do projeto de cenário. Para cada um dos modos de pensamento, diversos métodos de cenários têm sido desenvolvidos, conforme as características dos sistemas considerados, o grau de envolvimento dos atores locais, ou o foco do exercício de cenário e seu propósito específico (WESTHOEK et al., 2006). Os métodos de cenários podem ser considerados aplicados como suporte para seis tipos de propósitos (SIMON, 2006):

- a) Otimização de políticas, como resposta a uma questão para atender um objetivo particular: o mais rápido, o mais seguro, o mais efetivo (custo), o mais favorável. O horizonte de exploração é, no máximo, de 15 anos (pensamento visionário).
- b) Construção visionária, que responde a “Por qual futuro nós queremos lutar?” ou “Qual futuro queremos evitar a qualquer custo?”. O horizonte de exploração é, no mínimo, de 25 anos (pensamento visionário).
- c) Orientação estratégica, que responde a “Quais alternativas nós devemos preparar?” e “O que fazer se nossa direção geral estiver errada ou muito arriscada?”. O horizonte de exploração pode chegar a décadas (pensamento exploratório).
- d) Processo de comunicação e aprendizagem social, que pretende aumentar a consciência, o conhecimento da questão ambiental, iniciar processos de aprendizagem e expandir a percepção de possíveis eventos futuros. O horizonte de exploração é, no máximo, de 25 anos (pensamento exploratório).
- e) Avaliação de impacto (de políticas), que descrevem um grupo de conseqüências possíveis de decisões estratégicas (pensamento preditivo ou exploratório).
- f) Processos de pesquisa científica, que tentam integrar informação de diferentes campos e exploram desenvolvimentos possíveis (pensamento preditivo ou exploratório).

Desde suas primeiras aplicações, os métodos de cenários evoluíram para incluir uma variedade de objetivos e passos. Essa evolução nos estudos de cenários tem aumentado o seu escopo e os seus campos de aplicação. O crescente reconhecimento da importância das relações entre setores, sociedade e o ambiente levaram ao investimento em metodologias inovadoras e dinâmicas (LAMBIN e GEIST, 2002; WALKER et al., 2004; WITTMER et al., 2006).

Devido à utilização crescente de estudos de futuros em áreas de interesse social, os métodos de cenários se diversificaram largamente nas últimas décadas, criando novos métodos específicos ou adaptando métodos para outros propósitos. O conjunto de métodos de cenários e as suas aplicações correntes podem, entretanto, ser consideradas como variações das “abordagens clássicas” que estão baseadas em um dos três modos de pensamento e um grande grupo de abordagens “híbridas” que utilizam e combinam princípios das abordagens clássicas sob uma variedade de perspectivas (GREEUW et al., 2000; BÖRJESON et al., 2006). Marien (2002) considera que a grande maioria dos cientistas que realizam prospectivas de cenários futuros ainda pensa em apenas uma, ou no máximo duas categorias entre: provável, possível ou preferencial. Dreborg (2004; apud SIMON, 2006) argumenta que tipicamente um destes modos de pensamento e um método relacionado são dominantes e dão ao estudo de futuro suas características.

Na prática, pode ser difícil distinguir claramente entre os diferentes tipos de cenários, como no caso dos cenários de previsões, os cenários *what-if* e os cenários exploratórios. Ainda resta uma “zona cinzenta” entre os tipos de cenários, e as classificações de tipos de cenários devem ser vistas apenas como pontos de referência (BÖRJESON et al., 2006).

Robinson (2003) afirma que as grandes distinções entre as diferentes abordagens de cenários começaram a ruir, e os estudos de cenários mais recentes têm aumentado seu escopo, com uma sequência de passos em que abordagens alternativas para o desenvolvimento dos cenários são utilizadas, e o tipo de abordagem é diferente a cada passo considerado.

A crescente consciência dos desafios da sustentabilidade e da incerteza que emerge das complexidades ecológicas e sociais dos temas ambientais traz o reconhecimento da necessidade de uma avaliação integrada dos sistemas em estudo e, também, do papel importante das decisões dos atores locais nas dinâmicas de mudança (COMMOD, 2005; BOUSSET et al., 2005). Essa consciência crescente tem impulsionado a evolução dos métodos de cenários, impelindo o desenvolvimento de técnicas híbridas para o estudo de cenários e combinando diferentes suportes (GREEUW et al. 2000, ALCAMO, 2001).

Em particular, a experiência ganha nestes anos de projetos de avaliação globais, nos âmbitos ecológico e ambiental, tem demonstrado que a predição para longos períodos de tempo é difícil, se não impossível, devido à complexidade dos sistemas estudados e à quantidade de incertezas associadas, particularmente para horizontes de tempo além de 10 anos (ALCAMO et al., 2001). Em alguns casos, é mais importante explorar quanto futuros alternativos podem ser desejáveis e factíveis do que saber de sua probabilidade de ocorrência.

Em outros casos, as previsões são dependentes de eventos direcionadores os quais podem ser mais difíceis de prever, como o comportamento humano. As incertezas que resultam de eventos direcionadores imprevisíveis - como as ações humanas, a sutileza de mudanças no sistema e a falta de conhecimento sobre as condições e dinâmicas do sistema - não tornam impossível a tarefa de dizer algo significativo sobre as possibilidades futuras. Entretanto, elas comprometem seriamente a nossa habilidade em prever as probabilidades dos cenários alternativos para sistemas humanos complexos durante períodos superiores a uma década (WALKER et al., 2002; ROBINSON, 2003).

Para enfrentar esses desafios, os criadores de cenários têm desenvolvido abordagens combinadas para: (i) integrar melhor todas as partes de um sistema sob estudo, (ii) investigar melhor os diferentes passos do processo de tomada de decisão e (iii) responder às necessidades do desenvolvimento sustentável. Entre essas novas abordagens, estão a Avaliação Integrada Participativa e a Avaliação e Gerenciamento Ambiental Adaptativo. O último projeto de cenários de emissões do IPCC aplicou um método complexo altamente combinado cobrindo elementos preditivos, exploratórios e normativos além de abordagens quantitativas e qualitativas (VAN NOTTEN et al., 2003; BÖRJESON et al., 2006).

Nas últimas décadas, o papel crucial da incerteza tem tido um reconhecimento cada vez maior, o que tem levado ao entendimento de que a construção de cenários não deve ser uma atividade científica determinística (GREEUW et al., 2000). Adicionalmente, com o reconhecimento de que as informações são incompletas e de que é importante o papel das decisões dos atores locais nas dinâmicas de mudança, um interesse crescente tem sido colocado nas abordagens participativas em estudos de cenários (COMMODO, 2005; BOUSSET et al., 2005; QUIST e VERGRAGT, 2006). Esses métodos participativos tentam enfrentar os desafios levantados pelo

desenvolvimento sustentável, pela complexidade dos sistemas e pela incerteza do futuro.

Greeuw et al. (2000) classificaram os métodos de cenários entre (i) métodos de modelização, (ii) métodos de narrativa e (iii) métodos participativos, cada qual correspondendo, respectivamente, a tipos de cenários: (i) quantitativos, (ii) qualitativos e (iii) híbridos. Eles afirmam ainda que uma combinação de elementos qualitativos e quantitativos pode tornar um cenário mais consistente e robusto. Robinson (2003) verificou que alguns autores perceberam um uso cada vez maior de metodologias complexas que integram dados quantitativos e qualitativos e também combinam técnicas qualitativas e computacionais.

Os métodos participativos também são utilizados para gerar processos de aprendizado social e empoderamento da população local, o que melhora seus processos de tomada de decisão que passam a ser conduzidos por cenários legitimados, aceitáveis, robustos, adaptativos e enriquecidos. O desenvolvimento de avaliações para a tomada de decisão que combinam conhecimento científico e popular é inspirado pelas teorias das ciências sociais, as quais afirmam que a ciência é socialmente construída e que esta não deve ser monopólio do conhecimento (VAN ASSELT e RIJKENS-KLOMP, 2002). O grau de envolvimento dos participantes nas atividades e o tipo de método utilizado para obter a participação dependem dos objetivos dessa participação (Figura 1.03). Bousset et al. (2005) fizeram uma excelente revisão dos métodos participativos disponíveis de acordo com os objetivos e o grau de envolvimento dos participantes.

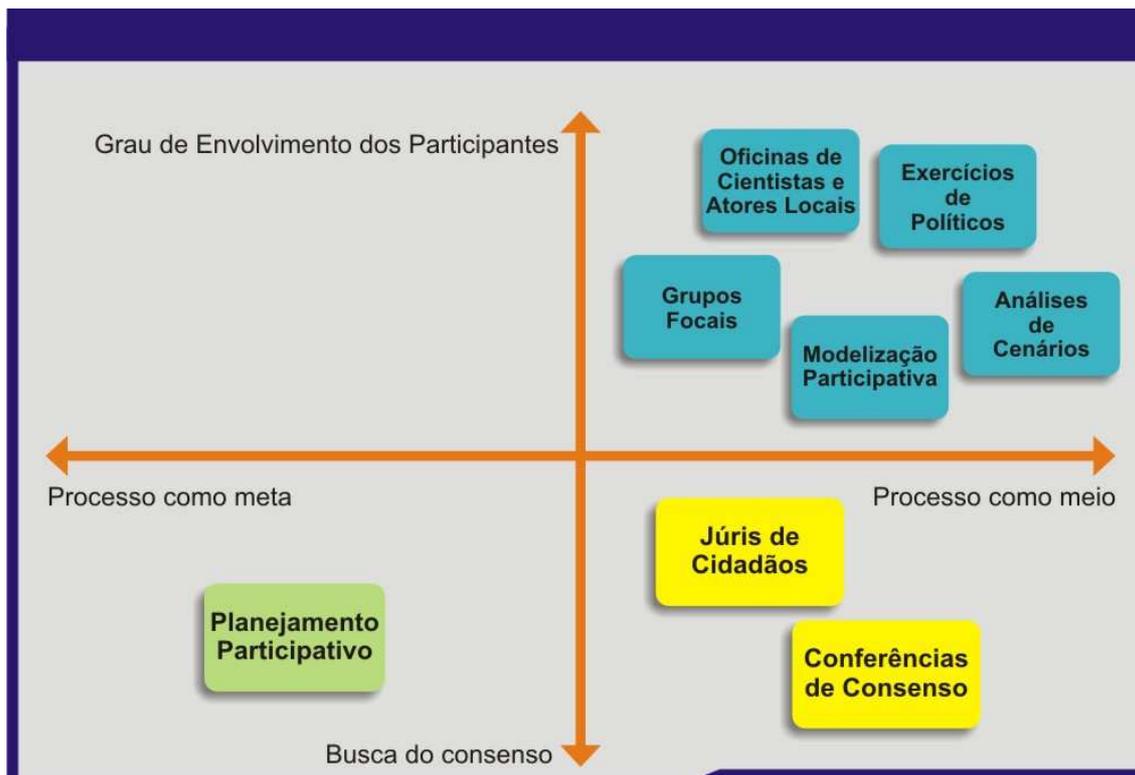


Figura 1.03 – Grau de envolvimento dos participantes (adaptada de VAN ASSELT e RIJKENS-KLOMP, 2002)

A definição do conjunto de cenários e dos elementos de cada cenário a serem considerados em uma perspectiva de cenários está intimamente relacionada com as demandas dos “usuários” desses cenários, ou seja, a instituição ou grupo social que “promove” o estudo.

Porto et al. (2005) apresentam cinco lições - retiradas da prática de vinte anos de trabalho com cenários - que podem ser informações básicas a serem discutidas no início do trabalho participativo com cenários:

- na realidade, nenhum cenário acontece exatamente como descrito;
- a trajetória da realidade geralmente evolui dentro do conjunto de cenários traçados, combinando aspectos de um e de outro;
- um bom conjunto de cenários tem grande utilidade como sistema de referência para a “navegação” rumo ao futuro;
- um conjunto de cenários explicita e pode reduzir os conflitos de percepção do futuro, melhorando a qualidade das decisões, e tornando-as mais controláveis ou avaliáveis;
- não importa qual será o futuro; o relevante é saber o que fazer se tal cenário acontecer.

A utilização de modelos para realizar estudos prospectivos de cenários é antiga e inclui diferentes modalidades. Vamos apresentar as principais técnicas utilizadas nesse tipo de modelização e discutiremos com maior profundidade quatro pontos diretamente relacionados com o trabalho realizado: (i) os modelos utilizados para simular cenários; (ii) a simulação de cenários por sistemas multiagentes; (iii) a modelização de acompanhamento (ComMod) e (iv) a validade e a validação dos modelos participativos.

1.2 MODELOS SOCIOAMBIENTAIS

Segundo Christofolletti (1999), a modelização constitui procedimento teórico, que envolvem um conjunto de técnicas com a finalidade de compor um quadro simplificado e inteligível do mundo, como atividade de reação do homem perante a complexidade aparente do mundo que o envolve. É um procedimento teórico, pois consiste em compor uma abstração da realidade, em função das concepções de mundo, trabalhando no campo da abordagem teórica e ajustando-se e/ou orientando as experiências empíricas.

A modelização pode ser considerada como instrumento entre os procedimentos metodológicos da pesquisa científica. Isso se justifica, pois a construção de modelos a respeito dos sistemas ambientais representa a expressão de uma hipótese científica, que necessita ser avaliada como enunciado teórico sobre o sistema ambiental focalizado. Essa avaliação configura-se como teste de hipóteses. Nessa perspectiva, a construção de modelos pode ser considerada como um procedimento inerente à pesquisa científica, e a sua elaboração deve ser realizada acompanhando os critérios e normas da metodologia científica (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Na construção de modelos, devem-se considerar aspectos envolvidos com as suas características e funções, que por vezes se entremeiam. São aspectos que possibilitam identificar e avaliar a qualidade dos modelos oferecidos, criando exigências específicas para uma aplicação criteriosa na modelização. Segundo Hagget e Chorley (apud CHRISTOFOLETTI, 1999), podem-se listar as seguintes características e funções:

- a) *Seletividade* – a característica fundamental dos modelos está na seleção das informações que serão utilizadas. Para eliminar detalhes acidentais, é de

extrema importância o contexto da relevância significativa das variáveis discernidas e a ordenação da prioridade em função dos valores concebidos para integrá-las.

- b) *Estruturação* – salienta que os aspectos selecionados da realidade são explorados em termos de suas conexões. Há um padrão integrativo entre os diferentes componentes, considerando as suas características morfológicas e funcionais. O modelo, procura representar as relações propiciadas na dinâmica dos processos ou na correlação das variáveis.
- c) *Enunciativo* – a estrutura do modelo mostra a existência de determinado padrão, no qual os fenômenos devem ser considerados em termos de relação sistêmica. Esse quadro tem um significado enunciativo, pois os modelos bem-sucedidos contêm sugestões para a sua ampliação e/ou generalização.
- d) *Simplicidade* – a estruturação do modelo é uma aproximação da realidade. O modelo deve ser suficientemente simples de manipular e de ser compreendido pelos seus usuários, mas sem deixar de ser representativo das principais implicações que possa ter e da complexidade necessária para representar efetivamente o sistema em estudo.
- e) *Analógicos* – os modelos são analogias, pois, apesar de tentarem representar a realidade, são diferentes desta e mostram apenas uma maneira aproximada de compreendê-la.
- f) *Replicabilidade* – é considerada pré-requisito dos modelos nas ciências empíricas. O modelo não pode se apresentar como descritivo apenas de um caso particular, mas, sim, possibilitar que seja utilizado para outros casos da mesma categoria. A estruturação e a formulação do modelo definem o nível da categoria do sistema representado. Obviamente, em função das especificidades de cada caso, cada exemplo oferecerá valores diferenciados para as variáveis mensuradas pelo modelo.

A seqüência de trabalho geralmente adotada para se desenvolverem modelos de simulação pode ser dividida em três fases (Figura 1.04): (i) a modelização, (ii) a experimentação, e (iii) a validação. A fase de modelização, destinada à construção do mundo artificial, compreende a formulação das hipóteses de trabalho, a coleta de dados ligados ao problema e, finalmente, a construção do modelo propriamente dito, a partir desses dados, geralmente baseada sobre uma teoria matemática, lógica, multiagentes ou outra. É esta teoria que diferencia os tipos de modelos e simulações.

1.2.1 Tipos de modelos

Popper (1973) apresentou uma classificação interessante (mas não exaustiva) sobre o tema, com os modelos que podem ser tipificados em cinco grupos diferentes:

- a) Modelos físico-lógico-formais. Um modelo físico é uma reprodução física da realidade (por exemplo, uma maquete). Um modelo lógico é uma representação simplesmente conceitual da realidade, na qual a descrição é puramente verbal. Um modelo formal representa a realidade por sistemas de equações matemáticas.
- b) Modelos estáticos e dinâmicos. Um modelo que tem a intervenção da variável tempo é considerado dinâmico; caso contrário, é considerado estático.
- c) Modelos lineares e não lineares. Em um modelo linear, os efeitos são supostos proporcionais às causas que os provocam. Em um modelo não linear, não existe qualquer proporcionalidade entre uma variável dada e as variáveis que ela determina.
- d) Modelos estáveis e instáveis. Em um modelo físico, o estado de equilíbrio é dito estável se o corpo pode recuperar a sua posição ou trajetória original, o estado é considerado instável se o estado inicial não pode ser recuperado após uma perturbação.
- e) Modelos de equilíbrio e de transição. Um modelo que busca representar um fenômeno conhecido de maneira geral e independentemente do tempo real é um modelo de equilíbrio; caso contrário, é considerado de transição.

O emprego de modelos que utilizam e cruzam informações do meio físico, com informações de base socioeconômica para elaborar diagnósticos ambientais deve ser considerada uma modelização complexa, de difícil calibração. Entretanto, assumindo-se que o modelo é uma “simplificação” da realidade e que, portanto, não é uma representação ideal da realidade, pode-se tirar o máximo proveito da simplicidade de uma modelização associada ao pragmatismo em relação às suas deficiências.

A modelização do desmatamento em florestas tropicais tem sido objeto de elaboração de inúmeros estudos e modelos. Angelsen e Kaimowitz (1999) revisaram mais de 140 artigos que contêm modelos econômicos que representavam os processos chave associados ao desmatamento. Segundo os autores, o enfoque exclusivo em modelos formais não implica que estes modelos são necessariamente mais úteis ou mais acurados que os estudos informais baseados unicamente em

descrições estatísticas. Essas abordagens *soft* complementam os modelos formais e oferecem importantes informações que são difíceis de perceber em modelos formais. Os modelos quantitativos têm inúmeras limitações, principalmente por serem focados em variáveis que devem ter séries de dados disponíveis e por, raramente, incluírem fatores institucionais.

Angelsen e Kaimowitz (1999) classificaram os modelos com base em dois critérios:

- a) metodologia – analítico, simulação e empírico;
- b) escala - nível de empresas (microeconômico); nível regional e nível nacional (macroeconômico).

Os Modelos Analíticos são abstratos, com construção teórica. Eles incluem dados não empíricos, mas podem esclarecer as implicações sobre como os agentes se comportam e como a economia opera, que podem não ser óbvias. Os Modelos de Simulação utilizam parâmetros baseados em fatos retirados de várias fontes para construir cenários diferentes. A maioria dos modelos de simulação no nível microeconômico utiliza técnicas de programação linear (ANGELSEN e KAIMOWITZ, 1999), enquanto o mais comum nos modelos de simulação macroeconômica é a utilização de modelos de equilíbrio geral computado (CGE - Computer General Equilibrium). Os Modelos Empíricos quantificam as relações entre as variáveis com base em dados empíricos, geralmente utilizando análise de regressão.

Os Modelos Microeconômicos (no âmbito de empresas) procuram explicar como os indivíduos alocam seus recursos, utilizando variáveis econômicas padrão, tais como histórico e preferências, preços, instituições, acesso a infraestrutura e serviços, e alternativas tecnológicas. A maior diferença está entre (i) os modelos que assumem que todos os preços são determinados pelo mercado e que os atores locais estão totalmente integrados a mercados perfeitos e (ii) os modelos que não assumem essas premissas. Uma questão que pode ser crítica é como os autores destes modelos fazem previsões da mudança no uso do solo em resposta às mudanças na população, preços da agricultura e entrada de recursos financeiros. Os modelos analíticos têm se mostrado úteis para esclarecer algumas dessas dúvidas (ANGELSEN e KAIMOWITZ, 1999). A maior vantagem dos modelos de simulação e de regressão repousa no uso de pesquisas de dados de boa qualidade quanto à magnitude do desmatamento e à descrição do comportamento dos fazendeiros.

Os Modelos Regionais têm a sua cobertura limitada à região ou área com características similares: ecologia, estrutura agrária, história política e institucional, redes de comércio, e padrões de assentamento e uso da terra (LAMBIM, 1999). Modelos analíticos e de simulação raramente enfocam uma região específica. Apesar de o desmatamento ser inerente a fenômenos espaciais, falta explicitar a dimensão espacial na maioria dos modelos, os quais não podem responder a questão: Onde?

A maioria dos modelos regionais é de regressão (especializados ou não). Os modelos especializados medem o impacto no uso da terra de variáveis como: (i) distância entre a floresta e as rodovias e mercados; (ii) topografia; (iii) qualidade do solo; (iv) precipitação pluviométrica; (v) densidade populacional e (vi) categorias por zona. Esse tipo de análise se tornou mais popular desde o advento de dados de uso da terra digitalizados e sistemas de informações geográficas que tornaram a manipulação desses dados mais fácil. Modelos não especializados, entretanto, são mais comuns. Estes modelos utilizam dados obtidos em níveis regionais de maneira similar aos modelos de regressão multinacionais, mas os modelos regionais geralmente têm dados melhores em cobertura florestal (a maioria utiliza unicamente dados de satélites ou combinados com pesquisas de campo).

Os Modelos Macroeconômicos (no âmbito nacional) enfatizam a relação entre as variáveis intermediárias, os parâmetros de decisão e o desmatamento. Modelos analíticos, de simulação e de regressão são comuns neste nível. Para modelizar processos macroeconômicos complexos em um estudo estritamente analítico e continuar atingindo conclusões interessantes, os autores dos modelos têm que estabelecer limites no número de variáveis e assumir algumas premissas.

Os modelos analíticos e de simulação adicionam duas novas dimensões: (i) eles estabelecem endogenia em alguns preços e (ii) incluem as interações entre os diferentes setores, por exemplo, subsetores de agricultura, florestal e de manufaturas. Modelos CGE podem ser criticados pela baixa qualidade dos dados e parâmetros comumente utilizados, como também pelo questionamento dos “mercados perfeitos” e pela sua descrição do comportamento dos fazendeiros. Modelos de regressão multinacionais são a maior categoria de modelos de desmatamento. Eles utilizam dados nacionais para fazer generalizações globais nos principais processos que

afetam o desmatamento tropical. Entretanto, problemas com os dados e métodos utilizados tornam sua utilidade e validade questionáveis.

Se analisarmos, especificamente, a modelização do desmatamento, podemos observar que, geralmente, os modelos enfatizam mais as similaridades entre países e regiões do que suas diferenças. Para obter resultados significativos, os modelos assumem que as variáveis afetam o desmatamento da mesma forma através de diferentes países. Essa premissa é complicadora, pois vários estudos indicaram que o efeito no desmatamento devido ao crescimento econômico, dívida externa, população e outras variáveis pode diferir muito de um país para o outro (ANGELSEN e KAIMOWITZ, 1999). Os fatores que influenciam o desmatamento, a interação entre eles, e a magnitude de seus efeitos variam de maneira significativa de uma localidade para outra. Modelos baseados em dados de locais diferentes podem chegar a conclusões conflitantes não apenas devido ao fato de eles utilizarem definições, variáveis ou metodologias diferentes, mas também devido a cada processo ser distinto.

Neste contexto, deve-se notar que a maioria dos modelos de simulação e empíricos sobre o desmatamento enfoca poucos países, principalmente: Brasil, Camarões, Costa Rica, Indonésia, México e Tailândia. Esses países analisados são médios ou grandes tanto em dimensão como em população; têm uma política relativamente estável e possuem extensas áreas de floresta tropical, portanto os resultados desses modelos só devem ser aplicados a países com essas mesmas características.

Os modelos econômicos desenvolvidos para analisar o desmatamento na região amazônica geralmente apresentam algumas restrições (CHOMITZ e GRAY, 1996):

- a) Endogenia das rodovias. Os modelos assumem que a localização das estradas é exógena ao uso agrícola da terra. Em algumas aplicações, isso é razoável (forças políticas etc.), entretanto, geralmente a construção de novas estradas é influenciada por questões relativas ao desenvolvimento agrícola. A lógica deve ser invertida: um lote de terra não está tendo seu potencial “desenvolvido” não por causa da sua distância da estrada, mas, sim, ele está distante das estradas porque não tem potencial para ser utilizado em projetos de desenvolvimento agrícola.

- b) Expectativas de preço. As decisões correntes sobre o uso da terra não dependem apenas dos preços atuais, mas também das expectativas dos preços futuros. Um exemplo prático é a utilização do desmatamento para garantir direitos sobre a terra em áreas onde os preços têm um aumento já esperado.
- c) Reversibilidade do uso da terra. Se terras cultivadas se tornam antieconômicas, elas voltarão a ser cobertas por vegetação nativa naturalmente. Essa premissa é razoável para muitas áreas somente dentro de um contexto de longo prazo, em um modelo de equilíbrio estático. Deve-se ressaltar também que o novo crescimento da cobertura florestal não implica necessariamente na manutenção da biodiversidade original e níveis de carbono.
- d) Segurança como fator determinante da rentabilidade. Os modelos assumem que os proprietários de terras vão adotar o uso mais rentável da terra ou vão vendê-la ou alugá-la para alguém que o faça. Por exemplo, nas regiões de fronteira, onde os direitos sobre a terra são frágeis e difíceis de defender, não é usual se investir em culturas perenes. Mas com segurança, estas culturas podem representar o mais alto valor para o uso da terra.
- e) Correlação de influências imensuráveis através de *commodities*. Os modelos requerem que efeitos não observados no rendimento de uma *commodity* sejam independentes dos efeitos não observados para outra *commodity* em um mesmo local. Aspectos não mensurados de fertilidade do solo, por exemplo, podem ter efeitos similares sobre uma variedade de culturas diferentes.

Simon (2006) afirma que, atualmente, as principais técnicas de modelização utilizadas na análise de sistemas socioambientais são: (i) modelos explanatórios, (ii) modelos empírico-estatísticos, (iii) modelos estocásticos, (iv) modelos de otimização, (v) modelos de simulação dinâmica, centrados no processo, (vi) modelos centrados nos agentes e autômatos celulares e (vii) modelos integrados ou modelos híbridos.

Parker et al. (2003) também apresentam uma classificação de modelos, no âmbito das mudanças no uso e cobertura do solo (MUCS), em sete categorias (das quais cinco são similares àquelas apresentadas por SIMON, 2006): (i) modelos baseados em equações matemáticas análogo aos modelos explanatórios; (ii) modelos de dinâmicas de sistemas, (iii) modelos estatísticos, (iv) modelos celulares e (v) modelos híbridos. Os dois estudos divergem, quando Simon (2006) cria duas classificações específicas (de modelos estocásticos e modelos de otimização) que

diferem daquela feita por Parker et al. (2003) de modelos especialistas e modelos evolucionários.

Vamos utilizar neste texto a classificação de Simon (2006), mas esta será confrontada, sempre que for necessário, com aquela feita por Parker et al. (2003). Vale ressaltar que esta revisão da literatura não é exaustiva e tem como objetivo somente apresentar os caminhos nos quais as técnicas apresentadas podem ser complementadas por modelos de sistemas multiagentes (SMA).

Os modelos explanatórios (SIMON, 2006) são baseados em conexões causais, na forma de equações que conectam variáveis. Esses modelos se constituem de descrições quantitativas dos mecanismos e processos que causam o comportamento do sistema. Para criar esses modelos, um sistema é analisado e os seus processos e mecanismos são quantificados separadamente. O modelo é construído e integra essas descrições feitas para cada parte do sistema. Um modelo específico pode tão somente produzir cenários dentro de uma estrutura dada. Ao se alterarem as conexões causais, um novo modelo, com possivelmente uma nova estrutura do sistema, pode ser desenvolvido.

Para Parker et al. (2003), a maioria dos modelos tem uma característica que é matemática de alguma forma, mas alguns o são especialmente, baseados em equações matemáticas que buscam uma solução estática ou de equilíbrio. Os mais comuns são conjuntos de equações baseadas em teorias do crescimento populacional e difusão que especificam as MUCS cumulativas no tempo (SKLAR e CONSTANZA, 1991). Modelos mais complexos, sustentados em teorias econômicas, empregam equações simultâneas (ANGELSEN e KAIMOWITZ, 1999). Uma variante desses modelos é baseada em programação linear (HOWITT, 1995; apud PARKER et al., 2003), potencialmente ligados a informações das parcelas de solo em SIG (Sistemas de Informações Geográficas) (CROMLEY e HANINK, 1999; apud PARKER et al., 2003). Uma das limitações desses tipos de modelos é que uma solução numérica ou analítica deve ser obtida para o sistema, o que limita o nível de complexidade que pode ser introduzido nos modelos.

Os modelos empírico-estatísticos (SIMON, 2006), que incluem os modelos baseados em sistemas de informações geográficas, tentam identificar explicitamente

as causas das mudanças, utilizando análises multivariadas de possíveis contribuições exógenas para taxas de mudanças empiricamente derivadas (LAMBIM et al., 2000). As técnicas de regressão linear múltipla são muito utilizadas para esse propósito. A percepção de uma associação estatisticamente significativa entre variáveis não estabelece uma relação causal. Ademais, um modelo de regressão que opera bem na região do espaço das variáveis correspondente aos dados originais pode ter uma péssima performance fora desta região. Estes modelos são capazes somente de prever padrões de mudanças no uso da terra que sejam representadas pelo conjunto dos dados da calibração. Eles são indicados para prever mudanças onde estas mudanças tenham sido medidas em um passado recente e, na maioria dos casos, esta hipótese não é válida.

Para Parker et al. (2003), as técnicas estatísticas são abordagens comuns para modelizar as MUCS, devido ao seu potencial, aceitação e facilidade relativa de uso. Elas incluem uma variedade de técnicas de regressão aplicadas ao espaço e outros métodos estatísticos específicos para temas espaciais (MERTENS e LAMBIM, 1997). Apesar de estarem ligados a um quadro teórico, as técnicas estatísticas podem ignorar a tomada de decisão e alguns fenômenos sociais como as instituições. A econometria espacial fornece exemplos bem-sucedidos da combinação de teoria e estatística (CHOMITZ e GRAY, 1996; MUNROE et al., 2001).

Os modelos estocásticos (SIMON, 2006) são modelos matemáticos que levam em consideração a presença de alguma aleatoriedade em um ou mais de seus parâmetros ou variáveis (LAMBIM et al., 2000). As previsões desses modelos, portanto, não fornecem um único ponto estimado, mas, sim, uma distribuição de probabilidades de estimativas possíveis, em contraste com a determinística. Para mudanças do uso da terra, modelos estocásticos são constituídos, principalmente, de modelos de probabilidade de transição e descrevem estocasticamente os processos que se movem em uma seqüência de passos através de um conjunto de estados. As abordagens de probabilidade de transição são limitadas em suas aplicações porque elas utilizam somente transições que tenham sido observadas em um passado recente, de maneira similar aos modelos empírico-estatísticos (SIMON, 2006).

Parker et al. (2003) classificam esta categoria (modelos estocásticos) de forma bem diferente: como modelos especialistas. Esses modelos combinam julgamentos especialistas com técnicas de probabilidade, ou abordagens simbólicas de inteligência

artificial, como os sistemas especialistas e os sistemas de conhecimento baseado em regras (LEE et al., 1992). Esses métodos expressam o conhecimento qualitativo em faixas quantitativas que permitem ao modelizador determinar onde um dado uso do solo deve ocorrer. Entretanto, pode ser difícil incluir todos os aspectos do domínio do problema, o que pode gerar algumas falhas e inconsistências nesses tipos de modelo.

Dentro do campo da inteligência artificial, as abordagens simbólicas, como os sistemas especialistas, podem ser complementadas com um paradigma evolucionário inspirado na biologia. Alguns exemplos como as redes neurais artificiais e a programação evolucionária estão encontrando seus rumos nos modelos de MUCS. De forma sucinta, redes neurais são analogias de uma estrutura neural, as quais são treinadas para associar saídas com estímulos. A programação evolucionária (classificação de PARKER et al., 2003) copia o processo de evolução de Darwin, alimentando programas computacionais de várias gerações para criar programas que vão se tornando capazes de resolver um problema particular.

Os modelos de otimização (classificação de SIMON, 2006) são ferramentas muito úteis para a representação dos processos humanos de tomada de decisão (LAMBIM et al., 2000). Eles procuram descrever o que um indivíduo deveria fazer, baseado em suas metas e restrições, e assumem que o indivíduo vai se comportar da maneira que seja a mais próxima de seu ótimo. A programação linear é o método mais comum de otimização utilizado em estudos de uso agrícola da terra. Os modelos de otimização são limitados pela sua falta de habilidade em descrever processos dinâmicos (que se modificam através do tempo) e, por simular abaixo da tomada de decisão ótima, onde fatores não econômicos adicionais precisam ser considerados, os quais levam a comportamentos não ótimos das pessoas, devido às diferenças em seus valores, atitudes e culturas. Apesar de essas limitações parecerem insignificantes ao nível agregado, elas são mais importantes, ao observarmos a escala dos processos de mudanças no uso do solo, ou se estivermos interessados na diversidade entre os atores.

Os padrões de mudanças no uso do solo no tempo e no espaço são produzidos pela interação de processos biofísicos e processos socioeconômicos. Os modelos de simulação dinâmica (SIMON, 2006) centrados nos processos, ou modelos de dinâmicas de sistemas, têm sido desenvolvidos para imitar o desenvolvimento desses processos e seguir a sua evolução (LAMBIM et al., 2000). Os modelos de simulação

dão ênfase às interações entre todos os componentes que formam um sistema. Eles condensam e agregam ecossistemas complexos em um pequeno número de equações diferenciais de uma maneira bem estilizada. Os modelos de simulação são, portanto, baseados em um pré-entendimento das forças condutoras das mudanças no sistema (SIMON, 2006).

Os modelos de sistemas representam estoques e fluxos de informação, material ou energia como conjuntos de equações diferenciais conectadas por meio de funções intermediárias e estruturas de dados (GILBERT e TROITZSCH, 1999). O tempo é dividido em passos discretos para permitir uma retroalimentação do modelo. As interações humanas e ecológicas podem ser representadas dentro destes modelos, mas elas dependem de uma enumeração explícita de causas e representações funcionais, e elas também têm dificuldade em acomodar relações espaciais (SKLAR e CONSTANZA, 1991).

Geralmente, os modelizadores descrevem os sistemas como um conjunto de módulos ou compartimentos interligados por fluxos e controles. Programas amigáveis ao usuário como Stella (www.hps-inc.com), Vensim (www.vensim.com), Simulink (www.mathworks.com/products/simulinc) e outros estão disponíveis para a construção de modelos sob este prisma.

Um modelo centrado em agentes (SIMON, 2006) é constituído de dois componentes-chave. O primeiro é um modelo celular que representa o espaço sob estudo. O segundo componente é um modelo que representa a tomada de decisão humana e suas interações. Enquanto os modelos celulares focalizam nas paisagens e transições, os modelos baseados em agentes focalizam nas ações humanas, e os agentes são componentes cruciais nesses modelos. Algumas características definem os agentes: (i) são autônomos, (ii) compartilham um ambiente com possibilidade de comunicação e interações e (iii) tomam decisões que modificam o comportamento do ambiente.

Segundo Bousquet e Le Page (2004), o modelo celular (MC) pode representar um número específico de técnicas de modelização espacial, como os autômatos celulares (AC) e os modelos Markovianos (MM). Cada um opera em uma malha de células congruentes. Nos AC cada célula existe em um estado dentro de um conjunto

finito, e os estados futuros dependem das regras de transição baseadas em uma vizinhança espaço-temporal local. O sistema é homogêneo, pois o conjunto de estados possíveis é o mesmo para cada célula, e as mesmas regras de transição são aplicadas a todas as células. O tempo avança em passos discretos e as atualizações podem ser síncronas ou assíncronas (HEGSELMANN, 1998).

Algumas versões de AC utilizam vizinhanças não locais (TAKEYAMA e COUCLELIS, 1997; apud PARKER et al., 2003) e redes de grafos (O'SULLIVAN, 2001; apud PARKER et al., 2003). Nos modelos Markovianos, os estados das células dependem probabilisticamente de valores do estado da célula temporariamente defasados. Os métodos de MC são muito utilizados atualmente em modelos sobre MUCS. Segundo Parker et al. (2003), já existem sofisticados métodos de AC de processos ecológicos para: (i) as dinâmicas de uso do solo, (ii) a composição de espécies, (iii) a sucessão florestal e (iv) as mudanças globais em UCS em resposta às mudanças climáticas e diversos outros fenômenos biológicos.

O modelo centrado em agentes é constituído de: (i) entidades autônomas de tomada de decisão (agentes), (ii) um ambiente no qual os agentes interagem, (iii) regras que definem as relações entre os agentes e seu ambiente e regras que determinam a seqüência de ações no modelo. Agentes autônomos são compostos de regras que traduzem as informações internas e externas em estados internos, decisões ou ações. Esses modelos são geralmente implementados como sistemas multiagentes (SMA), um conceito originado nas ciências computacionais. No contexto de um modelo de mudança no uso do solo, um agente pode representar um gestor de terra que combina conhecimento e valores individuais, informações em qualidade do solo e topografia (o ambiente espacial biofísico), e uma avaliação de decisões dos vizinhos sobre o uso do solo (o ambiente espacial social) para calcular a sua decisão sobre o uso do solo. Os modelos podem representar também entidades ou organizações sociais de outros níveis tais como uma assembléia legislativa, um governo executivo local ou um país vizinho.

Para Parker et al. (2003) muitos MC assumem que as ações dos agentes humanos são importantes, mas não modelizam suas decisões diretamente. Outros posicionam um conjunto de agentes coincidentemente com uma malha de células e utilizam regras de transição como substitutas da tomada de decisão. Esses esforços só são bem-sucedidos quando a unidade de análise é fragmentada, as estratégias de

tomada de decisão são fixas e os vizinhos locais afetam atores heterogêneos de uma maneira simples e bem definida. Um modelo sobre MUCS requer (i) agentes múltiplos e móveis que variam amplamente sobre o espaço, (ii) uma heterogeneidade dos agentes, (iii) uma organização dos agentes em redes sociais e institucionais ou (iv) agentes que controlam porções do espaço variadas.

Três pontos chave devem ser considerados no uso dos modelos SMA sobre as MUCS: (i) entre todos os métodos utilizados para modelizar as MUCS, a simulação espacial dinâmica oferece um grau de flexibilidade promissor, (ii) modelos celulares conseguem replicar com sucesso aspectos dos fenômenos ecológicos e biogeofísicos, mas nem sempre modelizam a tomada de decisão e (iii) a modelização baseada em agentes é uma forma promissora de representar a tomada de decisão desagregada.

Modelos híbridos (SIMON, 2006) combinam qualquer uma das outras técnicas já mencionadas, cada qual em uma abordagem específica para seus propósitos. Um exemplo é o DELTA, que integra submodelos de colonização humana e interações ecológicas para estimar o desmatamento sob cenários diferentes de imigração e gestão do solo (SOUTHWORTH et al., 1991; apud PARKER et al., 2003). Uma variação específica dos modelos híbridos é a simulação espacial dinâmica (SED), que retrata a paisagem como uma grade bidimensional na qual as regras representam as ações de gestores do solo sobre fatores como a adequação agrícola (LAMBIM, 1994). Os SED não representam atores heterogêneos, efeitos institucionais na tomada de decisão ou atividades de produção múltiplas, entretanto, devido a sua habilidade em representar a tomada de decisão individual e as dinâmicas espacial e temporal, eles são um avanço importante dos modelos anteriores. Eles podem ser considerados os precursores dos modelos em sistemas multiagentes sobre MUCS.

1.2.2 A integração de técnicas de modelização

Atualmente, as abordagens mais novas estão, cada vez mais, baseadas na combinação de elementos dessas diferentes técnicas de modelização. Os melhores elementos são combinados das maneiras que sejam mais apropriadas para responder a questões específicas. Esses tipos de modelização têm sido denominados como modelos integrados, entretanto, em muitos casos, eles seriam mais bem descritos

como modelos híbridos porque o nível de integração efetiva nunca é muito alto (LAMBIM et al., 2000).

Não existe uma definição consensual sobre o que é integração (PARKER et al., 2002). O termo “integrada” tem sido utilizado de forma análoga a termos similares na literatura de gestão ambiental, como ecossistêmica e holística. Risbey et al. (1996, apud PARKER et al., 2002) afirmam que a ligação entre representações matemáticas de diferentes componentes de sistemas naturais e sociais em um modelo de simulação computacional é uma forma na qual a integração pode ocorrer. Rotmans e van Asselt (1996) fornecem uma definição mais inclusiva e afirmam que “Avaliação Integrada” é um processo participativo e interdisciplinar que combina, interpreta e cria o diálogo do conhecimento de diversas disciplinas científicas para permitir uma melhor compreensão de fenômenos complexos.

Os Modelos de Avaliação Integrada (MAI) são metodologias que podem ser utilizadas para aprender sobre uma gama de problemas ambientais que cobrem uma enorme faixa de escalas espaciais e temporais (PARKER et al., 2002). MAI é geralmente uma área de pesquisa focalizada no problema: a meta do MAI é montar os constituintes, partes disciplinares de um modelo superior, de acordo com o que é considerado apropriado para o problema em questão, entre as linhas do que tem sido definido como modelização “pela demanda” (PARKER et al., 2002; QUIST e VERGRAT, 2006) ou mecanismo oferta/demanda (GREEUW et al.). O modelo é adaptado entre os processos de avaliação integrada, como um veículo de exploração do problema, ou como uma ferramenta para comunicar a ciência “relevante” para uma audiência “mediocre”. A complexidade resultante é uma mistura das complexidades das disciplinas constitutivas e das exigências das esperanças e medos futuros dos tomadores de decisão (PARKER et al., 2002).

A integração é necessária porque fatores antrópicos múltiplos têm um impacto sobre o ambiente ou levam a mudanças na previsão de serviços ecológicos para a sociedade (RASKIN et al., 2005). Sustentabilidade, neste caso, significa a manutenção da capacidade dos sistemas ecológicos de forma a suportar os sistemas sociais e econômicos. Sustentar esta capacidade requer uma análise e compreensão das dinâmicas das inter-relações entre os sistemas ecológicos e sociais (BERKERS et al., 2003). A sustentabilidade deve ser entendida como um processo dinâmico (e não

como um produto final) que requer capacidades adaptativas para as sociedades em frente às mudanças (BERKERS et al., 2003).

A teoria da resiliência oferece uma visão de sustentabilidade não como estabilidade, mas como persistência gerada das mudanças de ciclos adaptativos em renovação (GUNDERSON e HOLLING, 2002; apud SIMON, 2006). A resiliência é definida como a magnitude do choque que um sistema pode absorver e se manter em um estado determinado, a capacidade de auto-organização desse sistema e a sua capacidade de aprendizado e experimentação. Essa noção se aplica tanto a sistemas ecológicos quanto a sistemas sociais e suas relações com os sistemas ecológicos.

O maior desafio neste contexto é construir conhecimentos, incentivos e capacidades de aprendizado nas instituições e organizações para uma governança que permita a gestão adaptativa de ecossistemas globais, regionais e locais e que incorpore os atores em novos e criativos papéis (FOLKE et al., 2005).

Um método comum em MAI é utilizar modelos integrados que incorporam componentes humanos que facilitam a geração de cenários e a função de tomada de decisão, além de fazer a integração (ou conexão) de modelos discretos (PARKER et al., 2002). A integração destes vários modelos é feita em uma estrutura que permite a participação dos tomadores de decisão em todos os estágios do processo. Esta estrutura oferece meios de integrar modelos individuais de tomadores de decisão em uma variedade de escalas e organiza a comunidade desses tomadores de decisão ao dar-lhes suporte para a comunicação e compreensão de conceitos e valores. Os processos de MAI podem incluir (PARKER et al., 2002):

- a) modelos de dados que são representações de medições e experimentos;
- b) modelos conceituais qualitativos como descrições verbais e visuais dos sistemas e processos envolvidos;
- c) modelos numéricos quantitativos, que são as formalizações dos modelos qualitativos;
- d) modelos e métodos matemáticos utilizados para analisar os modelos numéricos e interpretar os seus resultados e
- e) modelos de tomada de decisão que transformam os valores e conhecimento em ações.

Uma variedade muito grande de métodos correspondentes aos vários passos no processo de integração tem sido desenvolvida. Alguns autores afirmam que já estamos na quinta geração de modelos de avaliação integradas (SHARMA e NORTON, 2005), que integram impactos climáticos e avaliações políticas. Os métodos participativos em pesquisa de MAI podem utilizar três abordagens (ROTMANS e DOWLATABADI, 1989; apud SIMON, 2006):

- a) Jogos de simulação, os quais envolvem a “representação de um sistema complexo por um mais simples com similaridade comportamental relevante”.
- b) MAI qualitativos, os quais se abstêm do uso de modelos formais e lembram sistemas especialistas.
- c) Cenários, os quais são utilizados como ferramentas para identificar e explorar uma faixa de futuros possíveis, ou para identificar estratégias adaptativas possíveis.

A combinação de diferentes métodos de cenários nos MAI tem o objetivo de construir cenários que (GREEUW et al., 2000):

- a) descrevam padrões dinâmicos de mudanças;
- b) incluam uma variedade de perspectivas;
- c) incluam indicadores institucionais, ambientais, sociais e econômicos;
- d) sejam consistentes para escalas, problemas e setores diferentes;
- e) sejam coerentes; todas as dimensões relevantes foram identificadas e todas as interações relevantes entre os vários processos foram consideradas;
- f) sejam transparentes em relação às escolhas e considerações;
- g) sejam desafiadores, com uma narrativa tão forte quanto o componente quantitativo e
- h) sejam desenvolvidos em estratégias interativas que envolvam grupos heterogêneos de forma equilibrada.

O sistema de modelização utilizado deve ser capaz de simular tantos cenários alternativos que os usuários possam interagir mediante o processo de geração de cenários até que eles cheguem a um cenário futuro que os deixe felizes (ROBINSON, 2003). O modelo não deve otimizar ou resolver o sistema para soluções de mínimo custo ou equilíbrio. Ele precisa ser capaz de mostrar as implicações das diferentes escolhas dos usuários, mas não deve escolher a solução ótima. Além do mais, ele deve combinar as características de um jogo de informática (*fun to use* - “divertido

para usar”) e de um sistema de modelos acadêmicos (*true to life* - “confiável para toda a vida”) (ROBINSON, 2003).

Alcamo et al. (2005) apresentaram uma proposta para o desenvolvimento de cenários em MAI (utilizada no projeto “Millennium - Avaliação do Ecosistema”), dividida em 3 fases: (i) os exercícios de cenários foram organizados e as principais questões e focos dos cenários alternativos foram identificados; (ii) as *story-lines* foram escritas e os cenários foram quantificados utilizando procedimentos interativos e (iii) os resultados das análises dos cenários foram sintetizados e os cenários e suas “saídas” foram revistos pelos tomadores de decisão, revisados e disseminados.

Segundo Alcamo et al. (2005), essas três fases podem ser subdivididas em 14 passos

a) A Fase I deve conter os passos organizacionais:

1. estabelecer uma equipe-guia para os cenários;
2. estabelecer um painel de cenários;
3. conduzir entrevistas com os usuários finais dos cenários;
4. determinar os objetivos e focos dos cenários;
5. identifique as questões principais dos cenários.

b) A Fase II deve conter o desenvolvimento e quantificação das *story-lines*:

6. construir um rascunho das *story-lines* de ordem zero;
7. organizar as análises do modelo e iniciar as quantificações;
8. revisar as *story-lines* de ordem zero e construir *story-lines* de primeira ordem;
9. quantificar os elementos dos cenários;
10. revisar as *story-lines* com base nos resultados das quantificações;
11. revisar as entradas do modelo para os indicadores e rodar os modelos novamente.

c) A Fase III deve conter os cenários:

12. distribuir os rascunhos dos cenários para uma revisão geral;
13. desenvolver uma versão final dos cenários que incorpore a retroalimentação dos usuários;
14. publicar e disseminar os cenários.

Nos estudos de Alcamo et al. (2005), as questões focais chave foram definidas por meio de questões mais específicas, que são as conseqüências para o bem-estar humano e dos ecossistemas que enfatizam:

- a) o desenvolvimento humano e econômico como meios primários de gestão;
- b) proteção e segurança local e regional;
- c) desenvolvimento e uso de tecnologias que permitam uma maior ecoeficiência e um controle adaptativo e
- d) uma gestão adaptativa e um aprendizado social sobre as conseqüências das intervenções/mudanças na gestão sobre os serviços ecológicos.

O objetivo do exercício de modelos, nos trabalhos desenvolvidos por Alcamo et al. (2005), foi testar a consistência de as *story-lines* ilustrarem os cenários de forma numérica. A quantificação de cenários teve 5 passos:

- a) montar diversos modelos globais para avaliar as mudanças de futuros possíveis nos ecossistemas mundiais e seus serviços;
- b) especificar um grupo consistente de entradas dos modelos baseadas nas *story-lines*;
- c) rodar os modelos com as entradas especificadas;
- d) “conectar” os modelos utilizando as saídas de um modelo como entradas de outro modelo e
- e) compilar e analisar as saídas do modelo sobre as mudanças em futuros serviços ecológicos e as suas implicações para o bem-estar humano.

De maneira geral, a simulação consiste na reconstrução através de um modelo de um fenômeno real e na sua utilização (SHANNON, 1992; apud BAH et al., 2006). Hill (1993; apud BAH et al., 2006) a definiu como “a simulação consiste em fazer evoluir uma abstração de um sistema ao curso do tempo com o intuito de ajudar a compreender o funcionamento e o comportamento deste sistema e a aprender algumas de suas características dinâmicas para poder avaliar decisões diferentes”. As noções de modelos e simulações estão intimamente conectadas e vamos utilizar a denominação de modelo de simulação neste texto.

A simulação é, portanto, uma ferramenta interessante que permite compreender e analisar melhor os problemas e fenômenos complexos. A modelização e a simulação

constituem, atualmente, instrumentos poderosos e de alta performance. Jorgensen (1994) resumiu as vantagens da modelização em quatro pontos:

- a) os modelos têm a sua utilidade na vigilância de fenômenos complexos;
- b) os modelos podem ser utilizados para revelar as propriedades dos sistemas ecológicos;
- c) os modelos podem mostrar as carências dos conhecimentos existentes sobre o sistema e podem ser utilizados para definir as propriedades da pesquisa e
- d) os modelos são úteis para testar hipóteses científicas, na medida em que o modelo pode simular as reações do ecossistema, as quais podem ser comparadas às observações de campo.

A mudança é um processo contínuo, mas o aprendizado é opcional. Recursos, ecossistemas, ambiente biofísico e o uso e a cobertura do solo na superfície terrestre estão se alterando o tempo todo. A cobertura do solo é a camada de solo e biomassa, que incluem a vegetação natural, arbustos e infra-estrutura feita pelo ser humano que cobrem uma superfície de terra, enquanto o uso do solo é o propósito pelo qual os homens exploram a cobertura do solo. As alterações no uso da terra são as mudanças no propósito dessa terra, as quais não são necessariamente apenas as mudanças na cobertura do solo, mas também as mudanças em intensidade e gestão. As mudanças no uso e cobertura do solo são um tema crítico devido a sua grande influência na diversificação agrícola, na qualidade e produtividade do solo, no uso de nutrientes, nos fluxos de solo/nutrientes, nos recursos hídricos, na alocação de trabalho e nos impactos na vida humana.

A simulação espacial da mudança no uso do solo é muito importante para o monitoramento e compreensão da composição e da configuração do processo de mudança, como também para observar o comportamento dos atores e as interações entre os sistemas dinâmicos e os atores e os fenômenos biogeográficos da área em estudo. O propósito da simulação da mudança no uso do solo é descrever, explicar, prever e avaliar o impacto além de avaliar as suas hipóteses (BRIASSOULIS, 2000). A figura 1.04 mostra um diagrama de modelização para a simulação da dinâmica espacial.

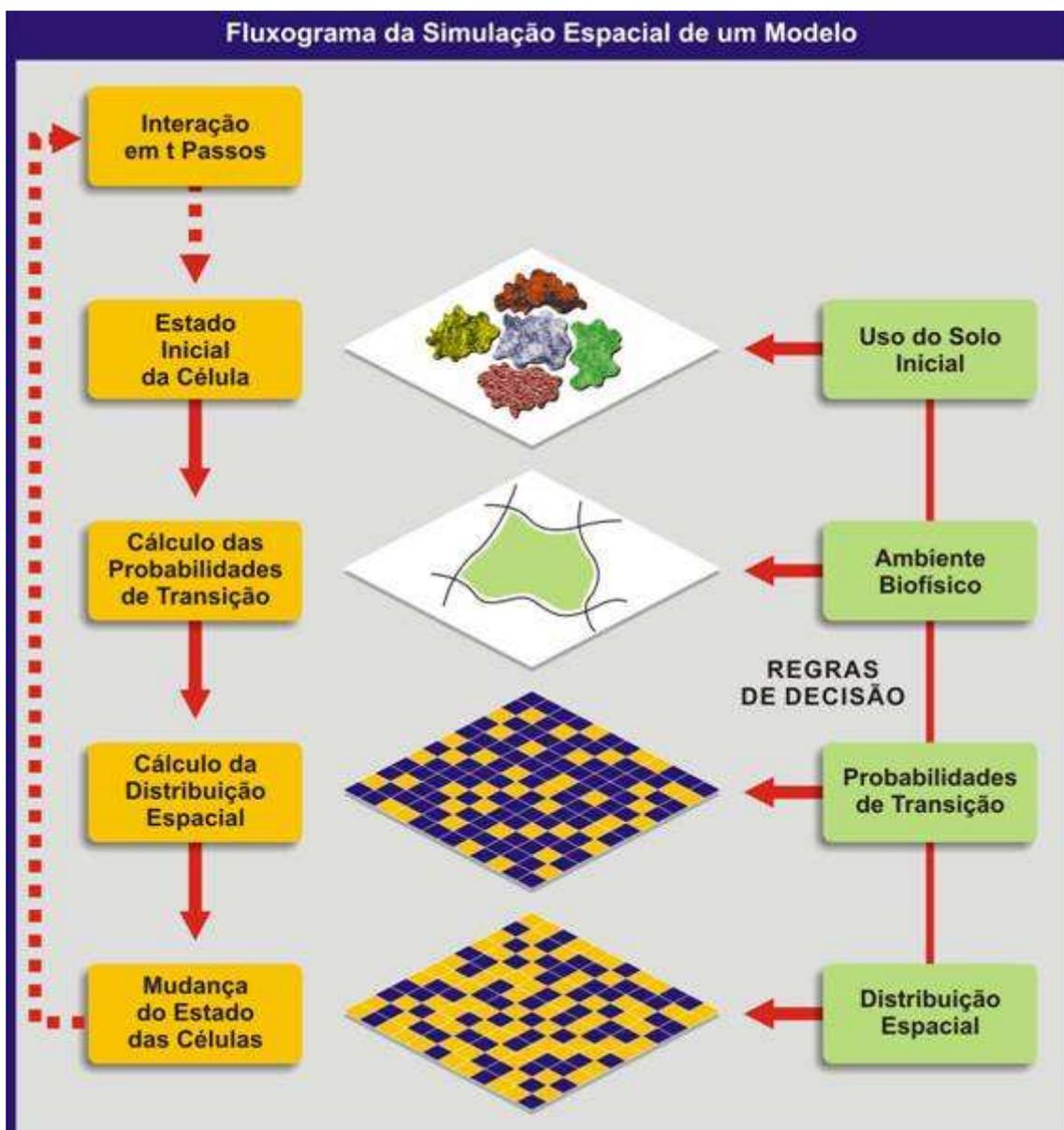


Figura 1.04 - Diagrama de modelização para a simulação da dinâmica espacial (adaptada de MORSHED e BORNE, 2006)

A utilização da mudança de paisagem como elemento de saída de uma simulação tem crescido de maneira significativa. Esse aumento está baseado na facilidade de: (i) acesso e manipulação de dados georeferenciados (SIG) e (ii) entendimento dos resultados das simulações, tanto pelos tomadores de decisão quanto pelos atores locais, que, além de dados quantitativos, apresentam uma interface “visual”.

Uma simulação que utiliza a mudança de paisagem é mais “amigável” com atores locais (agroextrativistas), pois estes atores participam diretamente dos processos de construção paisagística e territorial, por intermédio de suas práticas

agrícolas e extrativistas, de seu *know-how* e em função de estratégias diversificadas, nas quais os processos de aprendizado e inovação exercem um papel importante.

Segundo Simon (2006), para que um modelo seja útil, ele deve apresentar um certo número de características: (i) a simplicidade, (ii) a robustez, (iii) a leveza, (iv) a adaptabilidade, (v) a totalidade e (vi) a facilidade de acesso. Uma vez construído, o modelo deve ser utilizado; essa é a fase de experimentação que consiste em fazer variar alguns parâmetros do modelo para compreender o fenômeno estudado. O processo de validação permite responder à questão da confiança que pode ser dada ao modelo realizado, confrontando os resultados obtidos pela experimentação e as observações do fenômeno real. A validação tem por objetivo tentar encontrar no modelo os comportamentos observados no sistema real.

1.3 SIMULAÇÃO DE SISTEMAS MULTIAGENTES

Caracterizar o ambiente e o papel complexo que as ações humanas nele desempenham é desafiador. O impacto acumulado das decisões individuais de várias pessoas é a causa imediata da mudança ambiental induzida pelo ser humano. Essas ações individuais são formatadas pelos quadros social, político, econômico e ambiental em que elas ocorrem. Esses quadros se alteram através do tempo à medida que as condições se alteram. Além disso, a marca deixada por essas atividades varia através do espaço em diferentes escalas espaciais.

De forma diferente da programação convencional, para a qual os dados e as operações sobre estes dados são separados, a programação orientada ao objeto agrupa operações e dados, ou comportamentos e estados, em unidades modulares denominadas objetos, e deixa ao usuário a tarefa de combinar esses objetos em uma rede estruturada para formar um programa útil (LARKIN e WILSON, 1999; apud LI et al., 2005).

A separação entre a interface e a implementação esconde detalhes técnicos dentro da superfície do sistema, como as partes de um relógio, e como estas partes interagem umas com as outras. Uma interface amigável ao usuário fornece uma

entrada simples de dados, uma saída simples de dados e mostra as funções internas de forma que outros objetos (ou usuários) possam chamar ou utilizá-las.

Os sistemas multiagentes (SMA) têm a sua origem ligada ao fértil movimento interdisciplinar. Originariamente, os SMA vieram de um ramo da inteligência artificial (IA), conhecido como inteligência artificial distribuída (IAD). Em vez de reproduzir o conhecimento e a lógica de um agente inteligente como na IA, o objetivo se tornou reproduzir o conhecimento e a lógica de diversos agentes heterogêneos que precisavam se coordenar para resolverem problemas conjuntos. Uns pesquisadores focalizaram seus estudos no agente e na sua autonomia enquanto outros se concentraram na organização das múltiplas interações entre os agentes (HUNHNS e STEPHENS, 1999; apud BOUSQUET e LE PAGE, 2004), engajando-se no campo dos SMA.

Alguns desses pesquisadores encontraram outros pesquisadores oriundos das ciências sociais e da vida. Também houve encontros com os grupos do campo da Vida Artificial (LANGTON, 1988, apud BOUSQUET e LE PAGE, 2004), que foi desenvolvido na base da física e do contexto geral das ciências da complexidade, os quais reexaminavam as questões científicas estudando as interações entre entidades elementares e os seus modos de organização.

Se por um lado, os SMA fornecem um método para reformular certas questões nas ciências naturais e sociais, por outro lado, os pesquisadores no campo das ciências computacionais usavam vários conceitos das ciências sociais: (i) a psicologia cognitiva e a teoria dos jogos para racionalizar as estratégias utilizadas no estabelecimento das relações com outros agentes, (ii) a sociologia para definir os modos de interação entre os agentes, e (iii) a lingüística para fornecer aos agentes uma linguagem e para organizar os protocolos de comunicação.

Os SMA têm se desenvolvido rapidamente no campo das ciências sociais. A simulação social é objeto de inúmeras conferências como: (i) *Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation* – MABS; (ii) *Simulation Societies*; e (iii) *Agent-Based Computational Economics* - ACE. As pesquisas neste campo são publicadas no *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* - JASSS - e em outros periódicos especializados.

Inúmeros grupos de pesquisa têm emergido deste fértil campo do movimento interdisciplinar utilizando os SMA de diferentes maneiras. Atualmente, os SMA são um termo “guarda-chuva” (FERBER, 1995, 1999) para: (i) agentes de *hardware* que interagem (robótica coletiva); (ii) sistemas de agentes de *software* interativos (*softbots*), utilizados no planejamento de tarefas distribuídas e (iii) simulações de multiagentes.

Segundo Ferber (1995), a teoria de Sistemas Multiagentes (SMA) é uma teoria computacional que procura coordenar a competição existente entre processos independentes, utilizando uma “metáfora antropomórfica”, a qual é explorada pelos cientistas dessa área. Um agente é, portanto, um processo computacional - algo entre um programa e um robô - que pode ser considerado como autônomo desde que seja capaz de se adaptar quando o ambiente a sua volta se modifica. Como a estrutura de bases de dados está se modificando todo o tempo e, como o agente deve se adaptar a essas mudanças constantes, pode-se dizer que ele é autônomo.

Um SMA compreende uma gama de processos computacionais que rodam simultaneamente, com diversos agentes que vivem ao mesmo tempo, compartilham recursos comuns e se comunicam entre si. A chave para a teoria SMA está na formalização das coordenações necessárias entre esses agentes que se propõem a elaborar expressões formais para cada uma delas (BOUSQUET et al., 2002).

A chave é formalizar a coordenação necessária entre agentes. As questões são relacionadas com: (i) tomada de decisão, “que mecanismos de tomada de decisão estão disponíveis aos agentes?”, “quais são as conexões entre suas percepções, representações e ações?”; (ii) controle, “quais são as relações hierárquicas entre os agentes?”, “como elas são sincronizadas?” e (iii) comunicação, “que tipos de mensagens eles enviam e recebem?”, “a que sintaxe essas mensagens obedecem?”.

A teoria SMA tem aplicações em inteligência artificial, em que pode ser utilizada para reduzir a complexidade de um processo, dividindo o conhecimento necessário em sub-rotinas, associando um agente inteligente e independente a cada uma dessas sub-rotinas e coordenando as atividades desses agentes. Este processo é uma referência a IAD (Inteligência Artificial Distribuída) e está sendo implementado

sistematicamente para resolver problemas combinatórios famosos, como o *Fifteen Puzzle* ou o *Hanói Tower*, em uma técnica conhecida como *eco-resolution* (DROGOUL e FERBER, apud BOUSQUET, 2002).

1.3.1 Os SMA e a simulação de sistemas complexos

A teoria SMA se sobrepõe a um tipo de modelização utilizada na ecologia, conhecida como modelo de base individual (IBM - *individual-based modelling*), o qual estuda o comportamento geral de uma população em que os processos envolvidos são exclusivamente individuais e é utilizado para simulações computacionais. Os IBM foram desenvolvidos no final da década de 1980 por dois motivos: (i) a necessidade de considerar o indivíduo devido a sua característica genética única e (ii) o fato de que cada indivíduo é situado no espaço e as suas interações são locais.

O encontro destas teorias (IBM e SMA) pode ser enriquecedor pois: (i) problemas ecológicos representam uma fonte inesgotável de questões sobre interações, as quais são simples de verificar e difíceis de resolver; (ii) a teoria SMA não oferece apenas ferramentas poderosas de programação, mas também provê uma estrutura melhor para as simulações computacionais e (iii) para obter uma metáfora antropomórfica, a teoria SMA representa agentes dotados de qualidades como percepção, mobilidade e reflexão e também capazes de definir objetivos e construir estratégias.

Vale ressaltar que existem algumas diferenças entre IBM e SMA. Os IBM foram desenvolvidos por ecologistas que tentavam introduzir a noção do indivíduo para compreender o papel da heterogeneidade. Os SMA são mais influenciados pelas ciências computacionais e pelas ciências sociais. Os SMA enfatizam mais o processo de tomada de decisão dos agentes e a organização social na qual estes indivíduos estão inseridos. Além disso, em SMA um agente não é necessariamente um indivíduo, ele pode representar outros níveis de organização (uma associação, uma sociedade, uma empresa, uma prefeitura etc.).

Para Bousquet (2002), a aplicação da teoria SMA para simulação de fenômenos sociais é geralmente associada à corrente sociológica conhecida como “individualismo metodológico”, que considera um indivíduo como uma unidade elementar, como um

átomo da sociedade. A similaridade entre as teorias está na abordagem *bottom-up* de ambas. Entretanto, é um equívoco transformar indivíduos de uma sociedade em agentes SMA se os grupos sociais ou instituições, com suas regras e padrões de operação, também podem ser vistos como agentes. Agentes são guiados por variáveis, por regras expressas para um nível de grupo: eles são apenas entidades localizadas em um ambiente dinâmico.

Este alerta indica como uma simples dualidade entre individualismo e holismo pode ser colocada em dúvida. Esta é uma das maiores preocupações tanto para cientistas que estudam a gestão de recursos renováveis como para pesquisadores que estudam SMA, os quais consideram que (BOUSQUET e LE PAGE, 2004):

- a) indivíduos, que são produtos da história, são governados por valores e regras coletivas;
- b) valores e regras coletivas evoluem devido às interações entre indivíduos e grupos de indivíduos;
- c) indivíduos não são nem similares nem iguais, mas têm regras e um *status* social específicos.

Bousquet e Le Page (2004) apresentaram um série de questões que ainda devem ser exploradas nas pesquisas que envolvem SMA: Como os indivíduos constroem a coletividade? Como uma instituição é criada? Um indivíduo não pode ser visto como uma entidade autônoma independente de seu ambiente social. Como os indivíduos são influenciados pelas estruturas coletivas que eles mesmos criaram e como elas evoluem? Quantos graus de liberdade existem para cada prática individual? A teoria SMA vem tentando responder a essas questões, em termos de controle e comunicação, e o campo mais fértil para seu uso é a gestão de recursos renováveis.

A gestão de recursos naturais é um sistema complexo. Os sistemas complexos são geralmente descritos como adaptativos. Os mecanismos adaptativos podem influenciar as saídas tanto na microescala quanto na macroescala. Ao nível de um agente individual, o comportamento de aprendizado e a evolução das estratégias devem ser construídos na estrutura de tomada de decisão. Ao nível do sistema, a evolução da população agregada pode ser influenciada pela dinâmica dos agentes (BERGER, 2001).

Se os pesquisadores têm interesse na modelização de sistemas complexos de um sistema com MUCS, eles também podem estar interessados especificamente na compreensão dos fenômenos macroscópicos ou emergentes que podem resultar do experimento. Enquanto a palavra “emergência” se tornou popular nas discussões sobre a complexidade, existem diferentes manifestações concretas do conceito, muitas das quais são potencialmente úteis para os pesquisadores empíricos. Entretanto, cabe ressaltar que ainda não existe uma definição matemática formal de emergência que seja amplamente aceita, e o tema permanece como ponto de debate entre os modelizadores.

O fenômeno da emergência tem sido descrito como uma saída agregada que não pode ser prevista ao se examinar isoladamente os elementos de um sistema. Holland (1998; apud PARKER et al., 2003) definiu as emergências simplesmente como “muito vindo de pouco”. Auyang (1998; apud PARKER et al., 2003) as definiu como estruturas de mais alto nível que são qualitativamente diferentes de componentes de níveis mais baixos e que não podem ser obtidas pela agregação, médias ou outra superposição de componentes desses níveis mais baixos. As definições de emergência usualmente são concernentes a fenômenos de macroescala que surgem da microinteração. Algumas definições associam emergência com surpresa ou novidade (BATTY e TORRENA, 2001; apud PARKER et al., 2003). Apesar de o conceito de surpresa ser contraditório para alguns pesquisadores, ele permite a reflexão sobre o que não é uma emergência: um padrão de aparição que seja uma consequência óbvia das propriedades dos componentes do sistema.

Vários autores identificaram exemplos concretos de emergência. Modelos de locação focalizaram na segregação espacial e nos padrões de assentamento e migração como propriedades emergentes de sistemas complexos explicitamente espacializados. Padrões de uso do solo também foram identificados como propriedades emergentes dos mercados de terra (PARKER et al., 2001). As distribuições das dimensões de propriedades rurais também foram identificadas como emergentes dos mercados de terras agrícolas (BERGER, 2001). Em todos os exemplos, as saídas macroscópicas dependem das interações entre os agentes tanto quanto das características individuais de cada agente.

Os SMA são, atualmente, uma ferramenta importante no domínio da modelização e da simulação de sistemas complexos. Eles são cada vez mais

utilizados no desenvolvimento de programas computacionais (programação orientada agente/interações/organizações) na resolução de problemas (gestão de redes eletrônicas) e para compreender melhor, pela simulação, os eco-sócio-sistemas, os quais combinam, ao mesmo tempo, as dinâmicas naturais e as sociais.

Recentemente, pesquisadores que trabalham na exploração de futuros relacionada com a gestão de recursos naturais começaram a utilizar os Sistemas Multiagentes (SMA) em diferentes estudos, nos quais a gestão de recursos naturais deve levar em conta as interações entre as dinâmicas naturais e sociais (BOUSQUET e LE PAGE, 2004). Os modelos SMA fornecem facilidades na escala microregional para construir percepções específicas do ecossistema que cada agente utiliza para determinar as suas ações; outra facilidade é a de incorporar em uma paisagem virtual realista, entidades espaciais agregadas em níveis diferentes e conectá-las a processos dinâmicos com escalas específicas (ETIENNE e LE PAGE, 2002). Além do mais, graças às técnicas de autômatos celulares, modelos comportamentais das decisões sobre o uso da terra pelos agentes podem ser explicitados espacialmente (VELDKAMP e LAMBIN, 2001; apud SIMON, 2006). Finalmente, por explicitar as relações entre os indivíduos, os modelos SMA permitem simular propriedades emergentes dos sistemas, as quais não são previsíveis a partir de observações de microunidades isoladas (VERBURG et al., 2004).

Em paralelo, uma abordagem teórica baseada no indivíduo vem evoluindo de uma abordagem de sistemas (BOUSQUET e LE PAGE, 2004). A abordagem de sistemas é baseada nos métodos de dinâmicas de sistemas: o sistema é representado como um conjunto de compartimentos interligados por fluxos e controles, utilizados para representar os estoques e os fluxos de matéria, energia ou informação. A abordagem individualista focaliza nos problemas de comportamentos e interações (BOUSQUET e LE PAGE, 2004), ela foi desenvolvida com modelos baseados em indivíduos (IBM) nos finais dos anos 80 (HUSTON et al., 1988; apud SIMON, 2006) ou, também, com sistemas multiagentes (SMA).

A simulação SMA traz uma nova visão para a modelização nas ciências ambientais, pois além de utilizar a representação direta dos indivíduos (os agentes), ela também representa as suas interações. Ela permite, dessa forma, resolver problemas complexos associados às sociedades nas quais o modo de organização ao nível macro resulta das diferentes interações ao nível micro (dos indivíduos/agentes).

Ela oferece outra vantagem, de permitir a qualquer um ser parte da simulação, como descreve Ferber (1995) “como se fosse um laboratório em miniatura, que possibilita a movimentação dos indivíduos, a alteração em seu comportamento e a modificação das condições ambientais”.

Os modelos SMA são potencialmente úteis para o teste e aprendizado interativos de políticas na área de gestão ambiental, pois as abordagens SMA podem modelizar tanto a tomada de decisão como os processos sócio-físico-biológicos.

Três tipos de modelos participativos podem ser observados na literatura de acordo com o nível de participação obtido. O primeiro tipo de modelo é desenvolvido, explicitamente, para obter a participação em todos os estágios do desenvolvimento do modelo (HARE et al., 2002; apud PARKER et al., 2003; LYNAM et al., 2002; apud PARKER et al., 2003; BOUSQUET et al., 2002). Os atores locais e modelizadores trabalham juntos para construir o modelo SMA do sistema em estudo, a construção do modelo e os exercícios de implementação do modelo facilitam o aprendizado sobre as interações e dinâmicas do sistema. No segundo tipo, a participação dos atores locais não é necessariamente incorporada na construção do modelo, mas eles participam da implementação, agindo como agentes do modelo (BARRETEAU et al., 2001). Os atores locais interagem com os agentes artificiais do modelo SMA para aprender mais sobre o sistema. O terceiro tipo, mais comum, desenvolve modelos SMA para serem apresentados à classe política, considerada a principal tomadora de decisão por ser a responsável pela elaboração das políticas públicas, como uma ferramenta para análise de cenários, completamente funcional (ANTONA et al., 2002). Os atores locais podem alterar variáveis e parâmetros do modelo para testar políticas alternativas.

Os modelos SMA são particularmente apropriados quando (PARKER et al., 2003) (i) estão presentes interdependências importantes entre os agentes e seu ambiente, (ii) a heterogeneidade de agentes e/ou de seu ambiente afeta criticamente as saídas do modelo, (iii) existem conexões entre as estruturas hierárquicas da organização em todos os sentidos (de baixo para cima e vice-versa) e (iv) os comportamentos adaptativos no nível individual ou no nível do sistema são relevantes para o sistema em estudo.

Os SMA enfatizam o processo de tomada de decisão dos agentes e a organização social na qual esses agentes estão inseridos. Os SMA estão baseados em uma abordagem tipicamente *bottom-up*: através da modelização dos comportamentos e das interações, propriedades emergentes podem ser observadas ao nível do sistema (BOUSQUET e LE PAGE, 2004). A idéia central de produzir um sistema que se comporta com a realidade está sempre presente com a meta de utilizar o simulador para questionar “e o que acontecerá se...?”. A adaptação do modelo à realidade não tem o objetivo de transformá-lo em uma ferramenta de predição, mas, sim, de entender as dinâmicas que existem ou que existiram (BOUSQUET e LE PAGE, 2004).

A vocação de um modelo, geralmente, é de servir como uma ferramenta de suporte à decisão (LE BER et al., 1999; apud SIMON, 2006), mas as simulações também podem ser utilizadas para contribuir com o processo de tomada de decisão (GIMBLETT et al., 1998; apud SIMON, 2006). Métodos diferentes são propostos, entre os quais a modelização de acompanhamento (*Companion Modelling* - ComMod), que estabelece o uso dos SMA para tratar problemas de gestão de propriedades comuns como parte de uma abordagem construtivista com os “jogadores” do sistema que tem representações diferentes do mesmo (BOUSQUET e LE PAGE, 2004). Portanto, a gestão adaptativa não consiste apenas em aumentar a adaptabilidade de um ecossistema, mas também, em trabalhar com os processos sociais que conduzem a esse estado. A importância reside nas soluções que emergem das interações que trazem com elas um *portfólio* de intervenções que incluem: (i) a mediação para solução de conflitos (WITTMER et al., 2006); (ii) a facilitação do aprendizado (BOUSQUET e LE PAGE, 2004) e (iii) as abordagens participativas que envolvem as pessoas em ações de negociação coletiva (BOUSSET et al., 2005).

Os estudos que combinam o uso de SMA e de métodos de cenários em uma abordagem participativa nem sempre têm os mesmos objetivos e, conseqüentemente, não seguem o mesmo processo metodológico. Entre os estudos de cenários que envolvem ativamente os usuários no processo de construção dos cenários, dois tipos de abordagens podem ser distinguidas (VAN ASSELT e RIJKENS-KLOMP, 2002): (i) cenários nos quais somente os tomadores de decisão são envolvidos e (ii) cenários nos quais tanto os tomadores de decisão quanto os demais atores são envolvidos (ambos se tornam usuários). Os dois tipos de abordagens pretendem dar suporte ao processo de tomada de decisão, mas apenas o segundo pretende dar suporte também

a um processo de aprendizado social e, nesse caso, os modelos computacionais se tornam instrumentos para esse aprendizado coletivo em vez de instrumentos para “conduzir” o sistema.

A primeira etapa de uma simulação SMA consiste em decompor um fenômeno real em um ambiente no qual participam um número finito de objetos autônomos e discretos, associados por ligações estáticas e dinâmicas. A segunda etapa permite que, a partir da definição do ambiente, dos objetos e das ligações que os unem, crie-se um modelo para a transformação dos objetos em entidades informáticas autônomas denominadas agentes. A última etapa, comum a todos os tipos de simulação, consiste em refinar o modelo em função de observações conjuntas da realidade e das simulações resultantes do modelo. O objetivo de sistemas multiagentes é compreender como processos diferentes em competição direta são coordenados. A Figura 1.05 mostra uma representação esquemática de um sistema socioambiental.



Figura 1.05 Representação esquemática de um sistema socioambiental (adaptado de BOUSQUET e TREBUIL, 2006)

1.3.2 Agentes - autonomia, interação e coordenação

A definição do conceito de agente não é consensual, é polêmica e dependente da especialidade do domínio considerado. Ela é associada a inúmeras aplicações como o agente cognitivo (inteligência artificial), o agente programa (Unix), o agente assistente etc. As definições são diversas, mas se sobrepõem, geralmente, em alguns pontos, como autonomia, ação e flexibilidade. Wooldridge (1998) propõe que “um

agente é um sistema informático, situado em um ambiente, que age de forma autônoma e flexível para atender os objetivos pelos quais ele foi concebido”.

Ferber (1995), por sua vez, define um agente como “uma entidade física ou virtual que: (i) é capaz de agir em um ambiente, (ii) pode se comunicar diretamente com outros agentes, (iii) é movido por um conjunto de tendências (sob a forma de objetivos individuais ou uma função de satisfação, visão de sobrevivência, que ele busca otimizar), (iv) possui recursos próprios, (v) é capaz de perceber seu ambiente (de maneira limitada), (vi) dispõe de apenas uma representação parcial deste ambiente (e em alguns casos nenhuma), (vii) possui competências e oferece serviços, (viii) pode se reproduzir eventualmente e (ix) seu comportamento tende a satisfazer seus objetivos, levando em conta os recursos e as competências de que dispõe e, em função de sua percepção, de suas representações e das comunicações que recebe”.

Um sistema multiagentes (SMA) é feito de um conjunto de processos computacionais que ocorrem ao mesmo tempo, ou seja, vários agentes existem ao mesmo tempo, compartilham recursos comuns e se comunicam entre si. Um agente pode ser descrito como autônomo por ter a capacidade de se adaptar quando o ambiente se altera. Esse comportamento autônomo pode ser visto como uma consequência de seu conhecimento, suas interações com outros agentes e as metas que persegue.

A autonomia significa que os agentes têm controle sobre as suas ações e seu estado interno para atingir as suas metas. Wooldridge (1999) definiu (i) um agente inteligente como aquele capaz de agir com flexibilidade, o que implica que os agentes são orientados aos objetivos e capazes de interações com outros agentes e (ii) um ambiente comum como qualquer coisa que esteja fora dos agentes. Em um contexto de mudanças no UCS, uma paisagem compartilhada em que as ações de um agente podem afetar as ações dos outros agentes se assemelha a um ambiente unificado.

Os agentes devem agir de acordo com algum modelo de cognição que conecte seus objetivos autônomos ao ambiente por meio de seu comportamento. O termo cognição pode variar de uma tomada de decisão simples do tipo estímulo-resposta até o ponto em que os atores são proativos, tomam iniciativas e têm maiores intenções. No mínimo, um agente autônomo precisa de estratégias que lhe permitam reagir às

mudanças no ambiente, dada a importância desse ambiente para as suas ações e objetivos. A reação pode ser completamente descrita e continuar a ser considerada como um modelo cognitivo no sentido estrito, desde que o agente possa responder às mudanças. Além da reação pura, alguns modelos da tomada de decisão humana são baseados na teoria da escolha racional, que assume que os atores são otimizadores perfeitamente racionais, com acesso irrestrito à informação, visão prospectiva e habilidade analítica infinita.

Apesar do potencial dos modelos de escolha racional em explicar fenômenos complexos, evidências experimentais contradizem algumas bases da escolha racional, levando cientistas sociais a questionar a validade empírica da teoria da escolha racional (SELTEN, 2001; apud PARKER et al., 2003). Alguns bons exemplos dos modelos de tomada de decisão podem ser encontrados no campo emergente da economia computacional baseada em agentes, na qual essas abordagens têm sido aplicadas a mercados financeiros, macroeconomia, inovação, gestão ambiental e trabalhos econômicos (TESFATSION, 2001; apud PARKER et al., 2003).

Essas características (autonomia, comunicação, representação etc.) não se aplicam sempre a todos os tipos de agentes. Segundo o modo de controle (concorrente ou seqüencial) ou a forma de representação dos conhecimentos (simbólica ou numérica), a descrição pode diferir e ser declarativa ou mais operacional.

No âmbito operacional, pode-se falar de uma arquitetura dos agentes. O campo da ciência computacional propõe várias arquiteturas para a tomada de decisão dos agentes e diversos protocolos de interação. Em uma perspectiva de coordenação dos agentes, podem-se classificar as arquiteturas de agentes em 3 tipos: (i) arquitetura de agentes autônomos, que exibem agentes com a capacidade de ação e percepção de seu ambiente, mas a capacidade de cooperação e de coordenação são mínimas; (ii) arquitetura de agentes interativos, além das capacidades de ação e percepção, eles têm uma representação dos outros agentes e podem interagir enviando mensagens e (iii) arquitetura de agentes sociais, que possui mecanismos de coordenação e cooperação bem sofisticados.

Do ponto de vista de raciocínio dos agentes, a classificação de suas arquiteturas difere para (BAH et al., 2006):

- a) Arquitetura de agentes reativos, na qual os agentes não têm nenhuma representação simbólica de seu ambiente. A ação segue, imediatamente, a manifestação de um estímulo emitido pelo ambiente. Essa abordagem se baseia na idéia de que a inteligência, ao nível de um SMA, nasce da interação entre agentes simples.
- b) Arquitetura de agentes cognitivos, também denominados deliberativos, que se inspiraram no modelo BDI (Belief – Desire - Intention, Crença – Desejo - Intenção) e são estruturas complexas, de forma contrária aos agentes reativos.
- c) Arquitetura de agentes híbridos, que combinam estruturas simples e complexas. Esse tipo de arquitetura estreou no domínio da robótica que utiliza um sistema reativo para o controle de baixo nível e uma planificação para a tomada de decisão.

Um SMA é um sistema distribuído, composto de inúmeras entidades ou agentes que interagem em um mesmo ambiente segundo os modos de cooperação, de concorrência ou de coexistência (CHAIB-DRAA e LEVESQUE, 1996; apud BAH et al., 2006). Segundo Ferber (1995), um SMA é composto de (Figura 1.06):

- a) Um ambiente E, que é um espaço que dispõe de uma dimensão mensurável.
- b) Um conjunto de objetos O, situados no ambiente E. Estes objetos são passivos, podem ser criados, percebidos, destruídos e modificados pelos agentes.
- c) Um conjunto de agentes A, que são objetos particulares ($A \supset O$).
- d) Um conjunto de relações R que unem os objetos (e os agentes).
- e) Um conjunto de operações Op que permitem aos agentes A perceber, produzir, transformar e manipular os objetos O.
- f) Um conjunto de operadores encarregados de representar a aplicação das operações Op e a reação do “mundo” a essas tentativas de modificação.

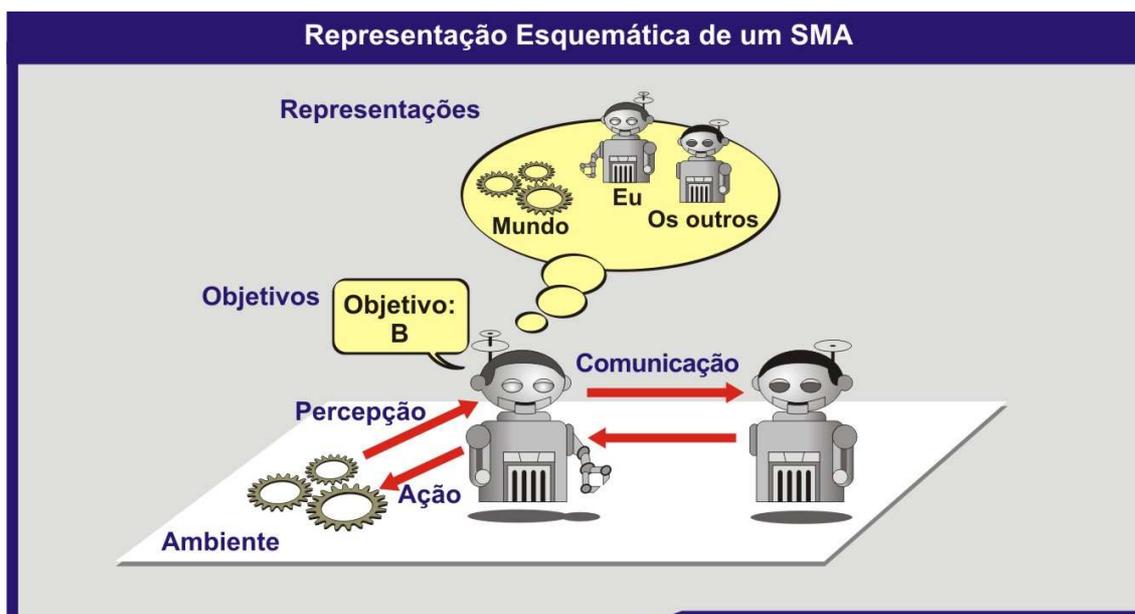


Figura 1.06 Representação esquemática de um SMA (adaptado de FERBER, 1995)

Como podem existir inúmeras entidades que interajam ao mesmo tempo em um mesmo ambiente, faz-se necessária a solução de problemas de coordenação, de interação por comunicação ou outras, e de cooperação. Segundo Bousquet e Le Page (2004), no caso dos SMA aplicados à ecologia, existem três tipos principais de interações: (i) interações pela comunicação entre agentes, (ii) interações físicas (a predação, por exemplo) e (iii) interações mediadas pelo ambiente.

Dois tipos de comunicação podem ocorrer entre os agentes (KONIN e PESTY, 2001; apud BAH et al., 2006):

- a) Uma comunicação indireta, por meio de sinais emitidos através do ambiente, muito utilizada em modelos com agentes reativos e que ocorre pela propagação de estímulos ou sinais pelo ambiente. Essa comunicação é restrita, pois o número de sinais é finito e a sua interpretação é fixa.
- b) Uma comunicação direta entre agentes, pelo envio intencional de mensagens. O agente possui a capacidade de enviar, receber, interpretar e responder as mensagens. O envio pode ser síncrono, quando os agentes têm que se “encontrar” para a troca de mensagens; ou assíncrono, quando o encontro não é necessário.

A coordenação nos SMA é muito importante, pois, além de estabelecer como “alinhar atividades de perspectivas diferentes” (BONDE et al., 1988; apud BAH et al., 2006), ou seja, fazer interagir agentes com pontos de vista conflitantes deve também

assegurar a coerência global do sistema. Sycara (1991; apud BAH et al., 2006) afirma que “a coordenação pode ser definida como a gestão das interdependências entre as atividades dos agentes ou, de forma mais pragmática, como a escolha, o ordenamento e a afetação das ações ao longo do tempo para tentar maximizar o conjunto de critérios de decisão que pode variar no tempo”. O modelizador deve responder às seguintes questões: (i) o que coordenar, (ii) por meio de qual representação e (iii) como coordenar.

Ossowski (1999) propôs dois modos de coordenação de SMA: (i) coordenação centralizada, que pressupõe a existência de um coordenador geral, e (ii) coordenação distribuída, na qual o objeto deve encontrar lugar entre os agentes que têm interesses divergentes, o que implica em um mecanismo de negociação.

Bah et al (2006) propõem outra distinção de modos de mecanismos de coordenação, a qual pode ser feita entre: (i) modelos orientados a tarefas, em um contexto de resolução distribuída, no qual há uma meta global, que os agentes devem satisfazer executando cada qual uma subtarefa específica (DURFEE, 1991; apud BAH et al., 2006) e (ii) modelos orientados a agentes, que não têm uma meta global comum, e cada agente busca maximizar a sua satisfação individual.

1.3.3 As plataformas SMA

Na última década, foram desenvolvidas diversas ferramentas, plataformas e ambientes de desenvolvimento para SMA. As aplicações geralmente são desenvolvidas com uma linguagem orientada ao objeto. Esses ambientes possibilitaram avanços significativos nas pesquisas permitindo o seu acesso a usuários de campos diversos (ecólogos, geógrafos, biólogos etc.), os quais conceberam modelos com certa facilidade, sem perder muito tempo para compreender os diferentes conceitos. Gessoum e Ocelllo (2001; apud BAH et al., 2006) classificaram esses ambientes em torno de cinco tipos de ferramentas:

- a) ambientes para a simulação, que fornecem um conjunto de bibliotecas para facilitar o desenvolvimento de agentes de simulação, a CORMAS é um bom exemplo;

- b) ambientes para a implementação, que implementam arquiteturas desde agentes simples até agentes dotados de uma linguagem de comunicação complexa;
- c) ambientes para a concepção, que são baseados sobre um modelo de componentes, nos quais um agente é uma associação de componentes simples ou complexos;
- d) ambientes para a concepção e implementação, que oferecem um conjunto de ferramentas que permitem definir grupos de agentes e desenvolver, de forma independente, a arquitetura de agente selecionada; e
- e) ambientes para a concepção, a implementação e a validação, que oferecem além da concepção e implementação, ferramentas de validação para as aplicações SMA desenvolvidas.

Segundo Bousquet e Le Page (2004), as plataformas podem ser classificadas em três tipos:

- a) Plataformas genéricas, utilizadas para vários propósitos, como telecomunicações e redes. Algumas delas são regularmente citadas em aplicações ambientais. Essas ferramentas são baseadas em princípios que não são necessariamente a gestão de recursos.
- b) Plataformas para simulações ecológicas e sociais, que fornecem programas utilitários para simular ecossistemas ou problemas de gestão de recursos. São ferramentas completas para a implementação de sistemas sociais ou ecológicos. Algoritmos ou estruturas são fornecidos para implementar as conexões entre os agentes e o seu ambiente e outros elementos são fornecidos para organizar as associações de agentes.
- c) Plataformas dedicadas, que são desenvolvidas para uma aplicação bem específica.

Existem inúmeros ambientes (plataformas) que foram desenvolvidos para estudar um problema particular como: (i) SIMDELTA (BOUSQUET et al., 1993) sobre a pesca no delta do rio Níger; (ii) MANTA (DROGOUL, 1994, apud BOUSQUET e LE PAGE, 2004), para resolver problemas de divisão de tarefas em uma sociedade de insetos; (iii) SEALAB (LE PAGE, 1996) sobre a reprodução de peixes, (iv) PASTEUR (BAH et al., 1998) sobre a mobilidade pastoral, (v) SHADOC (BARRETEAU, 1998) sobre perímetros irrigados no Senegal.

Detalharemos apenas a plataforma CORMAS (BOUSQUET et al., 1998), que foi utilizada para desenvolver o modelo de simulação deste estudo. CORMAS (**C**ommon-**p**ool **R**esources and **M**ulti **A**gent **S**ystems) é uma plataforma de simulação desenvolvida pela unidade GREEN (*Gestion des Ressources Renouvelables et Environnement*) do CIRAD (*Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement*), cujo objetivo era ser capaz de desenvolver modelos mais facilmente, rapidamente e eficientemente, baseados nas interações entre as dinâmicas naturais e sociais no contexto da gestão de recursos comuns.

CORMAS é um ambiente de programação destinado à elaboração de modelos SMA para simulações. Um grande número de modelos utiliza essa plataforma (os modelos podem ser observados em <http://cormas.cirad.fr>), e seu sucesso junto aos pesquisadores se deve a sua facilidade em realizar modelos sobre a problemática da gestão dos recursos naturais..

CORMAS foi desenvolvida a partir do ambiente Visualworks, portanto sua linguagem de programação é o Smalltalk. Em sua interface principal (Figura 1.07) podem ser observadas três grandes partes: (i) programação, (ii) visualização e (iii) simulação.

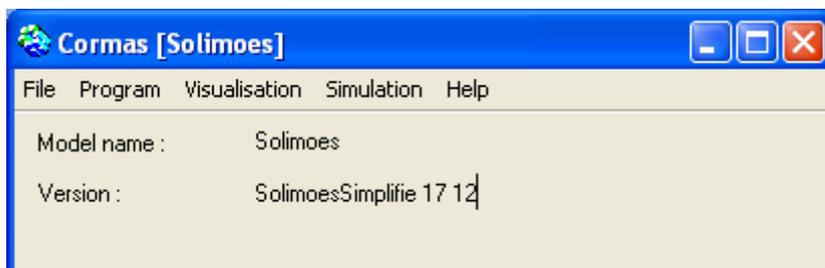


Figura 1.07 Interface principal Cormas

A parte de programação permite ao usuário definir as diferentes entidades (agentes) de seu modelo e especificar os modos de interação entre elas. No caso de entidades sociais, podem ser implementados também procedimentos de comunicação direta (envio de mensagens) ou indireta (via ambiente). Na CORMAS, existem três tipos de entidades (Figura 1.08): (i) espaciais, (ii) sociais e (iii) passivas.

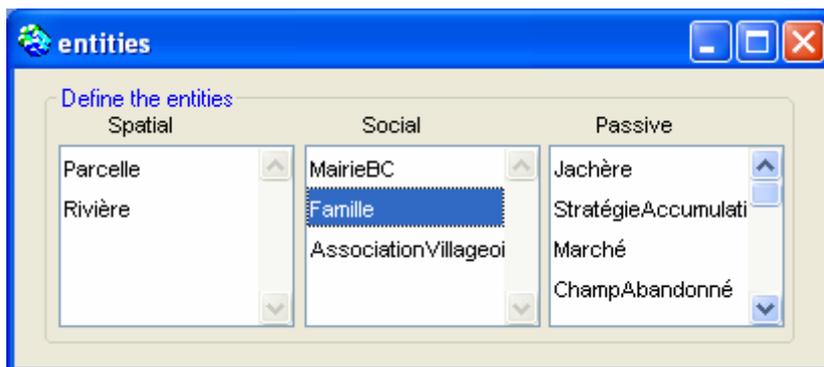


Figura 1.08 Entidades Cormas

Esta divisão em três tipos de entidades genéricas demonstra a especificidade da plataforma que se presta, principalmente, a gestão de recursos naturais, ou seja, às interações entre as dinâmicas sociais e ambientais.

A parte de visualização oferece a possibilidade de observar em uma interface, denominada “espaço de simulação”, a evolução das entidades sociais e a dinâmica das entidades espaciais (Figura 1.09). Este espaço, geralmente, é uma grade de dimensão variável, na qual as células podem ser de forma quadrada, retangular ou hexagonal, e pode ser acoplado a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) importando vetores ou raster. Nesta parte também é possível obter diferentes gráficos para visualizar o comportamento das variáveis do sistema (Figura 1.10).

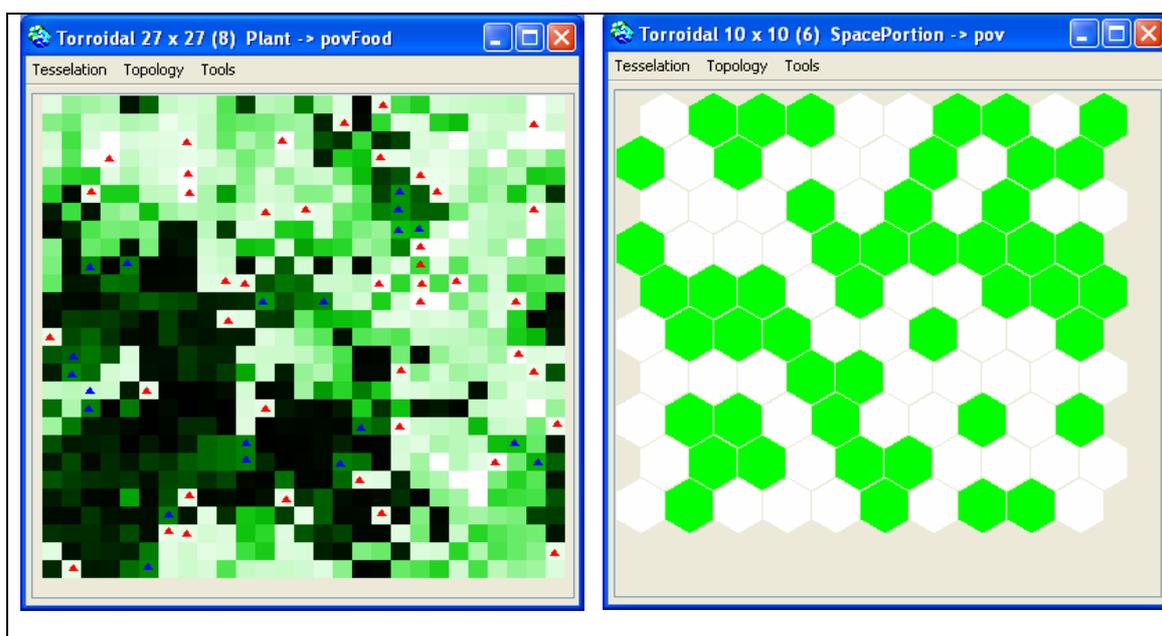


Figura 1.09 Espaços de simulação em Cormas



Figura 1.10 Interface gráfica para visualizar os resultados de simulações

A parte de simulação permite ao modelizador fazer evoluir o seu modelo virtual ao longo do tempo e no espaço, ao seleccionar um passo de tempo que lhe convém (Figura 1.11).



Figura 1.11 Interface para seleção do horizonte de variação do tempo na simulação

O desenvolvimento de sistemas multiagentes demanda um esforço importante e sustentado. A maturidade atual das pesquisas neste campo demonstra que é necessário desenvolver métodos de concepção para que qualquer um possa se apropriar do modelo desenvolvido. Atualmente, existem dois tipos de metodologias orientadas ao objeto para concepção de SMA: (i) aquelas que adaptam as metodologias orientadas ao objeto e (ii) aquelas que se inspiram nas metodologias da engenharia de conhecimentos ou de necessidades.

As seis metodologias orientadas a agentes mais conhecidas atualmente são: (i) AAIL (Australian Artificial Intelligence Institute); (ii) Aalaadin; (iii) Cassiopéia; (iv) GAIA; (v) ADELFE e (vi) CommonKADS.

A metodologia AAIL (Australian Artificial Intelligence Institute) foi desenvolvida por este instituto para a gestão do tráfego aéreo (KINNY et al., 1996; apud BAH et al., 2006), utilizando a tecnologia BDI-PRS (Belief-Desire-Intention / Procedural Reasoning System). Esta metodologia propõe dois eixos ou pontos de vista que se integram e que propõem, cada qual, um conjunto de modelos os quais permitem a especificação dos agentes:

- a) Um ponto de vista externo aos agentes que se interessam pela organização do sistema, pelos papéis, pelos serviços e pelas responsabilidades. São exemplos (i) o modelo agente, que descreve a hierarquia entre os agentes e permite identificar as instâncias possíveis e (ii) o modelo de interação, que descreve os serviços e as interações entre os agentes.
- b) Um ponto de vista interno aos agentes que focaliza a instanciação dos agentes e suas implementações. São exemplos: (i) o modelo de crenças, que descreve o estado interno dos agentes e suas ações possíveis, (ii) o modelo de metas, que permite descrever as metas que os agentes podem adotar e aquelas que eles podem responder e (iii) o modelo de planos, que descreve por meio de planos os meios que podem ser utilizados para atingir as suas metas.

A metodologia tema do projeto Aalaadin fornece um arcabouço interessante para o desenvolvimento de SMA associado a um ambiente de prototipagem e de execução, perfeito para a especificação de organizações baseadas nas noções de agentes, grupos e papéis (FERBER e GUTKNECHT, 1998; apud BAH et al., 2006). Aalaadin propõe uma abordagem centrada na organização descrita pelo meta-modelo AGR (*Agent-Groupe-Role* / Agente-Grupo-Papel), que pode ser apresentada segundo dois pontos de vista: (i) a estrutura organizacional e (ii) a organização concreta, que representam uma instanciação da estrutura organizacional.

A metodologia Cassiopéia foi desenvolvida por Collinot e Drogoul (1998; apud BAH et al., 2006), com uma abordagem *bottom-up*. A metodologia se baseia nos conceitos de: papéis, agentes, dependências e grupos. Um agente é visto como um conjunto de papéis organizados em três níveis: (i) nível individual, que representa o comportamento dos agentes; (ii) nível relacional, que representa a maneira de interagir com os outros agentes, e (iii) nível organizacional, que focaliza a maneira como são geradas as interações entre os agentes para se manterem ou se tornarem organizados.

A metodologia GAIA é uma extensão da engenharia de programas informáticos clássica. É um método de segunda geração que se beneficia de partes de métodos da primeira geração (como o AAIL) e tenta integrar uma abordagem à base de papéis e estados mentais dos agentes (WOOLDRIDGE et al., 2000).

A metodologia ADELFE, do projeto ADELFE (*Atelier de Developpement de Logiciels à Fonctionnalité Emergente*), propõe o desenvolvimento de SMA adaptativos (PICARD, 2004; apud BAH et al., 2006). Seu processo de decisão está baseado no Processo Racional Unificado, mas não integra a noção de agente após as etapas de análise e concepção; ele é definido em termos de atividades, etapas, participantes e documentos.

A metodologia CommonKADS atualmente possui dois desdobramentos: os métodos CoMoMAS e MAS-CommonKADS (IGLESIAS et al., 1997; apud BAH et al., 2006). O método foi criado para o desenvolvimento de sistemas à base de conhecimentos e é composto por um grupo de modelos que permitem capturar o conjunto de elementos do sistema. Os sete modelos do MAS-CommonKADS são: (i) modelo organizacional, que descreve a organização na qual o SMA será introduzido e a organização da sociedade de agentes; (ii) modelo orientado a tarefas, que descreve as tarefas (metas) que devem ser executadas pelos agentes e a decomposição dessas tarefas; (iii) modelo de agentes, que descreve as características principais dos agentes; (iv) modelo de comunicação, que detalha as interações entre o agente humano e o programa de informática e os fatores humanos necessários para o desenvolvimento destas interfaces; (v) modelo de coordenação, que descreve a comunicação entre os agentes, suas interações, seus protocolos e suas capacidades de interação exigidas; (vi) modelo de especialistas, que descreve os conhecimentos necessários para que os agentes executem as tarefas e (vii) modelo de concepção, que agrupa os modelos anteriores e os subdivide em 3 submodelos, concepção de aplicação, concepção de arquitetura e seleção da plataforma.

1.3.4 Os desafios das pesquisas com SMA

Para BAH et al. (2006), alguns desafios ainda estão postos para os pesquisadores para operacionalizar as simulações com SMA para a gestão de recursos naturais, entre os quais:

- a) a complexidade dos sistemas modelizados, de suas dinâmicas e suas representações;
- b) o papel principal dos processos sociais humanos;
- c) a falta de argumentos e métodos para a calibração e validação;
- d) a diversidade de escalas, reforçada pela diversidade de pontos de vista;
- e) a integração dos modelos clássicos pré-existentes e
- f) a hesitação entre os modelos existentes pouco compreensíveis pelos tomadores de decisão e dos modelos mais qualitativos, com processos participativos, que podem ser apropriados, mas são de difícil validação.

Um conjunto de questões de pesquisa sobre o uso dos SMA tem sido proposto por diversos autores. Segundo Bousquet e Le Page (2004), estas questões podem ser subdivididas:

- a) Tomada de decisão individual, se as pesquisas deveriam se concentrar em testar modelos teóricos ou se devem focalizar na elicitación dos modelos de decisão pela observação do mundo real.
- b) Instituições para regulação, se as pesquisas devem se voltar para a gestão da propriedade comum.
- c) Escala e níveis organizacionais. As escalas são definidas pelo observador do sistema, como representar agentes atuando em diferentes escalas de tempo (velocidades), representando diferentes níveis, e como fazê-los interagir em uma simulação de uma forma relativamente próxima à real. Outro problema reside em como migrar de uma escala para outra.
- d) Uso dos modelos: do positivismo ao construtivismo. No paradigma das ciências naturais, o papel dos pesquisadores é descobrir a verdade e revelar as leis naturais que conduzem o sistema (CASTELLA et al, 1999; apud BOUSQUET e LE PAGE, 2004). O que mais interessa são as soluções que emergem das interações, o que traz um conjunto de intervenções como: mediação para solução de conflitos, aprendizado coletivo e negociação coletiva em abordagens participativas. Em que situações os SMA devem se tornar uma ferramenta para aprendizado coletivo em vez de ser uma ferramenta para conduzir o sistema?
- e) Credibilidade do modelo. Na comunidade SMA, é reconhecido que uma fragilidade dos SMA é a impossibilidade de estabelecer uma prova matemática dos resultados obtidos pelas simulações. Nas avaliações do progresso obtido pelos pesquisadores da comunidade IBM (GRIMM, 1999; apud BOUSQUET e

LE PAGE; 2004), várias conclusões podem ser consideradas no âmbito dos SMA. A idéia geral é que, após vários anos de inovação, um período de consolidação é necessário, e essa consolidação deve ser orientada principalmente ao método: como os resultados de um modelo devem ser apresentados? Como a sua estrutura deve ser apresentada?

Parker et al. (2003) apresentam questões de fundo, cujas respostas devem ser perseguidas por todos os pesquisadores em SMA:

- a) Que tipo de ciência estamos praticando quando utilizamos os modelos SMA?
- b) O que os resultados de nossos modelos nos dizem?
- c) Que papel nossas simulações desempenham em nossa investigação científica?
- d) Quanto nós podemos aprender com o método SMA? À luz de que “em simulações de sistemas complexos adaptativos, as propriedades emergentes são estritamente dependentes das regras pré-programadas pelo investigador”.

1.4 MODELIZAÇÃO DE ACOMPANHAMENTO - COMMOD

Ostrom (1990) e Burton (1994) foram os primeiros a desenvolver a “abordagem patrimonial” (apud BOUSQUET et al., 1996). A idéia principal é que, nos campos social e econômico, o “longo-termo” não é previsível, entretanto ele é decidido parcialmente. Com base na concepção e percepção compartilhadas do estado corrente de um sistema é que os agentes podem traçar os seus objetivos e as suas estratégias de longo prazo, fundamentados na discussão sobre quais são os cenários que poderão ser atingidos. Os agentes interagem em oficinas para a definição do problema, depois analisam de todo o conjunto de soluções possíveis para, finalmente, fazerem a sua escolha baseada em critérios transparentes (MERMET et al., 2004).

Bousquet et al. (1990) utilizaram os conceitos da abordagem patrimonial em uma metodologia que integra o uso dos SMA baseados em três passos:

- a) **A construção de um “mundo artificial”**, que consiste, inicialmente, em coletar e selecionar o conhecimento (dados e informações) sobre o sistema em estudo. É recomendável que as pesquisas de campo e a modelização sejam executadas em sincronia. O processo continua com a identificação das

percepções dos agentes e dos usos que fazem dos recursos naturais e com a análise das interações entre os agentes. Devem ser focalizadas as questões relativas a problemas de representações, comunicações e controles. A implementação do modelo, feita por um modelizador, encontra “lacunas” nos dados e informações que demandam novas investigações de campo, que podem trazer novos elementos para o modelo.

- b) **A restituição**, que é uma avaliação do modelo conceitual (cognitivo). O objetivo é testar o modelo proposto para o processo de tomada de decisão, o que envolve uma análise criteriosa das representações e processos de interação entre os agentes. Para poder compartilhar com os agentes o que há “dentro” do modelo e evitar os efeitos de uma “caixa-preta” duas metodologias podem ser utilizadas. Na primeira, os agentes podem interagir diretamente com o SMA e entender como as dinâmicas natural e social são simuladas. Na segunda, um passo intermediário é necessário, que consiste em utilizar inicialmente, um jogo de papéis (*role playing game* – RPG) que podem ser computacionais ou qualitativos. Em ambas as metodologias, o objetivo é avaliar o modelo e aprimorá-lo, confrontando-o com as percepções dos agentes das dinâmicas natural e social. Os agentes são inseridos em um aprendizado coletivo de seu sistema comum. Retroalimentações podem aparecer com o primeiro passo como, por exemplo, a identificação de novos agentes.
- c) **A simulação**. As simulações mostram como as dinâmicas do sistema emergem de interações entre agentes que têm comportamentos e interesses diferentes, com escalas espaciais e temporais também diferentes, e com representações e pesos específicos nas negociações (BOUSQUET et al., 2002; COMMOD, 2005). Inicialmente, os agentes negociam e definem os objetivos de longo termo utilizando o SMA como instrumento de mediação; esse processo de negociação tem, geralmente, um mediador-facilitador (VAN DEN BELT, 2004) denominado “accoucher” (BOUSQUET et al., 1996). Os objetivos definidos não são necessariamente compartilhados por todos os agentes. Começa, então, uma fase interativa de construção de cenários com a intenção de explorar os caminhos diferentes para alcançar os objetivos e os seus respectivos meios. Os cenários são construídos pelos agentes, e o facilitador os direciona para simulações e discussões com vários pontos de vista.

Esses três passos constituem um guia metodológico que os construtores de cenários adaptam para o escopo, o contexto e o objetivo do estudo de cenários. Alguns estudos de cenários são utilizados para apoiar, apenas parcialmente, o processo de tomada de decisão e não seguem os 3 passos. Alguns passos, particularmente, demandam muito tempo (HERIMANDIMBY et al., 1998) e fazem com que os construtores de cenários prefiram se concentrar em poucos passos. Portanto, a seqüência de pesquisa a ser seguida varia de acordo com o estudo de cenários considerado. Além do mais, os construtores de cenários têm à sua disposição diversas ferramentas, como SMA e RPG, para acompanhar os agentes no seu processo de tomada de decisão durante a sua seqüência de pesquisa e podem combinar seu uso ou utilizá-los separadamente.

A modelização segue iterativamente por aproximações sucessivas usualmente de representações mais simples dos sistemas dinâmicos até as mais complexas. Esta modelização iterativa é feita em interação com os agentes, os quais, com os modelizadores, utilizam os modelos para o planejamento de cenários.

Um princípio básico da formatação do ComMod era ir além das abordagens disciplinares que tratavam o problema exclusivamente pela visão de um "sistema ecológico sujeito a perturbações antrópicas" ou de um "sistema social sujeito a restrições ambientais".

De acordo com Van Ittersum et al. (1998), o processo de tomada de decisão pode ser subdividido em 4 fases:

- 1) definição do problema,
- 2) consenso sobre as necessidades de intervenção,
- 3) identificação dos objetivos e
- 4) identificação dos meios para atingir esses objetivos.

Os sistemas de suporte a decisão (DSS – *decision support systems*) têm sido desenvolvidos para apoiar tomadores de decisão, ao considerar as implicações de vários cursos de pensamento. Um DSS pode ser definido como "um sistema de informação baseado em computação interativo, flexível e adaptável, especialmente desenvolvido para apoiar a solução de problemas de gestão não estruturados ao melhorar a tomada de decisão" (TURBAN, 1995; apud SIMON, 2006).

1.4.1 Uma visão compartilhada

Os pesquisadores da equipe GREEN (*Gestion des Ressources Renouvelables et Environnement*) do CIRAD (*Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement*) consideram o processo de tomada de decisão como uma série de interações entre agentes que têm vários objetivos e diferentes níveis de percepção ou tipos de informação, além de graus variáveis de importância e influência. A Figura 1.12 ilustra esse tipo de pensamento.

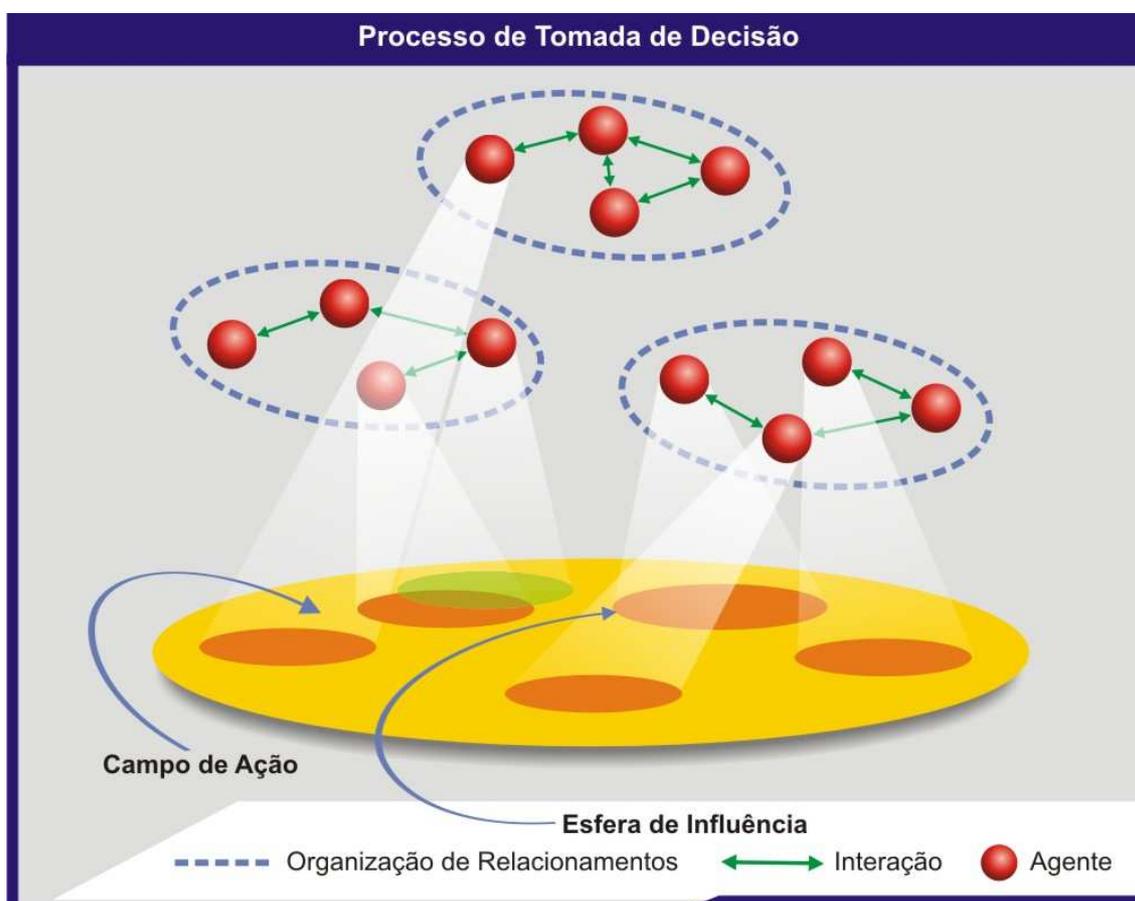


Figura 1.12 O processo de tomada de decisão (adaptado de WOOLDRIDGE, 2002)

Os diferentes agentes, inclusive os cientistas, devem trabalhar uma visão compartilhada do ambiente para a gestão de recursos. Este trabalho deve ser interativo buscando a identificação de novos acordos coletivos sobre indicadores e também o compartilhamento de procedimentos de monitoramento, de sistemas de informação e de alternativas concretas para a ação. O papel do cientista não é, apenas, alimentar a plataforma com um conhecimento “objetivamente verdadeiro”

sobre o subsistema biofísico, ele deve potencializar a construção coletiva de formas de comparar, avaliar e implementar alternativas concretas.

Em abordagens ComMod, o ponto de vista do cientista é apenas um dos pontos de vista sobre o sistema. Devem ser considerados, também, os pontos de vista dos tomadores de decisão e dos demais atores locais. Não se pode atribuir um peso maior a qualquer um dos pontos de vista identificados (Figura 1.13. a, b e c), todos devem ter a mesma importância (Figura 1.13 d).

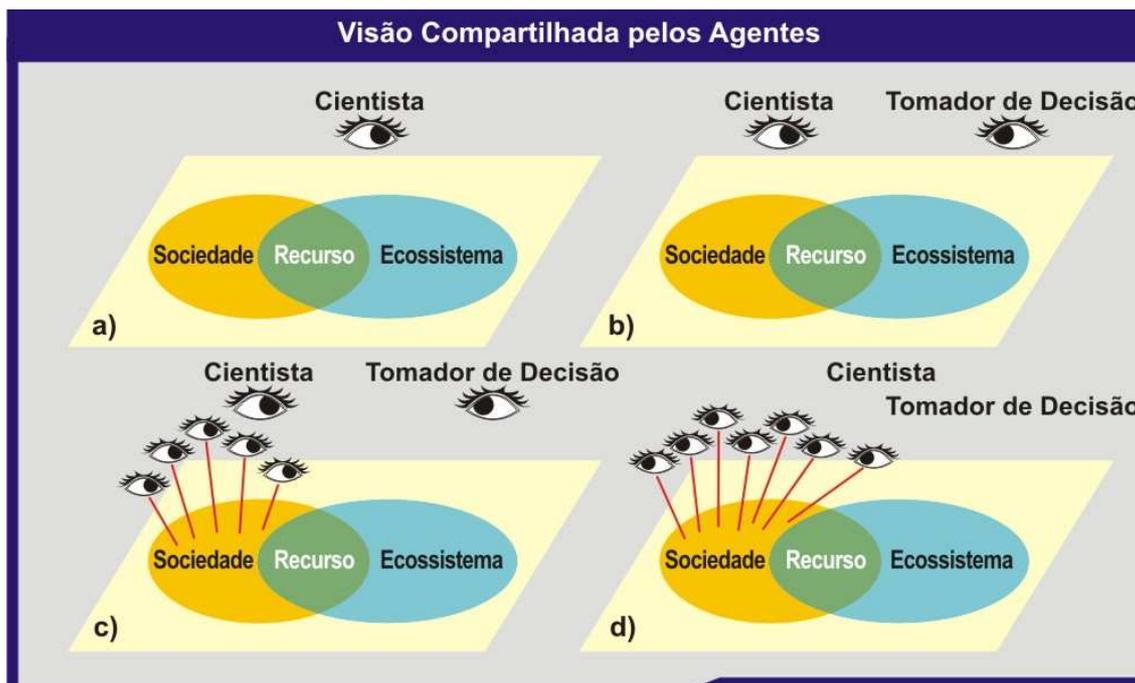


Figura 1.13 Visão compartilhada (adaptado de BOUSQUET e TREBUIL, 2005)

Segundo Bousquet e Trébuil (2005), diversas abordagens foram desenvolvidas recentemente para a gestão coletiva de ecossistemas, as quais inspiraram a metodologia ComMod:

- a) Gestão adaptativa, que é uma abordagem que reconhece que a gestão do ecossistema requer uma regulação e um monitoramento flexíveis, diversos e redundantes, de forma a levar a respostas corretivas e testes experimentais de uma realidade que sempre se altera. Ela reconhece que a capacidade adaptativa é dependente do conhecimento – sua geração e trocas livres – e da habilidade de reconhecer pontos de intervenção e de construir um banco de opções para a gestão dos recursos. Para tanto, interações com os agentes para a geração e intercâmbio de conhecimento se fazem necessárias.
- b) Co-gestão, que pode ser definida como uma parceria na qual as comunidades locais, os usuários dos recursos, as agências governamentais, as organizações não governamentais e outros agentes compartilham a autoridade e a

responsabilidade sobre a gestão de um território específico ou um conjunto de recursos.

- c) Mediação patrimonial, que contribui para a compreensão e prática da co-gestão. “Patrimonial” foi definida por Ollagnon (1991; apud BOUSQUET e TRÉBUIL, 2005) como “todos os materiais e elementos não materiais que trabalham juntos para manter e desenvolver a identidade e autonomia de sua existência no tempo e no espaço pela adaptação em um ambiente que se altera”. Uma representação patrimonial de um território liga gerações de gestores do passado, do presente e do futuro, focaliza nas obrigações mais do que nos direitos dos proprietários e promove uma visão comum da sustentabilidade que reconcilia as necessidades e opiniões de vários atores. A mediação é um método de negociação que traz uma terceira parte neutra, para facilitar o acordo entre diferentes partes envolvidas no processo, é uma abordagem na qual o ponto de vista de cada parte sobre o problema é traduzido para a compreensão dos demais.

A gestão não consiste apenas no aumento da adaptabilidade de um ecossistema, ela considera também o processo social que leva a este estado ecológico. O que realmente importa são as soluções que emergem das interações existentes no sistema. Nesse contexto, a modelização computacional se torna uma ferramenta para aprendizado interativo em vez de um instrumento para conduzir o sistema. É com base em uma concepção compartilhada de como a situação presente pode evoluir que os agentes se tornam capazes de “decidir” os objetivos de longo prazo.

O princípio principal da abordagem ComMod é desenvolver modelos de simulação que interpretem os pontos de vista de vários agentes e que os utilizem dentro do contexto de plataformas para o aprendizado coletivo. Nessa abordagem, os agentes participam fortemente da construção dos modelos para melhorar a sua relevância e aumentar o seu uso para a avaliação coletiva dos cenários. O objetivo geral do ComMod é facilitar o diálogo, o aprendizado compartilhado e a tomada de decisão coletiva, por meio de pesquisa-ação interdisciplinar orientada a fortalecer a capacidade de gestão adaptativa de comunidades locais.

O ComMod utiliza as ferramentas SMA em um processo cíclico (como mostrado na Figura 1.14), que é composto de 3 estágios, os quais podem ser repetidos tantas

vezes quantas forem necessárias (BARRETEAU, 2001; BOUSQUET e TRÉBUIL, 2005):

(i) investigação de campo e revisão da literatura, que fornecem as informações necessária para gerar hipóteses explícitas para a modelização, levantando um conjunto de questões-chave iniciais a serem examinadas pelo uso do modelo;

(ii) modelização, que é a conversão do conhecimento existente em uma ferramenta formal para ser usada como simulador, um plano de experimentações;

(iii) simulações, conduzidas de acordo com um protocolo experimental, para confrontar a compreensão formada do sistema, potencializando uma visão compartilhada do sistema e possibilitando o aprendizado coletivo, bem como identificar novas questões-chave para novas investigações no campo.

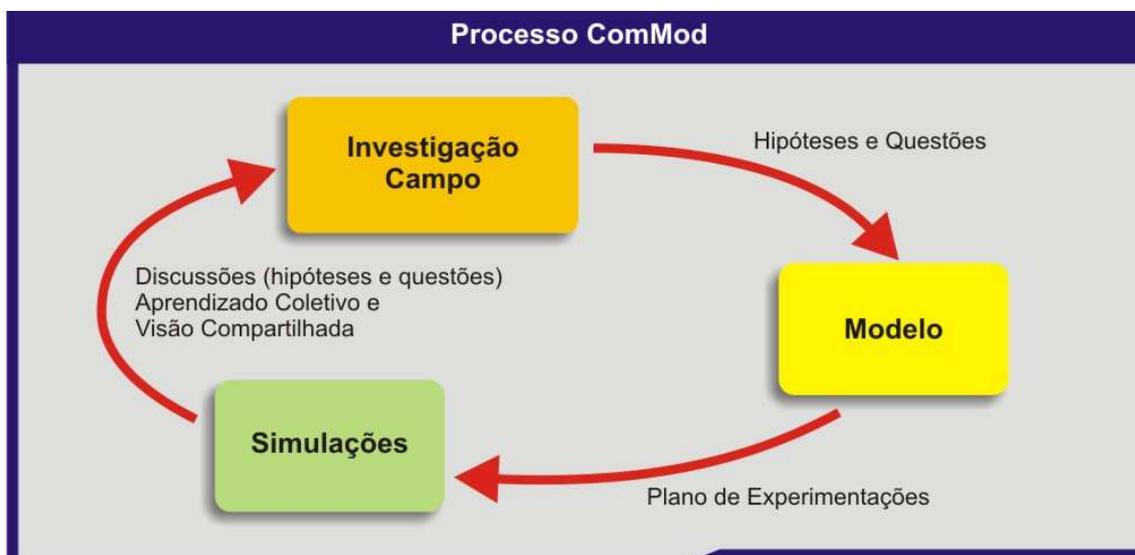


Figura 1.14 Estágios de processos ComMod (adaptado de BARRETEAU et al., 2001)

1.4.2 ComMod e a pesquisa científica

A denominação de modelização de acompanhamento foi feita porque esta metodologia é utilizada no processo de mediação (a dimensão social do acompanhamento) e coevolui com o processo social (as dimensões adaptativa e temporal). O modelo, que é um tipo de representação entre tantas outras possíveis, pode ser apresentado de uma forma transparente e explícita para evitar o efeito de "caixa-preta", tanto quanto for possível quando for proposto aos usuários. Intuitivamente, um SMA pode ser visto como um RPG simulado pelo computador.

Segundo Bousquet e Trébuil (2005), as vantagens de se utilizar um RPG previamente ao modelo SMA existem pela: (i) compreensão do modelo e da sua diferença da realidade; (ii) validação do modelo ao examinar os comportamentos individuais dos agentes e as propriedades emergentes de suas interações, e (iii) possibilidade de acompanhar as simulações SMA no computador e propor cenários para serem avaliados e discutidos após essas simulações.

Uma comunidade pequena de usuários que compartilham esta abordagem foi formada e dois importantes temas - ético e metodológico - emergiram desta conjuntura. De forma similar às abordagens participativas para a gestão de recursos, parece que o status e a legitimidade dos pesquisadores e do próprio processo podem ser questionáveis. Desse modo, uma cartilha ComMod foi elaborada para esclarecer seu escopo e guiar os usuários desta abordagem (COMMOD, 1999). A cartilha ComMod postula que todas as considerações a serem feitas e que estão por trás do trabalho de modelização devem ser voluntariamente e diretamente sujeitas à refutação. Não ter uma hipótese experimental explícita *a priori* é também um objetivo que implica na adoção de procedimentos para revelar estas hipóteses implícitas.

De acordo com o princípio científico da reprodutibilidade, deve ser possível para qualquer um, com habilidades básicas em modelização, construir o modelo novamente, para reimplementá-lo utilizando qualquer ferramenta de simulação apropriada (não necessariamente aquela originalmente utilizada) e verificar que os resultados obtidos são os mesmos que aqueles publicados originalmente. Atualmente, esta é uma das grandes preocupações dos cientistas das áreas de ciências sociais, econômicas e ecológicas, ao utilizarem modelos baseados em agentes para simular sociedades artificiais ou ecossistemas (HALES et al., 2003; apud LE PAGE E BOMMEL, 2006).

O processo de validação de uma abordagem de pesquisa como esta deve ter consciência de que uma teoria geral de validação de modelos não existe e procedimentos diferentes daqueles utilizados nos casos de modelos matemáticos, biológicos e físicos devem ser considerados. A cartilha ComMod também propõe uma distinção entre dois contextos específicos, ao se utilizar esta abordagem:

- a) A produção do conhecimento em um sistema complexo dado, cujo desafio é distribuir uma compreensão melhorada dos processos interativos relacionados à gestão de recursos. Esta compreensão está baseada na relação especial

existente entre o campo e o modelo: em vez de propor uma simplificação do conhecimento dos agentes, o modelo busca um reconhecimento mútuo da representação de cada um sobre o problema a ser estudado. Esse reconhecimento mútuo se baseia em indicadores que são construídos, gradualmente e coletivamente, durante a implementação do estudo de caso e se constitui nos fundamentos da modelização participativa.

- b) O suporte para processos coletivos de tomada de decisão, que intervém a montante de uma decisão técnica que sustente a deliberação dos atores envolvidos, de forma a produzir uma representação comum do problema em questão e identificar caminhos possíveis para uma gestão coletiva e solução do problema.

Uma característica original da metodologia ComMod é a associação possível de ferramentas chave, tais como RPG e modelos de simulação SMA e também sistemas de informações geográficas (SIG), pesquisas, entrevistas, etc. Em alguns casos, o RPG é utilizado como uma ferramenta para a conceitualização coletiva, mas, usualmente, uma fase de conceitualização precede a construção de um RPG, de um modelo de simulação SMA ou de ambos. Geralmente, essa fase de conceitualização é uma iniciativa interdisciplinar que ocorre por meio de discussões, revisões da literatura, pesquisas de campo ou experimentos. De acordo com o contexto e as restrições, os pesquisadores podem mobilizar o conjunto de ferramentas de formas diferentes.

Entretanto, o uso indiscriminado de SIG em abordagens participativas pode levar os atores locais a uma certa confusão entre o que ocorre no modelo e o que ocorre na realidade. É importante, portanto, definir quais são os papéis exercidos pelas experiências que antecedem as instalações na localidade e quais saberes são adquiridos em seguida acerca da transformação das paisagens.

Etienne et al. (2003) elaboraram uma sequência de pesquisa para a resolução de problemas que integram aprendizado social (ou aprendizado coletivo - RIS et al., 2006) e um passo exploratório de possíveis cenários individuais de gestão do solo com os agentes locais antes de convergir para acordos coletivos e metas comuns. Essa abordagem ficou conhecida como método passo a passo e pode ser resumido em nove passos:

1. Primeiro contato com os agentes e identificação da problemática.

2. Construção do modelo conceitual, geralmente pela equipe de pesquisadores apoiada por técnicos especialistas locais.
3. Levantamento de dados e entrevistas. Este passo consiste na coleta de dados e informações necessárias para a implementação do modelo conceitual em SMA. Algumas entrevistas podem ser feitas individualmente com cada tipo de agente para coletar informações sobre suas práticas.
4. Primeira versão do modelo. O SMA é construído na plataforma Cormas. As dinâmicas naturais são simuladas por autômatos celulares. As dinâmicas das paisagens resultam de uma combinação dos processos dinâmicos naturais da vegetação e das operações realizadas pelos agentes. Alguns encontros entre agentes da mesma categoria são realizados para validar as práticas implementadas no modelo.
5. Concepção e realização do RPG. Para o aprendizado coletivo dos processos em andamento e do impacto de cada agente no espaço de recursos comum, e o compartilhamento das representações individuais. O objetivo é projetar os agentes no futuro e forçá-los a reagir aos processos e dinâmicas em andamento. O RPG pode ser utilizado tanto para o aprendizado social (BARRETEAU, 2003b) quanto para facilitar a compreensão e apropriação do SMA pelos agentes (BOUSQUET et al., 2002).
6. Compreensão do SMA e validação pelos agentes. O modelizador projeta um ponto de vista dinâmico básico sobre os recursos da terra e propõe a simulação do cenário tendencial aos agentes. Eles sugerem algumas correções no modelo e finalmente o validam. Eles, então, elaboram novos pontos de vista para visualizar melhor os indicadores, de forma a planejar suas atividades e compreender as dinâmicas de seus recursos.
7. Análise do cenário tendencial pelos agentes e construção de cenários individuais. A análise da simulação do cenário tendencial por categoria de agentes por meio de seus pontos de vista específicos faz com que os agentes imaginem novas ações para reagir às mudanças ambientais e novos indicadores para visualizar os impactos de suas últimas ações. O SMA é utilizado para simular cenários alternativos imaginados por usuário de forma que cada um possa interagir com o processo de geração de cenários até que alcance o cenário com o qual ele se sinta satisfeito. Este passo é potencialmente útil para a exploração de alternativas individuais numerosas.
8. Visualização coletiva e confrontação das simulações de cenários individuais. Cada cenário individual é visualizado e discutido entre os agentes de acordo com

os diferentes pontos de vista disponíveis. O processo coletivo pode ser iniciado pela identificação de metas comuns a alcançar por meio de uma gestão coletiva.

9. Construção de cenários coletivos. É uma abordagem orientada a metas: depois de identificar as metas comuns, os agentes exploram os caminhos possíveis para alcançá-las. Pode ser considerado como um passo de *backcasting*. Os cenários alternativos são avaliados por meio de indicadores selecionados pelos agentes e visualizados graças aos autômatos celulares. Um conjunto de cenários factíveis é selecionado.

O estudo de cenários desenvolvido por Simon e Etienne (2006) utilizou uma seqüência metodológica similar para responder a uma demanda da Sociedade Civil de Terras do Larzac. Outro exemplo de metodologia similar é o estudo de caso de gestão de recursos hídricos no Rio Senegal (BARRETEAU et al., 2001). Um SMA foi desenvolvido com um RPG para analisar uma situação de negociação. Além de criar cenários, o modelo foi utilizado como um instrumento de aprendizado e mediação dentro de um processo de negociação para o conflito dos recursos hídricos. Esta abordagem demonstra a conjunção da participação dos agentes com o desenvolvimento do modelo em um processo de validação.

D'Aquino et al. (2002) desenvolveram um método que busca ajudar as pessoas a formalizar, progressivamente, os elementos do modelo - à medida que eles avançam nos debates - o que aparenta ser útil a todos para a melhoria de suas habilidades de tomada de decisão. Os agentes criaram um RPG, apoiados pela equipe de pesquisadores (facilitadores e modelizadores). O RPG foi utilizado como um suporte de mediação para facilitar a emergência de debates consistentes. Esta abordagem de aprender-fazendo tem sido experimentada por D'Aquino et al. (2003) no norte do Senegal e consiste em 3 passos metodológicos:

Fase I: Construção endógena da situação pelos agentes. Consiste em (i) identificar os tipos de agentes a considerar no modelo e seus critério de satisfação ("os elementos fundamentais necessários para que cada agente obtenha sucesso em garantir os meios de vida para a sua família") e (ii) identificar durante o percurso do tempo, em todo o ano, o mesmo critério de satisfação para cada atividade. Em uma oficina, os participantes são solicitados a definir, para cada tipo de agente, uma lista de lugares/recursos/outros elementos necessários para a sua atividade, e classificar a qualidade destes lugares.

Fase II: Sessões de jogo interativas. O primeiro RPG é elaborado com base nos elementos e informações dados previamente e os agentes identificados anteriormente são os jogadores. Cada jogador deve tentar satisfazer as suas necessidades estabelecidas pela sua característica através do ciclo anual. O cenário testado neste passo é o tendencial, ou seja, com regras básicas de funcionamento, como percebidas pelos participantes. A primeira interação permite validar a compreensão de cada participante e retificar as regras do RPG ao se descobrirem incompatibilidades. Sessões subseqüentes levam a um debate produtivo que ajuda os participantes a imaginar soluções coletivas para a satisfação coletiva. Os participantes apontam as causas para as dificuldades de gerenciar os recursos comuns, que podem culminar em acordos e propostas.

Fase III: Processo de simulação que envolvem RPG e modelização SMA. Os participantes são solicitados a participar da construção de um SMA a partir do RPG. O SMA permite simular cenários imaginados pelos participantes e, também, gerar grupos de discussão de interações possíveis entre usuários e recursos. Após construir os cenários identificados no RPG prévio, novas situações emergem e podem ser simuladas e discutidas.

Comparado ao processo passo a passo, o processo aprender-fazendo enfatiza mais os processos de comunicação e exploração.

Com a aplicação em estudos de futuro para um número crescente de áreas, os métodos de cenários se diversificaram enormemente nas últimas décadas, em relação, também, à evolução tecnológica e às ferramentas utilizadas (RINGLAND,1998; GREEUW et al., 2000). Novos métodos foram desenvolvidos ou adaptados a partir de métodos existentes para a aplicação em outros propósitos (GREEUW et al., 2000; DREBORG, 2004; apud SIMON, 2006; BÖRJESON et al., 2006).

O reconhecimento crescente da importância das relações entre setores, sociedade e ambiente levaram a investir em abordagens integradas baseadas no pensamento sistêmico (LAMBIN e GEIST, 2002; WALKER et al., 2003; WITTMER et al., 2006). Esta tendência de um uso crescente de diferentes abordagens evoluiu dos

métodos de dinâmica de sistemas elaborado por von Bertalanffy (1968; apud SIMON, 2006).

Um desafio ainda maior no contexto de cenários é a construção do conhecimento, que incentiva as capacidades de aprendizado nas instituições e organizações para a governança que permita uma gestão adaptativa dos ecossistemas local, regional e global e que incorpore os atores em papéis novos e criativos (FOLKE et al., 2005).

1.5 MODELIZAÇÃO PARTICIPATIVA: A VALIDADE DAS REPRESENTAÇÕES E A VALIDAÇÃO DAS SIMULAÇÕES

Apesar de os modelos SMA parecerem ser ferramentas úteis para estudos de MUCS, é imperativo que os pesquisadores considerem que tipos de informações e conhecimentos podem ser extraídos desses modelos.

A teoria clássica da computação não representa um modelo adequado da realidade para a simulação nas ciências sociais. Ainda há, indubitavelmente, boas razões para manter a metodologia de Simulações Sociais Baseadas em Agentes (SSBA) na agenda de pesquisa (DAVID et al., 2004, 2005).

O caráter experimental das simulações permanece ambíguo, o que levanta questões interessantes sobre o tipo de conhecimento científico que as simulações fornecem.

O significado dos termos “verificação” e “validação” na ciência computacional é diferente do significado usualmente dado nas ciências sociais. Nas ciências computacionais, a noção de verdade científica ou validade tem sido relacionada a um debate antigo, com uns pesquisadores que defendem o uso de métodos formais para verificar programas e outros que defendem o uso de métodos empíricos. Fetzer (1998, 2001) argumenta que há uma distinção clara entre programas, como códigos de algoritmos, e as estruturas lógicas que eles representam.

As fontes de analogia entre tecnologias baseadas em agentes e modelos de sistemas sociais atuais têm criado um esforço interdisciplinar que abriu novas interfaces de pesquisa através de várias disciplinas em um novo campo científico que pode ser denominado Simulação Social Baseada em Agentes (SSBA) (DAVID et al., 2004, 2005).

Esta característica interdisciplinar tem unido pesquisadores de diversos campos científicos, com históricos bem diferentes. Como essa convergência emergiu recentemente, ainda não existe uma identificação da extensão na qual as variedades de metas interdisciplinares podem ser instrumentais umas para as outras. Como resultado, a vaga definição da estrutura e fronteiras de uma simulação tem limitado a análise dessas metas de pesquisa, adiando a consolidação das metodologias e o seu reconhecimento como uma atividade científica produtiva.

A área já adquiriu um caráter científico autônomo, com seus próprios problemas científicos, soluções e até tradições. Entretanto, a forma como a simulação baseada em agentes é organizada ao redor de diferentes objetivos científicos demonstra que as considerações metodológicas e ontológicas ainda não estão tão claras.

Alguns dilemas metodológicos têm surgido na literatura. A viabilidade de comparação de modelos baseada em considerações diferentes não é avaliada frequentemente, muito menos esses modelos são classificados de acordo com um conjunto padrão de considerações comuns, os “métodos e instrumentos” raramente são explicitados nos artigos publicados. Geralmente, os artigos na literatura científica referente aos modelos SMA e ComMod apresentam uma descrição da área de estudo e depois uma descrição do modelo, mas é muito raro que a metodologia utilizada para passar do campo ao modelo seja descrita. As considerações por detrás das abordagens de construção de um modelo multiagentes diferem substancialmente? Como as teorias são transferidas entre as ciências computacionais e as ciências sociais?

Uma questão que permanece na epistemologia das simulações sociais consiste em caracterizar o que é um experimento científico. Na teoria computacional clássica, o papel da verificação do programa é averiguar a validade de uma saída específica como uma função de uma entrada específica, independentemente de qualquer

interpretação feita em termos de qualquer teoria ou fenômeno que não seja estritamente computacional. A execução de um programa é entendida, nesta lógica, como um cálculo de inferência formal, o qual manipula símbolos sem observar o seu conteúdo. O papel da validação é averiguar que a execução de um programa se comporta de acordo com as expectativas, relativamente arbitrárias, dos usuários finais do programa.

1.5.1 A validação científica e a participativa

David et al. (2004, 2005) descreveram o papel da validação nos modelos socioambientais. Inicialmente, há uma teoria T0 que representa um fenômeno social, o qual pode ser expresso em termos de algumas especificações e programas. Os programas também são representações simbólicas, as quais serão implementadas em uma máquina com a ajuda de outros programas. A simulação ocorre ao se executar o programa em um contexto controlado, novamente com a ajuda de outros programas. Portanto, a implantação de uma simulação implica na interação entre processos simbólicos e físicos que implementam uma relação causal entre a teoria T0 e o comportamento da simulação. A meta deste exercício, geralmente, é construir uma teoria T1 que expresse algo que a teoria T0 não expresse (Figura 1.15).

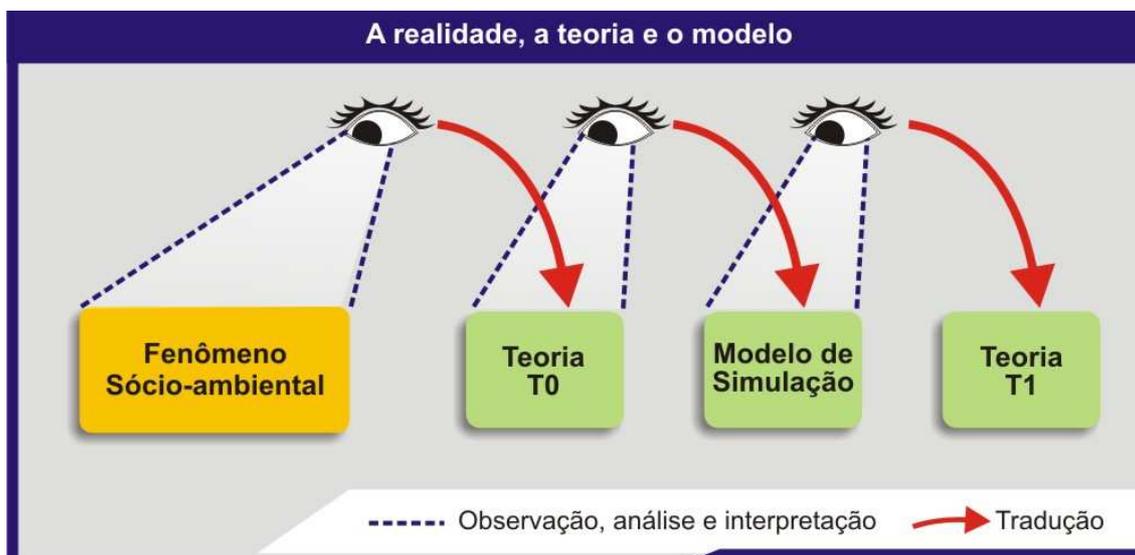


Figura 1.15 – A realidade, as teorias e o modelo

Diferente da teoria T0, que é uma teoria construída a partir do fenômeno social, a teoria T1 é interpretada de acordo com as características observadas de um conjunto de ícones animados na tela do computador. Considerando que, de uma certa forma,

alguém seja capaz de encontrar, arbitrariamente, uma base sintática comum para interpretar a teoria T1, este exercício se torna mais complexo de um ponto de vista técnico, pois existem inúmeras formas de idealizar um comportamento observado em um programa que está sendo executado em um computador.

Mesmo uma perspectiva empírica não parece ser capaz de fornecer um critério para decidir qual é o modelo embutido que pode lhe fornecer uma interpretação duplamente coerente, de acordo com: (i) o comportamento do programa observado e (ii) o fenômeno social real. Nas simulações sociais, não há justificativas empíricas para interpretar um comportamento de um programa observado em termos de uma máquina abstrata Java. Esse é um dilema que sugere que a lógica do método de SSBA realça a presença de aspectos intencionais na programação e interação com computadores.

Considerando que um modelo é construído e analisado com base na observação e experimentação, ele deve ser considerado como uma representação da realidade, ou seja, ele não deve ser considerado como a realidade específica que representa (Figura 1.16).

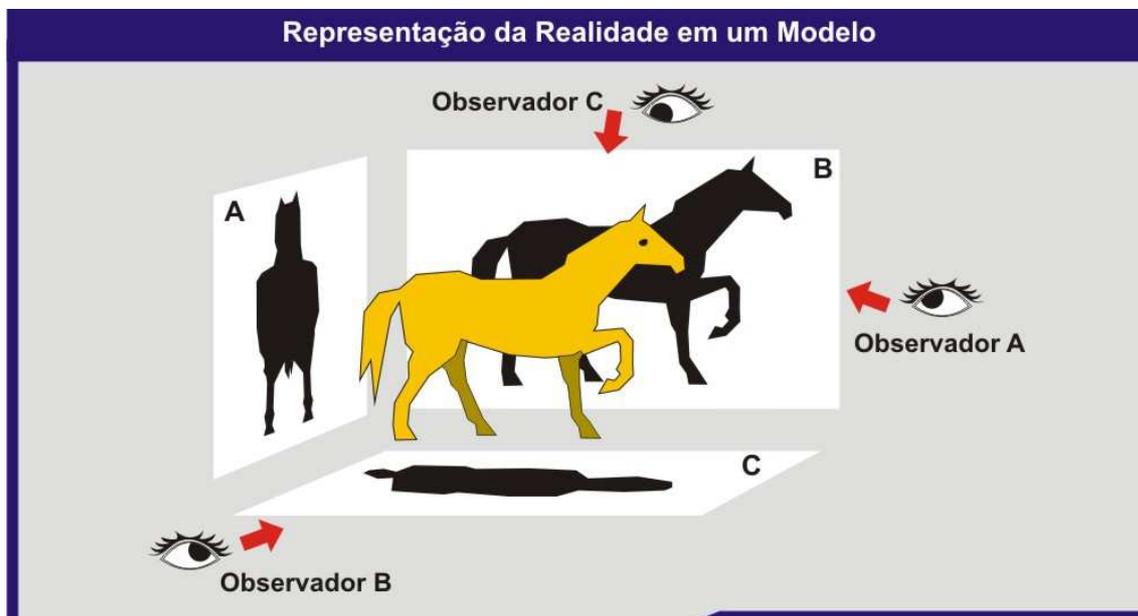


Figura 1.16 – A representação da realidade em 1 modelo

Somente no contexto de uma comunidade limitada de observadores, pode-se considerar que uma especificação e um programa sejam um conjunto de condições suficientes para explicar o comportamento de uma simulação. As condições para o sucesso de uma simulação social depende de um contexto teórico-metodológico

particular do cientista social, que pode ser interpretativo e subjetivo e depende dos contextos socioeconômico e sociocultural. Conseqüentemente, a adoção de uma abordagem participativa junto aos atores locais parece ser fundamental.

A modelização participativa se insere nas abordagens que consideram, explicitamente, o ponto de vista dos atores para promover a reflexão coletiva e favorecer a compreensão dos pontos de vista dos demais atores que estão ligados por um desafio comum (ROUSSEAU, 2003; BOUSQUET et al., 2005).

A modelização participativa utiliza as ferramentas de modelização para promover a utilização desta abordagem nos casos de sistemas complexos, e/ou explorar, com os atores envolvidos, a dinâmica do sistema e a sua evolução ao longo do tempo.

A aprendizagem coletiva e o suporte à decisão coletiva são os usos correntes da modelização participativa. O desenvolvimento e a utilização dessas ferramentas de simulação comportam diferentes fases na construção do modelo propriamente dita: (i) a concepção do modelo teórico, (ii) a sua implementação, (iii) a escolha e desenvolvimento de cenários e (iv) a análise dos resultados produzidos pelas simulações. A participação dos atores do sistema estudado pode ocorrer em todas estas diferentes fases.

A abordagem proposta por Constanza e Ruth (1998) prevê a participação dos atores em todas as fases da modelização. Na primeira etapa, diferentes grupos de atores são convidados à definir coletivamente a estrutura do modelo e os processos que serão implementados. Ao curso do desenvolvimento do modelo informático propriamente dito, são organizadas reuniões com os atores para garantir o seguimento do projeto e manter a ligação dos atores com o modelo que tende a se complexificar. A terceira etapa é centrada na identificação dos cenários e das opções de gestão com base nos resultados obtidos pelo modelo. As representações dos diferentes grupos de atores são compartilhadas durante a etapa de elaboração do modelo teórico e as discussões são orientadas em direção à definição de um modelo e de uma visão consensual do sistema e de suas dinâmicas.

Nestas aplicações, a ferramenta de simulação é utilizada para imitar as dinâmicas de sistemas complexos. Ela serve de suporte para a discussão, ao simular

a resposta do sistema às decisões e às estratégias de gestão escolhidas pelos participantes (VAN ASSELT et al., 2001; apud BECU, 2006). Ela possibilita, igualmente, aos participantes de se apropriarem das evoluções possíveis do sistema e adotar uma visão mais global deste sistema (VENNIX et al., 1996; apud BECU, 2006). O modelo dá suporte à discussão e a acompanha mas não a conduz. Um enfoque maior sob um aspecto do modelo pode bloquear a criatividade e a reflexão prospectiva nas trocas entre os participantes. O papel da ferramenta de simulação deve permanecer como um instrumento que permite descrever uma situação realista com profundidade suficiente para inspirar os participantes e suscitar o seu interesse e a sua reflexão, de forma que eles queiram desempenhar o seu papel.

Na abordagem ComMod (BARRETEAU et al., 2003) a utilização dos SMA como ferramenta de modelização e simulação é privilegiada, e o processo participativo é baseado na construção de uma representação compartilhada. Uma iniciativa ComMod (i) passa pela modelização da heterogeneidade das representações que os atores têm de seu sistema físico e social, (ii) permite a criação de uma representação compartilhada por meio de oficinas de trabalho que reúnem um conjunto de atores em torno do modelo SMA desenvolvido e (iii) fornece um objeto comum aos atores sobre o qual as negociações e decisões coletivas podem ser realizadas.

A especificidade dos SMA neste processo reside na simulação das interações. Os SMA são modelos que permitem simular as interações entre as dinâmicas físicas e as dinâmicas sociais, além de simular as interações ao nível de cada um dos seus componentes. Pela simulação, o modelo permite explorar, de maneira interativa com os atores, a evolução do sistema que ocorre segundo certas hipóteses e a viabilidade das interações em diferentes cenários. O modelo não é apenas uma representação da situação a um momento dado, mas, sim, uma ferramenta que permite explorar as dinâmicas resultantes de uma situação inicial.

Os interesse potenciais das abordagens participativas podem ser resumidos em (i) o aporte de novos conhecimentos e perspectivas incita os diferentes atores a refletir sobre o seu sistema e sobre as interações com os outros e com o ambiente natural; (ii) a abordagem e o modelo favorecem a compreensão do ponto de vista dos outros e os encoraja a considerar os pontos de vista diferentes em sua reflexão sobre o seu sistema e (iii) o processo de criação de uma representação compartilhada e a

ferramenta de simulação favorecem a definição de uma gestão comum na qual os interesses dos diferentes atores são, potencialmente, considerados.

Para os pesquisadores que trabalham sob uma perspectiva construtivista pode se falar da natureza da representação que é dita “socialmente construída”. A construção da representação que um indivíduo faz de seu ambiente repousa sobre as ações e interações que ele tem com o seu ambiente exterior (indivíduos, objetos, informações, sensações etc.) (PIAGET, 1947). Como o ambiente está em uma evolução contínua, a representação deste indivíduo está, igualmente, em uma evolução perpétua (RÖLLING, 1982; apud BECU, 2006). Nesta perspectiva, pode se dizer que a natureza efêmera da representação e o fato de que ela resulta de uma multiplicidade de interações com o exterior a tornam difícil de ser expressa pelo indivíduo.

O cognitivismo está baseado no modelo descrito por Simon e Newell (1956; apud BECU, 2006), no qual a cognição é um processo de cálculo racional, é a faculdade que todo indivíduo tem de representar o mundo de uma certa maneira. Dessa forma, racionalmente, quanto mais próxima a representação do indivíduo estiver da realidade, mais apropriado será o seu comportamento em uma dada situação.

Para o construtivismo, a representação de um indivíduo é socialmente construída ao curso de suas atividades, de suas interações com os outros indivíduos e com o seu ambiente (PIAGET, 1947, 2003). As decisões tomadas em razão dessas representações afetarão o ambiente, o qual possui sua própria dinâmica, o que acarretará um ajuste das representações a seu redor. Portanto, nossas representações são modificadas continuamente em razão das nossas ações e da evolução do mundo, e as representações e os processos de decisão interagem, também, continuamente (VARELLA, 1989).

De maneira esquemática pode-se dizer que uma representação é constituída de um conjunto de elementos, denominados elementos da representação (BECU, 2006). Esses elementos correspondem aos objetos do mundo, às situações, aos comportamentos a adotar, ou ainda às relações entre outros elementos. Os elementos da representação são construídos a partir da percepção que um indivíduo tem de seu ambiente e de suas crenças.

Judd (1997; apud PARKER et al., 2003) discute rumos nos quais os métodos computacionais podem ser úteis para análises teóricas, mesmo quando esses métodos não concordam com o critério teorema/prova para pura dedução. Axelrod (1997; apud PARKER et al., 2003) afirma que a simulação não é nem puramente dedutiva, nem puramente indutiva, e, alternativamente, a caracteriza como uma terceira forma de fazer ciência. Casti (1997; apud PARKER et al., 2003) propõe uma analogia da diferença entre um retrato fotográfico e uma figura de Picasso; o primeiro busca imitar a realidade, o segundo, captura partes da realidade e focaliza em aspectos particulares na esperança de enfatizar as características fundamentais. Essa é uma metáfora muito útil para discutir o papel dos modelos SMA em estudos sobre MUCS.

Os SMA são uma técnica de inteligência artificial que permite modelizar os agentes (entidades informáticas autônomas) que têm uma representação de seu ambiente e podem agir sobre este ambiente.

Nos SMA e nas modelizações orientadas aos agentes em geral, duas abordagens são possíveis para modelizar as representações: (i) explorar as teorias e os modelos conceituais preexistentes do conceito de representação proveniente das ciências cognitivas, da sociologia, da economia etc. e as representar em um modelo informático; (ii) construir um modelo informático da representação a partir de observações de campo, em uma abordagem que pode ser dita mais “naturalista”.

As arquiteturas dos agentes permitem ao modelizador organizar e estruturar os diferentes procedimentos que vão reger o comportamento dos agentes. Várias arquiteturas se baseiam no ciclo “Percepção-Deliberação-Execução”, proposto por Ferber (1995). O processo de decisão é separado das faculdades perceptivas e executivas do agente. Duas arquiteturas correspondem a esse esquema:

- a) Arquitetura modular horizontal, na qual o tratamento da informação é feito de forma linear: as percepções geram as crenças que vão então tomar parte do processo de decisão.
- b) Arquitetura BDI (*Belief-Desire-Intentions* / Crenças-Desejos-Intenções), na qual a representação é englobada nos conceitos de *Belief* (Crenças) e de *Desire* (Desejos) e pode ser assimilada aos objetivos que o agente busca atender ou

ainda às suas motivações (CONTE, 2000; CONTE e CASTELFRANCHI, 1995). O processo de tomada de decisão segue a fase de determinação de seus objetivos e considera, igualmente, a noção de que a intenção permite fazer a ligação entre a decisão e a passagem à ação.

Segundo Ferber (1995), a intenção, ou seja, a vontade consciente de realizar uma ação, inscreve as ações e as crenças no tempo. Um agente deseja realizar uma ação porque ele crê que isso vai permitir a satisfação de um objetivo seu. A ação não corresponde aos objetivos fixados pelo agente, ela é realizada em razão das restrições externas ou de novas informações adquiridas após a determinação desses objetivos.

Nos modelos SMA, os agentes têm uma representação limitada do mundo, ou pelo fato de sua localização espacial, ou pelas restrições quanto às informações globais do modelo. A evolução das representações é então simulada por meio de interações que os agentes têm com seu ambiente local. E é através desta evolução das representações que os pesquisadores conseguem modelizar as heterogeneidades de comportamentos e de representações existentes em um sistema.

A noção de aprendizagem desempenha um papel importante nesses modelos, pois os sistemas de aprendizagem permitem a um agente revisar as suas crenças e a sua representação do sistema. Como cada agente está inserido em um contexto específico, a aprendizagem ocorre de forma distinta para cada um deles. Para Conte e Paolucci (2001), a aprendizagem social resulta de fenômenos sociais dos quais os mais importantes são a facilitação e a imitação. A facilitação consiste em aprender pela observação do que acontece aos outros. A imitação consiste em adotar os objetivos de outro agente e utilizá-lo como um bom modelo para a ação.

O termo “modelização de acompanhamento” é utilizado para sugerir “um acompanhamento da reflexão” dos atores e pelos atores (BARRETEAU et al., 1996; BOUSQUET, 1996). O ComMod possui dois objetivos distintos: (i) buscar a sua legitimidade científica no campo da produção do conhecimento e da sua pertinência, (ii) buscar a sua legitimidade científica no aprimoramento da qualidade dos processos de tomada de decisão coletiva. Para atingir esses objetivos, os pesquisadores se apóiam em objetos intermediários, os quais podem ser modelos informáticos SMA ou jogos de papéis (RPG). Um objeto intermediário se faz necessário para possibilitar aos

atores uma forma de transcrever as suas representações individuais em um mesmo objeto para que elas possam ser compartilhadas pelo grupo.

Em ComMod, a implicação dos atores locais na construção do modelo é a premissa por duas razões: (i) facilita a compreensão da estrutura do modelo pelos atores e a sua apropriação (BARRETEAU et al., 2001); (ii) ao participar da construção coletiva do modelo, cada ator testemunha a construção de uma representação coletiva. A utilização desta abordagem permite coletar, rapidamente e de maneira contínua durante toda a construção do modelo, a opinião dos principais atores locais sobre a estrutura do modelo e os cenários simulados, possibilitando ao modelizador corrigir e aprimorar o modelo.

A concepção do modelo teórico precisa de um bom conhecimento do campo e de seus problemas para poder acompanhar os atores em sua concepção do modelo. Algumas questões ainda não têm respostas estabelecidas pela comunidade ComMod e devem ser objeto de atenção por parte do modelizador:

- a) Como se assegurar que alguns grupos de atores não vão dominar o processo participativo de concepção do modelo e impor a sua representação, de forma a garantir que se chegue a um modelo que respeita a heterogeneidade das representações?
- b) Como interpretar as observações de campo em termos de regras que possam ser implementadas no modelo?
- c) À luz dos conceitos de percepção, representação e aprendizagem, como uma arquitetura de agentes pode ajudar a estruturar as informações coletadas na microestrutura do modelo?

Com as técnicas de SMA nós podemos criar um número infinito de modelos enquanto a realidade continua a mesma. A verificação de um modelo significa verificar se construímos corretamente o modelo, a validação significa verificar se construímos o modelo certo.

O sucesso na verificação de modelos se baseia em atingir um equilíbrio entre a teoria e os dados. A verificação consiste, essencialmente, em tentativas de quebrar o modelo ao variar as suas configurações. Este processo leva ao ajuste (“*debugage*”) do modelo, ou seja, à avaliação cuidadosa dos objetos do modelo e das conexões entre

eles. A maioria das publicações de modelizações não contém uma descrição suficiente da simulação que permita ao leitor entender completamente o projeto do modelo e, portanto, a apropriação dos procedimentos de verificação utilizados. A chave para a verificação é a análise de sensibilidade das relações entre os parâmetros do modelo e o estado (ou caminho) das variáveis endógenas ao sistema modelizado. Outra ferramenta paralela à análise de sensibilidade é o estudo de propagação de erros e incerteza, um tópico geralmente não considerado em modelos sobre UCS (ROBINSON, 1994).

Os dados de entrada em um modelo são oriundos de outros modelos, teorias, e observações do sistema em foco, obtidos por meio de pesquisas, entrevistas, RPG, censos e sensoriamento remoto (MANSON, 2000; DEADMAN e SCHLAGER, 2002; apud PARKER et al., 2003). Portanto, a validação do modelo verifica quanto as suas saídas representam o comportamento real do sistema. As saídas do modelo são comparadas às saídas reais que utilizam uma variedade de medidas espaciais e não espaciais.

Existe uma longa história de pesquisa nos temas de corolários temporais, espaciais e de escala para as técnicas de validação e verificação de modelos, os quais devem fazer parte do trabalho dos pesquisadores em SMA. As considerações necessárias para a verificação e a validação, como normalidade e linearidade, ficam prejudicadas em modelos projetados para acomodar comportamentos complexos causados pela sensibilidade às condições iniciais, pela auto-organização crítica, a dependência dos caminhos trilhados ou não-linearidades (MANSON, 2001). Na realidade, as mesmas sinergias que fazem os sistemas complexos interessantes também os tornam difíceis de analisar.

1.5.2 A sustentação das simulações

A maioria dos modelos SMA para estudos sobre UCS é, pela sua própria natureza, interdisciplinar. O maior desafio na construção destes modelos está na montagem de uma estrutura que possa responder a questões de interesse de múltiplas disciplinas. Um segundo desafio está em unificar os modelos que possam operar de forma apropriada em escalas espaciais e temporais diferentes. Para conectar os processos ecológicos e sociais, é necessária uma compreensão comum

de como determinar as escalas em um sistema integrado (GIBSON et al., 2000). Uma dependência potencial da escala na avaliação dos resultados do modelo realça a importância de identificar a escala espacial e temporal apropriada para a tomada de decisão no modelo.

A simulação social deve renunciar a uma idéia equivocada de que, devido ao seu caráter experimental, ela tem uma objetividade científica superior em comparação a outras metodologias nas ciências sociais. Neste caso, as ciências sociais podem mudar um paradigma das ciências computacionais: ao determinar que não há computação sem intenção. Se na ciência computacional não há computação sem representação (SMITH, 1995, apud DAVID et al., 2004, 2005) e também não há computação sem interpretação (FETZER, 1999 apud DAVID et al., 2004, 2005), na simulação social não há computação sem intenção.

O princípio da engenharia do conhecimento é relativamente simples e consiste em demandar a especialistas que descrevam um sistema e forneçam as informações necessárias para que se possa modelizá-lo. Essas informações recaem sobre: (i) como eles tomam as decisões quando são confrontados a um problema, (ii) quais informações e dados eles utilizam para tomar as suas decisões e (iii) quais são as operações a realizar para conseguir resolver o problema. O foco está no conhecimento de um especialista sobre um domínio particular e a forma como ele toma as suas decisões e as coloca em ação. Esse processo de “extrair” o conhecimento de um especialista é denominado elicitación do conhecimento ou aquisição do conhecimento. A elicitación do conhecimento pode ser feita de diversas formas: pela transcrição de uma entrevista, de um *brainstorm*, de uma análise de tarefas, pesquisas em relatórios de especialistas ou documentos escritos por pessoas-chave (TRIMBLE, 2000; apud BECU, 2006).

Um mapa participativo consiste em demandar a diferentes grupos de atores que elaborem croquis ou plantas situando as diferentes entidades físicas ou sociais em um espaço definido. Estes croquis são então comparados para sustentar uma discussão dos desafios estudados. A elaboração destes croquis permite identificar a percepção que os atores têm dos locais e das interações espaciais ligadas aos conflitos nestes locais. Esta metodologia pode ser enriquecida por rodadas de planos anteriores à realização dos croquis (CLOUET, 2001; apud BECU, 2006) ou pela realização de uma planta comum ao fim do processo (CARON, 2001; apud BECU, 2006).

O princípio de elaborar um mapa participativo é identificar as diferentes representações espaciais internas dos atores para materializar as suas diferenças de pontos de vista; é a heterogeneidade dessas representações (e suas diferenças) que enriquece e facilita a discussão entre os atores.

Os SIG participativos exploram as capacidades integradoras, analíticas e geradoras dos mapas SIG para facilitar a aprendizagem coletiva em um grupo de atores agrupados em torno de um desafio dado (GONZALEZ, 2000). Em alguns casos de utilização de SIG participativos, os pesquisadores constataram que a mudança de perspectivas induzida pela ferramenta oferece aos atores locais um visão mais ampla do sistema e de seus desafios e conflitos, o que permite que eles redefinam as suas estratégias de gestão de forma mais integrada (PUGINIER, 2005). McKinnon (2005) indica que os SIG participativos estabelecem uma transparência e uma articulação dos desafios e dos conflitos existentes no território, permitindo o seu compartilhamento sob uma forma que satisfaz tanto aos agentes decisores quanto aos atores locais.

Shadbot e Milton (1999; apud BECU, 2006) propõem diferentes soluções para estruturar o quadro do processo de elicitação, entre as quais: (i) selecionar quais conhecimentos devem ser elicitados ao se definir *a priori* os objetivos e os usos posteriores do modelo; (ii) decidir qual será a escala de trabalho para poder decidir qual será a escala dos conhecimentos que se devem adquirir, (iii) escolher técnicas complementares para a elicitação do conhecimento, entre aquelas que sejam mais adaptadas aos objetivos do modelo e (iv) reutilizar o conhecimento já adquirido sempre que possível.

Duas técnicas de engenharia do conhecimento são particularmente interessantes para os modelos SMA: (i) a abordagem de transferência, na qual a elicitação do conhecimento e a sua modelização são realizadas em duas fases sucessivas e (ii) a abordagem modelizadora, na qual a elicitação do conhecimento é incorporada ao processo de modelização.

O Quadro 1.02 apresenta a correspondência entre os objetos do conhecimento e as expressões semânticas em um processo de modelização.

Objetos do conhecimento	Descrição	Expressão semântica
Conceitos (objeto físico, idéia, pessoa, organização etc.)	Um conceito é descrito pela sua relação a outros conceitos e pelos seus atributos e seus valores.	Habitualmente equivalente aos substantivos próprios ou aos substantivos comuns.
Instâncias	Instância de uma classe de conceito.	Exemplo: meu automóvel é uma instância do conceito automóvel.
Processos (tarefa, ação)	Conjunto de ações executadas para satisfazer um objetivo ou um conjunto de objetivos. São descritos por outros objetos do conhecimento, como entradas e saídas, recursos, papéis ou elementos de decisão.	Exemplo: “construir uma casa”, “preparar um terreno”, “elaborar um projeto”.
Atributos e Valores	Descreve as propriedades de outros objetos do conhecimento. Atributos: propriedades, características genéricas de uma classe de conceito. Valores: características específicas de um conceito. Os valores são associados a um atributo específico.	Exemplos de Atributos: (i) peso, (ii) custo, (iii) idade. Exemplos de valores numéricos associados aos atributos: (i) 120 kg, (ii) R\$120 reais, (iii) 30 anos. Exemplos de valores de categoria associados aos atributos: (i) pesado ou leve, (ii) barato ou caro, (iii) novo ou antigo.
Regras	Declaração da forma “se...então” (“if..., then..., else...”).	Exemplo: “se..., então..., senão...” “realizar... até que ...”
Relações	Relação entre conceitos ou tarefas. O tipo de relação pode ser uma classificação ou uma composição.	Geralmente, equivalente aos verbos passivos. Classificação: “...é um ...” Composição: “... faz parte de ...”

Quadro 1.02 – Correspondência entre os objetos do conhecimento e as expressões semânticas (adaptada de MILTON ET AL., 1999; apud BECU, 2006)

Os modelizadores concordam, geralmente, em distinguir os conhecimentos declarativos (provenientes de perguntas do tipo “o que é...?” e “de que é feito ...?”) dos conhecimentos estruturais (provenientes de perguntas do tipo “como...?” e “por que...?”). Essa distinção divide a elicitación do conhecimento em identificar e formalizar (i) as entidades do sistema (declarativo) e (ii) as relações entre essas entidades.

Uma das dificuldades encontradas pelo modelizador para a elicitación dos conhecimentos é a gestão dos conhecimentos provenientes de diferentes especialistas, que podem ter opiniões e pontos de vista diferentes e, às vezes, conflitantes (BECU, 2006). Em alguns casos, o modelizador encontra opiniões e argumentos conflitantes no discurso de um mesmo especialista.

Em abordagens tradicionais, em que se busca obter uma representação consensual, as opiniões conflitantes são descartadas da análise e somente as idéias que fazem parte de um consenso entre os diferentes especialistas são utilizadas. Para Kelly (1995), quatro tipos de relações entre opiniões de diferentes especialistas podem ocorrer: (i) o consenso, (ii) a correspondência, com diferentes terminologias para o mesmo conceito, (iii) o conflito, com uma mesma terminologia para conceitos diferentes e (iv) o contraste, com diferentes terminologias para conceitos diferentes. Para Easterbrook (1991; apud BECU, 2006), os conflitos são as “diferenças que contam” e devem ser elicitados e modelizados de forma a enriquecer o processo de elicitação e aprimorar o modelo resultante.

David et al. (2004) desenvolveram um estudo que envolveu a contribuição de 196 pesquisadores em um questionário *on-line*, cujos resultados possibilitaram observar a complexidade interdisciplinar de um SSBA especialmente relacionada com a interação entre os papéis da modelização sociocientífica e a modelização computacional baseada em agentes. Foram analisados: (i) o domínio de interesse do modelo, (ii) o tipo de modelo, e (iii) os requisitos tecnológicos.

Os modelos puderam ser classificados em três grandes categorias (DAVID et al., 2004):

1. Modelos Sociais Artificiais – para modelizar e simular sociedades artificiais, as quais não se referem, necessariamente, a uma meta concreta ou teoria específica sobre o mundo real, mas apenas a uma teoria ou idéias proposta de natureza abstrata.
2. Modelos Sociocientíficos – nos quais os pesquisadores utilizam o quadro teórico das ciências sociais e/ou ambientais para modelizar fenômenos sociais e ambientais. Duas subcategorias podem ser detectadas: (i) os modelos sócio-cognitivos, que modelizam teorias sociocognitivas ou sociológicas e implementam animação computacional de formalismos lógicos para aprimorar teorias sociais e verificar a sua consistência, (ii) os modelos socioconcretos, que modelizam sistemas sociais concretos baseados em observações diretas e dados estatísticos, para compreender os processos e fenômenos sociais e institucionais.
3. Resolução por protótipos – que modelizam e simulam sistemas multiagentes para explorar seus requisitos e comportamentos, seu uso é muito comum para ambientes reais e objetivos gerais de engenharia.

Para David et al. (2004), um grande número de requisitos não parecem adequadamente sistematizados, a maioria precisa balancear o esforço gasto na verificação e na validação de saídas inesperadas do sistema. Dois tipos de validação foram observados: (i) uma validação por meio de similaridade estrutural, que busca elementos qualitativos da realidade para demonstrar a similaridade entre a teoria e o modelo, tornando-o “plausível” ou “crível” (GROSS e STRAND, 2000; apud DAVID et al., 2004) e (ii) validação empírica, que considera que a fonte principal do conhecimento advém da experimentação, dando importância à percepção, tentativa-e-erro e controle. Algumas alternativas têm proposto uma forma diferente de validação empírica, sugerindo o desenvolvimento de simulações baseadas na participação, na qual um conjunto de atores, em conjunto com especialistas e usuários das simulações, negocia a validade das especificações e saídas do modelo (BARRETEAU et al., 2001).

Conforme esperado, foi observada uma incompatibilidade entre altos níveis de abstração dos modelos e altos níveis de validação do modelo. CONTE e CASTELFRANCHI (1995) afirmaram que “um sistema multiagentes deixa pegadas no comportamento de seus membros e também em suas mentes”. Mas a tradução da lógica formal para os algoritmos computacionais ainda tem um problema de escalas de semântica.

Os resultados demonstraram que (DAVID et al. 2004, 2005): (i) a maioria dos pesquisadores trabalha com mais de um tipo de modelo, (ii) os modelos sociocientíficos parecem ser mais comuns que os sociais artificiais e os de protótipos e (iii) o uso de modelos sociais artificiais parece ser apenas uma fonte de inspiração para os outros tipos de modelos.

Para David et al. (2004), este estudo reforçou a hipótese de que a SSBA adquiriu uma dinâmica de pesquisa que envolve um interesse por pesquisa teórica pura, mas também por pesquisas aplicadas. A vontade de aplicar simulações sociais para problemas práticos tem se tornado uma consolidação deste campo de pesquisa.

1.5.3 As incertezas científicas

Há um debate crescente entre pesquisadores para definir se as simulações devem ou não devem ser consideradas como algo além de mais uma ferramenta nas ciências sociais. O papel da tecnologia é ajudar a averiguar (i) se qualquer modelo (como implementado) é ou representa a teoria pretendida (verificação) e (ii) que o único papel das ciências sociais seria utilizar a implementação desse modelo como uma ferramenta para a construção de teorias (descoberta e validação).

A modelização e compreensão da complexidade sempre serão um processo iterativo, portanto, como pesquisadores, devemos aceitar que o rumo que trilhamos pode mudar mesmo quando estamos no meio da jornada.

A importância das normas sociais tem sido investigada, mas aspectos importantes como a criação de regras, a memória coletiva e o papel dos símbolos e comunicações ainda não foram incorporados nos modelos formais, cujo desenvolvimento se mantém como um desafio aos pesquisadores.

Ainda não existem limites para as questões de pesquisa interdisciplinares e interessantes, para as quais os modelos SMA são ferramentas apropriadas. Há, cada vez mais, uma crescente disponibilidade de dados espaciais, e a potência dos computadores também não pára de crescer. Vale ressaltar que a disponibilidade de dados das ciências sociais ainda está defasada em relação à disponibilidade de dados das ciências naturais.

Nas avaliações do progresso obtido pelos pesquisadores da comunidade IBM (GRIMM, 1999; apud BOUSQUET e LE PAGE; 2004), várias conclusões podem ser consideradas no âmbito dos SMA. A ideia geral é que, após vários anos de inovação, um período de consolidação é necessário, e essa consolidação deve ser orientada principalmente ao método: Como os resultados de um modelo devem ser apresentados? Como a sua estrutura deve ser apresentada?

Na comunidade SMA, é reconhecido que uma fragilidade dos SMA é a impossibilidade de estabelecer uma prova matemática dos resultados obtidos pelas

simulações. Entretanto, o uso de inúmeras técnicas e métodos tem sido objeto de pesquisadores para fortalecer a credibilidade dos SMA. A primeira estratégia é fornecer apresentações rigorosas da estrutura do modelo. Para isso, muitos autores têm utilizado linguagens gráficas como a *Unified Modelling Language* (UML). Outras linguagens gráficas podem ser utilizadas, como a Petri Nets (BAKAM et al., 2001; apud BOUSQUET e LE PAGE; 2004). A apresentação do modelo com o uso de linguagens gráficas também facilita uma replicação mais fácil dos modelos.

A segunda estratégia é comparar os resultados dos SMA com outros tipos de modelos, como os de equações diferenciais. A equivalência dos resultados das simulações com os resultados de modelos analíticos também fortalece a credibilidade do modelo, apesar de não validar os resultados do SMA quando o modelo é simulado em situações mais complexas. O procedimento clássico para a validação é comparar os dados simulados com os dados observados em campo, o que também pode ser feito nos SMA.

Outra estratégia é avaliar a relevância das hipóteses do modelo. As considerações de um modelo SMA estão baseadas na representação do comportamento dos agentes e de suas interações. Alguns pesquisadores propõem testar a validade dessas considerações por meio de abordagens experimentais (DEADMAN, 2000; apud BOUSQUET e LE PAGE; 2004) ou RPG (BARRETEAU et al., 2001).

Para os acadêmicos que argumentam que provas analíticas são necessárias para que o método científico seja acolhido, os modelos SMA têm uma imagem de pseudociência. As simulações SMA produzem saídas coloridas e em movimento, que podem dar a impressão de que elas não envolvem nada mais que jogos, *videogames*. Portanto, uma comunicação efetiva e convincente dos resultados de pesquisa em SMA continua sendo um desafio. A documentação dos modelos que utilizam a *Unified Modelling Language* (UML) pode servir como um remédio parcial para esta lacuna de comunicação dos modelos (FOWLER e SCOTT, 1999; apud PARKER et al., 2003).

A linguagem de modelização unificada (*Unified Modelling Language* – UML) é uma linguagem de descrição, baseada na representação gráfica de modelos. É uma ferramenta aberta projetada para ser independente de qualquer linguagem de

programação particular (como *Java* ou *Smalltalk*). A UML é uma linguagem normalizada e formal e foi aceita pelo OMG (*Object Management Group*) em 1997 (OMG, 2003; apud LE PAGE e BOMMEL, 2006). Desde então, a UML é referência na modelização objeto: uma linguagem universal para linguagens orientadas-objeto.

Um modelo baseado em agentes (ABM) descrito com UML é uma representação abstrata que fornece uma figura simplificada do mundo real. Como a UML é baseada em notações gráficas simples, um ABM se torna compreensível até para cientistas que não são da área de informática. A UML pode ser vista como uma ferramenta de diálogo que pode facilitar a comunicação entre cientistas, modelizadores e agentes.

O diagrama de classes UML é o bloco básico para a construção de modelos conceituais. O primeiro passo consiste na identificação dos tipos de entidades relevantes do mundo real seguida pelo mapeamento de cada uma delas utilizando o conceito de classe. Uma classe pode ser considerada como a descrição de objetos que têm uma estrutura similar, um comportamento similar e que compartilha a mesma semântica. Uma classe é definida por uma lista de características (a sua parte estática, denominadas atributos) e uma lista de comportamentos (a sua parte dinâmica, denominados operações).

Uma classe descreve um modelo estruturante para um conjunto de objetos similares denominados instâncias dessa classe. As relações entre as classes são denominadas associações.

Le Page e Bommel (2006) afirmam que em UML, diversos tipos de diagramas dinâmicos nos permitem descrever os comportamentos das entidades e as suas interações, como:

- a) Diagramas de seqüência, os quais descrevem a seqüência de mensagens que são trocadas entre os objetos durante o tempo; essas trocas são mostradas ao longo da linha da vida dos objetos.
- b) Diagramas de estado-transição, utilizados para descrever o comportamento de um objeto, eles mostram as possíveis seqüências de estados através dos quais uma instância pode passar no tempo à medida que vai reagindo aos eventos.
- c) Diagramas de atividades, que são vistos como uma revisão dos diagramas padrão de fluxos; seu propósito é descrever um conjunto de atividades

representando as ações e suas conseqüências. As ações podem ser descritas pela linguagem natural. Uma transição é uma relação entre duas atividades indicando que uma instância entrará na segunda atividade e realizará ações específicas assim que a atividade anterior tiver acabado.

Vale ressaltar que acreditamos na afirmação de que “não há uma execução de um programa sem intenção”. Contrário à lógica da verificação empírica, na qual encontramos uma neutralidade presumível do implementador, as ciências sociais criaram, por meio de uma lógica multiparadigmática, uma nova concepção metodológica nas ciências computacionais, na qual o modelizador desempenha um papel decisivo. Não há, portanto, métodos consensuais nas simulações sociais e a SSBA, da mesma forma que as ciências sociais, é multiparadigmática.

2 ABORDAGEM METODOLÓGICA

O segundo capítulo apresenta a abordagem metodológica utilizada neste trabalho, cujas atividades integraram abordagens do tipo especialista e do tipo participativa. Vou apresentar neste texto uma discussão da metodologia para os dois processos: elaboração do modelo conceitual e elaboração do modelo informático. A transição do modelo conceitual para o modelo informático passa, obrigatoriamente, por uma fase intermediária, que é a formalização do modelo, a qual, neste estudo, foi feita na linguagem UML. A discussão apresentada tem como base o trabalho de modelização realizado com comunidades tradicionais de Benjamin Constant. O fluxo de leitura dos conteúdos, como aparecem neste capítulo, é altamente recomendável já que há um direcionamento intencional da agregação de suas informações.

Neste projeto, foram adotadas as seguintes etapas metodológicas:

- A) Revisão bibliográfica.** Subdividida, inicialmente, em cinco campos de conhecimento: (i) prospectiva de cenários, (ii) modelos de sistemas socioambientais, (iii) simulação de sistemas multiagentes - SMA, (iv) modelização de acompanhamento – ComMod e (v) modelização participativa: validade das representações e validação das simulações.
- B) Elaboração do Modelo teórico.** Para elaborar o modelo teórico, foram utilizados dados levantados *in loco* na área da comunidade de São João, e também foram utilizados dados secundários, coletados pelo projeto PRODESAS. Um modelo conceitual que relaciona as dinâmicas territoriais com os parâmetros de decisão dos agentes locais foi desenvolvido/elaborado, em uma abordagem de ComMod (*companion modelling*), que incorpora métodos especialistas e participativos. Este modelo foi validado com as comunidades locais.
- C) Formalização do modelo em UML.** O modelo teórico desenvolvido na etapa anterior foi traduzido para a linguagem UML em uma abordagem especialista.
- D) Construção do Modelo de simulação SMA.** Foi implementado um modelo SMA na plataforma Cormas, a partir do modelo UML desenvolvido na etapa anterior. Este modelo foi ajustado e validado com dois painéis de especialistas.
- E) Exercício de Prospectivas de cenários.** Foram estabelecidos cenários diferentes, com base na variação da incidência dos parâmetros de decisão dos agentes locais. Os cenários foram construídos em trabalhos participativos para potencializar o processo de aprendizado social.

Uma questão metodológica fundamental no início dos trabalhos era: como começar a elaboração de um modelo com a abordagem ComMod? Geralmente, não são encontradas na literatura citações a essa etapa. Por motivos didáticos, dividimos a modelização em duas etapas (Figura 2.01). Na primeira etapa, elabora-se o modelo conceitual. Com o modelo conceitual elaborado, parte-se para elaborar geralmente: (i) o modelo informático (simulador) e/ou (iii) o modelo em jogo de papéis (*role play-game* ou *jeu de role*). Neste trabalho, partimos do modelo teórico para o modelo informático, sem que seja elaborada uma versão do modelo em RPG.

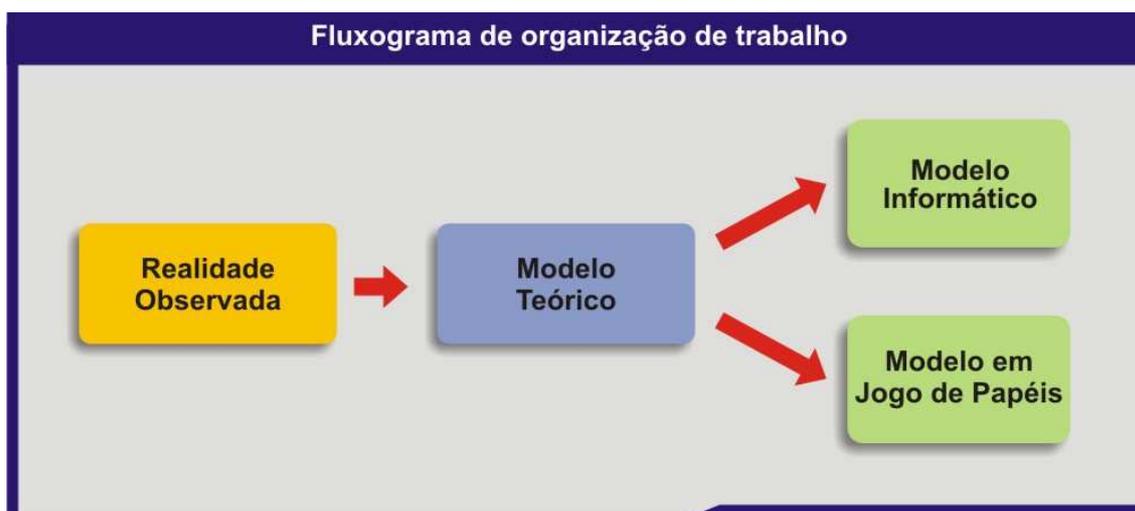


Figura 2.01 Modelo teórico, informático e jogo de papéis

2.1 MODELO TEÓRICO

A construção do modelo conceitual é etapa fundamental do processo ComMod, independentemente de o processo subsequente ser a elaboração do modelo informático ou do jogo de papéis. Sugerimos que a modelização conceitual seja dividida em quatro frentes de trabalho distintas. Cabe ressaltar que essas frentes de trabalho não devem ser obrigatoriamente realizadas nem de forma seqüencial muito menos de forma simultânea; as especificidades de cada processo de modelização determinarão qual estratégia seguir. Essas frentes de trabalho são compostas pelas atividades necessárias à definição de:

- a) agentes espaciais e agentes sociais;
- b) ações de cada agente;
- c) estratégias dos agentes;
- d) cenários para as simulações.

Como já descrito, o processo de modelização conceitual foi realizado em abordagens especialistas e participativas. O modelo se serviu de informações do tipo especialista para efetuar as definições em todas as quatro frentes de trabalho. Foram utilizados dados primários ou secundários (bancos de dados, mapas etc.) sobre a área de trabalho, os quais foram obtidos mediante pesquisas em bancos de dados (IBGE, IBAMA, outros órgãos federais, estaduais, municipais etc.).

Outra forma utilizada para a aquisição de dados, a qual também pode ser considerada como uma abordagem especialista, foi a realização de visitas a campo para capturar/elaborar dados, como: (i) a aplicação de questionários, (ii) a realização de entrevistas, (iii) a observação dos comportamentos individuais e coletivos de uma comunidade, (iv) a visualização das paisagens e seus componentes, (v) a gravação de fotos, áudios e vídeos e (vi) a fixação de pontos GPS para obter informações de SIG (Sistemas de Informações Geográficas).

Em cada uma das atividades realizadas em campo, junto às comunidades, o procedimento adotado sempre foi iniciado a partir de uma abordagem de quatro passos preliminares: (i) agendamento de uma data com representantes da comunidade para a realização dos trabalhos, (ii) apresentação à comunidade da equipe de pesquisa definida para a realização dos trabalhos, (iii) descrição de todas as atividades a serem realizadas, de seus objetivos e do tempo necessário para a sua efetiva realização e (iv) discussão com a comunidade sobre a sua disposição, disponibilidade e interesse em participar dos trabalhos. Dessa forma, tentamos garantir que a comunidade tivesse um nível mínimo de autonomia para decidir se participava ou não dos trabalhos referentes às nossas pesquisas.

Para cada frente de trabalho, serão apresentadas as abordagens participativas planejadas e implementadas pela equipe em BC. Essas abordagens utilizaram metodologias participativas (GEILFUS, 1997; CÁRDENAS e RAMOS, 2006) para a elicitación do conhecimento dos atores locais (BECU, 2006). Vale ressaltar que, no nosso caso, cada uma das frentes de trabalho teve níveis diferentes de participação dos atores locais em sua execução.

Um fator importante, fundamental para o sucesso da abordagem participativa deste trabalho, foi o apoio da equipe técnica do PRODESAS. A equipe do projeto PRODESAS, executado no local pela UFAM e pelo INPA, já está presente no município de Benjamin Constant desde o início da década de 1990. Esta equipe conta

com profissionais de natureza multidisciplinar e conta com um banco de dados regionais de grande envergadura, que contemplam inúmeros aspectos sociais, econômicos, físicos e ambientais. A equipe do PRODESAS facilitou todos os contatos com as comunidades locais (indígenas e caboclos) e, também, disponibilizou o livre acesso ao seu banco de dados para a realização desta pesquisa.

Inicialmente, foi elaborado um modelo conceitual da utilização dos recursos naturais pelas comunidades ribeirinhas do município de Benjamin Constant. Foi utilizada como base a metodologia descrita por Angelsen e Kaimowitz (1999), que revisaram mais de 140 artigos com modelos econômicos que representavam os processos chave associados às mudanças no uso e cobertura do solo (MUCS).

Angelsen e S. Kaimowitz (1999), em seus estudos, desenvolveram um arcabouço lógico que classificou os processos de MUCS e as abordagens dos modelos. Geralmente, cinco tipos de variáveis são utilizados nos modelos de MUCS:

- a) a magnitude e a localização da MUCS, a variável dependente principal;
- b) os agentes da MUCS, aqueles indivíduos, empresas ou instituições envolvidos na mudança do uso e cobertura do solo e suas características;
- c) as variáveis de escolha, aquelas decisões sobre alocação de terras que determinam o nível de MUCS para um agente em particular ou para um grupo de agentes;
- d) parâmetros de decisão dos agentes (causas imediatas), aquelas variáveis que influenciam diretamente as decisões dos agentes mas são externas a eles;
- e) as variáveis macroeconômicas e os instrumentos políticos (causas dispersas), aquelas variáveis que afetam a MUCS indiretamente através de sua influência nos parâmetros de decisão.

A Figura 2.02 ilustra as relações entre os principais tipos de variáveis e fornece uma abordagem simples e lógica para analisar as MUCS em 3 diferentes níveis: fontes, causas imediatas e causas dispersas.

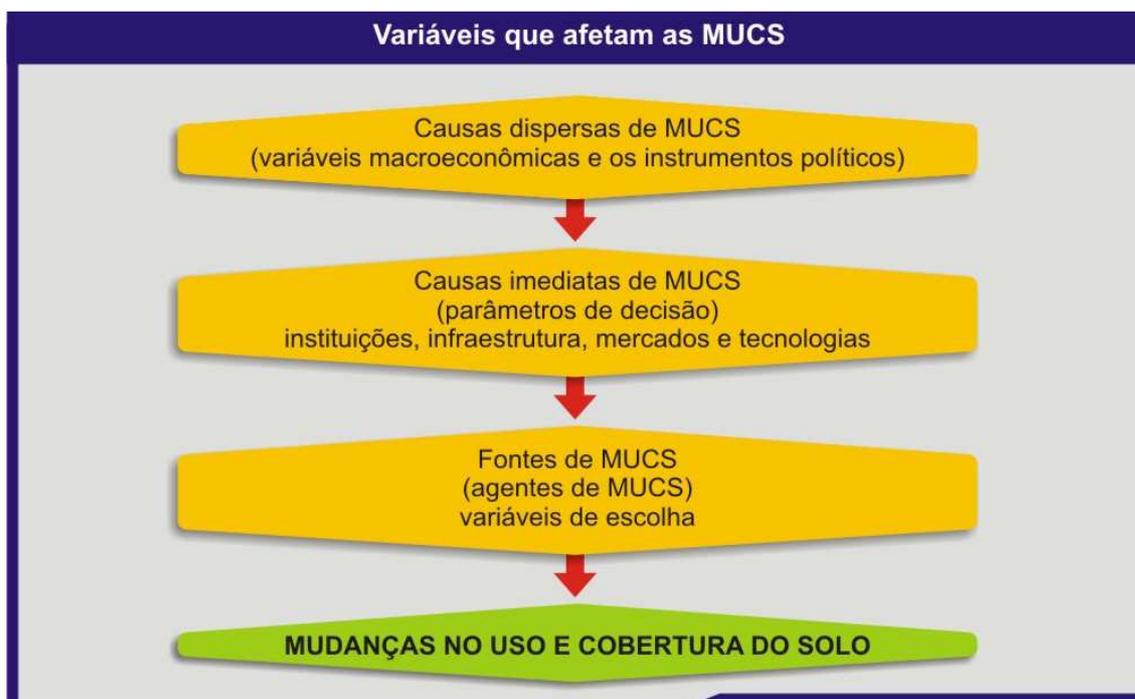


Figura 2.02 – Variáveis que afetam as MUCS (adaptado de ANGELSEN e KAIMOWITZ, 1999)

Para Angelsen e Kaimowitz (1999), o ponto de partida é definir os agentes da MUCS (pequenos fazendeiros, colonos, companhias de plantação etc.). As ações destes agentes são as fontes de MUCS. O próximo passo deve focar as decisões destes agentes, as quais são baseadas nas suas próprias características (histórico, preferências e recursos) e em parâmetros de decisão, como: preços, tecnologias, instituições, novas informações e acesso a serviços e infra-estrutura. Estes fatores determinam o conjunto de escolhas disponíveis e os incentivos para as diferentes escolhas. Os parâmetros de decisão podem ser vistos como as causas imediatas da MUCS.

Na metodologia proposta por Angelsen e Kaimowitz (1999), os parâmetros de decisão e as características dos agentes são determinados por dinâmicas maiores, geralmente associadas a políticas macroeconômicas, de cunho nacional. Essas “dinâmicas” podem ser denominadas como as causas dispersas (indiretas) da mudança no uso e cobertura do solo e influenciam as decisões dos agentes através de inúmeros caminhos: o mercado; a disseminação de novas tecnologias e informações; o desenvolvimento da infra-estrutura e as instituições, particularmente, o regime de propriedade.

2.1.1 Agentes Espaciais e Agentes Sociais

Como o modelo é socioambiental, nada mais lógico que os principais agentes sejam espaciais (representando as “entidades” ambientais) e sociais. A definição destes agentes no modelo deve ser objeto de uma revisão constante durante todo o processo de modelização. Para cada agente definido (espacial e social) no modelo devem ser definidas suas características principais (atributos, parâmetros), que permitam descrever (e compreender) o seu comportamento.

Os agentes espaciais podem ser vistos em diferentes escalas; a definição da escala espacial do modelo está intimamente ligada à definição de sua “escala social”, ou seja, quais agentes sociais serão inseridos no modelo. Em termos espaciais, podemos trabalhar no nível de: (i) uma parcela de uma propriedade, (ii) uma propriedade, (iii) uma rua, (iv) um bairro, (v) um setor, (vi) um município, (vii) uma microrregião, (viii) uma mesorregião (ix) etc. A escala espacial do modelo definirá se o trabalho envolverá a dinâmica entre diferentes paisagens ou entre diferentes componentes dentro de uma mesma paisagem.

A realização de oficinas de trabalho participativas pode gerar informações detalhadas sobre os agentes espaciais. A cartografia participativa e a cartografia cognitiva são dois métodos possíveis para elaborar mapas com a participação das comunidades envolvidas. Na cartografia participativa, os comunitários são solicitados a observar mapas do local (que contêm apenas os seus “limites” e a escala) os quais servem como base para que eles possam discutir e denominar as diferentes áreas desse local. Na cartografia cognitiva, a população elabora o mapa a partir da percepção que tem do território, sem utilizar uma base preexistente com limites e escalas.

Durante todas as etapas de modelização, o modelizador deve permanecer atento e flexível para perceber quando: (i) a escala espacial deve ser modificada, (ii) um agente espacial pode ser desagregado em dois outros, ou mais, e (iii) dois ou mais agentes espaciais podem ser agregados em um único.

Os agentes sociais devem ser definidos de acordo com a escala espacial. Para tanto, devemos observar a coerência entre a escala espacial definida e os atores sociais que têm alguma relação (utilização, gestão, influência, impacto etc.) com os agentes espaciais dessa escala.

A realização de oficinas de trabalho participativas pode, também, gerar resultados interessantes para emergir os agentes sociais. Uma alternativa é realizar uma “tempestade de idéias” (*brainstorm*) para definir quais são os agentes sociais que exercem algum tipo de influência sobre cada um dos agentes espaciais recém-definidos.

Durante todas as etapas de modelização, o modelizador deve permanecer atento e flexível para perceber quando: (i) um agente social é definido e não existe um representante deste tipo de agente social presente nas atividades participativas do processo de modelização, (ii) um agente social pode ser desagregado em dois outros, ou mais, e (iii) dois ou mais agentes sociais podem ser agregados em um único.

Na primeira rodada de trabalhos participativos, realizados em julho e agosto de 2005, foram realizadas diversas observações de campo e entrevistas em 4 comunidades caboclas (São João, Vera Cruz, Tupi1 e Tupi 2), em 3 indígenas (Novo Paraíso, Cidade Nova, Nova Aliança e Guanabara 2) e em um assentamento do INCRA (Crajari). Esta fase do trabalho contou com o apoio de um grupo de pesquisadores do projeto BIODAM, financiados pelo IFB (*Institut Français de La Biodiversité*) e do projeto PRODESAS.

Nesta primeira rodada foi utilizada uma abordagem majoritariamente especialista na execução das atividades, e como resultado foram predefinidos os componentes de paisagem locais (agentes espaciais) e os principais atores regionais (agentes sociais). Esta rodada de trabalhos demonstrou a necessidade de uma abordagem mais participativa para obter as demais informações necessárias à elaboração do modelo conceitual.

2.1.2 Ações de cada Agente

Existem dois tipos de ações possíveis em um modelo socioambiental: (i) ações intrínsecas aos agentes e (ii) ações relacionais entre agentes. As ações intrínsecas dos agentes sociais independem de seu posicionamento no espaço, as ações intrínsecas aos agentes espaciais independem das interferências dos agentes sociais.

Para definir as ações intrínsecas dos agentes, devemos realizar um trabalho no qual representamos cada agente isolado. Elaboramos, então, uma lista exhaustiva de

todas as ações intrínsecas possíveis para cada tipo de agente, que independem da sua relação com outros agentes. Envelhecer, por exemplo, é uma ação intrínseca a um agente social (relativo a um indivíduo).

As ações relacionais entre agentes são aquelas realizadas por um agente que interferem diretamente sobre o comportamento (atributos e/ou ações) de outro(s) agente(s). Podem ser ações realizadas por um agente social que interferem diretamente sobre o comportamento de outros agentes sociais ou sobre um determinado agente espacial. Podem ser, também, ações realizadas por um agente espacial que interferem diretamente sobre o comportamento de outro agente espacial ou sobre um determinado grupo de agentes sociais.

Todas as ações relacionais dos agentes devem ser definidas no espaço e no tempo. Descreveremos, nesta frente de trabalho, primeiro, a definição das ações no espaço e, depois, das ações no tempo, mas essa seqüência não é obrigatória.

A - Ações relacionais no espaço

Para definir as ações relacionais no espaço, devemos realizar um trabalho no qual representamos cada agente social isolado e confrontado um a um com os demais agentes (sociais e espaciais). Em seguida, refazemos o mesmo procedimento com cada agente espacial. Elaboramos, então, uma lista exaustiva de todas as ações relacionais possíveis entre cada tipo de agente (social e espacial) eliminando as ações “superpostas”.

Nesta etapa da frente de trabalho, podem emergir três situações limites: (i) quando as ações relacionais definidas entre dois agentes não têm nenhuma relação com os objetivos da modelização, (ii) quando um agente social não exerce nenhum tipo de influência sobre nenhum dos demais agentes espaciais predefinidos e (iii) quando um agente espacial não sofre influência de nenhum dos agentes sociais predefinidos. É o momento ideal de se discutir a fusão ou a desagregação de agentes sociais e/ou espaciais.

Para potencializar as atividades nesta etapa da frente de trabalho, devemos tentar elaborar (de forma participativa!) uma representação gráfica que relacione as ações com os agentes sociais e espaciais.

Diversas ferramentas podem ser utilizadas para este fim e a escolha da ferramenta mais apropriada depende tanto do modelizador quanto dos atores envolvidos nesta frente de trabalho. Entre as ferramentas podemos utilizar desde a elaboração de diagramas simples, como um que relaciona agentes e ações (Figura 2.03), até a construção de diagramas de classes, do tipo UML (*Unified Modelling Language*).

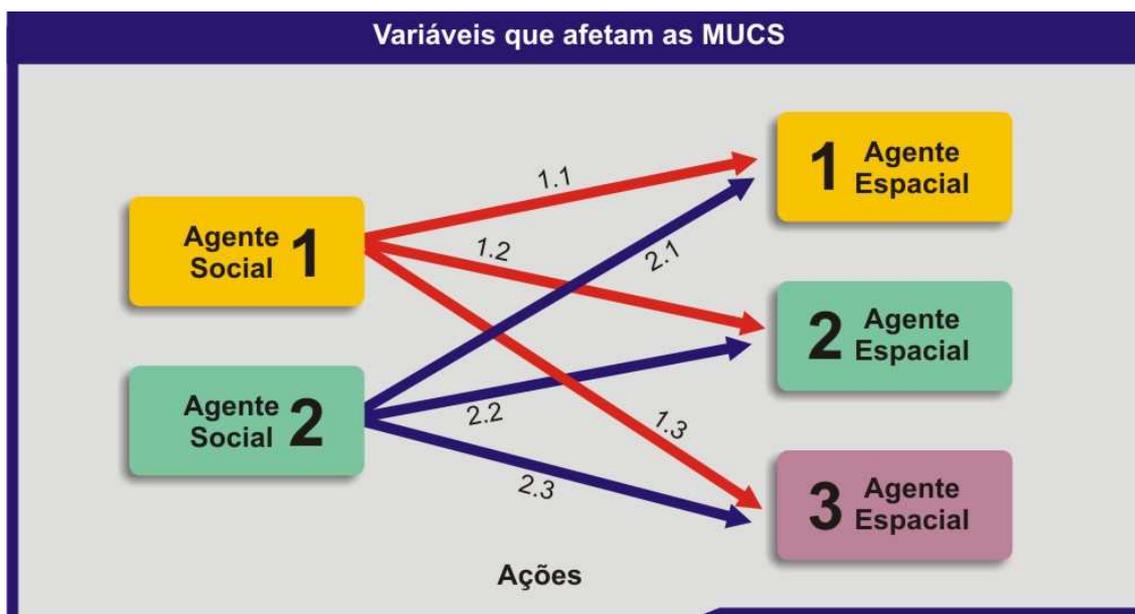


Figura 2.03 – Diagrama relacionando agentes sociais e suas ações sobre os espaciais

B - Ações relacionais no tempo

Devemos tentar definir, *a priori*, qual será a escala de tempo do modelo. Essa escala depende dos objetivos do modelo, mas devemos observar qual é a escala mais próxima das principais ações definidas: (i) diária, (ii) semanal, (iii) mensal, (iv) semestral, (v) anual ou (vi) outra. Essa escala define também o potencial de simular cenários de um modelo, pois, dificilmente, um modelo elaborado em escala semanal simulará bons cenários em horizontes anuais.

A representação gráfica tem, novamente, o potencial de facilitar o entendimento dos participantes. Inúmeras ferramentas de apoio podem ser utilizadas para este fim, como (i) a elaboração de calendários de ações, e/ou (ii) a construção de Diagramas de Gantt (cronogramas). Dessas atividades surgem as lógicas das ações em função do tempo, mas também pode emergir a escala de tempo mais adequada aos objetivos do modelo.

Devemos cruzar as informações obtidas na definição das ações no espaço e no tempo para verificar a coerência/congruência das duas etapas desta frente de trabalho. Outra vez, a utilização de uma ferramenta para a representação gráfica é aconselhada. O modelizador deve estar flexível e atento, pois, da mesma forma que ocorreu com os agentes (espaciais e sociais), as ações podem ser fundidas ou desagregadas de acordo com os objetivos do modelo.

A segunda rodada de trabalhos, realizada em janeiro de 2006, teve suas atividades divididas em duas etapas: uma em BC e a outra nas comunidades de São João e de Tupi 1. Esta rodada de trabalho contou com o apoio de um grupo de alunos da UFAM e do projeto PRODESAS.

Em BC, foi feita uma participação na oficina de trabalho organizada pela UFAM, em sua sede de Benjamin Constant. O título foi “Oficina de planejamento organizacional em agricultura familiar – planejar e decidir as ações para o futuro” e estiveram presentes representantes comunitários (convidados pela equipe da UFAM): (i) das sete comunidades caboclas e indígenas pesquisadas na primeira visita, (ii) das comunidades de Bom caminho, Filadélfia e Cordeirinho, e (iii) das sedes municipais de Benjamin Constant, Atalaia do Norte e São Paulo de Olivença. Para cada “comunidade” havia entre seis e vinte representantes participando dessa oficina.

Nessa oficina, foram elaborados mapas cognitivos pelos representantes comunitários e ocorreram discussões sobre a realidade de cada comunidade, com definição dos problemas locais, suas causas e suas possíveis soluções. Com o resultado dessa oficina e após discussão feita com os comunitários sobre seu interesse (disposição e disponibilidade) em participar de trabalhos adicionais, foram definidas as comunidades de São João e de Tupi 1 para a execução da segunda etapa do trabalho.

Foram, então, realizadas oficinas nestas duas comunidades, com os próprios moradores. Nestas oficinas, a equipe e o escopo da pesquisa eram apresentados com o apoio do presidente da associação comunitária e, após a aprovação dos comunitários, foram executadas três tarefas: (i) a confecção de um mapa cognitivo da área de influência da comunidade (Figura 2.03 a), ajustando/validando os agentes espaciais predefinidos na rodada de trabalhos anterior; (ii) um “*brainstorm*” para identificar todos os agentes presentes nesta área, segundo a percepção dos próprios

comunitários, ajustando/validando os agentes sociais predefinidos na rodada de trabalhos anterior e (iii) a confecção de um calendário anual das atividades de produção executadas pelos comunitários (Figura 2.04 b), com a definição das ações realizadas pelos agentes sociais em cada agente espacial, na escala temporal selecionada por eles (mensal/anual).



Figura 2.04 – Mapa Cognitivo e Calendário de Produção Anual – São João

A receptividade do trabalho em ambas as comunidades foi excepcional. Entretanto, os ótimos resultados obtidos com a comunidade de São João, que elaborou dois mapas cognitivos - um para a estação seca e outro para a estação chuvosa – e a maior proximidade com a sede da UFAM (1½ hora de barco contra 2½ horas para Tupi) levaram a nossa equipe a demandar um segundo dia de oficina no local, o qual foi prontamente aceito pela comunidade.

Na segunda oficina em São João, depois de ser feito um resumo do trabalho já realizado, com a exposição dos mapas e do calendário elaborados, foi solicitado aos comunitários que fizessem uma descrição detalhada de cada agente local (espacial e social) citado no dia anterior. Alguns agentes foram agrupados sob nova denominação e, para cada agente foi elaborada uma “ficha” descritiva com: (i) a sua definição (o que é/o que tem); (ii) a sua dinâmica natural e (iii) a sua dinâmica sob a influência de variáveis externas (por exemplo, a ação antrópica nos agentes espaciais). Os resultados obtidos foram animadores, com uma semelhança perceptível entre as fichas elaboradas e os diagramas básicos em UML (Figura 2.05).

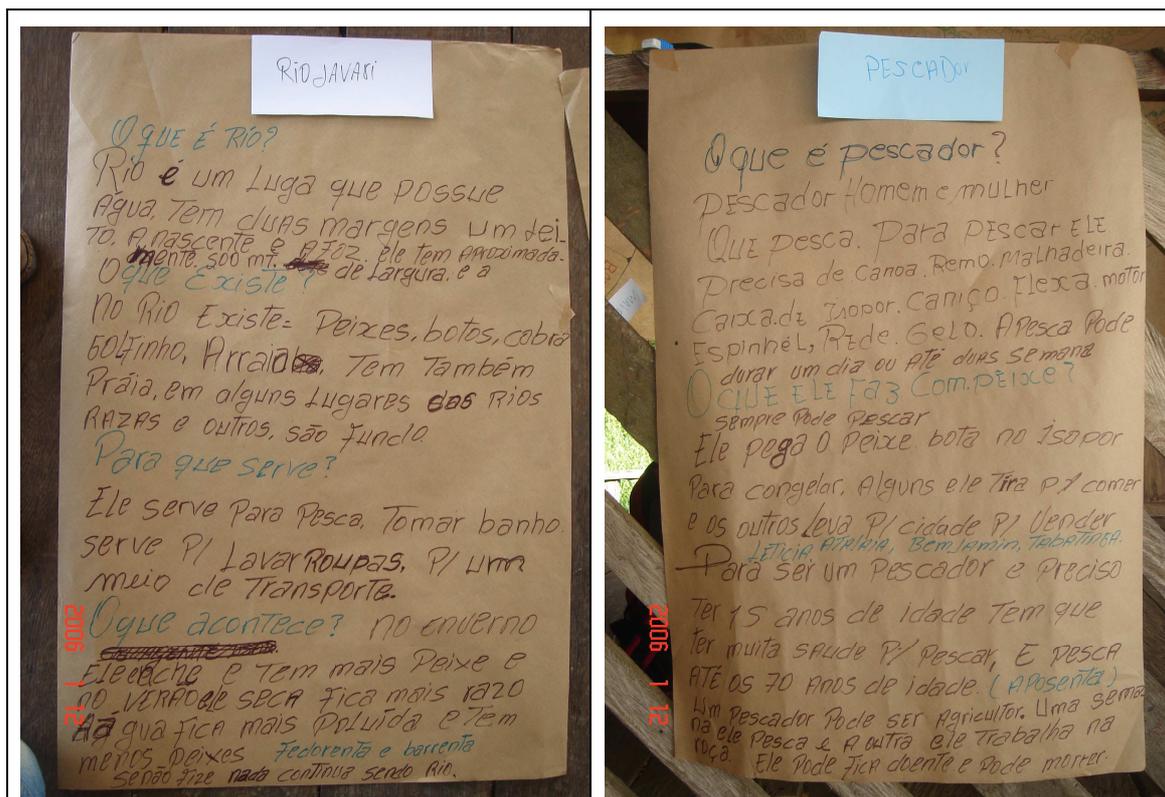


Figura 2.05 – Fichas descritivas semelhantes a Diagramas UML

2.1.3 Estratégias dos Agentes

As ações dos agentes não ocorrem de forma aleatória, há uma lógica na tomada de decisão de cada agente, ao executar uma ação e, principalmente, uma lógica na organização da seqüência das ações a serem executadas. Para tentarmos entender essa lógica, cada ação definida deve ser discutida, desvendando os eventos presentes em seus “mecanismos internos”.

Devemos, então, construir o “mecanismo interno” de cada ação, definindo quais eventos: (i) causam a execução de uma ação, (ii) interferem na sua execução e (iii) são gerados pela sua execução. Para cada evento definido para uma ação - causa, interferência e efeito - (Figura 2.06) devemos estabelecer, sempre que possível, os seus respectivos parâmetros de variação (ocorrência, intensidade etc.).



Figura 2.06 Ação – Causas, Interferências e Efeitos

Existem, também, ações que se correlacionam em termos de causa e efeito. Verificando as relações causa-efeito existentes entre diferentes ações, podemos construir diferentes blocos de ações (encadeamentos). A Figura 2.07 apresenta um exemplo de um bloco de 5 ações, considerando que não existem outras relações causa-efeito das ações 1, 2, 3, 4 e 5 com nenhuma outra ação:

- a ação 1 é causa das ações 2 e 3
- a ação 2 é causa da ação 4
- a ação 4 é causa da ação 3
- a ação 3 é causa da ação 5

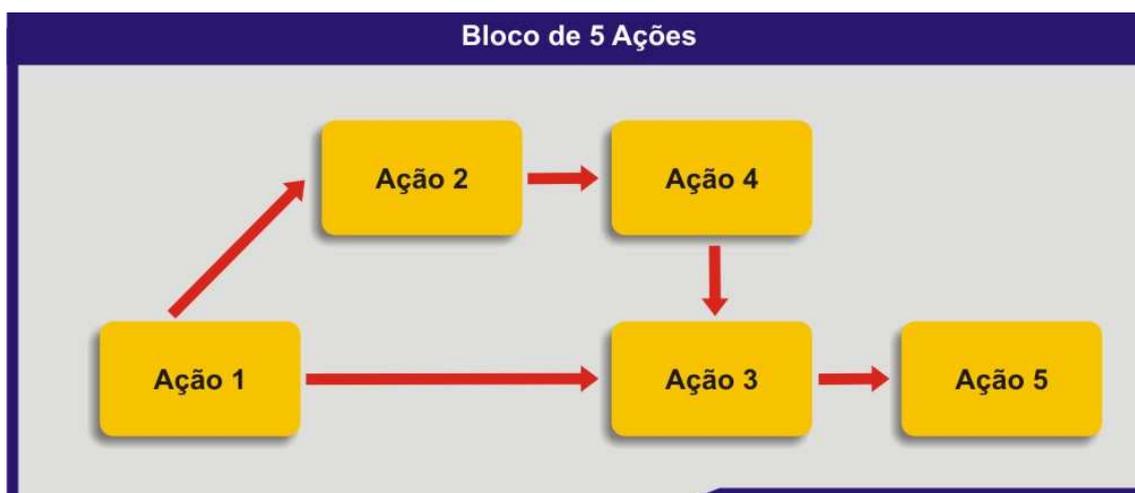


Figura 2.07 Bloco de 5 ações

Difícilmente será possível criar um bloco único de todas as ações definidas no modelo e, portanto, teremos diferentes blocos de ações encadeadas. Os agentes

decidem, de acordo com suas preferências, quais blocos de ações ele vai executar e em qual seqüência estes blocos serão executados. O conjunto de preferências que determinam a opção de um agente por uma seqüência específica de diferentes blocos de ação pode ser denominado como uma estratégia do agente (Figura 2.08).

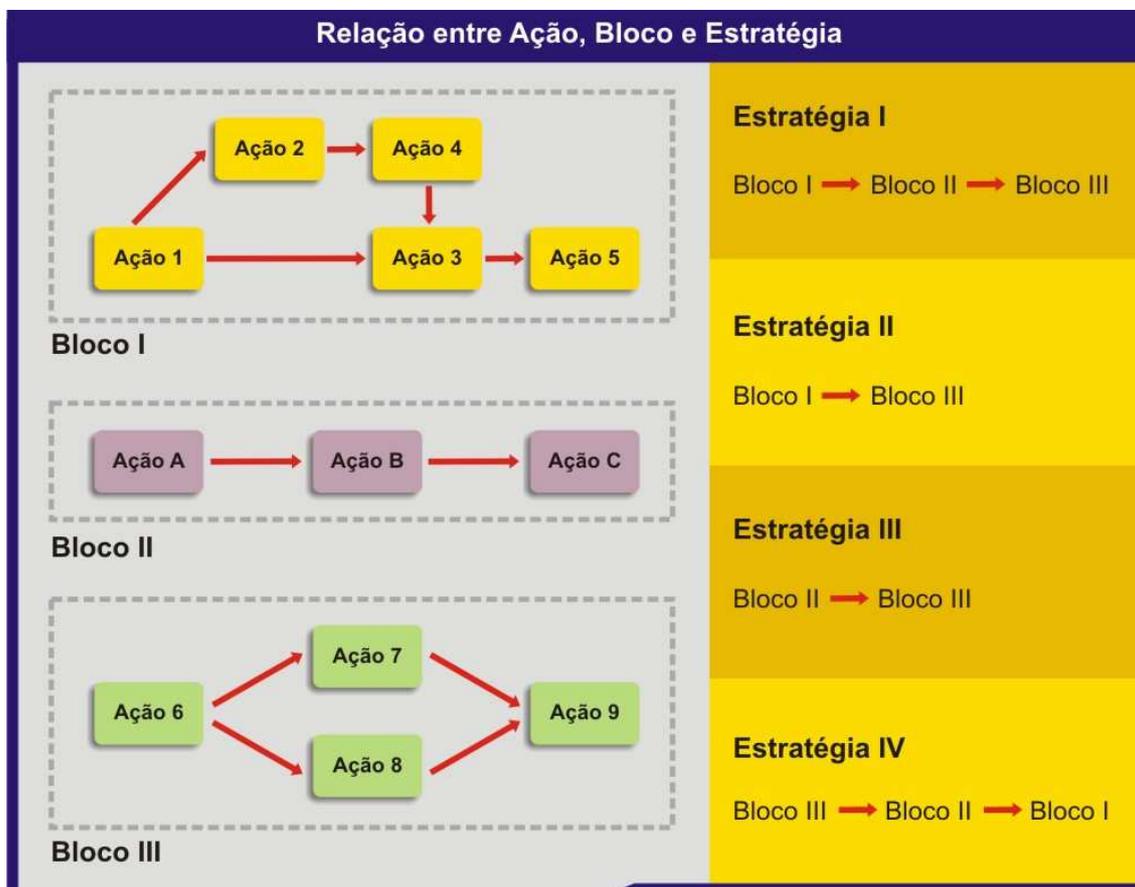


Figura 2.08 Relação entre ação, bloco e estratégia

A representação gráfica tem, mais uma vez, o potencial de facilitar o entendimento dos participantes. Entre as ferramentas de apoio a serem utilizadas, propomos diversas variações do Diagrama de Gantt, que representam os parâmetros de dependências/preferências com flechas. O *software* MsProject apresenta algumas destas possibilidades.

Além de fazer emergir os possíveis encadeamentos das ações, estas atividades de elaboração de representações gráficas podem gerar alterações na definição: (i) dos agentes sociais, (ii) dos agentes espaciais, (iii) das escalas espacial e temporal e (iv) das ações.

Um agente pode ter uma ou mais estratégias. Existem diferentes fatores que determinam a opção de um agente por uma ou por outra estratégia. Estes fatores

podem ser: (i) internos, gerados por outros agentes, “dentro da escala espacial” do modelo e (ii) externos, gerados por agentes os quais não estão presentes “dentro da escala espacial” do modelo. Devemos definir, portanto, quais são esses fatores internos e externos. Se possível, devemos estabelecer os parâmetros de variação desses fatores (internos e externos) de escolha de estratégia (ocorrência, intensidade etc.). Um exemplo simples de escolha de estratégia é a escolha do caminho crítico nas técnicas de PERT/CPM (*Program Evaluation and Review Technique / Critical Path Method*).

O acesso a uma informação pode ser considerado o fator de escolha de estratégia típico a um agente social. Um agente social pode mudar a sua estratégia quando tem acesso a diferentes tipos de informação. Quanto à disponibilidade, podemos dividir as informações em dois tipos: (i) as de livre acesso, que sempre podem ser acessadas por todos os agentes sociais, (ii) as de acesso restrito, cujo acesso pode ser restrito por critérios temporais (disponíveis apenas em certos períodos) e/ou por critérios seletivos (disponíveis apenas a alguns tipos de agentes sociais).

A terceira rodada de trabalhos, realizada em julho de 2006, teve todas as suas atividades realizadas nas próprias comunidades (São João, Novo Paraíso, Nova Aliança e Tupi 1). Esta rodada de trabalhos contou com o apoio de pesquisadores envolvidos com o projeto BIODAM, um grupo de alunos da UFAM e do projeto PRODESAS.

Nessa rodada de trabalhos, inicialmente, foram lembrados todos os resultados obtidos nas etapas anteriores (mapas cognitivos e calendários agrícolas). Uma imagem de satélite da área de estudo foi utilizada para validar o mapa cognitivo elaborado. A comparação entre os dois instrumentos gerou uma discussão bem interessante sobre as áreas da comunidade.

Após esta segunda validação dos agentes espaciais pela comunidade, a comunidade foi demandada a elaborar um diagrama que relacionasse os agentes sociais e os agentes espaciais, especificando quais ações eram realizadas pelos agentes sociais em cada agente espacial. Esta dinâmica gerou um diagrama de agentes X ações “participativo” (Figura 2.09), o qual foi comparado com o mesmo diagrama “especialista” elaborado pelo modelizador a partir dos resultados da segunda rodada de trabalhos. Os resultados foram animadores, pois os dois diagramas

apresentaram alto grau de semelhança. As imagens de satélite e o diagrama de agentes X ações “especialista” foram doados às comunidades, impressos e plastificados.



Figura 2.09 Diagrama Agente X Ação – Construção participativa em São João

Depois da tarefa de elaboração do diagrama, foi realizada uma nova dinâmica para tentar detalhar, ainda mais, as ações e os parâmetros de tomada de decisão adotados pelos agentes sociais.

Novamente, o modelizador deve estar atento para fazer emergir desta frente de trabalho as definições mais adequadas aos objetivos do modelo. O modelizador também deve estar atento e observar quais eventos aparecem no mecanismo interno de mais de uma ação, quais preferências aparecem em mais de um bloco de ações, e quais fatores são mais recorrentes na escolha das estratégias. Estes eventos, preferências e fatores terão, provavelmente, uma maior influência no comportamento do modelo.

Definidos os agentes, as ações e as estratégias, pode-se considerar que uma primeira versão do modelo conceitual está “finalizada”. Este modelo conceitual pode

ser utilizado para diversos fins, e, em uma abordagem ComMod, os mais recorrentes são: (i) a conversão do modelo em uma plataforma informática para realizar simulações com computadores e/ou (ii) a conversão do modelo em uma plataforma do tipo “jogo de papéis” para realizar simulações com “tabuleiros”. Em ambas as plataformas, o modelizador deve planejar uma interface para que os atores envolvidos participem das simulações.

A conversão do modelo em uma plataforma de simulação pode ser feita com uma abordagem estritamente especialista, na qual apenas o modelizador define os critérios de conversão, ou com uma abordagem participativa. Na experiência de modelização em Benjamin Constant, a conversão do modelo foi feita para uma plataforma de simulação informática – Cormas. Devido a restrições técnicas e financeiras, neste trabalho, a conversão foi feita em uma abordagem especialista.

2.2 FORMALIZAÇÃO DO MODELO TEÓRICO EM UML

Apesar de a primeira versão do modelo conceitual já poder ser considerada finalizada, a sua conversão para uma plataforma informática demanda a sua formalização em uma linguagem mais próxima da linguagem informática. Todos os diagramas, tabelas e fluxogramas elaborados devem ser “traduzidos” para uma linguagem “padronizada” que possa ser convertida em um modelo informático.

A formalização dos modelos utilizando a *Unified Modelling Language* (UML) tem sido o procedimento mais usado nesta etapa. A linguagem de modelização unificada (*Unified Modelling Language* – UML) é uma linguagem de descrição, baseada na representação gráfica de modelos. É uma ferramenta aberta, projetada para ser independente de qualquer linguagem de programação particular (como *Java* ou *Smalltalk*). A UML é uma linguagem normalizada e formal e foi aceita pelo OMG (*Object Management Group*) em 1997 (OMG, 2003; apud LE PAGE e BOMMEL, 2006). Desde então, a UML é referência mundial na modelização objeto: uma linguagem universal para linguagens orientadas-objeto.

Existem inúmeros textos que apresentam a linguagem UML de forma simples, direta e didática, portanto não revisaremos os recursos UML neste texto. A idéia aqui é apenas discutir a formalização (tradução) do modelo conceitual elaborado na fase inicial ComMod em diagramas UML: (i) de classe, (ii) de atividades, (iii) de seqüência.

Em uma abordagem ComMod, a formalização do modelo conceitual em diagramas UML pode ser executada de forma especialista ou participativa. Na abordagem especialista, o modelizador elabora o modelo UML a partir do modelo conceitual e, quando este estiver “finalizado”, apresenta-o aos atores envolvidos na modelização para discussão.

Na abordagem participativa, durante a fase de modelização conceitual - realizada pelo fórum dos atores envolvidos - o modelizador pode ir “construindo”, paralelamente e paulatinamente, o modelo UML. Essa construção participativa ocorreria todas as vezes que o fórum fosse elaborar as diferentes representações gráficas do modelo, nos processos de definição de: (i) agentes, (ii) ações, (iii) eventos, (iv) preferências e (v) fatores. A última representação gráfica seria sempre o “equivalente” ao diagrama UML.

2.2.1 O Diagrama de Classes

A definição de classes, nesta fase, é função da definição dos agentes espaciais e sociais feita na fase de modelização conceitual. As representações gráficas já realizadas na fase conceitual podem ser extremamente úteis neste momento.

Inicialmente, podemos definir cada agente do modelo conceitual como uma “classe”. Cada uma dessas “classes” terá seus atributos (características listadas na fase de modelização conceitual, que foram consideradas capazes de descrever o comportamento dos agentes), e métodos (todas as ações de agentes - intrínsecas e relacionais - “listadas” na fase de elaboração do modelo conceitual) (Figura 2.10).

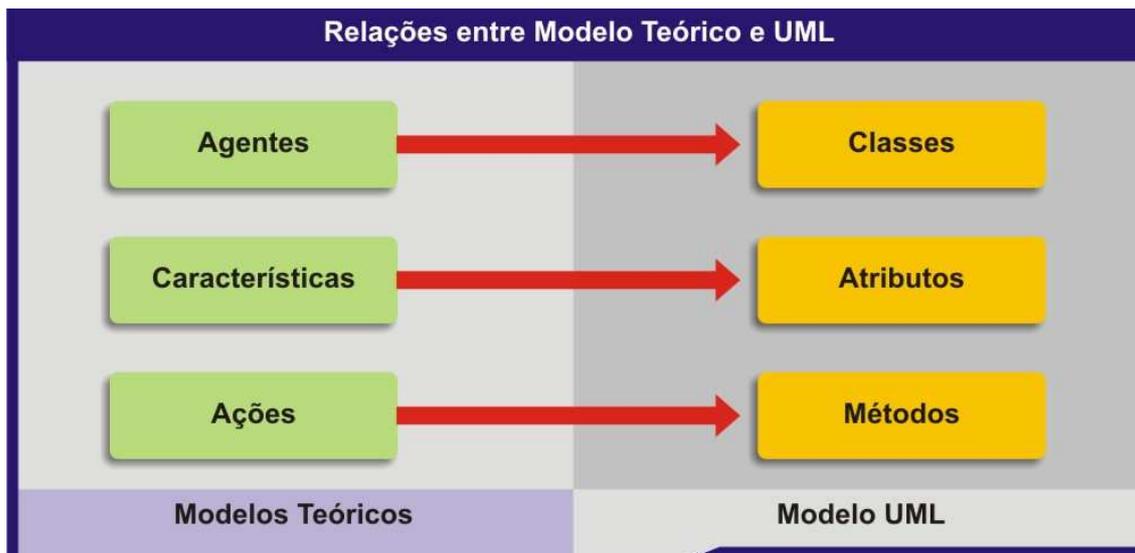


Figura 2.10 Relação entre modelo teórico e UML

Com as “classes” iniciais já definidas, devemos procurar agrupar – não é agregar! – essas classes (agentes espaciais e sociais) em grupos que se “assemelham”, que têm características e/ou comportamentos análogos. Este agrupamento de agentes pode ser feito de duas formas: (i) em grupos de especializações e generalizações de agentes e/ou (ii) em grupos de agregações de agentes.

No primeiro procedimento de “agrupamento” de agentes, a idéia inicial é verificar qual agente é mais “genérico” e quais agentes são especializações desta generalidade. Para tanto, devemos cruzar os seus atributos, ou seja, as características listadas na fase de modelização conceitual, que foram consideradas capazes de descrever o comportamento dos agentes. Agentes com atributos semelhantes têm grande probabilidade de pertencer a uma relação especialização / generalização.

Exemplos: (i) homem e mulher podem ser especialidades de gênero ser humano, ou seja, homem e mulher são subclasses da superclasse ser humano; (ii) mandioca, banana e milho podem ser subclasses da superclasse alimentos, (iii) floresta, pasto e plantação podem ser subclasses da superclasse cobertura vegetal.

Devemos, portanto, definir as relações de especialização e generalização existentes entre os diversos agentes (sociais e espaciais) e definir as superclasses e as subclasses do modelo (Figura 2.11). As questões que envolvem a herança de parâmetros entre subclasse e superclasse não serão apresentadas neste texto e devem ser objeto de estudo em textos específicos de UML.

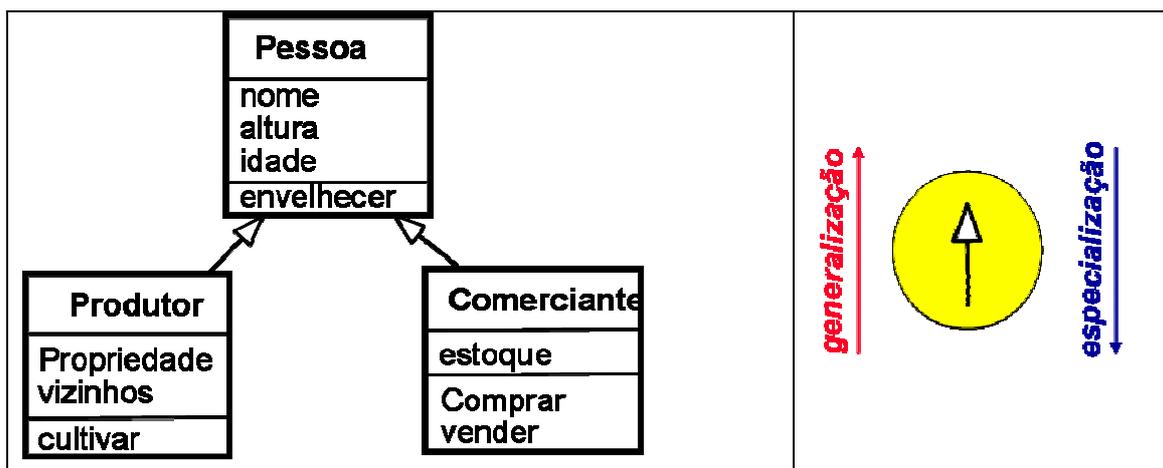


Figura 2.11 Relações de generalização e especialização (BOMMEL e GOMES, 2007)

No segundo procedimento de “agrupamento” de agentes, devemos organizar quais agentes são “compostos” por outros agentes e quais agentes “se agregam” para compor outro agente. Vale notar que, neste tipo de relação todos os agentes são instâncias de uma mesma classe.

Por exemplo, uma associação de produtores é composta por um ou mais produtores, ou seja, a instância “associação de produtores” é composta pela coleção de um ou mais elementos da instância “produtores”. Da mesma forma, (i) uma floresta é composta por uma ou mais árvores, (ii) um país é composto por uma ou mais regiões, (iii) uma região é composta por um ou mais estados e (iv) um estado é composto por um ou mais municípios.

Para os agentes espaciais, um exemplo fundamental de agregação de agentes ocorre quando devemos definir qual será a menor parcela do território modelizado a ser “visualizada” nas simulações de cenários do modelo. Por exemplo, um tipo de propriedade rural (com 300 hectares) é definido como um agente social relevante, entretanto, nas simulações, foi decidido (pelo fórum...) observar as alterações que se sucedem em parcelas de 1 hectare. Cada propriedade será, então, composta de 300 parcelas de 1 hectare. A agregação de 300 agentes da instância de “parcelas de 1 hectare” forma um agente da instância de “propriedades”.

Existe um tipo mais específico desta relação de agregação: a composição. Ela é um tipo de relação de “construção” de um agente por outros agentes. Podemos verificar que são dois tipos bastante similares, mas diferentes, de relação: (i) na agregação simples, um agente contém outros agentes, em relações

coleção/elementos, mas os elementos são todos do mesmo “tipo”; (ii) na composição, um agente é composto por outros agentes, em uma relação todo/partes, mas as partes são de “tipos” diferentes. Em ambas as relações (coleção/elementos e todo/partes), os agentes são instâncias de uma mesma classe (Figura 2.12).

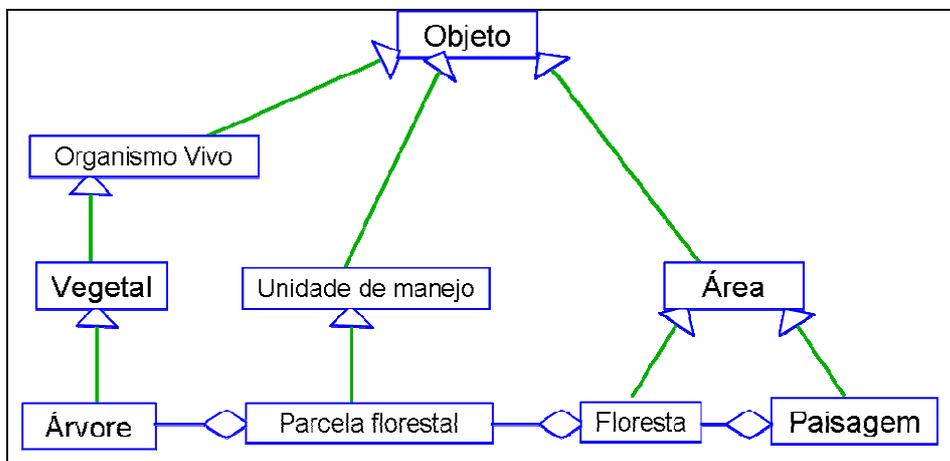


Figura 2.12 Relações de agregação e composição (BOMMEL e GOMES, 2007)

Devemos, portanto, definir as relações de agregação e composição existentes entre os diversos agentes (sociais e espaciais). Novamente, uma verificação das características dos agentes definidas na fase de modelização conceitual se faz necessária.

Há ainda as relações simples entre agentes. Por exemplo, uma propriedade pertence a um proprietário, o qual, por sua vez, possui uma ou mais propriedades. Essas relações também devem ser definidas no modelo em UML. Para tanto, podemos verificar em todas as ações de agentes (intrínsecas e relacionais) “listadas” na fase de elaboração do modelo conceitual, quais apresentam esse comportamento de “relação simples” entre classes e instâncias já definidas (Figura 2.13).

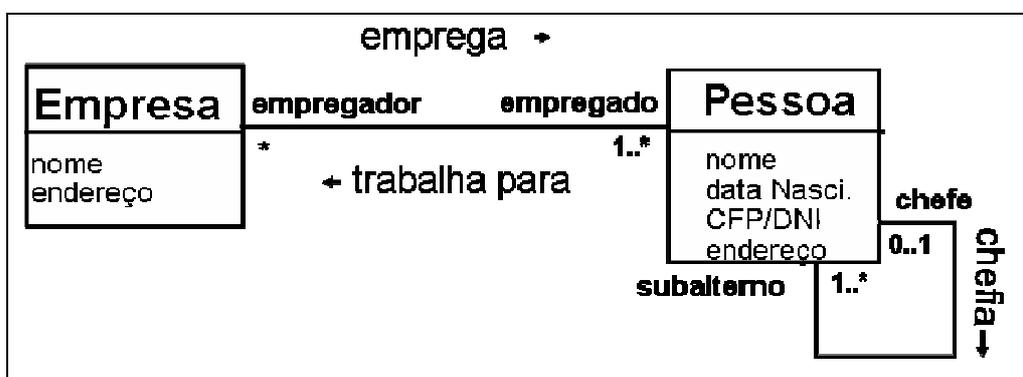


Figura 2.13 Relação entre classes “Empresa” e “Pessoa” (BOMMEL e GOMES, 2007)

Depois de definir as superclasses, as subclasses, as suas respectivas instâncias e as relações existentes entre elas (generalização, agregação ou relação simples), devemos partir para a definição dos atributos e dos métodos específicos a cada uma delas (classes e instâncias). Vale lembrar que, na linguagem UML, atributos são propriedades de um agente (as quais podem ser reespecificadas nas suas instâncias) e métodos são funções, cálculos que modificam esses atributos. Por exemplo, a idade é um atributo e envelhecer é um método associado.

Para definir atributos (de uma instância ou de uma classe), devemos, mais uma vez, rever todas as características dos agentes (capazes de descrever o seu comportamento) que foram listadas na fase de elaboração do modelo conceitual. Esse momento é adequado para verificarmos se há coerência entre os agentes do modelo conceitual e as instâncias e classes do modelo em UML, observando se ainda existem agentes no modelo conceitual que não foram inseridos no modelo UML.

Para definir métodos, devemos percorrer, mais uma vez também, a listagem de todas as ações de agentes (intrínsecas e relacionais) elaborada na fase de modelização conceitual. Existirão métodos que serão simples, e uma única função será capaz de defini-los. Entretanto, existirão métodos complexos cujo detalhamento em diversas funções será necessário. Os detalhes desses métodos não são inseridos no diagrama de classe, eles devem ser realizados em diagramas de atividades. A plataforma Cormas apresenta um diagrama de classes “padrão” com os tipos de agentes e de relações que já estão “predefinidas” na própria plataforma (Figura 2.14).

2.2.2 Os Diagramas de Atividades e de Seqüência

O diagrama de atividades é o detalhamento de um método que contém uma série de funções. Ele serve para evidenciar como as funções devem ser ordenadas em termos: (i) cronológicos e/ou (ii) de dependência. Devemos definir, Em cada atividade, quais funções ocorrem primeiro e quais funções ou atributos são pré-requisitos ou co-requisitos para outras funções.

Para construir esses diagramas, devemos observar toda a lógica referente às estratégias dos agentes que foram definidas na modelização conceitual. Devemos rever o modelo conceitual verificando as relações existentes entre: (i) os blocos de ações encadeadas e os seus eventos internos, (ii) as preferências e as seqüências dos blocos de ações e (iii) os fatores de escolha e as estratégias de ação. Um exemplo deste diagrama pode ser visto na Figura 2.15.

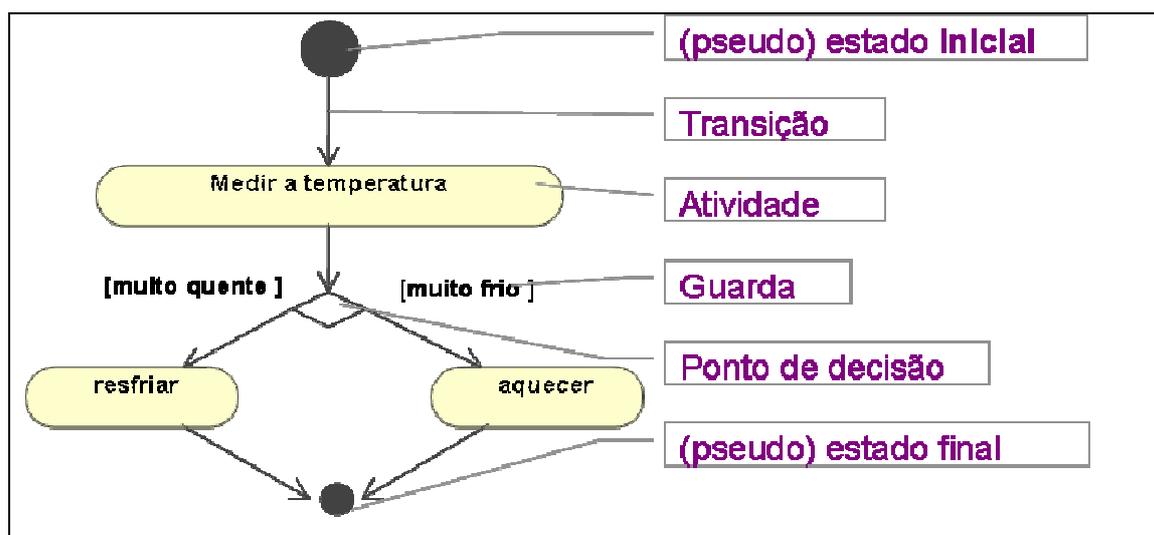


Figura 2.15 - Diagrama de Atividades (BOMMEL e GOMES, 2007)

Podemos utilizar algumas das representações gráficas construídas na modelização conceitual para servirem como “base” dos diagramas de atividades, como os diagramas de Gantt, os quais já evidenciaram a seqüência cronológica das ações no tempo, ou os diagramas de Gantt modificados que, além da cronologia, também evidenciaram algumas relações de dependência.

O diagrama de seqüência é a descrição da seqüência cronológica dos métodos definidos. Ele serve para “agendar” a realização dos métodos no decorrer do tempo

dentro de uma simulação. Os diagramas de seqüência também contêm o ordenamento da ordem cronológica de execução dos diagramas de atividades, conforme pode ser visto na Figura 2.16. Podemos ter diagramas de seqüência que interliga métodos com escalas de tempo diferentes no modelo. Por exemplo, um diagrama A que contém a seqüência dos métodos cuja repetição é mensal e um diagrama B com a seqüência dos métodos cuja repetição é anual.

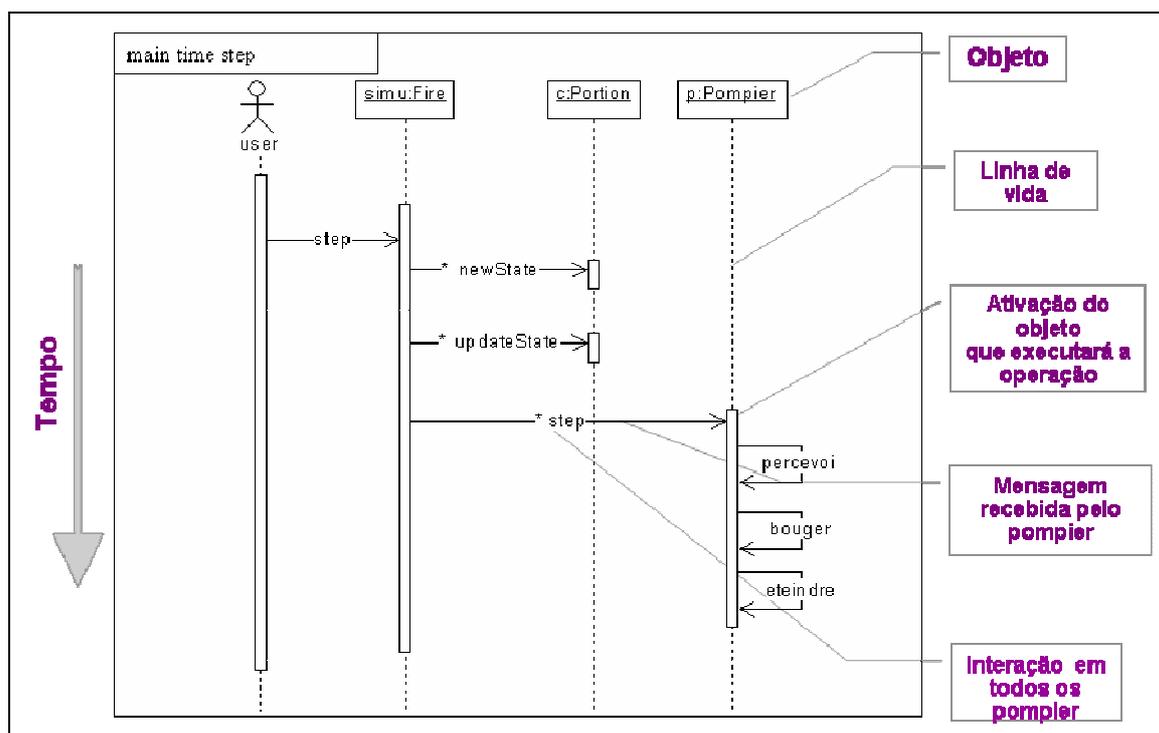


Figura 2.16 – Diagrama de Seqüência (adaptado de BOMMEL e GOMES, 2007)

Aqui também podemos utilizar algumas das representações gráficas construídas na modelização conceitual para servirem como “base” dos diagramas de seqüência. Os diagramas de Gantt podem ser, novamente, de grande utilidade por já conterem a seqüência das ações no tempo.

2.2.3 Verificação da Eficiência dos Diagramas UML

Há uma frase recorrente entre programadores quanto a uma boa “distribuição” de classes, atividades e seqüências nestes diagramas: “Um bom termo em um diagrama é a presença de cinco \pm dois componentes”. Esta proporção é interessante quando pensamos na participação dos atores envolvidos. Diagramas muito complexos serão de difícil compreensão e aqueles muito simples serão desnecessários e, talvez, até de pouca credibilidade.

Entretanto, alguns pontos ainda podem ser mais bem detalhados na conversão em UML, como: (i) a intercomunicação de agentes sociais e (ii) a definição dos agentes passivos. A possibilidade de comunicação entre agentes sociais deve ser evidenciada no UML. Alguns agentes sociais podem parecer estar “deslocados” dos demais que, geralmente, são agentes passivos. Vamos discutir aqui apenas alguns pontos relativos aos agentes passivos.

Devemos observar o modelo conceitual elaborado e verificar se existem agentes sociais que não têm nenhuma influência direta sobre os agentes espaciais, mas que influenciam outros agentes sociais que terão uma grande influência sobre um agente espacial, ou seja, os agentes sociais que influenciam somente de forma indireta os agentes espaciais. Alguns exemplos desse tipo de agente que pode ser considerado passivo em um modelo socioambiental são: mercado, associação, prefeitura, secretaria de estado etc.

Do modelo conceitual elaborado, também podemos verificar se entre os eventos (que geram as ações dos agentes) mais recorrentes, existem aqueles que são independentes, aqueles eventos que não são o resultado da ação (comportamento) de nenhum outro agente definido. Eles, talvez mereçam ser isolados, como agentes passivos, para facilitar o seu desenvolvimento e a sua observação no modelo. Alguns exemplos de eventos que podem ser considerados agentes passivos em um modelo socioambiental: clima, chuva, insolação etc.

Podemos considerar que o modelo está “convertido” para UML quando todo o modelo conceitual pode ser verificado ao observarmos o diagrama de classes junto com os diagramas de atividades e de seqüência. O modelo em UML pronto deve ser apresentado e discutido com os atores envolvidos na modelização. Para essa discussão, em casos excepcionais, alguns diagramas UML podem ser “adaptados” de forma a facilitar a compreensão dos atores locais. Essas adaptações só devem ser realizadas nos casos em que o diagrama tenha ficado muito complexo, dificultando o entendimento de sua “lógica” intrínseca. Cabe ressaltar que estas “adaptações” não podem representar alterações na lógica do modelo, mas apenas simplificações dessa lógica.

2.3 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO SMA

O modelo convertido em UML deverá, agora, ser convertido para a plataforma e a linguagem definidas. Esta operação pode ser denominada codificação do modelo. No caso do modelo de Benjamin Constant, a plataforma utilizada foi a Cormas e a linguagem associada é o Smalltalk.

As questões que envolvem a utilização da plataforma Cormas bem como a utilização da linguagem Smalltalk não serão apresentadas neste texto e devem ser objeto de estudo em textos específicos desses dois temas. Mas podemos afirmar que a conversão de UML para qualquer plataforma será mais fluida quanto mais “afinado” estiver o modelo UML.

2.3.1. Classes, Atributos e Métodos

Os agentes sociais e espaciais serão as primeiras “classes” do modelo UML a serem inseridas na plataforma do modelo informático Cormas. Podemos começar a modelização por qualquer um; sugerimos começar com as classes dos agentes espaciais (em Cormas, “entidades” espaciais), seguidas pelas dos agentes sociais (em Cormas, “entidades” sociais). Em seguida, devemos inserir as demais classes, inclusive os agentes passivos (em Cormas “entidades” passivas).

Após inserirmos todas as classes do diagrama UML na plataforma Cormas devemos inserir os seus respectivos atributos e métodos associados. Da mesma forma, sugerimos iniciar pelos atributos, inserindo-os classe por classe. Os atributos (em Cormas “*instanceVariableNames*”), ao serem inseridos em Cormas, devem ter seus acessores também definidos (dimensão dos valores), os quais gerarão automaticamente os métodos do tipo *accessing* em Cormas.

Após inserirmos todos os atributos, iniciamos a inserção dos métodos simples que estão presentes no diagrama de classes, realizando esta atividade, também, classe por classe. Os métodos podem ser inseridos nos tipos INIT, POV, CONTROL, PRIVATE e OUTROS (Figura 2.17). Os métodos podem ter variáveis locais, as quais só são utilizadas em cálculos dentro deste método específico e devem ser definidas no início do próprio método.

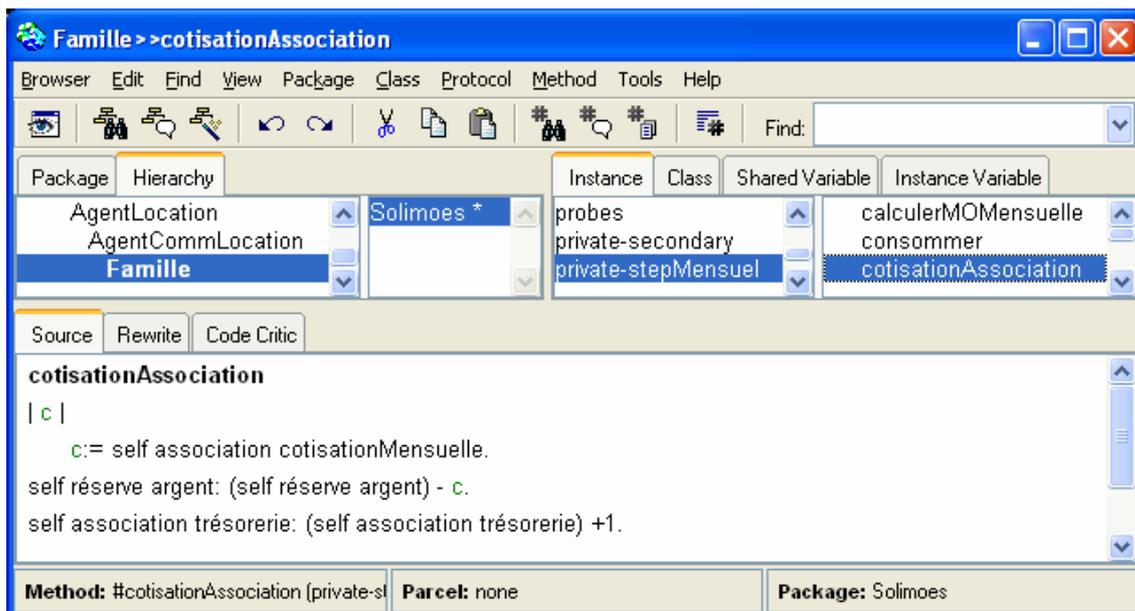


Figura 2.17 - “Inserção” de Métodos Simples

Após finalizarmos a inserção de todas as classes, atributos e métodos simples presentes no diagrama de classes, devemos iniciar a inserção dos métodos complexos, os quais geralmente estão detalhados em um dos diagramas de atividades. Devemos, então, realizar a inserção dos métodos dos diagramas de atividades, iniciando do diagrama de atividades mais simples ao mais complexo e inserindo função por função, teste por teste.

A primeira etapa de codificação estará finalizada após termos realizado a inserção de todas as informações contidas nos diagramas de classe e de atividades, ou seja: (i) todas as classes, (ii) todos os atributos e métodos associados de cada classe, (iii) todos os métodos simples entre classes, (iv) todos os métodos complexos entre classes. Deve-se, portanto, realizar uma revisão de todos os diagramas para verificar a sua efetiva e completa codificação na plataforma Cormas.

2.3.2 Ordenamento da Simulação (Schedulling)

A definição de como os cenários serão simulados é feita a partir dos respectivos diagramas de seqüência. Esta definição dos cenários é feita a partir de dois princípios: (i) o “agendamento” de métodos em um “passo de tempo” (*step*), com o ordenamento seqüencial dos métodos no tempo dentro de um mesmo período de simulação, e (ii) a repetição por “passos de tempo” (*steps*), que definirá como os métodos (as ações) se reproduzem a cada novo período de simulação.

Para simularmos o modelo no cenário inercial, é necessário somente definir um estado de inicialização de todos os atributos que precisam ser “inicializados” no modelo e o horizonte de passos de tempo que se deseja simular. A inicialização é feita ao se estabelecer o “estado inicial” do sistema, geralmente ligado a um banco de dados e/ou a uma entrada de interface para o usuário do modelo realizar a simulação. No modelo Solimões, não há interfaces para usuários e a inicialização ocorre a partir de estados predefinidos.

Para simular outros cenários, devemos definir um novo estado de inicialização. Para tanto, é necessário definir quais serão as variações específicas (de atributos e/ou métodos) necessárias à sua execução.

Para definirmos essas variações necessárias aos demais cenários, devemos rever o modelo conceitual para verificarmos quais variáveis têm um comportamento que pareça interessante observar. Geralmente, estas variáveis serão: (i) os eventos que apareceram no mecanismo interno de mais de uma ação, (ii) as preferências que apareceram em mais de um bloco de ações, (iii) os fatores mais recorrentes na escolha das estratégias. Como descrito no modelo conceitual, estes eventos, preferências e fatores terão, provavelmente, uma maior influência no comportamento do modelo.

2.3.3 Visualização do Modelo

Devemos definir os atributos para cujo comportamento seja importante ter um acompanhamento durante as simulações. Esses comportamentos poderão ser visualizados (i) durante as simulações, como um ponto de vista a ser mostrado na simulação ou (ii) após as simulações, em termos de curvas, que serão calculadas pelo modelo. A Figura 2.18 apresenta a interface usual do Cormas para (i) a inicialização dos dados de entrada da simulação e (ii) a visualização de uma variável a partir de um gráfico disponível após a simulação.

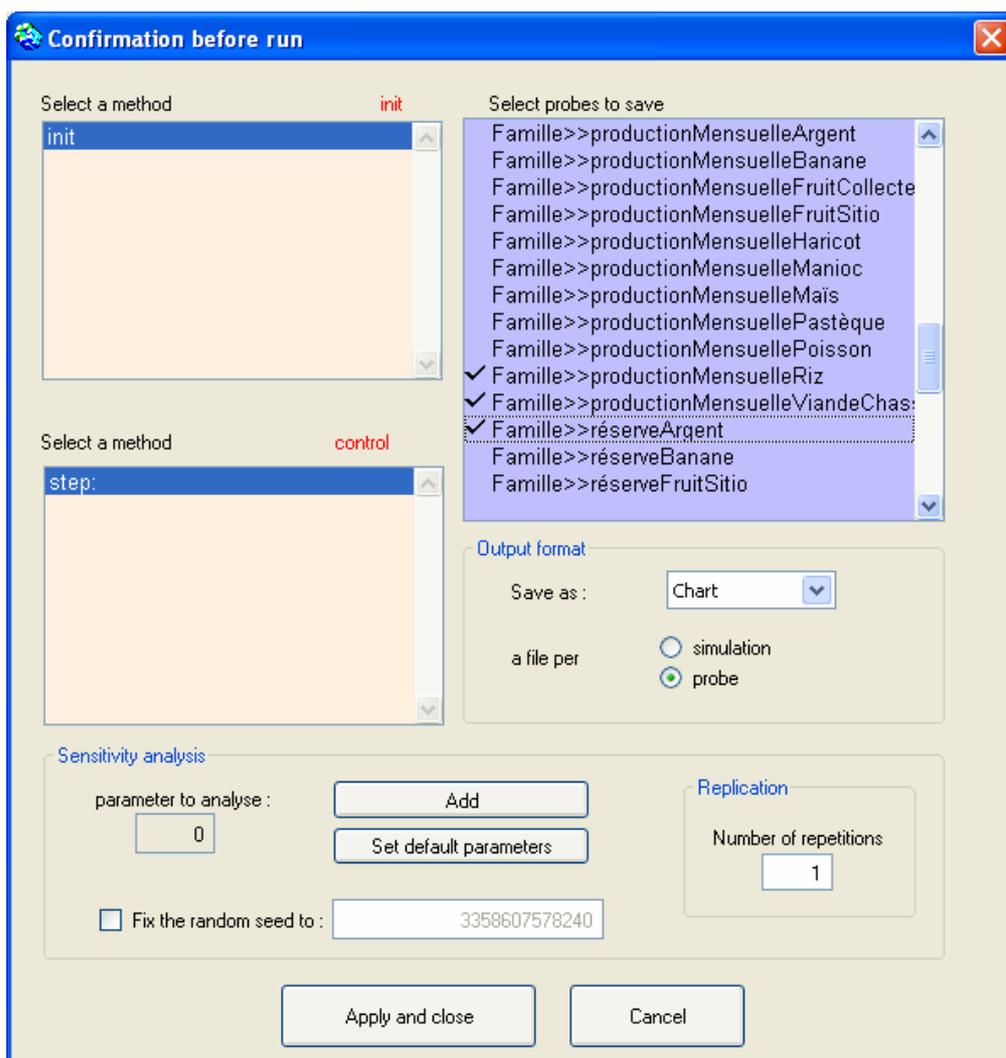


Figura 2.18 – Interface para inicialização e visualização de dados

Da mesma forma, devemos rever o modelo conceitual para definir quais são as variáveis, que não são atributos, cujo comportamento seja interessante observar; geralmente serão os mesmos eventos, preferências e fatores verificados na etapa de definição de cenários, pois são estes que terão uma maior influência no comportamento do modelo.

O modelo precisará de uma definição do espaço no qual serão feitas as simulações. A plataforma Cormas oferece a possibilidade de importar imagens oriundas de SIG, com todas as informações já espacializadas. Uma outra possibilidade é se “construir” uma grade espacial em um *software* de imagens (definindo dimensões mínimas e máximas, separações e agrupamentos, fronteiras internas e externas, propriedades de cada parcela etc.) e importá-la para o Cormas.

Vale a pena lembrar que o uso indiscriminado de SIG em abordagens participativas pode levar os atores locais a uma dificuldade em «diferenciar» o que ocorre no modelo e o que ocorre na realidade. É importante, portanto, definir quais são os papéis exercidos pelas experiências que antecedem a construção do modelo na localidade e quais saberes podem ser adquiridos acerca da transformação das paisagens. O modelizador deve então optar por utilizar uma imagem SIG, mais próxima da realidade, ou uma imagem construída, mais próxima de um diagrama, de um jogo. No modelo Solimões utilizamos como espaço de simulação uma imagem construída a partir dos mapas cognitivos desenhados pela comunidade de São João. O espaço foi elaborado, inicialmente, em *CorelDraw* e importado para Cormas como arquivo do tipo “.env”.

2.3.4 O Ajuste (Debugagem) do Modelo

Com o modelo traduzido em *Smalltalk* e codificado na plataforma Cormas, devemos procurar os erros (*bugs*) que foram se acumulando durante todo o processo de modelização (conceitual e informática). Esses erros serão responsáveis por inúmeras falhas na hora de “rodar” o modelo.

Esta etapa é muito importante e deve ser realizada com extremo cuidado para corrigir todos os “bugs” que ainda existem no modelo. Inicialmente, quando rodarmos o modelo pelas primeiras vezes, o número de erros será grande e, em alguns casos, impedirá a visualização das simulações na tela do computador. À medida que a debugagem for sendo feita, o número de erros começará a diminuir e o modelo começará a “rodar”.

Não existem metodologias padronizadas para se fazer o ajuste do modelo, e cada modelizador o faz de uma maneira específica, peculiar. O procedimento mais comum é, inicialmente, voltar aos diagramas de sequência para verificar inconsistências, para só depois verificar os código das operações (na linguagem objeto - *Smalltalk*) na plataforma.

A verificação dos *bugs* na plataforma também não segue um padrão e é feita, geralmente, de forma aleatória. Uma forma usual é qualificar como comentário todo um conjunto de operações de um método, o qual se acredita estar ‘em pane’, para verificar se a simulação roda; este procedimento é simples, basta colocar os comandos em *Smalltalk* entre aspas. Outra forma é compartimentar a simulação,

inserindo o comando “SELF HALT” em pontos que subdividam o modelo em partes nas quais se acredita haver um *bug*, e rodar o modelo de forma fragmentada (comando a comando) para verificar como cada parte do modelo se comporta após essa sua “compartimentação”. À medida que os erros vão sendo encontrados, devem ser corrigidos. Se um erro na simulação ocorre devido a um erro no modelo conceitual, o modelizador deve se lembrar também de fazer as correções nos diagramas respectivos (classe, atividades e/ou seqüência), para que os diagramas continuem a ser representações fidedignas do modelo simulado.

Depois de finalizada a fase de “debugagem” do modelo, é possível estabelecer simulações com cenários tendenciais ou inerciais. Essas simulações devem ser apresentadas aos atores locais que participaram da elaboração participativa do modelo, com o objetivo de obter a sua validação. Estas apresentações devem ser cuidadosamente planejadas para que sejam, realmente, fóruns de aprendizado coletivo. Devemos lembrar que o propósito de simulações no ComMod é possibilitar uma visão compartilhada da realidade modelizada. Portanto, o modelizador deve observar se as críticas que surgem nesta etapa são devido a incongruências (inconsistências) do modelo (conceitual ou informático) ou a divergências nos diferentes pontos de vista apresentados pelas simulações.

As dúvidas, incongruências e/ou desaprovações que emergem da apresentação do modelo devem ser discutidas, esclarecidas e, sempre que se mostrar necessário, corrigidas no modelo. O modelizador deve planejar estratégias de apresentação do modelo que o tornem acessível ao público que vai participar das simulações. Devem ser utilizados recursos (textos, figuras, diagramas etc.) que possibilitem a compreensão completa do modelo, de forma a evitar que os participantes tenham a sensação de que alguma parte do modelo é uma “caixa-preta”. O modelo deve, portanto, ser revisado, e pode, em alguns casos, ser necessária uma revisão completa desde o início do processo de modelização (modelo conceitual).

Nesta etapa de ajuste do modelo a partir de simulações tendenciais, o modelizador deve ter muito cuidado para não “desvirtuar” todo o processo participativo de elaboração do modelo. Ele deve manter em mente as premissas estabelecidas para a elaboração do modelo: por que? para que? e para quem? elaborar o modelo. Outro foco obrigatório do modelizador é tentar manter o equilíbrio entre a simplicidade e a complexidade do modelo, evitando perder transparência e consistência no modelo, respectivamente.

2.4 PROSPECTIVAS DE CENÁRIOS

Com o modelo de simulação “validado” pelos atores locais, deve se estabelecer quais serão os novos cenários a simular de forma que subsidiem a discussão dos atores envolvidos e o aprendizado coletivo de todos. Os cenários exploratórios deste estudo foram construídos com base na metodologia proposta por Wollenberg et al. (2000) de um processo participativo para a construção de cenários exploratórios em contextos de desenvolvimento local. Esta metodologia prevê onze passos para se obterem os cenários exploratórios, descritos no capítulo anterior.

A metodologia de Wollenberg et al. (2000) foi realizada em dois momentos, com duas oficinas que envolvem diferentes painéis de especialistas sobre questões da Amazônia. A oficina atingiu os seus objetivos de: (i) gerar diferentes cenários para serem explorados pelo modelo, (ii) mostrar quais eram as maiores dificuldades de compreensão do modelo, demonstrando serem necessárias adaptações nas formas de apresentá-lo ao público.

A segunda oficina foi realizada em Manaus com membros da equipe do NERUA. O trabalho foi muito mais eficiente que na primeira oficina, com a construção de cenários que ocorrem facilmente, possivelmente, por duas razões: (i) a apresentação do modelo já incorporava as modificações oriundas da primeira oficina; (ii) os participantes conheciam muito bem a área de trabalho (comunidade de São João - Benjamin Constant). Ambas as oficinas realizadas auxiliaram a equipe na definição dos cenários exploratórios a serem simulados pelo modelo.

Infelizmente, devido a restrições orçamentárias, já que o projeto BIODAM foi encerrado e não havia outros recursos para financiar um novo trabalho de campo, não foi possível retornar a Benjamin Constant para realizar as simulações com os atores locais envolvidos na elaboração do modelo. Portanto, os cenários definidos para simulações expressam aquilo que os cientistas desejavam obter com as simulações do modelo. Com os cenários exploratórios definidos, foram realizadas as simulações, as quais tiveram os seus comportamentos e resultados analisados.

3 BENJAMIN CONSTANT, RIOS E FRONTEIRAS

Este capítulo é reservado à caracterização da região de Benjamin Constant e foi dividido em quatro temas principais: (i) uma descrição da Amazônia, que passa pelo histórico de sua ocupação e pelas suas constantes mudanças no uso e cobertura do solo, como o desmatamento; (ii) uma descrição da Amazônia dos Rios, que passa pela várzea amazônica, especialmente na região do alto Solimões; (iii) uma descrição da organização social das comunidades de várzea desta Amazônia e (iv) uma descrição de Benjamin Constant. O fluxo de leitura destes quatro temas como aparece neste capítulo não é obrigatório, mas é aconselhável já que há uma perspectiva de “focalização” do conhecimento.

3.1 A AMAZÔNIA

As florestas tropicais úmidas estão localizadas em ambos os lados do equador, numa latitude de cerca de 23,5°. Em torno de 61% da floresta está na América Latina; 23% na Ásia e 16% na África (ALLEM e BARNES, 1985). Estes ecossistemas perfazem/atingem, aproximadamente, 40% do estoque terrestre de biomassa vegetal (SERRÃO et al., 1996). Trinta e três países possuem florestas tropicais, mas aqueles de maior extensão, com uma maior riqueza em biodiversidade (Megadiversidade), são o Brasil, o Zaire e a Indonésia (SERRÃO et al, 1996).

As florestas tropicais constituem um bioma ecológico de extrema importância para os ciclos de carbono, os padrões climáticos e a biodiversidade.

A Amazônia sul-americana corresponde a 1/20 da superfície terrestre e a dois quintos da América do Sul; contém um quinto da disponibilidade mundial de água doce (17%) e um terço das florestas mundiais latifoliadas, mas somente 3,5 milésimos da população planetária (BECKER, 2006).

A floresta amazônica interfere de maneira importante nos ciclos da água e do carbono no plano local. Mais da metade das chuvas que caem sobre a floresta são provocadas pela evapotranspiração de sua biomassa vegetal. Seu desaparecimento induziria climas regionais mais áridos, podendo acarretar uma diminuição de até 50% do nível médio de pluviometria (LÉVÊQUE, 1997)

O desmatamento faz desaparecer uma cobertura vegetal que desempenha um papel fundamental na regulação do ciclo hidrológico. Com a ausência dessa cobertura, o solo passa a receber 100% dos raios solares, contra os 5% que recebia anteriormente, o que altera radicalmente as condições de vida microbiana. Estudos indicam que, em alguns casos, a erosão pode passar de 1,4 kg de terra por hectare a 31 toneladas/ha. O desmatamento provoca a destruição de inúmeros *habitats*, provocando também uma enorme perda da biodiversidade do planeta (LÉVÊQUE, 1997).

Portanto, não é surpresa que o desmatamento tropical esteja envolvido em quase todos os processos globais de mudanças ambientais. A ação combinada de processos globais, nacionais e regionais, com políticas contraditórias – das vertentes preservacionistas e conservacionistas – alteram o povoamento da região, expressando-se territorialmente no embate entre três grandes padrões de uso da terra: (i) a reprodução do ciclo de exploração da madeira/expansão da pecuária/desmatamento; (ii) as experiências sustentáveis do extrativismo florestal e pesqueiro tradicional melhorados e (iii) a agropecuária capitalizada. Segundo Becker (2006), a fase atual do povoamento da Amazônia constitui uma incógnita, alterou-se o significado da Amazônia, com uma valorização ecológica de dupla face: a da sobrevivência humana e a do capital natural, sobretudo a megadiversidade e a água.

No caso da Amazônia brasileira, um componente expressivo da atual taxa de conversão pode ser atribuído a uma intrusão excessiva do mercado de agricultura e pecuária extensiva no uso da terra florestal, o qual tem sido associado com ações governamentais tais como (SERRÃO et al., 1996): (i) provisão de subsídios e infraestrutura; (ii) falências contratuais entre fazendeiros e proprietários de recursos, inclusive estados e (iii) uso de tecnologias e sistemas rurais inapropriados. Outro estudo classifica as causas do desmatamento em: (i) construção de estradas e assentamentos rurais organizados pelo estado; (ii) incentivos fiscais e créditos com baixas taxas para investimento para agricultura em larga escala para esquemas de pecuária e (iii) grandes projetos de desenvolvimento na Amazônia – como Carajás, Tucuruí etc. (UNRISD, 2000).

Pode se afirmar que os processos responsáveis pelo desmatamento são basicamente os mesmos para toda a Amazônia legal. Entretanto, existem variações regionais causadas por fatores locais referentes ao meio ambiente, padrões históricos e culturais, e também aos diferentes níveis de organização social.

Chomitz e Thomas (2000) avaliaram o potencial agrícola e florestal da Amazônia brasileira, em uma compilação dos dados do Projeto Radam Brasil. O estudo revela que é

importante considerar as diferenças agronômicas (solos, precipitação, drenagem etc.) existentes na região para se planejar o desenvolvimento rural. O estudo divide a Amazônia em 3 grandes regiões pluviométricas: (i) Amazônia Relativamente Seca, com precipitação inferior a 1.800 mm/ano, com 17% do território da região e condições favoráveis à agricultura; (ii) Amazônia de Transição, com precipitação entre 1.800 e 2.200mm/ano, com 38% do território e condições favoráveis à pecuária, desde que associada a tecnologias avançadas e (iii) Amazônia Úmida, com precipitação acima de 2.200mm/ano, com 45% do território e solos pobres, com drenagem insuficiente para a atividade agropecuária.

A Amazônia brasileira representa 60% da superfície do Brasil, mas seu PIB não passa de 5% do PIB nacional; ela reúne apenas 10% da população urbana e 12% da população total do país e um pouco mais -14% - dos migrantes recentes, das estradas, do número de municípios. A idéia de que existem “terras sem homens” à espera de ser ocupadas na Amazônia é um mito. A colonização por pequenos produtores está concentrada em certas partes da região, com formas de organização que variam de um lugar para outro (RIVAS, 2002).

Os programas de colonização e reforma agrária do Governo Federal ocuparam 25,5 milhões de hectares na Amazônia Legal (88,5% de toda a área destinada ao programa no país) para alocar 272,2 mil famílias. Se forem acrescentados os programas estaduais de colonização e assentamento, chega-se a 31 milhões de hectares e 394,2 mil famílias em 30 anos, o que configura um programa de transferência de população empobrecida das demais regiões do país para a Amazônia em longo prazo. A colonização privada, estimulada pelo governo durante muito tempo, talvez eleve esse número ao dobro (SOARES, 2001).

Em razão das diferentes políticas de ocupação, a população humana na região cresceu de 4 milhões para 10 milhões entre 1970 e 1991, e chega ao patamar de 20 milhões atualmente. O rebanho bovino cresceu de 1,7 milhão de cabeças em 1970 para 17 milhões em 1995. Nesse período, a produção de minérios (ferro, ouro e bauxita) na região rendeu cerca de US\$ 13 bilhões. O PIB da região subiu de US\$ 1 bilhão em 1970 para US\$ 25 bilhões em 1996, e passou a 3,2% do PIB nacional (IBGE, 2001).

Nos últimos anos, novas tendências se delineiam no sentido de viabilizar a realização do capital natural por meio de um processo crescente de mercantilização da natureza. Hoje, o significado de mercadoria vem se alterando, novas mercadorias fictícias estão sendo criadas - como é o caso do ar, da vida e da água - gerando mercados reais que buscam ser institucionalizados (BECKER, 2006). Pelo menos quatro níveis de aproveitamento da

biodiversidade podem ser identificados: o extrativismo e a pesca, a agregação de valor mediante beneficiamento local, a industrialização para a produção de extratos e cosméticos e a tecnologia de ponta para produção de fármacos.

A proteção da floresta amazônica a médio e longo prazos requer, portanto, um incremento do valor da floresta em pé, um aumento dos custos associados com práticas não sustentáveis de exploração madeireira e um aumento dos incentivos e da lucratividade do manejo sustentável de florestas, cuja definição ainda não obteve consenso.

A Amazônia Legal se limita com sete países da América do Sul, e se constitui no mais extenso segmento fronteiro do Brasil, representando cerca de 70% do total da área de fronteira terrestre brasileira. Essa dimensão constitui um dos aspectos que responde pela sua importância estratégica, que é também ditada pela própria posição da Amazônia em relação ao restante do país e ao exterior (BECKER, 2006).

A região fronteira do Brasil com a Colômbia e o Peru caracteriza-se pela baixa densidade demográfica, com uma população que se concentra nas duas maiores cidades gêmeas da região: Letícia (Colômbia) e Tabatinga (AM), seguidas de Benjamin Constant (AM), onde ocorre o livre trânsito de pessoas e de bens. Localizadas em fronteiras tripartites, são três cidades gêmeas, que formam um conjunto urbano de grande expressão no conjunto das fronteiras norte, na medida em que para elas convergem redes técnicas e redes de relações legais e ilegais.

A presença de numerosas terras e comunidades indígenas entre os rios Solimões, Içá e Japurá, em ambos os lados da fronteira, por vezes pertencentes à mesma etnia separada por limites oficiais, é outra característica marcante dessa fronteira (BECKER, 2006). Como é uma região remota, muito afastada dos grandes centros urbanos do país, sua integração e exploração ocorre em razão dos grandes rios que a atravessam. Entretanto, há uma grande fragilidade dessa fronteira, onde não há controle praticamente algum, e o rio é facilmente transposto por voadeiras.

3.1.1 Histórico da Ocupação da Amazônia

A dinâmica da ocupação da Amazônia Brasileira pode ser descrita pelos ciclos econômicos sucessivos que ocorreram na região. Quatro grandes ciclos econômicos podem ser verificados: (i) houve, primeiro, o ciclo da borracha, entre os séculos 19 e 20; (ii) o ciclo

do ouro a partir da década de 1950; (iii) o ciclo da madeira, a partir da década de 1980; e (iv) o ciclo da pecuária, a partir da década de 1960.

Da chegada dos primeiros colonos europeus até os anos 60, o eixo principal de penetração foi o Rio Amazonas e seus afluentes, sempre percorridos da foz para a montante. No início do século XX a ocupação das áreas de várzea e de terra firme era ligada à presença de seringais. Do mesmo modo que os cortadores de seringa, os moradores da várzea, mesmo sem estar diretamente vinculados ao corte da seringa, desenvolviam a agricultura e a pesca, e também dependiam dos patrões da borracha para vender a produção. Assim, o declínio da exploração do látex afetou não apenas os que viviam do corte da seringa, mas também os pequenos produtores que viviam da comercialização da farinha e do tabaco (ALENCAR, 2003).

Embora alguns historiadores e economistas enfatizem a extração do látex como a atividade econômica dominante ou exclusiva num período de 50 anos, outras atividades econômicas também eram desenvolvidas de forma paralela ou em momentos distintos daqueles em que ocorria a extração do látex. A extração do látex acontecia apenas durante alguns meses do ano, três a quatro meses, nos outros meses os cortadores de seringa estavam envolvidos com a exploração de outros recursos naturais. No auge da extração da borracha, há registros de uma produção pesqueira significativa, com a utilização do sal para conservar o pescado, que estava centrada na captura do pirarucu e do peixe-boi. Havia também a produção de manteiga de tartaruga (BATES, 1979; apud ALENCAR, 2003), uma grande produção de tabaco (BENCHIMOL, 1966; apud ALENCAR, 2003), também consumida pelos cortadores de seringa, e o cultivo de cana-de-açúcar para a fabricação de aguardente. Portanto, paralelamente à atividade extrativista da borracha havia uma produção econômica centrada no cultivo de roças de mandioca, no cultivo do tabaco, da cana-de-açúcar, do arroz etc. (ALENCAR, 2003)

Após a segunda década do século XX, as mudanças econômicas ocorridas refletiram-se sobre a dinâmica populacional. O ciclo do ouro se inicia a partir da década de 1950, e ocorre de forma intermitente, a cada descoberta de um novo sítio. Nos anos 60, o eixo principal passou a ser uma direção sul-norte, ao longo da rodovia Brasília-Belém. Nos anos 70, o fluxo principal ia do leste para o oeste, ou do sudeste para o noroeste, ao longo das novas rodovias, BR-364 e Transamazônica (BECKER, 2006).

Vale lembrar que, na década de 1960, o país tinha um projeto nacional e regional para a região, com o objetivo de ocupar a região a qualquer custo. Este projeto

integracionista tinha como justificativa a percepção de que a região permaneceria estrategicamente vulnerável se permanecesse vazia e subutilizada economicamente (alguns autores a denominavam de “inferno verde” e de “vazio demográfico”). A estratégia governamental para a região estava baseada na construção de rodovias e nos assentamentos humanos ao redor dessas rodovias (Belém-Brasília, Transamazônica), no chamado Plano para a Integração Nacional – PIN. Um dos objetivos principais dos programas de desenvolvimento da Amazônia lançados em 1967 era atrair empreendimentos privados para a região (UNRISD, 2000).

A Operação Amazônia foi estabelecida em 1966 e desencadeou um amplo plano geopolítico e econômico para a região. Isso resultou na redução dos incentivos para os que trabalhavam com extrativismo para o desenvolvimento de atividades tradicionais (borracha, castanha etc), e causou a desestruturação dos sistemas extrativistas nativos. Como consequência, houve uma redução acentuada no valor da terra, o que atraiu e estimulou a ação de especuladores que compravam as áreas de extrativismo como forma de investimento.

Muitos cortadores de seringa tiveram que buscar outras fontes de renda, passando a explorar diferentes recursos naturais, de modo a ter sempre uma alternativa de renda. Assim, ao longo do ano eles mantinham uma produção diversificada que ia da pesca de pirarucu à caça de animais, cuja pele era valorizada no comércio exterior. Nesse momento, houve acentuada migração de grupos familiares, entre os seringais, em busca de melhores oportunidade de trabalho, deslocando-se dos seringais situados na terra firme para as margens dos rios principais. Famílias que residiam em povoados situados às margens dos igarapés, na parte central da terra firme e viviam do corte da seringa, migraram para as margens dos rios principais e dedicaram-se à pesca e ao cultivo de roças na várzea. Essa é a origem de alguns povoados de várzea, como Curupaity e Boa Esperança, no município de São Paulo de Olivença (ALENCAR, 2003, 2004)

Na primeira fase da pecuária (1960-1978), ela foi considerada a melhor opção para substituir o extrativismo como atividade econômica pelos seguintes fatores: (i) o conhecimento empírico do baixo potencial do solo para garantir a produção agrícola sustentável; (ii) baixa densidade populacional; (iii) falta de infra-estrutura de transporte e comercialização; (iv) mercado consumidor incipiente e (v) alta demanda de carne, tanto regional como nacional e internacional. O gado também é um produto de fácil comercialização em condições de fronteira e requer pouca mão-de-obra especializada.

Entre 1974 e 1979, a SUDAM (Superintendência para o Desenvolvimento da Amazônia) subsidiou um considerável número de operações em agricultura e pecuária. Como consequência, a taxa de desmatamento no Brasil cresceu de 8.000 km² a 10.000 km² anuais, nos anos 70, para 35.000 km² anuais nos anos 80 (FEARNSIDE, apud SERRÃO et al., 1996). A estratégia era ocupar rapidamente a região, com o suporte estatal e incentivos para investidores e colonos - assentamentos (UNRISD, 2000).

Entretanto, no final da década de 1970, a estratégia governamental para a ocupação do território da Amazônia mudou, deixando de encorajar o assentamento de agricultores de pequena escala (pequenas propriedades e produção) para estimular o crescimento de pólos orientados para a exportação, baseados na mineração e em esquemas de grandes fazendas de pecuária extensiva.

Para algumas famílias do alto Solimões, a extração da seringa durou até a década de 1970, quando teve início o ciclo de extração madeireira, que alcançou seu pico no final dos anos 80. Na região do alto Solimões, o ciclo da madeira ainda é muito ativo hoje e está ligado ao avanço de diferentes frentes pioneiras. O declínio da produção madeireira coincide com a demarcação das terras indígenas, com a nova legislação ambiental sobre o corte da madeira e com a fiscalização do Ibama. Municípios como Benjamin Constant, Atalaia do Norte e São Paulo de Olivença sofreram um grande impacto com as mudanças na economia. Com o fim do ciclo de extração madeireira, as atividades econômicas voltaram-se para a pesca do peixe liso, controlada por patrões, principalmente os que estavam diretamente vinculados ao capital de empresas pesqueiras colombianas. (ALENCAR, 2003)

Na segunda fase da pecuária (1979-1987), houve uma expansão das áreas de pastagens degradadas, mas houve uma introdução de novas tecnologias (capins e manejo) que reduziram os impactos nessas áreas. Nessa época, por falta de uma política amazônica bem definida, diversas direções de propagação misturam-se (sul-norte, oeste-leste, leste-oeste). Os principais núcleos de expansão do desmatamento se estabeleceram nas fronteiras agrícolas do leste paraense e ao longo do eixo rodoviário da BR-364, nos estados de Rondônia e Mato Grosso (BECKER, 2006).

A pesca se tornou a principal atividade econômica de muitas famílias da várzea nos anos 80 e ocorria de forma intensa ao longo da calha do rio Solimões. A produtividade era grande no período de safra de algumas espécies, como os bagres, mas a utilização de técnica de arrasto por barcos itinerantes, o aumento do número de pescadores e o consequente aumento na captura diminuíram significativamente o recurso, que antes era

facilmente capturado pelos moradores das comunidades, em áreas próximas de suas casas. (ALENCAR, 2003).

A partir de 1987, as rodovias passaram por um processo de forte deterioração em suas condições de tráfego, e os créditos para projetos tornaram-se escassos, inibindo o dinamismo econômico regional. Na terceira fase da pecuária (a partir de 1989), houve uma tentativa de atuação mais marcante do Governo Federal para minimizar o desmatamento na região, com poucos resultados efetivos. Uma grande área de floresta original já estava desmatada, aproximadamente 7 vezes a dimensão da Costa Rica. A Amazônia Brasileira já continha, aproximadamente, 10 milhões de hectares de pastos, ou seja, quase a metade de todos os pastos da América Latina (SERRÃO et al., 1996).

Com a colonização agrícola, teve início o ciclo das culturas perenes: cacau, pimenta, café e frutas no Brasil, banana da terra e papaia no Peru, *naranja* e cana-de-açúcar no Equador. A partir dos anos 90, o interesse pelas culturas perenes foi afetado pelas importantes variações de seus cursos mundiais. Além disto, todas sofreram limitações fitossanitárias devastadoras que se somaram aos baixos cursos dos produtos, o que desencorajou os produtores na implantação de soluções eficazes: vassoura de bruxa do cacau, fusariose da pimenta, *salicença* da cana-de-açúcar, etc. Todavia, elas se mantiveram e sempre constituíram um dos pilares da atividade agrícola, em particular para a agricultura familiar.

A partir de 1995, com a estabilização da economia brasileira, as taxas de desmatamento voltaram a crescer nas regiões onde as condições de infra-estrutura de transporte e energia eram mais favoráveis. O perfil do desmatamento é modificado significativamente e o estado volta a interferir no processo de degradação da floresta tropical, principalmente nos estados do Mato Grosso, Tocantins e Pará (BRASIL, 2002). As políticas públicas aliadas à iniciativa própria de investidores agropecuários (devido à estabilidade da economia) têm pressionado as taxas de desmatamento até hoje. É praticamente consensual que o desmatamento na maior parte das regiões da Amazônia está baseado nas políticas governamentais para o desenvolvimento regional (ARIMA, 2001; PFAFF, 1999; FEARNSSIDE, 1990).

Atualmente, a pecuária já utiliza nas pastagens as tecnologias desenvolvidas e recomendadas pelas pesquisas da Embrapa, como os capins desenvolvidos e os consórcios com leguminosas, associadas a outras como a inseminação artificial, o cruzamento industrial, o manejo sanitário, reprodutivo e nutricional adequado, além do uso de energia

solar e cercas elétricas, o que vem permitindo uma intensificação da pecuária. Entretanto, os avanços em tecnologia ocorridos não foram concomitantes em relação à recuperação das áreas degradadas, de reserva legal e de preservação permanentes. Há um processo simultâneo de degradação e recuperação de pastagens aliado, ainda, a taxas expressivas de desmatamento para abertura de novas áreas de pasto (INPE, 1999).

Finalmente se retoma hoje uma tendência a um movimento sul-norte, ao longo do eixo Araguaia-Tocantins, da BR-163 e dos eixos Manaus-Venezuela e Amapá-Guiana. As mudanças ocorridas na Amazônia referem-se a todas as dimensões da vida regional. A Amazônia não é mais a mesma dos anos 60. Em três décadas, a Amazônia experimentou mais transformações em seu ambiente do que nos quatro séculos precedentes. Entre as transformações que ocorreram, destacam-se (BECKER, 2006):

- a) a conectividade, que permitiu à região comunicar-se internamente, com o resto do país e com o exterior, rompendo com sua condição de grande “ilha” voltada para o exterior;
- b) a estrutura da economia, que se transformou com a industrialização; hoje, a região ocupa o segundo lugar no país na exploração mineral e o terceiro lugar na produção de bens de consumo duráveis;
- c) a urbanização, que alterou de tal modo a estrutura do povoamento que a Amazônia é hoje uma floresta urbanizada, com 69,07% dos seus 20 milhões de habitantes vivendo em núcleos urbanos, com importante papel na dinâmica regional;
- d) a mudança na estrutura da sociedade regional – que envolve diversificação social, conscientização e aprendizado político – que foi a mais importante transformação ocorrida, expressa na organização da sociedade civil e no despertar da região para as conquistas da cidadania;
- e) a implantação de uma malha socioambiental que representa uma nova forma de apropriação do território por grupos sociais, áreas protegidas e experimentos conservacionistas.

3.1.2 A Mudança no Uso e Cobertura do Solo e o Desmatamento

De acordo com Turner et al. (1994), a cobertura do solo compreende a caracterização do estado físico, químico e biológico da superfície terrestre (floresta, gramínea, água, área construída). O uso do solo, por sua vez, refere-se aos propósitos humanos associados àquela cobertura (pecuária, recreação, conservação, moradia, indústria etc.).

Da mesma forma que uma classe de cobertura pode suportar usos diversos, um único sistema de uso pode incluir várias coberturas. No entanto, ainda que as mudanças no uso

do solo acarretam, via de regra, mudanças na cobertura do solo, nem sempre a recíproca é verdadeira. Em outras palavras, podem ocorrer modificações na cobertura, sem que isso signifique alterações no seu uso (DAMIÃO, 2007).

As preocupações com eventuais impactos ambientais e socioeconômicos das mudanças de uso e cobertura do solo têm gerado inúmeras iniciativas no intuito de: (i) entender os processos envolvidos; (ii) diagnosticar regiões de maior incidência de mudanças, a fim de antecipar áreas de risco e (iii) analisar os impactos de tais mudanças, com vistas à proposição de ações pertinentes.

Na Amazônia, as principais mudanças no uso e cobertura do solo (MUCS) ocorrem na seqüência de um processo de desmatamento. Apesar do detalhamento das informações provenientes do sensoriamento remoto, a tentativa de explicar o fenômeno do desmatamento da Amazônia não tem sido satisfatória, mesmo quando somados os dados secundários disponíveis sobre a expansão agropecuária, migração, crédito rural e produção agrícola e madeireira.

Segundo Pasquis (1999), ainda não existem trabalhos sistemáticos sobre as eventuais correlações entre o desmatamento e suas causas mais diretas. Pode-se dizer que ele ocorre devido a uma combinação de fatores, entretanto é difícil crer que, no decorrer de um ano, essa combinação seja de tal maneira homogênea que ela possa se curvar de maneira significativa à taxa de desmatamento, ou que um dos fatores predomine, de modo a desordenar a tendência.

Atualmente, é consensual a idéia de que o desmatamento deve ser tratado por sub-região e não como um fenômeno homogêneo sobre um espaço tão grande e heterogêneo como a Amazônia. As causas e as dinâmicas do desmatamento são diferentes em cada estado e em cada área no interior desses estados. Cada estado tem sua política particular, suas atividades produtivas dominantes e suas vantagens comparativas.

Cabe ressaltar que as taxas de desmatamento na Amazônia resultam de um processo histórico de ocupação da região. Para se ter uma boa noção do incremento nessas taxas, vale lembrar que: (i) em cem anos (1870-1970) de economia extrativista, houve apenas 2,5% de desmatamento; (ii) em apenas dez anos de economia agropecuária (1977-1988), houve 5,5% de desmatamento.

Quanto às dimensões dos desmatamentos ocorridos entre 98 e 99, eles se concentraram na faixa até 100 ha (54%), seguidos de desmatamentos entre 100 e 500 ha (26%) e com uma menor incidência nos de mais de 500 ha. Em comparação com os períodos anteriores pode-se concluir que houve um crescimento nos desmatamentos de menor extensão e uma diminuição em todos os demais (SOARES, 2001).

Segundo Brasil (2002), os processos de desmatamento raso na região amazônica podem ser caracterizados por três diferentes tipos:

- a) **Desmatamento ao longo dos eixos rodoviários:** o mais comum na região, onde o desmatamento se estabelece em um processo de transformação das áreas de florestas nativas nas bordas de rodovias e suas vicinais.
- b) **Desmatamento radial polarizado:** a frente de transformação das áreas de florestas evolui radialmente a partir de um pólo local, que pode ser uma cidade, uma sede de projeto ou um porto.
- c) **Desmatamento pulverizado:** a estrutura de transporte é precária, porém o desmatamento de áreas relativamente isoladas é induzido por uma política local, como, por exemplo, na implantação de aglomerados de assentamentos de reforma agrária.

Para Achard et al. (1998), as principais razões para o desmatamento na América do Sul são o resultado do crescimento econômico e migrações. Estas últimas são provocadas por condições que não permitem à população manter-se na sua área de origem, como: (i) distância dos mercados; (ii) falta de emprego; (iii) pouca quantidade de terras cultiváveis; (iv) riscos climáticos; (v) insegurança civil e (vi) falta de oportunidades para a produção de culturas de renda.

O setor madeireiro instalou-se inicialmente na região amazônica de forma ilegal e, apesar de ser possível a exploração legal, a retirada ilegal de madeiras ainda ocorre até hoje na maioria da região. Essa exploração está acoplada a um círculo vicioso de explorar os recursos madeireiros em parceria com o setor agropecuário. Os colonos chegam depois das empresas florestais, aproveitando os eixos de penetração que elas organizaram para retirar as madeiras (SCHNEIDER et al., 2000).

Nepstad et al. (2000) estimam que a extração anual de madeira na região gira em torno de 15.000 km² de floresta, com uma produção de toras em torno de 28 milhões de metros cúbicos. O índice de ilegalidade na produção de madeira é enorme, conforme estudos de Hummel (apud SOARES, 2001); a composição da oferta de madeira na safra

1996/1997 na região foi de: (i) 7% de planos de manejo florestal; (ii) 25% de desmatamentos autorizados e (iii) 68% de desmatamentos não autorizados ou de extração seletiva ilegal.

Os principais fatores que contribuem para uma exploração predatória da madeira são: (i) acesso fácil e não regulado às áreas florestais; (ii) oferta de madeiras em toras oriundas de áreas de roçado; (iii) desconhecimento de técnicas de manejo florestal; (iv) escassez de políticas públicas de incentivo à adoção do manejo florestal e (v) ineficiência do sistema de controle e monitoramento florestal.

Apesar de a expansão da atividade de pecuária bovina ser a principal finalidade do desmatamento no Brasil, ainda não se sabe quais são as reais causas da expansão dessa atividade na Amazônia, muito menos as do desmatamento. Vários estudos mostram que um grande número de variáveis agroecológicas e socioeconômicas influencia esses processos (PIKETTY, 2001; MARGULIS, 2003).

Angelsen e Kaimowitz (1999) resumiram as causas imediatas do desmatamento encontradas em seu estudo que revisou mais de 140 artigos científicos sobre desmatamento. Estas causas estão resumidas no Quadro 3.01.

Variável	Efeitos no desmatamento por tipo de modelo		Comentários
	Analítico	Simulação e Empírico	
\$ dos produtos agrícolas	Aumenta	Aumenta	Modelos microeconômicos prevêem aumento, apesar de haverem fortes efeitos dos insumos
\$ dos insumos agrícolas	Indeterminado	Reduz	O aumento do preço dos fertilizantes pode induzir mais sistemas de uso extensivo da terra
Empregos fora das fazendas	Reduz	Reduz	Entre os mais significativos resultados
Disponibilidade de crédito	Indeterminado	Aumenta	Depende de como os investimentos são direcionados ao desmatamento
Progresso tecnológico nas fazendas	Indeterminado	Poucas evidências	Similar ao aumento de preços; novas tecnologias de trabalho intensivas podem reduzir o desmatamento se o fornecimento de mão-de-obra for inelástico
Acessibilidade a estradas	Aumenta	Aumenta	Entre os resultados mais significativos, contudo as estradas são parcialmente endógenas
Regime de propriedade	Aumenta	Poucas evidências	Necessidade de uma rentabilidade futura da terra dá aos fazendeiros incentivos ao desmatamento
Segurança	Indeterminado	Aumenta	Evidência dos empíricos é fraca
\$ das madeiras	Indeterminado	Aumenta	Evidência dos empíricos é fraca

Quadro 3.01 – Principais causas imediatas do desmatamento (adaptado de ANGELSEN e KAIMOWITZ, 1999)

Segundo Salati e Nobre (1991), a dinâmica expansiva nos países menos desenvolvidos não envolve processos inovadores nem a agregação crescente de novos conhecimentos. A essência de seus sistemas produtivos centra-se, fortemente, em: (i) atividades de apropriação destrutiva da própria natureza, (ii) baixa remuneração do trabalho e (iii) formas tecnicamente incipientes e de baixa produtividade econômica. Desta forma, não é possível que se gere qualquer excedente econômico para aplicações em recomposição dos recursos naturais utilizados.

De uma maneira geral, o recuo da floresta amazônica é provocado pela colonização do espaço vazio e pela expansão da fronteira agrícola, onde aproximadamente 84% das perdas de floresta tropical seriam destinadas à agricultura. O adensamento de estradas no leste do Pará, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso e Rondônia compõem, na escala macrorregional, um conjunto que apresenta uma distribuição espacial em forma de arco, um grande *arco de povoamento* que acompanha a borda da floresta, beirando o maciço amazônico, justamente onde se implantaram as estradas e onde avança o desmatamento (BECKER, 2006).

Por ter sido a grande área de expansão da fronteira, onde se abrem novos espaços devido à reprodução do ciclo de expansão da pecuária / exploração da madeira / desmatamento / queimada, este grande arco povoado passou a ser denominado “Arco de Fogo”, ou “do Desmatamento”, ou “de Terras Degradadas”. Hoje, é ainda no contato deste arco com a floresta que se concentra o desmatamento na Amazônia (BECKER, 2006). Essa região está intimamente ligada às novas frentes pioneiras implantadas em todo o perímetro amazônico. Cada frente pode ser definida como a fase inicial de construção de um novo território por uma sociedade pioneira que ordena seu espaço no lugar de um ecossistema natural.

Uma constatação em todas as frentes pioneiras é que a grande maioria dos atores considera que a floresta é um capital facilmente mobilizável pela sua madeira e constitui uma reserva de fertilidade explorável em qualquer momento (VEIGA e TOURRAND, 2001). Assim, esses atores consideram que é quase sempre mais rentável cultivar em uma parcela florestal após queimar e derrubar do que produzir em uma terra já desmatada. As práticas pioneiras resultam de estratégias que favorecem os processos de acúmulo, ou seja, a extensificação ao invés da intensificação da produção. Uma realidade é incontestável: qualquer que seja o local no perímetro amazônico e ao longo dos eixos de penetração, existe uma frente pioneira que avança na floresta e uma região que se constrói.

Cabe ressaltar que essa vasta área não é mais uma fronteira de ocupação, mas, sim, uma área de *povoamento consolidado*, com significativo potencial de desenvolvimento, seja pela intensificação do povoamento e das atividades produtivas, seja pela recuperação das áreas alteradas e/ou abandonadas. Portanto, a designação “Arco de Fogo”, ou “Arco do Desmatamento”, ou “Arco de Terras Degradadas” é ultrapassada ou constitui uma maneira reducionista de captar a realidade do uso da terra na região amazônica, pois é justo nesse arco que ocorrem as dinâmicas mais inovadoras. Essa denominação parece estar fortemente ancorada na interpretação da imagem de satélite captada à distância, sem o embasamento necessário e imprescindível dos processos históricos que moldaram as formas de ocupação e uso do território amazônico ao longo do tempo (BECKER, 2006).

Quando dois agentes diferentes agem em uma paisagem em dois pontos distintos no tempo, o desmatamento resulta de uma seqüência de comportamentos conectados logicamente e não das ações individuais realizadas por um agente específico. Na escala regional, houve uma evolução progressiva das frentes pioneiras rumo a um mosaico de paisagens em que os ecossistemas naturais ocupam cada vez menos espaço. O ritmo anual de conversão da Amazônia brasileira de 0,5% faz deste processo um desafio ecológico internacional (TOURRAND et al., 1999).

A maioria dos modelos sérios que tenta explicar o desmatamento na Amazônia inclui (i) uma separação estrutural entre considerações urbanas e rurais, (ii) um equilíbrio parcial da representação espacial, (iii) uma representação incompleta dos agentes de mudança da cobertura do solo, incluindo os seus comportamentos e as suas interações.

Equipar os modelos antigos com agentes e interações heterogêneos, além de comportamentos que não visam a maximização do lucro, apresenta desafios óbvios. Talvez o maior desses desafios esteja em incorporar os comportamentos de agentes que não estão de acordo com as noções padronizadas de lucro e maximização da utilidade, como os sistemas de produção das populações tradicionais. Os esforços para adaptar os modelos analíticos podem não produzir grandes teorias, entretanto, podem ajudar na busca em compreender o desmatamento das florestas tropicais.

É óbvio que a acessibilidade influencia o uso do solo e, por suas implicações, a cobertura deste solo, seja ela uma vegetação natural ou um artefato completamente antrópico. Esses usos e coberturas demonstram uma organização espacial que é inteligível e capaz de ser teorizada. Para analisar o quadro existente em termos do desmatamento seria necessário representar as conexões críticas no espaço socioeconômico e fornecer

uma descrição adequada da complexidade real dos agentes envolvidos e de suas interações. Para uma região da dimensão da Amazônia, torna-se insensato o esforço de construir uma explicação unificada para os seus fenômenos, os quais são dependentes de processos locais específicos.

3.2 AS DIFERENTES AMAZÔNIAS – DAS ESTRADAS AOS RIOS

Alguns autores distinguem três modelos de desenvolvimento que se sucederam na Amazônia brasileira e que muitas vezes ainda coexistem (LÉNA, 2002). O "modelo tradicional" corresponde à *Amazônia dos rios*, econômica no manejo dos recursos naturais e relativamente pouco degradante para a biodiversidade. Pode-se associar o circuito da produção tradicional como característica da *Amazônia dos rios*, pela relação estreita entre a economia local e a rede fluvial de comunicações. Segundo Léna (2002), na *Amazônia dos rios*, os preços das produções tornam impossível a idéia de manter um nível de qualidade de vida decente no meio rural, devido ao baixo nível de organização da produção e da comercialização.

O "modelo modernista", que corresponde à *Amazônia das rodovias*, é caracterizado como "predador", por representar a fase de avanço da fronteira agrícola. Ele se impôs a partir dos anos 70 por meio de uma política nacional de colonização das terras, que incentivou inúmeras imigrações para a Amazônia e deu início a taxas de desmatamento crescentes.

A partir da última década do século XX, as heranças das diversas épocas e sistemas sucessivos combinam-se, dando origem a novas estruturas regionais mais complexas do que os esquemas relativamente simples da *Amazônia dos rios* e da *Amazônia das estradas*. Os modos de exploração das florestas, os sistemas de produção agrícola, as cadeias, as formas de uso da terra variam de um desses novos contextos regionais para outro, fazendo que, no conjunto, se verifiquem ritmos diferenciados da dinâmica de intervenção humana no território, ao que chamamos *Amazônia das regiões* (BECKER, 2006).

Os sistemas dos colonos da *Amazônia das rodovias*, apesar de recém-instalados, correspondem a uma pressão antrópica bem maior do que aquela dos sistemas agroflorestais ou extrativistas tradicionais, já que as parcelas cultivadas são imediatamente transformadas em pastos, em vez de serem submetidas ao pousio após 2 ou 3 anos de cultura de subsistência (LÉNA, 2002). Todavia, esses sistemas implantados por agricultores

familiares que, na maioria dos casos, não possuem capital monetário, caracterizam-se geralmente pela ausência de investimento, exceto o da mão-de-obra de origem familiar. Os agricultores adquirem uma nova experiência, e novos modos de manejo de seu meio surgem a partir dos erros e acertos. Dessa forma, as frentes pioneiras recentes se caracterizam por uma evolução extremamente rápida da sua realidade.

Na *Amazônia das regiões*, as heranças das diferentes épocas e dos diferentes sistemas de ocupação se combinam e formam novas estruturas regionais, mais complexas do que os simples esquemas dos rios e das rodovias (LÉNA, 2002). Mercados locais emergem e as relações cidade-campo se consolidam. Vantagens competitivas ou especificidades regionais orientam progressivamente as atividades produtivas e levam à formação de bacias de produção. Com as novas gerações, identidades culturais tomam forma e concorrem para a individualização dessas porções de território, onde o conceito transversal de "fronteiras agrícolas" é substituído pelo de "novas regiões", cada vez mais contrastadas entre si. Em cada região, essas mudanças acarretam condições próprias em termos de mercado agrícola, qualidade de vida, fluxos migratórios, técnicas de produção, mercados fundiários, fluxos financeiros, inserção nos circuitos nacionais e globais, etc. Os modos de exploração das florestas, os sistemas de produção agrícola, as cadeias produtivas e as formas de utilização da terra variam de uma região a outra, e esse conjunto regula as velocidades de antropização.

3.2.1 A Várzea e a Terra-firme

Aproximadamente 98% da grande planície amazônica é constituída de terra firme. A espessa floresta tropical cobre solos, em geral, quimicamente pobres, de baixa a média fertilidade, formados por elementos que provocam acidez. O equilíbrio ecológico sobre estes solos é muito fragíl, pois eles possuem uma camada superficial de humus que é rapidamente destruída pela remoção da floresta. O segundo ecossistema da Amazônia é a várzea, a planície aluvional propriamente dita - ou o leito maior dos rios - que está sujeita às inundações anuais (RANZANI, 1989; apud NODA e NODA, 1993).

A sua área total, em território brasileiro, é estimada em cerca de 65 mil quilômetros quadrados (PORRO, 1996, apud RIVAS, 2002), ou seja, aproximadamente 1,5% da planície amazônica. O ciclo natural da várzea e, conseqüentemente, o ciclo anual das atividades de subsistência humanas, não depende, como na terra firme, da alternância de estações seca e chuvosa, mas do regime fluvial.

É importante lembrar que, na Amazônia, pode se considerar que há quatro estações climáticas: 1) a enchente – subida das águas; 2) a cheia – nível máximo das águas; 3) a vazante – descida das águas e 4) a seca – o nível mais baixo das águas.

A várzea está longe de ser um ecossistema homogêneo. Há, geralmente, uma várzea junto ao rio, resultante da maior deposição de sedimentos ao longo do tempo, e uma várzea baixa mais recuada, recortada por igarapés e lagos temporários e permanentes, onde predominam os capins. Os solos são constituídos de sedimentos quaternários normalmente finos. Quando a deposição de sedimentos é pequena ou nula e o rio corre junto à margem de terra ou de várzea estabilizada, é comum a ocorrência de igapó, a mata alta ribeirinha, parcialmente submersa nas enchentes.

A várzea difere, de dois modos importantes, da terra firme. Primeiro, o solo é, anualmente, rejuvenescido por uma camada de aluviões férteis de origem andina; segundo, o ciclo anual é determinado pela enchente e pela vazante do rio e não pela distribuição sazonal da chuva local.

Meggers (apud RIVAS, 2002) diz que onde as condições são favoráveis, um hectare de várzea recebe anualmente cerca de nove toneladas de depósitos que contêm amplas quantidades de nitrato de sódio, carbonato de cálcio, sulfato de magnésio, superfosfato, clorato de potássio e outros nutrientes importantes. O regime do rio Solimões pode ser considerado ideal para a agricultura, leva oito meses para atingir o ponto máximo e apenas quatro meses para voltar ao nível mínimo.

As terras mais baixas da várzea do alto Solimões são inundadas anualmente durante quatro meses. Já as áreas de terra de várzea, mais elevadas, apenas são inundadas quando ocorrem as grandes cheias. Essa variação no nível da inundação permite que cada lugar do terreno da várzea seja aproveitado de forma diversificada para a realização de atividades econômicas distintas (ALENCAR, 2003).

No alto Solimões, à semelhança de outras áreas de várzea amazônica, a construção social da várzea é feita em contraste com a da terra firme (ALENCAR, 2002). Ribeirinhos, caboclos, agricultores familiares, trabalhadores rurais, trabalhadores do campo e pequenos produtores são formas de identificar os homens que vivem à margem dos rios, lagos e igarapés da Amazônia (FRAXE, 2000). Os que vivem na várzea são conhecidos por varjeiros e estão incluídos também na categoria ribeirinho, que abrange os moradores das margens tanto da várzea quanto da terra firme. Aqueles que residem nas áreas distantes

das margens dos rios principais e que têm na agricultura da terra firme a principal fonte de subsistência são chamados moradores da terra firme. Trata-se de uma classificação que associa a identidade social ao ambiente, além de remeter a um modo de vida que é particular a cada um dos *habitats*.

A várzea é definida a partir de duas características opostas. De um lado, são enfatizados os aspectos negativos, como as freqüentes alagações que geram a necessidade de deixar extensas áreas vazias durante o período de cheia, e a incerteza da altura e duração de cada fase do ciclo do rio (RIVAS, 2002). Essas alagações contribuem para que o morador da várzea se autodefinha como alguém que “está sempre começando” (LIMA e ALENCAR, 2001; ALENCAR, 2002). O recomeçar que caracteriza a vida do morador da várzea é o resultado da ação do meio ambiente, das grandes cheias que destroem as plantações e impedem uma continuidade do trabalho investido. As variações sazonais imprimem um ritmo de vida que tem reflexo nas atividades produtivas, na renda familiar, na dieta alimentar e na dinâmica de migração da população. Nesse sentido, o modo de vida na várzea apresenta algumas especificidades que estão associadas às características do ambiente, pontuadas pelo pulso de inundação. Com o movimento das águas, também há o movimento de espécies vegetais, de animais e da população.

A várzea também é reconhecida como um ambiente de fartura, detentor de um solo fértil que permite grande produtividade em um curto espaço de tempo, devido à renovação anual da fertilidade de seu solo, graças ao sedimento depositado durante o período de enchente (RIVAS, 2002). Assim, enquanto na terra firme os ciclos agrícolas são longos, na várzea são curtos, de seis a sete meses. Por isso a várzea é considerada um ambiente importante para a economia dos municípios e é responsável pelo abastecimento da população urbana com gêneros alimentícios, como a farinha, a banana, o peixe, o milho, o feijão, o arroz, jerimum, verduras e legumes. Segundo estimativas da Associação dos pequenos Produtores Rurais de Benjamin Constant, as famílias que moram ou trabalham na várzea produzem entre 60% e 70% dos produtos que seriam necessários para abastecer o mercado local com produtos agrícolas (ALENCAR, 2003).

De forma diferente da várzea, que é anualmente fertilizada pelos sedimentos carregados pelos rios, as áreas de terra firme propiciam o uso da mesma terra por até três anos e pode haver, nas restingas mais altas, o repouso por vários anos, para formar as capoeiras e permitir a regeneração da terra. Uma família geralmente tem mais de uma capoeira, o que lhe permite cultivar roças em duas ou três áreas distintas, durante vários anos, sem precisar derrubar grandes porções da floresta (ALENCAR, 2003).

A terra firme é descrita como possuidora de um solo de baixa produtividade, que não favorece o crescimento das plantas. Outro ponto é a dificuldade de acesso às roças, que demoram mais tempo para serem colhidas. O cultivo de roças na terra firme é considerado mais difícil e mais dispendioso devido à falta de estradas e de meios de transportar a produção. Apesar das dificuldades, a terra firme apresenta uma vantagem: a garantia de que a produção não vai ser destruída pelas águas, o que permite que as plantas cultivadas possam ter seu ciclo de crescimento plenamente realizado (ALENCAR, 2003).

As várzeas do alto Solimões apresentam terras de formação instáveis, sujeitas a modificações constantes com a ocorrência da terra caída e de formação de praias e ilhas; elas apresentam também terras estáveis que sofrem poucas modificações. O fenômeno da terra caída tem causado a extinção de povoados e a mobilidade de outros (ALENCAR, 2003), o que imprime uma dinâmica ambiental que altera a configuração da paisagem, influenciando o padrão de ocupação humana, a densidade populacional e o tipo de produção econômica. *Terras caídas* é a denominação dada pela população local para o fenômeno que ocorre à medida que a força d'água vai derrubando parte das terras molhadas. Nesse tipo de várzea, a ocupação humana e as atividades econômicas são instáveis. Muitas famílias que residem na terra firme, já residiram na várzea, onde continuam plantando suas roças, pescando e, às vezes, possuindo dupla residência.

3.2.2 A atuação do Poder Público no Alto Solimões

O município de Benjamin Constant está localizado em área de fronteira e é considerado Área de Livre Comércio – ALC. Uma parte significativa do território do município é controlada pelo governo federal, por meio da Funai, Ministério do Exército e Incra (BECKER, 2006).

A cidade de Tabatinga é o centro de referência administrativa e de prestação de serviços essenciais para a população dos vários municípios que formam a região do alto Solimões. Nela estão concentradas as administrações regionais de vários órgãos estaduais e federais que atuam na área de saúde, meio ambiente, segurança e educação. Tudo isso contribui para que o município de Tabatinga seja um foco do processo migratório, que atrai pessoas da zona rural de municípios vizinhos.

O número reduzido de localidades na várzea é resultado tanto das condições ambientais quanto de políticas sociais implementadas pelas prefeituras, nos anos 80, em

parceria com a Igreja Católica. Moradores de localidades da várzea foram estimulados a migrar para localidades da terra firme, principalmente aquelas famílias que residiam em terrenos de várzea sujeitos a freqüentes inundações ou ao fenômeno da terra caída. Com a transferência das famílias para a terra firme, esperava-se resolver os problemas causados pelas cheias, como as perdas da produção e os deslocamentos das casa provocados pela terra caída. O resultado foi a extinção de algumas localidades. Na região do alto Solimões, o município de Tabatinga é o que apresenta o maior número de comunidades de várzea com mais de 100 habitantes (ALENCAR, 2003).

A produção agrícola que abastece as sedes municipais provém da área rural e existe pouca variabilidade dos produtos de um município para outro. As famílias que trabalham na terra firme são as principais responsáveis pelo abastecimento das cidades, produzindo farinha, banana, abacaxi etc. Já os produtos de ciclo curto, como milho, feijão, melancia, abóbora e hortaliças (tomate, pepino, pimentão, maxixe etc.) são cultivados principalmente na várzea. Apesar da importância que a produção agrícola tem para a região e de a várzea ser propícia ao desenvolvimento da agricultura, particularmente de culturas de ciclo curto, a falta de linhas de crédito – infra-estrutura, meios de transporte e comercialização, locais adequados para estocagem e armazenamento da produção – leva a população a buscar no extrativismo o principal meio de subsistência (ALENCAR, 2003).

No alto Solimões, ao contrário das regiões do médio e baixo Amazonas (FRANCO, 2004; apud NODA, 2007), a pecuária tem pouca expressão. O rebanho bovino do alto Solimões nunca ultrapassou as 10.000 cabeças (ALENCAR, 2003). No município de Benjamin Constant, até a década de 1980, o rebanho era de 7.000 cabeças de gado. Hoje o rebanho é de 1.800 cabeças, pois as áreas de criação foram reduzidas significativamente. Os principais criadores de gado eram os madeireiros, mas com a queda na produção da madeira, o gado foi vendido para saldar as dívidas contraídas nos bancos, entre os anos de 1980 e 1990. Estima-se que existam 3.000 hectares de pastos abandonados pelos criadores que faliram devido às dívidas que possuíam junto aos bancos credores, como o Basa e o Banco do Brasil (ALENCAR, 2003). Como consequência desse quadro, a região do alto Solimões não é capaz de atender a demanda de consumo de carne de sua população urbana, não se contabiliza a ribeirinha, pois, devido a questões culturais e financeiras, este contingente não é um grande consumidor de carne bovina. A carne consumida é importada de outras regiões do estado, principalmente do médio Amazonas (ALENCAR, 2003).

Atualmente, uma estratégia que vem sendo adotada por alguns governos municipais é desenvolver políticas para estimular a permanência da população rural nas localidades de

origem e, assim, diminuir a pressão sobre os serviços públicos nas sedes, além de garantir o abastecimento do mercado com peixe e produtos agrícolas. Para viabilizar essa política, a administração municipal tem buscado parcerias com o governo do estado para implementar : (i) ações de estímulo à produção agrícola, por meio do financiamento para a compra de sementes e implementos, e (ii) a criação de pólos para o atendimento à saúde e à educação, em algumas comunidades rurais. Entretanto, os resultados dessa estratégia não têm sido efetivos, principalmente quanto ao financiamento da produção agrícola, pois são poucas as famílias ribeirinhas beneficiadas (ALENCAR, 2003).

Para a população indígena, existem programas específicos de assistência à saúde, a cargo da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, que, em parceria com a Organização de Saúde do Povo Ticuna do Alto Solimões – OSPTAS, são responsáveis pelo Distrito Sanitário Especial Indígena do Alto Solimões – DSEI-AS. O tratamento diferenciado para a população indígena é alvo de críticas pelos não índios, que se sentem menos valorizados por não serem beneficiados pelos mesmos programas de saúde destinados às populações indígenas. Eles acham que esses serviços deveriam ser estendidos a todos, afinal, trata-se de direitos sociais básicos, que devem ser garantidos a todos os cidadãos. A política diferenciada para as populações indígenas tem resultado em novos processos de afirmação de identidades étnicas, pelos segmentos da população, que, no início do processo de demarcação das terras indígenas, haviam optado por não assumir uma identidade étnica, mas agora esperam um tratamento diferenciado (ALENCAR, 2003).

3.3 ORGANIZAÇÃO SOCIAL - COMUNIDADES

No alto Solimões, a principal característica dos povoados da várzea é a existência de um tipo de organização social fundada no parentesco e na apropriação comunal dos recursos naturais existentes em seus territórios. Esses povoados são referidos regionalmente como “comunidades”, termo amplamente utilizado para reportar-se a um grupo de famílias que se reuniram para formar um grupo social, com uma forma de organização com cargos de representação política, como presidente e vice-presidente. Os outros cargos de destaque são os de professor e o de agente de saúde. (ALENCAR, 2003)

Existem diversos tipos de famílias. Segundo Wolf (apud FRAXE, 2000), elas dividem-se basicamente em *nuclear* ou *conjugal*, que são compostas, exclusivamente, pelos cônjuges e por sua prole; e *famílias extensas*, que agrupam em única estrutura outras famílias nucleares, em número variado. A existência de famílias extensas é condicionada à necessidade de maior mão-de-obra. Segundo Fraxe (2000), a microrregião do Alto Solimões

apresenta o maior número de ocorrência dos processos de trabalho tradicionais e uma predominância de famílias extensas.

Para Cohen (1985, apud ALENCAR, 2003), o conceito de comunidade possui um sentido relacional e remete não apenas ao aspecto material, mas também ao simbólico; remete a regras, valores e códigos morais e fornece elementos para a construção de um sentido de identidade aos seus membros. Sua ênfase é sobre o aspecto simbólico das fronteiras que constituem uma comunidade.

A formação das comunidades foi estimulada pela Igreja Católica, nas décadas de 1960 e 1970, e também pelo irmão José da Cruz, fundador da Irmandade de Santa Cruz, mais conhecida como Cruzada. A formação das comunidades marcou uma nova forma de povoamento das várzeas, pois implicou em reunir famílias que residiam isoladas umas das outras, num mesmo espaço, enfatizando o aspecto comunitário das ações coletivas. (ALENCAR, 2003)

O assentamento e a permanência do agricultor familiar na várzea do rio Solimões-Amazonas deram-se por meio de um processo adaptativo do homem ao ambiente amazônico quando entendido no sentido do termo “adaptação” como satisfação às demandas mínimas da reprodução biológica e social. A organização social nas comunidades ocorre por meio de relações de produção e trabalho, características da economia de reciprocidade. O caráter principal dessa prática econômica está assentado no valor de uso dos produtos, em que estão expressos comportamentos de ajuda mútua com relações sociopolíticas mediadas por sentidos de solidariedade (NODA, 2003).

Tomando como critério a topografia do ambiente, Castro (2002, apud ALENCAR, 2003) classifica as comunidades de várzea em três tipos: (i) comunidades insulares, localizadas em ilhas de várzea, sem acesso às áreas de terra firme; (ii) comunidades de margem, localizadas entre os solos de várzea e de terra firme e (iii) comunidades de terra firme, localizadas em áreas mais altas, mas próximas às áreas de várzea. Para cada tipo de ambiente existem estratégias econômicas diferenciadas e capacidades distintas de acesso aos recursos naturais. Conscientes dessas diferenças e dos aspectos positivos que cada um desses ambientes apresenta, a maioria dos produtores que residem na terra firme, situada às margens dos rios, exploram os dois ambientes, realizando o cultivo de culturas de ciclo curto, na várzea, e culturas perenes e de ciclo longo na terra firme.

O processo de ocupação humana das áreas geográficas denominadas de “comunidades” assume uma dimensão diferenciada por serem as áreas um cenário onde paisagens são estruturadas a partir do cotidiano de trabalho de seus moradores. A organização do espaço é social, pois obedece a formas particulares de manejo dos recursos naturais. O espaço e o lugar fornecem informações sobre as práticas de conservação e percepção ambiental, manifestando os cotidianos de vida social, econômica e cultural, e também das suas representações, imagens e símbolos. (NODA, 2003).

A organização dos espaços depende dos conhecimentos, habilidades, estratégias e ferramentas necessárias para as realizações da vida dos seus componentes, de acordo com a cultura e a história de cada “comunidade”. Os agrupamentos humanos compartilham um conjunto comum de conhecimentos e ferramentas para garantir a sua sobrevivência (NODA, 2003).

Nesse ambiente, não é possível estabelecer, por tempo indeterminado, os limites das áreas apropriadas, por duas razões: uma é o constante processo de construção e destruição dos espaços terrestres, outra é a instabilidade dos limites entre o que é superfície terrestre e aquática, por causa das enchentes e das vazantes periódicas e irregulares.

O ambiente aquático, como sugere Pereira (1994, apud FRAXE, 2000), oferece uma variação dessa lógica de apropriação social. O conjunto dessas propriedades circunscreve todo o corpo aquático, e essas famílias reivindicam não a posse em si, mas o direito de uso exclusivo dos recursos aquáticos. Os lagos interiores, com bacias coletoras bem delimitadas, são passíveis de apropriação coletiva. O canal principal do rio e seus braços laterais, ambientes aquáticos tipicamente lóticos (água corrente), são de acesso livre e irrestrito.

3.3.1 As relações políticas das comunidades

Para um grupo social ser reconhecido como uma comunidade, as administrações municipais exigem a escolha de um representante dos moradores. Por esse critério, as famílias que residem isoladas, ou juntas, mas sem representação política, não são consideradas comunidades do ponto de vista político, não possuem contato com os governos municipais, não são beneficiadas pelas políticas públicas e, às vezes, nem constam no mapa do município. (ALENCAR, 2003).

Os centros administrativos dos municípios são chamados de “sede”, uma referência ao espaço onde são centralizadas as ações dos governos municipais, percebidos como disseminadores de tratamento diferenciado em relação ao que é dispensado aos moradores das áreas rurais, situados na periferia das “sedes”.

Algumas comunidades do alto Solimões situadas próximas às fronteiras de seu município, acabam sendo atendidas pelos programas de saúde ou de educação de um município, que tem a sede mais próxima. Essas comunidades constam, geralmente, nas listagens dos dois municípios. Esta situação torna a informação sobre o número total de comunidades por município imprecisa.

Os moradores da várzea nem sempre têm suas reivindicações atendidas ou suas necessidades reconhecidas, pois optaram por morar em um ambiente considerado como inadequado para se viver, em face das freqüentes perdas materiais causadas por fatores ambientais. As administrações municipais não investem quase nada na melhoria das condições de vida desses moradores por entenderem que existem lugares melhores para morar e trabalhar, como a terra firme.

Algumas comunidades de agricultores familiares apresentaram elevadas taxas de crescimento populacional, no período de 1996-2000, mas a dinâmica demográfica rural vem apresentando uma tendência à estabilização, com certo declínio, apesar dos projetos de organização comunitária e implantação de assentamentos nos últimos cinco anos (NODA, 2003).

A procura das “sedes” como local de moradia pela população rural resulta do desejo de acesso aos serviços sociais, a alguma infra-estrutura, a certos confortos materiais que não são encontrados na várzea. No entanto, desfrutar desses serviços e confortos somente é possível para aqueles que têm algum tipo de renda, como assalariados e aposentados, que representam a minoria dos moradores das cidades. Para uma parcela significativa dos que migram para a área urbana, a principal fonte de renda continua sendo a várzea, com o cultivo de roças ou a exploração de recursos naturais (pesca e madeira). Existe um número significativo de famílias que reside nas áreas urbanas, mas trabalha na várzea cultivando roças de mandioca, plantando banana e melancia, ou realizando alguma atividade extrativa, como a pesca. Essas famílias tendem a realizar uma migração sazonal entre os dois espaços, a área urbana e a rural, como uma estratégia para superar as limitações presentes em cada um: de um lado a falta de emprego na cidade e, do outro, a falta de serviços sociais básicos, a falta de “conforto” na comunidade (ALENCAR, 2002).

As deficiências na prestação de serviços públicos na área social, particularmente a falta de escolas ou de ofertas de cursos de ensino médio, nas comunidades, são as principais causas da migração de famílias da várzea em direção às sedes municipais. A educação formal dos filhos tem se apresentado como um projeto familiar da maioria das famílias entrevistadas (ALENCAR, 2003).

A migração dos filhos para a área urbana ameaça o modelo de reprodução social ao promover a fragmentação dos grupos domésticos. Primeiro, os pais não encontram trabalho na área urbana e retornam à várzea para cultivar roças ou fazer a pesca, realizando um deslocamento sazonal, enquanto a mulher e os filhos permanecem na cidade. Segundo, as famílias ao migrarem para a área urbana rompem com um modelo de reprodução social característica das sociedades rurais, deixam de repassar um conhecimento tradicional e não preparam os filhos para dar continuidade a uma tradição de trabalho com a terra. (ALENCAR, 2003)

Indiretamente, as prefeituras estimulam a saída de moradores da várzea quando não investem na melhoria dos serviços na área social. Tal descaso também expressa a falta de valorização desse modo de vida, já que o morador da várzea é visto quase sempre como alguém a ser transformado. Além disso, a redução do número de moradores na área rural significa, para algumas prefeituras, a redução de gastos com investimentos, como: a) energia elétrica, pois não precisam eletrificar todas as comunidades da várzea e garantir o combustível para funcionamento dos geradores; b) construção e manutenção de escolas; ao reduzir-se a população, também reduz a demanda por salas de aula e o problema de contratar professores para trabalhar na área rural e c) assistência às famílias em casos de emergência causada pelas alagações e/ou fenômeno de terra caída (ALENCAR, 2003).

3.3.2 As relações econômicas

A economia das comunidades da várzea é baseada na diversificação de atividades e na utilização de estratégias econômicas que combinam a exploração de diferentes recursos. O trabalho é limitado pelo objetivo fundamental de satisfazer as suas necessidades familiares. Uma vez assegurado o consumo familiar, é atribuído um valor cada vez menor a cada unidade adicional de trabalho (FRAXE, 2000). Cada atividade produtiva tem importância na composição da renda doméstica, com destaque para a pesca, a agricultura, a criação de animais, o extrativismo animal (caça) e vegetal (madeira, sementes e frutos), o

cultivo de banana e a venda de verduras. O somatório da renda gerada por essas atividades permite a reprodução das famílias (ALENCAR, 2003).

Uma grande parte dos membros da família que se assalariam no meio urbano o faz como mecanismo para pagar parcelas dos custos de sua manutenção no local ao qual vieram com o objetivo de completar ou iniciar os estudos. Nesses casos, a responsabilidade da família ribeirinha com seu sustento geralmente se mantém, pois estas continuam a enviar partes substanciais de produtos para alimentação e manutenção de seus membros no meio urbano (NODA, 2004).

A maioria das famílias tem sua renda principal na pesca, mas, em muitos casos, os gastos com a produção são maiores do que o volume produzido. Nessa situação, é necessário adotar um gasto menor com a compra de alimentos. As famílias que têm um gasto menor com a produção, como é o caso de famílias que tem sua renda principal na agricultura, gastam mais com as compras. (ALENCAR, 2003)

A renda diferencial provém de “resultados desiguais de iguais inversões produtivas”, em razão de duas causas: a fertilidade diversa dos solos e a situação das terras em relação aos mercados (FRAXE, 2000). Em relação à renda diferencial da água, os fatores preponderantes são a sedimentação do leito dos rios e a localidade desses em relação às árvores frutíferas, assim como aos entrepostos de pesca.

Os itens que compõem a lista do rancho doméstico são aqueles considerados de primeira necessidade, que se destinam à alimentação, referidos como mercadorias, e não são produzidos pelas próprias famílias. Uma avaliação da sustentabilidade mostra varias situações onde as famílias adquirem apenas os produtos destinados à alimentação. A redução do consumo, por meio da redução no número de refeições, ou com pouca variação no cardápio – muitas vezes restrito ao peixe e à farinha – é uma estratégia necessária adotada pela família em situações mais críticas, e só pode ser compensada com o consumo de outros produtos que ela mesma produzir (agrícolas ou extrativistas) (ALENCAR, 2003).

As mercadorias são classificadas de acordo com sua destinação de consumo. Existem os artigos de primeira necessidade (alimentos que compõem a cesta básica e também combustível) e os artigos considerados de luxo (sabonete, xampu, perfumes, condicionador, roupas e calçados), cujo consumo pode ser dispensável. As famílias tendem a gastar pouco com produtos ou artigos de luxo mesmo que eles sejam necessários para uma qualidade de vida em padrões sustentáveis (ALENCAR, 2003).

Os agricultores familiares não fazem uso de contabilidade escrita, e nem mesmo de sistema contábil, pois poucos são os que controlam os ganhos e gastos (NODA, 2003). O fluxo de venda é concentrado nas sedes dos municípios (63,5%). Apenas 25,7% das vendas são realizadas nas proximidades das áreas de produção e moradia dos ribeirinhos. Esse fato atribui-se em grande parte à presença dos intermediários (marreteiros, atravessadores e marchantes) com características de atuação profissional próxima aos seus fregueses (NODA, 2003).

Na circulação dos produtos, por meio das relações entre compradores-comerciantes e produtores-vendedores nos espaços de feira, beira dos rios, mercados municipais e comércios diversos, ocorre o processo de apropriação dos excedentes produzidos pelas famílias. Os primeiros produzem grande parte para o consumo familiar, mas têm que vender produtos como farinha, frutas, hortaliças e aves de forma a obterem dinheiro para comprar mercadorias não produzidas nas localidades, mas necessárias ao consumo das famílias.

A baixa frequência da carne bovina na dieta alimentar do ribeirinho atribui-se ao elevado preço deste produto no mercado local. Mesmo os criadores de gado (bovino ou bubalino) quase não consomem esse tipo de carne e fazem uso apenas do leite e seus derivados. Esse fato também é um reflexo da cultura alimentar regional, que tem o peixe como principal fonte protéica, razão pela qual este recurso tem recebido especial atenção dos programas oficiais do governo federal, notadamente quanto aos aspectos da segurança alimentar e do estabelecimento de níveis sustentáveis de uso dos ecossistemas de várzea.

Os alimentos consumidos, mas não produzidos pelas unidades de produção e cujo suprimento depende de sua aquisição no mercado, constituem itens de despesa. Os mais importantes itens de despesa são bolacha, pão, arroz, café, açúcar, sal e óleo de cozinha. O combustível é outro importante item de despesa do ribeirinho, utilizado principalmente no deslocamento da produção e da família, bem como na atividade produtiva (motor de cevar mandioca, motosserra etc.) (NODA, 2007).

Presume-se que as regiões com menor gasto nesses itens possuam níveis mais elevados de autonomia alimentar. Já aquelas em que o item alimentação pesa mais no orçamento familiar caracterizam-se por apresentar maior distanciamento dos grandes centros de abastecimento, o que torna as famílias mais dependentes de um limitado número de fornecedores.

A manutenção de uma linha de crédito permanente para financiar a produção ou a compra do rancho, de material para construção da casa, a compra de um motor, de uma rede malhadeira ou de um eletrodoméstico, é uma estratégia utilizada por todas as famílias para garantir sua reprodução. Nesse sentido, o morador da várzea está permanentemente (re)negociando um débito, desenvolvendo estratégias de produção de modo a atender diferentes demandas e, com isso, ter várias linhas de crédito disponíveis. Constitui-se uma estratégia econômica histórica e culturalmente estabelecida, o débito permanentemente negociado, mas sem necessariamente remeter a uma situação de grande privação. Portanto, a renda, tanto quanto a dívida e o saldo são categorias definidoras do modo de vida da várzea (Lima, 2004, apud ALENCAR, 2003).

As categorias econômicas, renda e lucro, não estão muito presentes no universo da produção da várzea. O que existe é a categoria “ganho”, que equivaleria à existência de alguma vantagem obtida numa troca comercial, em que são adquiridas mercadorias (bens manufaturados) e em troca são entregues os “produtos”. Essa falta de contabilidade que caracteriza a troca mercantil das famílias da várzea tem implicações na maneira como são avaliados os financiamentos bancários, já que eles se baseiam na conversão da produção em categorias contábeis. A maioria das famílias utiliza a linguagem contábil do comerciante de peixe, o patrão de pesca. Ele financia a produção e, em troca, converte o valor em produtos. Recebe-se gasolina, gelo e mantimentos, por exemplo, e paga-se com o peixe ou a madeira. (ALENCAR, 2003)

O conceito de patrimônio (e de acumulação de patrimônio) não está presente nas representações dos moradores; em muitos casos, o patrimônio de um casal idoso não é diferente do patrimônio de um casal ainda jovem. Segundo Alencar (2003), as famílias formadas por um casal com mais de 50 anos, que são aposentados, possuem patrimônio semelhante ou inferior ao de famílias que têm uma média de idade de vinte a trinta anos. Os itens que compõem esse patrimônio são semelhantes em todas as comunidades, entre os quais se destacam: colchão, fogão a gás, espingarda, rádio, máquina de costura, motor de 5.5 HP ou de maior potência, canoas de madeira de tamanho médio e motosserra (ALENCAR, 2003).

3.3.3 A Gestão do Trabalho

A força de trabalho familiar pode ser classificada em dois “tipos”: (i) o trabalho utilizado na produção agroflorestal e (ii) o trabalho realizado nos serviços domésticos. Como a unidade de consumo é a família, é ela que determina a quantidade e a forma do trabalho

necessário à manutenção familiar. Os homens adultos e jovens participam das atividades de plantio, tratos culturais e colheita, em processos de trabalho que utilizam ou não técnicas tradicionais. O chefe de família fica com a responsabilidade de comercializar os produtos e socializar os processos de trabalho em agrofloresta. As tarefas domésticas são realizadas pela esposa, após os trabalhos na agricultura, ou por uma filha mais velha, que prepara a alimentação familiar e cuida dos irmãos mais novos, menores de 8 anos (NODA, 2004).

A criança da várzea do rio Solimões insere-se no processo de trabalho ao redor dos 8 anos de idade (FRAXE, 2000). Em torno desta idade, ela deixa de pertencer somente à unidade de consumo e passa a ser incluída na unidade de produção. Aqueles que possuem menos de 8 anos pertencem, com os idosos e deficientes, à unidade de consumo. Aqueles que possuem mais de 8 anos, com seus pais e agregados, formam a unidade de produção familiar. A escola, via de regra, é localizada na própria comunidade, de forma a possibilitar que as crianças trabalhem no período após as aulas.

Portanto, é por meio da utilização de trabalho das crianças, mulheres e jovens que são obtidos os excedentes na produção, de forma a garantir a reprodução familiar. Nesse processo é que se dá um dos momentos da produção de força de trabalho para o mercado.

A composição familiar define os limites superior e inferior do volume de sua atividade econômica. O limite máximo possível para o volume da atividade depende do montante de trabalho que pode proporcionar essa força de trabalho utilizada com a máxima intensidade. O limite mínimo está determinado pelo total de benefícios materiais absolutamente essenciais para a existência da família (FRAXE, 2000).

Apesar de as estruturas de trabalho tornarem implícito que, na divisão sexual do trabalho, as mulheres não devem executar tarefas pesadas, há muitas atividades que deveriam ser executadas por homens, mas que, pela falta de braços masculinos, são executadas também por mulheres.

Não se realiza a separação entre o trabalho e o trabalhador, nem a conseqüente conversão da força de trabalho em mercadoria. Cada pessoa da família camponesa desempenha um trabalho útil, segundo o momento e a necessidade. Estrutura-se, no interior da família, uma divisão técnica do trabalho, articulada pelo processo de cooperação, o que resulta numa jornada de trabalho combinada dos vários membros da família. Então, a família camponesa transforma-se em um trabalhador coletivo (FRAXE, 2000).

O ribeirinho amazonense tem um sistema de produção complexo, em que cada unidade familiar maneja diferentes subsistemas agrícolas localizados a distâncias variáveis do local de residência. O ribeirinho exerce várias atividades simultâneas e nenhuma exclusiva, utilizando, além da terra, a água como principal meio de produção (NODA, 2004).

As unidades de produção familiares praticam uma produção integrada, explorando, em maior ou menor grau, os recursos naturais por meio das atividades do extrativismo, da agricultura e da criação animal. A produção ainda é viabilizada com o uso de instrumentos de trabalho simples (manuais e individuais), como: enxada, terçado, machado, roçadeira, tarrafa, etc. Poucos têm acesso a instrumentos mais modernos como implementos, moto-serra ou motor fluvial, sua participação, portanto, não é significativa, em termos de utilização nos processos de trabalho, nas pequenas produções rurais familiares (NODA, 2004).

Vale salientar que está sendo entendido como “processo de trabalho com técnicas tradicionais de produção”, tudo o que resulta da tradição e práticas em que parte do ambiente é modificado pelo homem. As principais características encontradas são as relativas aos plantios de “sítios” - também denominados de “quintais” - o descanso da terra pelo pousio e o extrativismo animal e vegetal. O sítio é usado para a complementação da alimentação e renda familiar, pode ajudar na auto-suficiência do produtor, e a diversidade de espécies plantadas permite uma produção ao longo de todo o ano (NODA, 2004).

A utilização preponderante de instrumentos manuais e individuais faz com que aumentos na produção e, possivelmente, na produtividade, viabilizem-se apenas por meio do aumento da força de trabalho utilizada (horas homem/área). Dessa forma, se as características do ambiente natural forem favoráveis, é possível obter-se um incremento na produção numa razão equivalente e diretamente proporcional ao aumento do emprego da força de trabalho (NODA, 2004).

As relações de ajuda mútua denominadas regionalmente de *mutirão*, *ajuri* e/ou *puxirum*, apresentam-se como o produto das necessidades econômicas dos agricultores familiares. Na denominação local, essas relações são tradicionais e caracterizam uma situação de redução na circulação de moeda, Não há uma formalização, uma regulamentação dessas relações, há apenas uma confiabilidade mútua entre os vizinhos. A base dessa relação é o *acordo verbal*, que é regido pela crença *da* e *na* palavra, e as relações de *compadrio*. A característica principal é o conhecimento dos processos de trabalho nos subsistemas agrícola e extrativista, bem como o de trabalhos ligados à cultura regional (NODA, 2004; FRAXE, 2000).

O mutirão ocorre em diversas atividades: na agricultura, na pesca, na limpeza da comunidade, na fabricação da farinha, na limpeza de um roçado, no plantio de mandioca, em casos de doenças ou em situações específicas de cheia repentina do rio, quando os vizinhos auxiliam uma família a executar as tarefas que esta não consegue sozinha, seja porque um de seus membros está incapacitado, seja pela impossibilidade de reparação dos danos causados por acidentes da natureza (FRAXE, 2000).

O mutirão, ajuri e/ou puxirum, se caracteriza por uma reunião de várias pessoas feita sob o convite do “Proprietário do Ajuri”, que é o responsável pelo mutirão e deverá servir pelo menos uma refeição aos integrantes. A retribuição à ajuda é uma obrigação coletiva – sempre que ocorrer tal situação, a família que recebeu ajuda deverá, com todos os outros, auxiliar a outra família em necessidade. Nos casos de doença de membros da família, cada participante do ajuri leva sua própria refeição.

Outro processo de ajuda mútua vigente é a *troca de dia de serviço*, que ocorre em situações em que uma família camponesa tem necessidade de força de trabalho suplementar (FRAXE, 2000). Denominada regionalmente de *dar o dia de serviço*, a *troca de dia* ocorre na preparação dos terrenos para plantio, colheita, farinhada, arranque de roça e construções rurais (casa, galinheiro, chiqueiro, canoa etc.). O morador pede auxílio, com a expectativa de retribuir com o tempo de trabalho equivalente.

A relação de troca de dia também pode ser considerada de ajuda mútua, dada às bases em que se dá o contrato social. Este regulamenta relações amistosas, familiares e de compadrio. Não ocorre remuneração, pois esta relação vem suprir as necessidades de dinheiro dos ribeirinhos que não o possuem na quantidade necessária para assalariar temporariamente, ou em caso de viagem ou doença, nos quais a pessoa fica impossibilitada de trabalhar por um tempo, (NODA, 2004).

O sistema de *parceria* ou *meia* ocorre quando a força de trabalho familiar não é suficiente e não há recursos financeiros para assalariar temporariamente. Essa prática de ajuda mútua aparece mais nos períodos de subida rápida do nível das águas, principalmente no período da colheita. Nesse período, quando os braços da família não são suficientes, ocorre a entrega da metade da produção de determinada área em troca do trabalho para ajudar na colheita.

No caso de a produção ser de mandioca, geralmente a divisão “meio a meio” ocorre com o produto resultante do beneficiamento, a farinha. Essa relação pode ser detectada também nas atividades de caça e pesca para consumo. Após uma caçada ou uma pescaria feita com parentes ou vizinhos, ao final, a produção é dividida em partes iguais, independente da função exercida durante a atividade. Caso a produção se destine à comercialização, o dinheiro arrecadado é dividido em partes iguais (NODA, 2004).

A pesca também atua como fator de integração social e é uma das poucas atividades executadas freqüentemente em conjunto por membros de unidades familiares distintas; esta atividade é denominada “parceria”. Este trabalho conjunto resulta em uma produção que é dividida igualmente entre os participantes, ou segundo as necessidades de cada família, mas também serve para promover a comunicação entre membros de famílias distintas, quando se narram fatos do cotidiano, experiências na agricultura e na pesca, planejam-se atividades sociais e atividades comerciais, entre outros temas (NODA, 2004).

3.3.4 A Gestão da Produção

A organização socioeconômica da unidade de produção está impregnada da solidariedade familiar. A conservação dos recursos naturais obedece a essa lógica para a sua reprodução. As formas de produção praticadas pelos ribeirinhos são baseadas em estruturas capazes de propiciar elevados níveis de sustentabilidade e elevados patamares de auto suficiência alimentar. Noda e Noda (2003) sumarizam os fatores de produção envolvidos entre os componentes do sistema de produção disponíveis ao produtor: (i) os recursos naturais (solo, floresta, capoeira, rio, lago) e (ii) a força de trabalho (NODA, 2007).

A combinação e uso desses fatores geram o produto que pode circular no âmbito do sistema produtivo para reproduzir a unidade familiar e ambiental de uma produção. No circuito da produção, os produtos gerados são consumidos pela unidade de produção familiar que mantém e reproduz o sistema (família e ambiente). Outra parte é compartilhada por outros membros da localidade por meio de uma rede cultural, social e econômica, que contribui significativamente para a estabilidade e permanência das “comunidades” rurais.

Essa rede é composta pelas seguintes relações mantidas culturalmente pelos membros da comunidade: (i) relações econômicas (reciprocidade), como a doação e o recebimento de produtos e (ii) relações sociais de ajuda mútua, como o mutirão, a troca de dia, as roças e hortas comunitárias. O produto excedente não consumido pode ser colocado no mercado para gerar renda monetária, o que permite a aquisição de bens não produzidos

pela unidade de produção. No processo de comercialização, o produtor familiar recupera, em moeda, somente uma parte dos recursos mobilizados, pois uma significativa fração é apropriada pelos agentes de comercialização e outra parte é, provavelmente, perdida nas incertezas e flutuações que se denominam riscos do mercado (NODA, 2003).

A produção realiza os ciclos mercadoria-mercadoria e mercadoria-dinheiro-mercadoria (FRAXE, 2000). No primeiro, observa-se que há uma troca de valores de uso por outros valores de uso, sem a intermediação da moeda. No segundo, as transações ocorrem entre a troca de um valor de uso pela moeda, para se adquirir outro valor de uso (mercadoria-dinheiro-mercadoria).

Seja diretamente, seja por meio do dinheiro obtido com a comercialização dos produtos excedentes, os ribeirinhos, ao garantirem os meios de vida necessários, asseguram a reprodução da força de trabalho familiar (FRAXE, 2000). As famílias das comunidades ribeirinhas interagem com um conjunto de agentes de comercialização: *marreteiro*, *marreteiro-feirante*, *regatão* e *patrão*. Uma grande parte da decisão do que produzir vem como imposição ditada pelo mercado consumidor e repassada por processos de socialização, através dos agentes de comercialização. Há uma produção de excedentes propiciada pela extração de sobretabalho familiar em ambiente favorável e pela frugalidade da maneira de viver dos ribeirinhos (FRAXE, 2000).

O produto excedente não consumido pode ser colocado no Circuito do Mercado gerando renda monetária, o que permite a aquisição de bens não produzidos pela unidade de produção. Nesse circuito, o produto é transformado em mercadoria, ou seja, seu Valor de Uso é substituído pelo Valor de Troca. Os ribeirinhos vendem os produtos excedentes e compram produtos que nem eles, nem seus vizinhos produzem. Os agentes da comercialização assumem um papel fundamental, adquirindo, em outros setores da sociedade global, esses produtos (vestuário, óleo, remédios, café, açúcar, querosene etc.), para revendê-los às comunidades.

A racionalidade para o estabelecimento do preço pelos ribeirinhos não é, fundamentalmente, econômica. No momento em que eles sentem que o montante ofertado pelos produtos significa o necessário para o equilíbrio da família (para sua manutenção), eles entregam seus produtos a esse valor.

Caso o mercado não seja propício, o objetivo central de alimentar a família não estará fatalmente comprometido. Essa flexibilidade explica, assim, a razão por que a mandioca

ocupa um espaço tão crucial na vida ribeirinha, em detrimento, frequentemente, de produtos potencialmente mais rentáveis. Como produto alimentar, a mandioca amplia a sua margem de opção.

Os recursos pesqueiros são muito utilizados pelas populações interioranas, as quais, entretanto, estão passando a explorar essa riqueza de forma desordenada. Existe uma reação a esta tendência que ocorre pela organização comunitária, com o fechamento de lagos para preservação (visão ecológica) e exploração (visão comercial e de subsistência) (NODA, 2004).

A assistência técnica está longe de atender às necessidades dos agricultores quanto às técnicas agronômicas. Essa deficiência acentua-se com o não cumprimento de seus objetivos, principalmente no tocante à tecnologia gerencial das comunidades rurais. Noda (2000) afirma, com base nos dados observados em campo e nas pesquisas do NERUA, que pouca ou quase nenhuma assistência é dada aos produtores quanto à sua organização associativa (sindicatos, organização de produtores, de jovens, etc.).

Uma assistência técnica eficiente, capaz de amenizar os problemas que afetam o meio rural amazônico, pelas peculiaridades que nela se encerram, necessita de orientação e assessoramento: (i) dos produtores no tocante à sua própria organização; (ii) quanto às técnicas agronômicas adaptadas e (iii) quanto à comercialização, preços de insumos e de produtos agrícolas. A assistência técnica deve traduzir-se por um processo educativo e não por ações emergenciais.

Os sistemas de produção são constituídos, na sua maioria, por quatro componentes: (i) roça, sistema agrícola com pousio (capoeira); (ii) pesca, considerada de forma isolada das demais atividades de extrativismo devido à sua importância na região; (iii) sítio, com atividades à gestão de espécies vegetais (frutíferas e leguminosas) e à criação de pequenos animais e (iv) extrativismo animal e vegetal (caça e coleta). Em uma jornada diária, cerca de 40% do tempo é dedicado à agricultura e 60% às atividades de manufatura e extrativismo. Geralmente, todas as atividades são executadas cinco horas pela manhã e três pela tarde (NODA e NODA, 2003).

A agricultura familiar corresponde a uma unidade agrícola de exploração em que a propriedade e o trabalho são familiares. Nela, o acesso e apropriação dos bens, principalmente terra e trabalho, estão intimamente ligados à família. A estabilidade do processo de funcionamento ao longo do tempo dá-se pela organização social sob influência

da cultura, transmissão desse patrimônio e pela capacidade de os sistemas de produção adotados reproduzirem os recursos naturais necessários ao processo produtivo. (NODA, 2000).

Os ribeirinhos podem se identificar como profissionais na categoria de agricultores-extratores familiares por executarem os trabalhos ligados à agricultura e ao extrativismo animal e vegetal, em que o planejamento, produção, comercialização e consumo dos recursos naturais são diretamente organizados pelas famílias.

Apesar de o manejo dos recursos aquáticos contar, em muitas localidades, com a organização participativa e comunitária, tornou-se cada vez mais dispendioso capturar uma quantidade de pescado suficiente para as refeições diárias da unidade familiar, forçando uma divisão a mais no trabalho de seus integrantes ou até mesmo a designação de um membro da família para responsabilizar-se especificamente pela pesca.

A especialização excessiva do sistema de produção pode ocasionar sérios problemas ao produtor, situação esta ainda verificada em localidades que foram levadas, por meio de incentivos governamentais, a se especializarem em jiticultura e pesca. Além de reduzir os níveis de auto-suficiência alimentar familiar e tornar os produtores altamente dependentes do mercado, a especialização pode levar a sobre-exploração de determinados recursos, o que vem sendo verificado em regiões predominantemente de vocação pesqueira e extrativista (NODA, 2003).

A criação de políticas públicas que favoreçam o aumento dos níveis de auto-suficiência alimentar das famílias pode provocar incrementos substanciais nos níveis de sustentabilidade do processo produtivo, pois a renda monetária oriunda da comercialização dos produtos poderia ser reaplicada na produção. Pode-se observar a tendência de retorno ao sistema diversificado daqueles produtores que, principalmente por estímulo do governo, especializaram-se em determinadas atividades produtivas, com destaque ao extrativismo vegetal e à pesca. A especialização levou, na maioria das vezes, a uma redução do estoque do recurso e do nível de auto-suficiência do produtor.

A produção diversificada, além de permitir uma oferta constante, ampla e variada de alimentos para o autoconsumo, proporciona maior estabilidade ao sistema produtivo, pois o suprimento das necessidades básicas em alimentos da família independe da comercialização dos “excedentes”. As crises do mercado podem afetar o núcleo produtivo, mas não inviabilizam sua sobrevivência. Uma vez que os insumos obtidos fora do sistema

produtivo são de difícil acesso, o agricultor familiar necessariamente otimiza o uso dos recursos disponíveis, mantém altos níveis de biodiversidade, recicla nutrientes e extrai os recursos naturais existentes até o limite da sua reprodução.

Os conhecimentos e as técnicas expressas nestas formas de produção propiciam os recursos necessários e suficientes à reposição biológica, energética e protéica, da força de trabalho familiar. Os ribeirinhos aproximam-se da auto-suficiência e da tão propalada sustentabilidade, em razão de os seus sistemas de produção e gestão permitirem uma redução da demanda por ações monetarizadas (valor de troca) entre mercadorias, características das formas homogêneas e especializadas da produção agropecuária da economia de mercado (NODA, 2003).

A agricultura praticada pelos produtores familiares de várzea é sustentável, na medida em que for considerada como um processo contínuo e estável de produção, no qual a entrada de nutrientes no sistema, em grande parte, é promovida pela sua própria reciclagem. As técnicas de produção são mais limpas quando comparadas com aquelas praticadas pela agricultura “moderna”, em virtude do uso restrito de agroquímicos.

Ao contrário do que tem ocorrido nas áreas de assentamento dirigido, a agricultura familiar na várzea do rio Solimões não vem promovendo o corte de matas primárias para a instalação de lavouras e pastos, devido ao uso de técnicas tradicionais de recuperação da fertilidade dos solos (pousio), que, associado à ocupação de áreas de pequenas dimensões para a produção agrícola (roças, plantios e sítios), permite uma atividade agrícola sustentável, do ponto de vista ambiental, propiciada pelos ciclos de consumo (agricultura) e entrada de nutrientes (pousio) no sistema de produção. O nível de diversidade biológica nas unidades de produção agropecuária da várzea do rio Solimões-Amazonas é muito elevado se se comparar com o nível observado na agricultura de monocultivo de outras regiões brasileiras (NODA, 2003).

Os produtores de várzea produzem uma quantidade e uma qualidade de produtos agrícolas capazes de satisfazer as necessidades de alimentos das unidades de consumo familiar. Por outro lado, o manejo dos ambientes naturais, responsáveis por parte do suprimento de alimentos fundamentais, permite aos produtores as práticas do extrativismo animal e vegetal sustentáveis a partir de uma cronologia baseada nos ciclos biológicos naturais (estoques pesqueiros e extrativismo vegetal na floresta) (NODA, 2003).

Vamos detalhar os quatro componentes principais dos sistemas de produção e gestão dos ribeirinhos do alto Solimões: (i) a roça, (ii) a pesca, (iii) o sítio e (iv) o extrativismo animal e vegetal.

3.3.5 A Roça

A técnica de produção agrícola mais empregada pelos ribeirinhos é a que se denomina sistema agroflorestal, no sentido amplo. Noda e Noda (1994) conceituam essa técnica como manejo de terras que envolvem a integração simultânea e seqüencial, entre árvores e animais e/ou cultivos agrícolas que obtêm um incremento da produtividade. O processo de produção da agricultura familiar é uma reconstrução cultural organizada de maneira a equiparar-se, estrutural e funcionalmente, às florestas, como arquétipos de paisagem antropogênica.

O subsistema agrícola dos ribeirinhos denominado localmente de “roça” consiste de parcelas cultivadas anualmente, em regime de monocultura, rotação, consórcio ou “pousio”. Nessa produção agrícola, o processo de trabalho tem início com o preparo da área para o plantio, tarefa que, normalmente, ocorre nos meses de junho a julho, logo após o início da descida das águas. Se o preparo é de área de mata, sua preparação exige os trabalhos de broca, derrubada, rebaixamento, queima, encoivramento e limpeza. O preparo da área é executado pelos homens adultos e jovens (geralmente com apoio do ajuri) e, somente em casos de extrema necessidade, é executado por mulheres. Esta divisão sexual do trabalho ocorre porque as tarefas são consideradas muito “pesadas”, de “trabalho duro”, executadas em sua grande parte na “base” do machado e terçado, e as pessoas ficam expostas aos insetos (formigas, abelhas, marimbondos, etc.), o que exige muita força e resistência física. Quando, por algum motivo, a queima não é bem-sucedida, faz-se uma requeima.

Se o terreno já tiver sido trabalhado em anos recentes e a vegetação for de porte baixo (capoeira nova), constituída por gramíneas e arbustos, o preparo do terreno exigirá apenas broca seguida de queima e limpeza, que pode ser executada antes da subida das águas, principalmente nas áreas onde são plantadas as hortaliças, ou logo depois da vazante (NODA, 2004).

As várzeas que são frequentemente inundadas por período mais longo, geralmente não são aproveitadas para a agricultura por causar problemas às plantas dos sítios. A inundação também gera a presença de uma lâmina de água, a qual provoca muito calor em

dias quentes, cozinhando as raízes das plantas, matando-as ou tornando-as fracas e suscetíveis à enxurrada.

Um componente importante do sistema agroflorestal do produtor tradicional é a agricultura de pousio. Dados obtidos por Silva (1991, apud NODA, 2007) e por Pereira (1992, apud NODA, 2007) evidenciam que a técnica do pousio possibilita o solo recuperar a capacidade produtiva: (i) pelo controle das ervas invasoras pela vegetação sucessional, (ii) pelo restabelecimento dos processos biopedogênicos do solo ou (iii) por ambos.

O tempo de pousio varia em razão do tamanho da área apropriada e da vegetação remanescente (NODA et al., 2007). SILVA (1991, apud NODA, 2007) mostra que a área média, por família, cultivada com mandioca varia de 0,85 ha a 3,65 ha. Se considerarmos um prazo de 10 anos de repouso com capoeira (geralmente, o período de repouso adotado é menor) e 3 anos de cultivo consecutivos, então a área total ocupada no sistema pousio – a área cultivada e a capoeira – seria de 2,89 ha a 12,41 ha, em média.

No manejo de pousio descrito por Branco (1993, apud NODA, 2007), podem ser reconhecidas duas vertentes para os processo de trabalho, Uma de pousio arbustivo ou tradicional e outra de pousio melhorado. O pousio arbustivo é um processo pelo qual a área é utilizada por dois ou três anos, e é novamente abandonada para o desenvolvimento espontâneo de capoeira (floresta secundária). O pousio melhorado é um processo pelo qual o tempo de descanso da terra utiliza outra racionalidade com a área que é enriquecida pelo plantio de espécies frutíferas.

As principais culturas, em termos de área média plantada, são a mandioca, o milho e o feijão caupi, cujos processos de cultivo são os tradicionais. O cultivo em consórcio é por vezes utilizado para melhor racionalizar o uso das áreas de terras. O sentido é ter-se uma sucessão de cultivos a partir de uma combinação espacial e temporal em acordo com o ecossistema, o ciclo produtivo e a arquitetura de cada cultura (NODA, 2004).

Os consórcios podem ser formados por mais de duas espécies. Nas propriedades mais tradicionais, as espécies vão sendo substituídas num processo semelhante ao da sucessão ecológica natural. A área é inicialmente plantada com as culturas de ciclo curto, hortaliças, como jerimum, maxixe e melancia, intercaladas à plantação de mandioca. Após a colheita das hortaliças, a mandioca estará completando seu ciclo de maturação e poderá ser colhida. A partir da implantação de mudas de outras fruteiras, formar-se-á uma comunidade vegetal que terá a composição estrutural de uma floresta cultivada (NODA, 2004). Por

exemplo, se a área cultivada estiver numa cota mais elevada, acima da cota média da enchente, o local poderá ser semeado com mudas de banana e se transformará em um bananal. Os tipos de consórcio mais comuns são os de mandioca x jerimum, milho x feijão, mandioca x banana e milho x juta. A espécie que ocupa a maior área (em termos absolutos) é a mandioca (32,2%), seguida pelo arroz (19,3%) e pelo milho (10,3%) (NODA, 2000).

O policultivo e os consórcios praticados pelos ribeirinhos são, ao mesmo tempo, uma estratégia agrônômica e econômica. A diversificação de espécies confere um melhor aproveitamento dos recursos às culturas com: (i) mecanismos de proteção contra o ataque de pragas e doenças e (ii) um melhor aproveitamento do solo e da luz. A mesma diversificação confere ao agricultor familiar uma estabilidade econômica em relação ao mercado, uma vez que, se um produto não tem um bom preço, os outros podem vir a ser bem remunerados e, na média, o produtor reduz o impacto do mercado sobre os preços dos produtos. Isso garante a obtenção de uma renda monetária que, apesar de não corresponder aos custos de produção, possibilita um planejamento de gastos mais satisfatório (NODA, 2004).

As atividades de roça, apesar de algumas semelhanças, variam de acordo com a cultura empregada. Em geral, o plantio é feito manualmente com o espaçamento indicado pela prática, para cada cultura. É executado pelos membros da unidade familiar de produção sem grandes distinções na divisão sexual do trabalho. Os tratamentos culturais são realizados de acordo com cada cultura e envolvem, geralmente, somente capinas periódicas para combater plantas invasoras.

A colheita dos produtos é feita manualmente e quase nunca é feita em apenas uma etapa, mas em vários momentos para um mesmo ciclo da cultura. Nela participam os membros das famílias, sem que haja, novamente, quase nenhuma divisão sexual do trabalho. O transporte durante essa fase é feito em sacos ou paneiros, numa ação tradicional. O beneficiamento, quando existe, é feito sempre de modo artesanal com equipamentos rudimentares. Destacam-se a salga do peixe, o beneficiamento da mandioca, que dá como principal produto a farinha, a transformação da madeira para fazer canoas ou construções na propriedade, o preparo do vinho de açaí, etc. O armazenamento dos produtos, quando existe, é feito em embalagens rústicas tais como latas, sacos e garrafas (NODA, 2004). As sementes são obtidas em sua grande maioria na propriedade, assim como as mudas de plantas, entre as principais, as de macaxeira e mandioca. As sementes de hortaliças são adquiridas fora da propriedade (NODA, 2004).

O cultivo da mandioca é a característica mais marcante do subsistema agrícola: os cultivares venenosos são denominados mandioca e os não venenosos, macaxeira (a diferença está centrada na concentração de ácido cianídrico principalmente nas raízes e nas folhas), ambas da espécie *Manihot esculenta* Crantz. A mandioca é um componente básico do sistema de produção agrícola na Amazônia, quer em regiões de terra firme, quer em regiões de várzea, dada a sua dupla finalidade: subsistência e comercialização. É praticamente o único produto agrícola que é comercializado após processamento. Assim como os povos autóctones da Amazônia, o agricultor familiar transforma quase toda a sua produção de raízes da mandioca, ricas em amido, em farinha, utilizando-se de processos inteiramente artesanais (NODA, 2004).

Ao contrário dos cultivares da terra firme, os cultivares de mandioca utilizados na várzea são preferencialmente precoces, dado o limitado tempo de cultivo entre uma enchente e outra. Esta característica da várzea impede que os agricultores possam “armazenar” as raízes rizomatosas, postergando a colheita, como fazem os agricultores de terra firme com seus cultivares tardios. Muitas vezes, a família do agricultor de várzea tem que processar (colher, descascar, triturar, torrar) toda a sua produção em poucos dias, para evitar perdas causadas por uma enchente mais rápida e antecipada (NODA, 2004).

Os agricultores conseguem manter uma grande variabilidade genética nas populações das espécies de plantas que cultivam. Essa riqueza genética é um dos fatores principais para o equilíbrio e sustentabilidade.

O cultivo da mandioca e macaxeira é realizado em monocultivo ou sob a forma de consórcio com hortaliças, feijão, milho, banana e outras fruteiras, e a produção é destinada ao consumo e venda. A farinha de mandioca tem um consumo médio anual, na região, estimado em 65 kg por habitante. A produtividade obtida na região, com as técnicas tradicionais, é estimada entre 3.600 kg e 10.000 kg por hectare (NODA, 2004; RIVAS, 2002).

O milho é produzido em monocultivo, e o rendimento estimado em grãos varia de 640 kg por hectare (Alto Solimões) até 2.000 kg por hectare (Médio Solimões). Para a produção em espiga verde, o rendimento estimado é de 2.000 a 4.800 unidades por hectare em consórcio e 15.000 unidades por hectare em monocultivo, e são cultivadas basicamente três variedades (NODA, 2004; RIVAS, 2002).

Para a produção de bananas, a diversidade é grande, de maneira geral, e os rendimentos estimados em cachos variaram de produtividades de 60 unidades por mês por hectare (consórcio) até produtividades de 400 a 1.000 unidades por mês por hectare em monocultivo por unidade de produção. O feijão caupi tem um rendimento estimado entre 1 e 2 toneladas por hectare em uma unidade de produção e é destinado para a venda. O feijão de metro é cultivado em consórcio, para consumo e venda, e o rendimento estimado é de 10 maços/semana, na região do Médio Amazonas (NODA, 2004; RIVAS, 2002).

3.3.6 A Pesca

O extrativismo, na sua versão animal, tem na pesca a sua principal manifestação social, econômica e cultural na região. Por esse motivo, a pesca será descrita de forma isolada das demais formas de extrativismo. A pesca é uma prática que vem sendo desenvolvida no estado do Amazonas por vários séculos pelos índios e foi rapidamente incorporada pelos mestiços. Estes passaram a ocupar predominantemente as margens dos cursos d'água, sempre observando os hábitos da pesca indígena, aprimorando os utensílios e adequando-os às suas necessidades de maior produção por tempo disponível para a atividade. O arco e flecha, a zagaia e o arpão (haste) são exemplos de artefatos introduzidos pelos indígenas, que ainda hoje são utilizados nas áreas rurais, porém, com inovações tecnológicas que garantem uma maior possibilidade de acerto quando lançados, e que dificultam a saída da presa quando alvejada (NODA, 2004).

De acordo com Roberts (1972, apud RIVAS, 2002), até 1967, havia aproximadamente 1300 espécies de peixes listados no *Zoological Records* para a bacia amazônica. A Amazônia detém 25% do total estimado das espécies de peixes do mundo.

Bayley e Petrere Jr. (1989, apud RIVAS, 2002) apresentaram uma estimativa da produção pesqueira da bacia amazônica de 198.000 toneladas, que estaria muito abaixo da estimativa potencial conservativa apresentada de 902.000 toneladas obtida por meio de estudos comparativos com outros sistemas fluviais. Entretanto, há uma grande carência de informações biológicas básicas e a inexistência de estatísticas pesqueiras confiáveis na região. Os fracassos das iniciativas de manejo pesqueiro na Amazônia geram uma situação que pode ser caracterizada como ausência de administração, uma vez que não há uma política explícita para o manejo dos estoques pesqueiros.

Coexistem cinco modalidades de pescas distintas na bacia amazônica: (i) a pesca comercial multiespecífica destinada ao mercado local; (ii) a pesca comercial mono-específica

para exportação; (iii) a pesca de subsistência; (iv) a pesca em reservatórios e (v) a pesca de peixes ornamentais (RIVAS, 2002).

A principal atividade econômica da região é a pesca comercial para a exportação, realizada no rio Solimões, para a captura de bagres. A produção é vendida para os grandes comerciantes de peixe e se destina à exportação. Segundo autoridades locais, cerca de 90% da produção é exportada para a Colômbia, pela cidade de Letícia, sem qualquer controle dos órgãos competentes. Estima-se que, no período da safra do peixe-liso (de agosto a novembro), saem cerca de 44 toneladas semanais de pescado da cidade de Letícia para a cidade de Bogotá, em aviões cargueiros (ALENCAR, 2003).

A pesca comercial de outras espécies menos valorizadas, “peixe miúdo”, tem sua produção voltada para abastecer a demanda de consumo dos mercados locais e é vendida nos mercados e feiras abertas, geralmente localizadas nos portos. Segundo estimativas dos setores que atuam no setor da pesca, os pescadores da várzea são os principais responsáveis pela produção, com pescadores que moram na área urbana. A avaliação das autoridades locais e de representantes de entidades ligadas aos pescadores e empresários de pesca é que a falta de controle sobre a exportação da produção ou de impostos que sejam revertidos em benefício dos municípios, vem resultando em sérios problemas ambientais e sociais, com a redução dos estoques pesqueiros na região (ALENCAR, 2003).

A pesca de subsistência tem grande representatividade na sustentabilidade da região, principalmente porque o peixe é a principal fonte de proteína das famílias ribeirinhas (em torno de 90,6%), o que indica que a prática da pesca é intensa. Ela é executada nos lagos, igapós, poços e rios; usa-se como meio de transporte a canoa movida a remo (NODA, 2004).

A pesca de subsistência é executada pelos homens adultos e jovens e pelas crianças, como mecanismo de liberação dos outros membros da família para outras atividades e como processo educativo sobre o manejo do ambiente aquático. A quantidade de pescado por pescaria é pequena, uma vez que não possuem equipamentos e materiais para conservação. No entanto, a pesca representa a possibilidade de reprodução biológica dos ribeirinhos, nos diferentes tempos de produção, principalmente pelo fato de, nos períodos de enchente, chegar a representar a sua única fonte alimentar e de renda (NODA, 2004).

No alto Solimões, as águas começam a subir em novembro, no final do «verão». No auge do «inverno», que acontece entre os meses de março, abril e maio, a pesca é quase

totalmente voltada para o consumo, e os ingressos monetários provenientes da venda do peixe diminuem, piorando a situação financeira dos moradores da várzea. Os dados de campo mostram que nesse período os pescadores tendem a investir mais tempo e dinheiro com a pesca e a ter menos retorno, enquanto no verão ocorre o contrário: menos gasto, menos tempo de trabalho e maior produtividade (ALENCAR, 2003).

O caráter de “propriedade comum” dos recursos pesqueiros e de “acesso aberto” às pescarias constitui o principal argumento para justificar a depleção dos estoques não manejados (HARDIN, 1968), o que remonta, em essência, à Lei Geral da Pesca, proposta por Graham (1935, apud RIVAS, 2002), uma vez que os estoques pesqueiros explorados que não sejam manejados estão condenados à falência.

Conflitos nas localidades entre pescadores-urbanos x pescadores-agricultores, pela finalidade do uso do pescado (comercial x subsistência) foram relatados em 85% dos casos pesquisados por NODA (2007). A razão dos conflitos faz parte do processo de privatização do recurso coletivo, o peixe. Esse processo ocorre quando trabalhadores do mercado informal, moradores em áreas urbanas, praticam atividades de pesca, com o assalariamento temporário junto a armadores de pesca comercial ou como forma de participação diária na atividade de pescar, para complementação monetária, auferida na comercialização de pescado, e provimento alimentar de seus familiares no urbano (NODA, 2003).

O estabelecimento de formas de propriedade de ambientes aquáticos, especialmente de lagos, executado de maneira informal ou formalizado por instâncias que suscitam dúvidas quanto à sua competência (governos municipais) vem disseminando-se na Amazônia Brasileira (HARTMAN, 1992, apud RIVAS, 2002; FURTADO, 1993, apud RIVAS, 2002). Esse processo é uma resposta das comunidades às ameaças de depleção dos recursos pesqueiros dos lagos que constituem autênticas reservas alimentares.

O controle do acesso dos pescadores aos recursos existentes em seus territórios ocorre pelo fechamento dos lagos e o impedimento da pesca nos trechos de rio situados na frente das comunidades. Também são estabelecidas regras que garantem a exclusividade da exploração por determinados grupos sociais. A decisão de controle dos recursos de pesca ocorre quando: (i) os moradores se sentem prejudicados com as atividades de pesca praticadas por pessoas de fora das comunidades, ou (ii) a renovação dos estoques pesqueiros e a capacidade produtiva dos lagos estão ameaçadas. (ALENCAR, 2003).

O fechamento resulta em conflitos que envolvem pescadores “de fora”, numa referência tanto a moradores da área urbana quanto a moradores de comunidades vizinhas. Os conflitos evidenciam a maneira como as comunidades delimitam seus territórios, cujas fronteiras não são claramente discernidas pelos “de fora”. Os que se sentem prejudicados recorrem à legislação vigente para garantir seus direitos. Geralmente as atividades de regulamentação do uso dos recursos não se efetivam com a participação do poder público municipal. Ele é acionado apenas quando é necessária a mediação entre os diferentes atores envolvidos nos conflitos ou em caso de invasão de territórios, que tenham proteção legal como as terras indígenas (ALENCAR, 2003).

3.3.7 O Sítio

Os “sítios” são um subsistema de uso da terra do sistema agrícola que envolve o cultivo e manejo de espécies arbóreas (principalmente frutíferas), não arbóreas para uso alimentar, medicinais, ornamentais e, eventualmente, essências florestais. Os sítios estão intimamente associados a cultivos agrícolas anuais e perenes e a animais domésticos de pequeno porte, e o conjunto é intensivamente manejado pela mão-de-obra familiar, com especial destaque ao papel do trabalho feminino e infantil; a participação do trabalho masculino restringe-se a eventuais capinas (NODA et al., 2007).

A criação de animais de pequeno porte, como galinhas e porcos, serve como uma poupança, mas também é afetada pela sazonalidade. Parte da criação pode ser perdida numa cheia mais rigorosa. É comum que, ao final do inverno, as criações estejam reduzidas a menos da metade. Como não é possível prever o volume de água das alagações anuais, a prudência e a experiência indicam que é melhor ter poucos animais. A venda deles nos momentos em que a produção pesqueira diminui é a principal fonte de renda para as famílias de várias localidades (ALENCAR, 2003).

Nos sítios, os ribeirinhos plantam as espécies de modo aparentemente desordenado (pois parecem existir motivos para certas associações), em área próxima às casas da comunidade. A racionalidade de implantação dos “sítios” é baseada na biodiversidade natural e difere substancialmente do plantio de culturas convencionais, baseados na simplicidade do ecossistema agrícola. Os produtores dificilmente conhecem a área exata plantada em sítios (NODA, 2004; RIVAS, 2002).

O sítio é uma estratégia usada para a complementação: (i) da alimentação familiar em frutas e outros produtos (por exemplo: açaí, bacaba, cajá-manga); (ii) da alimentação

animal; (iii) da disponibilidade de medicamentos e (iv) da renda familiar, quando há excedentes (por exemplo: abacate, cupuaçu, cítricos, etc.). Entretanto, devido às características de «isolamento» das comunidades ribeirinhas na região, é muito mais freqüente que estes excedentes sejam doados a outras famílias ou a parentes (NODA, 2000). Essa produção suplementar pode ajudar na auto-suficiência do produtor (por exemplo: café, cana-de-açúcar), e a variedade de espécies plantadas permite uma produção ao longo de todo o ano.

De um modo geral, existem similaridades na implantação e manutenção dos sítios nas diferentes comunidades, entre as quais se destacam (NODA, 2004):

- a) as sementes são provenientes de frutos que o produtor comeu e “achou bom” ou de árvores recomendadas pelos vizinhos;
- b) as mudas são preparadas pelo próprio produtor ou, mais freqüentemente, por sua esposa;
- c) o plantio é feito quando sobra tempo de outros afazeres, na época de chuvas, e sem regra especial de espaçamento;
- d) a capina é feita uma ou, no máximo, duas vezes por ano;
- e) não há adubação, ou no melhor dos casos, algum resíduo de mandioca é jogado nos pés das árvores, e de modo não sistemático;
- f) não há uso de agrotóxicos;
- g) não é costume podar as árvores.

Os sítios são verdadeiros “bancos de germoplasma *in situ*”, onde novos cultivares e novas espécies são introduzidas e testadas. As de uso corrente são mantidas pela família, como um recurso para a restauração das roças e outros tipos de plantios, inclusive com estratégias próprias para fazer frente às enchentes (jiraus ou latas com mudas, para replantio após inundação).

Segundo Noda (1993), essas áreas têm funcionado como refúgio de plantas de origem indígena, como o ariá, cubiu, taioba, cará do ar, batata cará e plantas medicinais. Essa diversidade é mantida por meio de permuta de sementes, mudas e mais raramente de estacas, com vizinhos, parentes e amigos, e mediante a compra ou busca de sementes nas comunidades urbanas, próximas ou longínquas (NODA, 2004). Noda et al. (2002) encontraram 49 espécies arbóreas, entre frutíferas e essências florestais, 25 espécies alimentares não arbóreas e 15 espécies medicinais.

Os processos de trabalho nos sítios consistem essencialmente de: preparação de mudas, plantio ou transplante de mudas, capinas, coleta de frutos e, mais raramente, poda ou desbaste e eliminação de indivíduos indesejáveis, velhos ou pouco produtivos. As ferramentas mais utilizadas são o terçado, o podão, a enxada e o machado, além dos paneiros para o transporte de frutos e mudas (NODA, 2004). As formas tradicionais de produção normalmente utilizam animais de pequeno porte (aves e suínos) criados, geralmente, com restos de alimentos e de processamento de produtos (NODA et al., 2007).

Além das questões afetas à produção de alimentos, os sítios formam um espaço privilegiado de socialização do grupo familiar, abrigando não só momentos de lazer, como também os jogos e a iniciação às atividades agrícolas das crianças menores. Atividades como fabricação e conserto de apetrechos de pesca e instrumentos agrícolas, preparação de hortaliças para a comercialização e atividades de pós-colheita se dão com frequência nos sítios (NODA, 2004).

3.3.8 O Extrativismo Animal e Vegetal

A pesca é praticada tanto na cheia como na vazante dos rios, ao passo que a caça é mais importante na composição alimentar das famílias ribeirinhas, na época da cheia, quando há uma maior facilidade de encontrar as presas. A caça, executada pelos homens adultos e jovens em sua grande parte, apresenta-se como uma atividade em declínio devido à atual escassez de animais, que subsistem em algumas localidades, mas de forma quase especializada (capivara, cotia, porco do mato, jacaré, aves etc.) (NODA, 2004).

A caça pode ser considerada como uma atividade de subsistência. As “carnes de caça” são iguarias que ajudam a variar o cardápio básico, considerado por muitos como monótono: peixe, farinha e frutas. Apesar de ter sido posta na ilegalidade, com o advento do Código de Defesa da Fauna na década de 1960, a comercialização de carnes, peles e de animais vivos ainda é uma atividade econômica importante para algumas famílias da região (NODA, 2004).

As duas técnicas principais de caça utilizadas na região são rudimentares e popularmente conhecidas como “a espera” e “caça com cachorros”. A “espera” consiste em esperar no lugar em que os animais vão comer e beber. A caça com cachorros dispensa maiores detalhamentos.

A importância da caça na alimentação familiar, a frequência de saídas para efetuar a caça e o tamanho das capturas são variáveis em cada comunidade, conforme as condições locais. Entretanto, podemos apresentar algumas estimativas desses eventos. O consumo médio estimado é de 14,7 kg por pessoa e por ano. Os caçadores caçam, em média, 3,6 vezes por mês no verão e somente 0,5 por mês durante o inverno (BONAUDO et al., 2004).

Os rendimentos da caça, bem como o tamanho das espécies caçadas, variam em razão da porcentagem de floresta no território de caça. É consenso na região que, quanto maior for o desmatamento no local, maior será o tempo necessário para pegar um animal e menores serão os animais caçados. Os caçadores capturam cerca de um animal por saída, independentemente da porcentagem de floresta. No entanto, o tempo necessário para pegar um animal diminui quando a proporção de floresta aumenta no meio ambiente, enquanto que o peso de carne caçada por saída aumenta (BONAUDO et al., 2004).

O extrativismo vegetal é uma atividade realizada na floresta (áreas comunais) que constitui um elemento permanente da paisagem. São alimentos, condimentos, remédios, aromáticos, madeiras, gomas e fibras (NODA et al., 2007). Os homens realizam as atividades relacionadas com a madeira e com os produtos, como o mel, os óleos essenciais etc. As crianças, após sua entrada na unidade de produção, colaboram na coleta de lenha para os fornos de farinha e fogão a lenha, além de coletarem frutos silvícolas, como o açaí, a pupunha, o tucumã, o buriti, a bacaba etc.

Alguns produtos extraídos podem apresentar expressão econômica no mercado formal (castanha do Brasil, açaí, pupunha, borracha etc.). Os principais produtos extraídos da floresta para fins industriais e medicinais são: mel, copaíba (óleo) e andiroba (óleo). As principais espécies utilizadas para fins alimentares são o açaí e a tucumã. Algumas espécies madeireiras são utilizadas para a confecção de móveis, construção civil e como lenha. Os produtos são extraídos, principalmente, para consumo próprio; os que aparecem como comercializáveis são: o açaí, o cipó-titica, a madeira, o óleo de copaíba e o mel.

SILVA (1991, apud NODA, 2007) mostra que a atividade extrativista numa comunidade de agricultores tradicionais, representada pela pesca, caça de animais silvestres e coleta de frutas, é fundamental para a manutenção de uma dieta diversificada, equilibrada e rica em proteínas de alta qualidade que possibilita, mediante a integração das atividades de agricultura e extrativismo, a auto-suficiência em alimentos com uma produção bem acima das necessidades nutricionais, tanto de produtos de origem vegetal como animal.

O extrativismo vegetal é, também, uma atividade bastante freqüente e em algumas regiões é um dos componentes de geração de renda monetária das famílias, geralmente nos casos em que ocorre o manejo do açaí para produção de frutos e palmito. Cabe ressaltar que as áreas de maior concentração demográfica regional implicam melhores condições de energia e, conseqüentemente, apresentam condições mais favoráveis em termos de viabilidade de escoamento da produção, devido à proximidade dos principais eixos de desenvolvimento (NODA, 2003).

3.4 BENJAMIN CONSTANT

O município de Benjamin Constant está localizado no estado do Amazonas, na região do Alto Solimões (na “Amazônia Continental”), à margem direita do Rio Solimões, na confluência do rio Javari, a uma distância aproximadamente de 1.600 km de Manaus (via fluvial); faz fronteira com o Peru e está próximo da fronteira com a Colômbia (Figura 3.01). Sua superfície é de 8.743 km². A sua população é aproximadamente de 22.700 habitantes (IBGE, 2000); cerca de 40% dessa população é rural e habita 59 comunidades (39 ribeirinhas/caboclas e 20 indígenas – Figura 3.02). Cerca de 85% da área do município se constitui Terras Indígenas demarcadas. A área da reserva do Vale do Javari, onde estão situados os rios mais piscosos da região, foi protegida pelo governo federal em 1996.

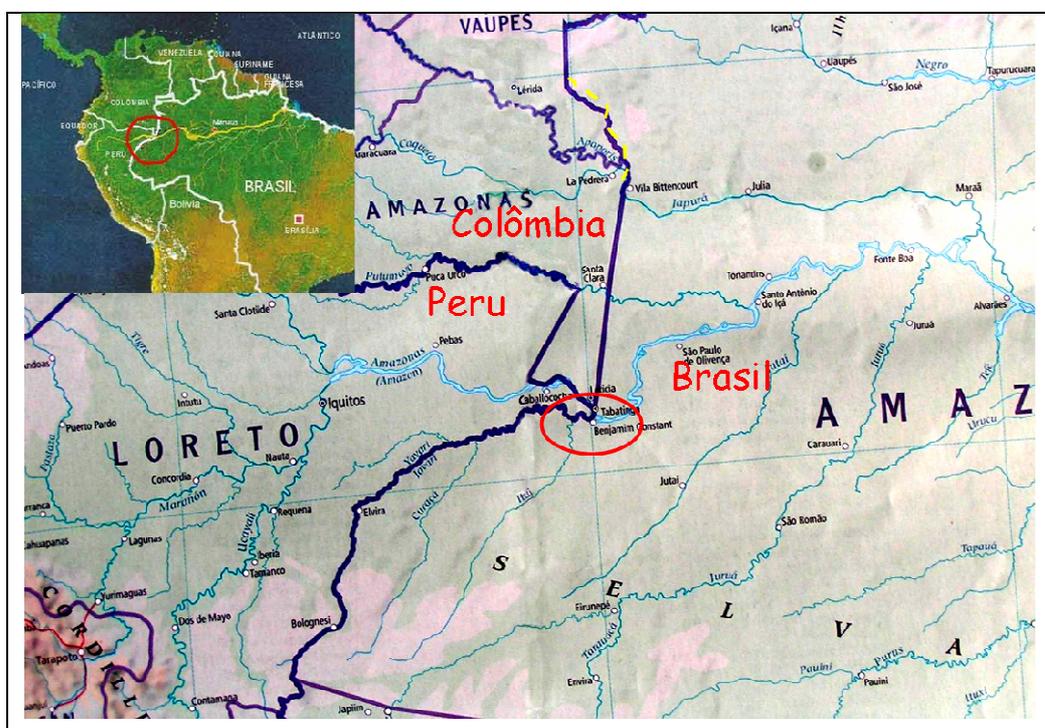


Figura 3.01 - Localização de Benjamin Constant-AM

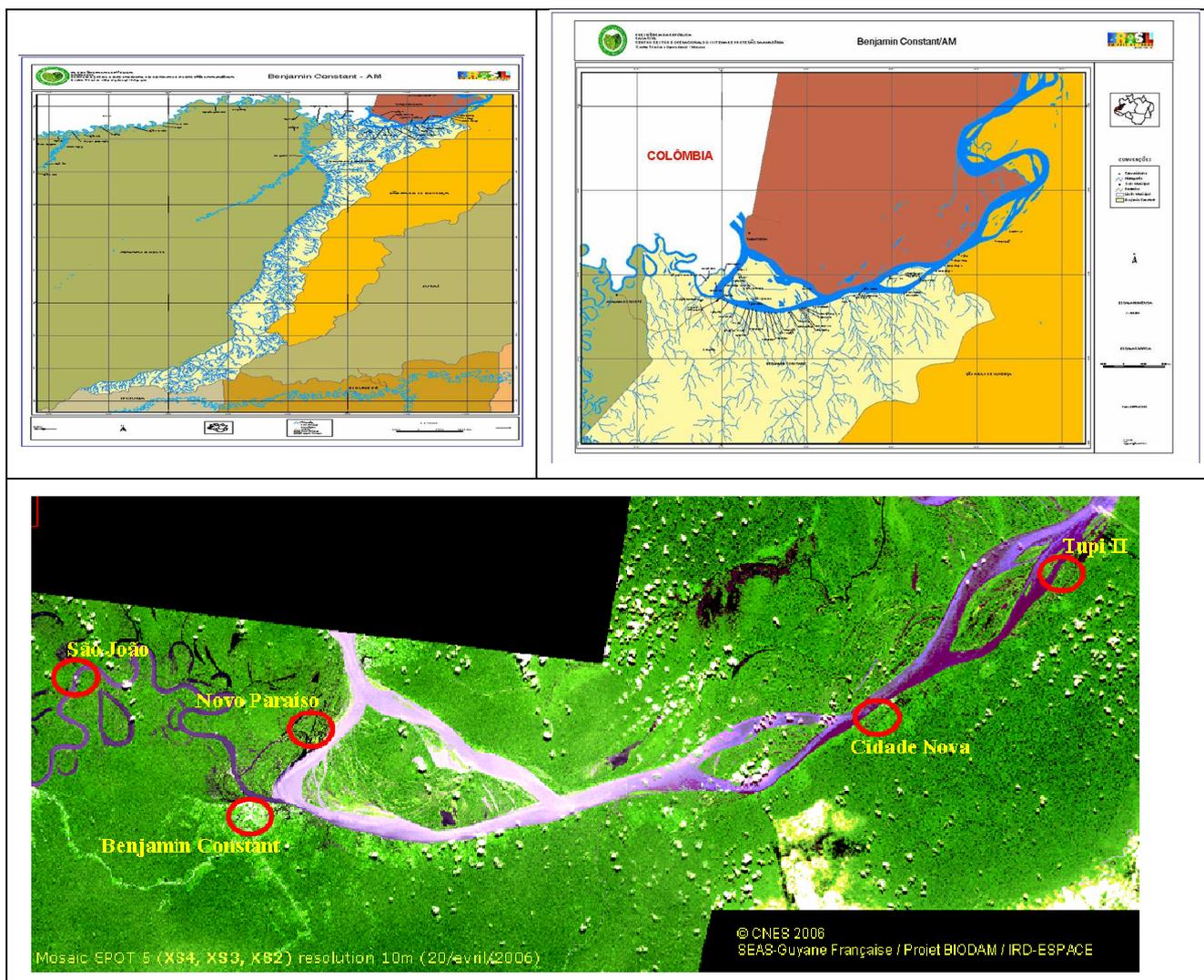


Figura 3.02 - Localização das comunidades rurais de Benjamin Constant

O relevo se constitui, essencialmente, de superfícies planas de terra firme com suaves ondulações, e de aluviões periodicamente inundados (*várzeas*). A vegetação é constituída, principalmente, por floresta densa úmida sempre verde, com formações que dependem das flutuações dos cursos de água. Os tipos de solos mais comuns são argilosos, arenosos, húmosos e aluviais, com cobertura sedimentar terciária. Os leitos dos rios da região são instáveis, com grande ocorrência de erosão fluvial marginal (terras caídas). O rio Solimões e o rio Javari têm uma grande concentração de sedimentos em suspensão (incluindo sais minerais, nutrientes e matéria orgânica), e a sua morfologia em meandros (aliada aos ciclos de vazantes e enchentes) apresenta diversas ilhas e várzeas de solos férteis e eutróficos (de alta produtividade agrícola).

O povoamento de BC data do início do século XVIII. Em 1750, já existia no vale do rio Javari a pequena vila de São José do Javari, criada pelos Jesuítas e povoada por Indígenas

Ticuna. Sua origem se constitui das nações Kambeba, Kocama e Ticuna, os quais surgiram após o desaparecimento dos Omáguas.

Em 1975, as principais atividades rurais do município de Benjamin Constant eram: (i) a exploração florestal com algumas serrarias que exportavam para o resto do Brasil e para o exterior; (ii) o extrativismo limitado à exploração do látex de seringueira e da castanha do Brasil, exportados brutos para Manaus; (iii) os produtos da pesca, também destinados ao mercado de Manaus e (iv) a pequena agricultura (1 a 2 hectares por agricultor), majoritariamente de sobrevivência ou como atividade complementar, já que em certas épocas do ano alguns desses pequenos agricultores se dedicavam a atividades paralelas, como a pesca, o extrativismo e a exploração florestal (IBGE, 2002).

A pecuária era principalmente um complemento; que existiam apenas 4 explorações unicamente dedicadas a esta finalidade. Os fatores que limitavam o desenvolvimento da agricultura e da pecuária eram: a situação fundiária, a ausência de assistência técnica e de circuito de comercialização. Os estabelecimentos industriais limitavam-se a 4 serrarias e uma fábrica de telha; estes não podiam se desenvolver mais por falta de transportes terrestres. Quanto aos serviços, eles eram insuficientes ou falhos (IBGE, 2002).

Apesar de a economia do município (IBGE, 2002) ainda estar baseada no extrativismo (madeira, borracha e gomas não-elásticas) e na agricultura (mandioca, banana, arroz, milho, feijão, melancia, cupuaçu, pupunha e cítricos), em 30 anos, o município mudou bastante. Agora, Benjamin Constant tem rede de abastecimento de água potável, eletricidade, rádio e televisão. Os serviços de saúde e educação se desenvolveram muito, com destaque à descentralização de agentes de saúde e de professores primários para as comunidades rurais.

Em Benjamin Constant, instalaram-se hotéis, restaurantes, bancos e comércios (com grande variedade de produtos importados da Colômbia e do Peru). A sede do município e suas proximidades vivenciam algumas atividades turísticas incipientes.

O modelo de desenvolvimento do município de Benjamin Constant pode ser considerado como sendo o "modelo tradicional" (LÉNA, 2002), que corresponde a *Amazônia dos rios*. Entretanto, apesar de este modelo ser econômico no manejo dos recursos naturais, segundo o próprio Léna (2002), os baixos preços pagos pelas produções locais tornam quase impossível a tarefa de manter uma qualidade de vida decente no meio rural.

O isolamento dessa região a poupou dos grandes movimentos de exploração que foram e ainda são vivenciados por outras regiões da Amazônia, principalmente no arco do povoamento. Dessa forma, preservou-se em grande parte a originalidade e a integralidade destes ecossistemas. Em decorrência disto, a região é considerada área prioritária para a conservação da diversidade biológica, cultural e paisagística (ISA, 2001), e ainda que seja insuficientemente conhecida, ela é julgada estratégica.

Os principais problemas da região (principalmente nas áreas rurais), segundo a percepção de seus próprios habitantes (na oficina realizada em janeiro de 2006), são:

- a) falta de infra-estrutura (saneamento e iluminação pública);
- b) dificuldades de transporte e de comunicação;
- c) dificuldades de acesso a educação (ensino médio e superior) e ao sistema de saúde; e
- d) falta de apoio técnico e financeiro.

Também foram citados: o alcoolismo, as drogas, a gravidez na adolescência, o desmatamento, a poluição, a segurança pública, a falta de emprego e a desvalorização dos produtos locais. Como possíveis soluções para estes problemas, também apontadas pelos habitantes, estão: (i) maior apoio público (municipal), (ii) maior organização social, (iii) maior investimento público (federal e estadual).

Desde 1990 a UFAM mantém um campus avançado no local, que atende todos os municípios da região e que dispões de 382 vagas anuais em cursos de nível superior. O novo projeto da UFAM, já aprovado, prevê a autonomia do campus local, com a contratação aproximadamente de 100 professores e 70 funcionários administrativos nos 4 próximos anos (até 2010).

Desde 1995, o INPA coordena, em parceria com a UFAM, um projeto de pesquisa e desenvolvimento que envolve a Alta bacia do rio Solimões, para adquirir um melhor conhecimento dos sistemas de produção agroflorestais próprios da agricultura familiar, em áreas que são temporariamente inundadas (*várzeas*) ou não (*terra firme*). O projeto implantou o NERUA – Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos da Amazônia – que tem trabalhado com doze comunidades ribeirinhas de Benjamin Constant. As ações do NERUA já permitiram uma melhoria na qualidade de vida dessas comunidades (radiofonia, sistemas fotovoltaicos, saneamento rural etc.), com um desenvolvimento da organização social e uma otimização da utilização dos recursos naturais (conservação *in situ*).

A equipe de Benjamin Constant participa de diversas redes temáticas e interdisciplinares que atuam tanto no âmbito local quanto no regional, nacional e internacional, através de ações de capacitação de recursos humanos, de pesquisa, de apoio técnico, etc. Benjamin Constant, portanto, tem sido um foco de referência na formação e capacitação de recursos humanos na região. Avanços significativos foram realizados nos últimos anos quanto a ferramentas e abordagens científicas. As abordagens em pesquisa-ação, aliadas a um trabalho de equipes interdisciplinares têm proporcionado novos métodos de coleta de informações, e novas perspectivas de interpretação das dinâmicas.

Estas iniciativas demandam um processo de formação bastante amplo, que envolvem não apenas os estudantes e pesquisadores, mas também os professores e as instituições locais, que participam diretamente na construção regional das regiões de fronteira. Há, portanto, uma grande demanda em ferramentas e metodologias para monitorar o processo de desenvolvimento territorial (urbano e rural), tanto em termos da sociedade civil, quanto do setor institucional e da comunidade científica. A manutenção das melhorias de estrutura montadas nas comunidades demanda a capacitação local e apoio técnico especializado. A continuidade das pesquisas na região tem uma grande dependência de apoio logístico, devido ao isolamento espacial das comunidades rurais locais, principalmente de transporte fluvial (embarcação e combustível). A formação de quadros técnicos locais, bem como a capacitação dos atores locais, também demanda um grande apoio em logística.

É imprescindível consolidar e reforçar as competências locais para monitorar o processo de construção regional na Amazônia através da formação de recursos humanos na análise das dinâmicas sociais, econômicas, geográficas e do uso da terra, inclusive também o aspecto comparativo entre as diferentes regiões amazônicas.

3.4.1. A comunidade de São João

A história das pequenas comunidades do Alto Solimões não tem muitos registros documentais. Nesta situação, a história oral, mesmo subjetiva, seria uma fonte legítima para acessar os acontecimentos do passado. Lima e Alencar (2001) constataram que nem a história das comunidades, nem o histórico geral da região são conhecidos coletivamente pelos moradores. A construção das histórias de cada lugar – seus fundadores, moradores, mudanças em suas localizações, extinções e respectivas datas – é baseada, geralmente, em somatórios e cruzamentos de informações dadas por diferentes pessoas.

A construção de uma memória social através do testemunho do grupo que vivenciou

os fatos é dificultada pela descontinuidade das redes de relacionamentos pessoais, principalmente pelas mudanças ambientais e pela mobilidade da população. As mudanças ambientais dificultam o uso de um referencial geográfico fixo para a construção de uma memória sobre o lugar. A mobilidade das populações restringe a socialização da lembrança, pois a passagem de experiências individuais para a memória coletiva é limitada a grupos pequenos. Na sua trajetória de vida, os indivíduos passam por vários lugares e conhecem um pouco da história de cada um deles, mas perdem a seqüência da história desses lugares. Cada pessoa guarda os eventos que lhes são mais significativos e, portanto, cada narrativa histórica pode ser considerada como uma versão entre outras possíveis (LIMA e ALENCAR, 2001).

Nesses povoados, e ao contrário de sociedades camponesas com forte vínculo à terra e à herança da propriedade (SEGALEN, 1986; apud LIMA e ALENCAR, 2001), a ênfase do parentesco é colateral e não linear. Gerações ascendentes são dificilmente lembradas, ao passo que os laços horizontais são valorizados e estendidos. Os caboclos da Amazônia não possuem notáveis entre seus ascendentes, nem feitos memoráveis que possam ser retratados. O sofrimento por que passam e a coragem de sobreviver em condições adversas não é motivo de orgulho nem tem utilidade prática. O esquecimento é, assim, uma forma de não reviver a mesma vida de sacrifício e sem glória (LIMA e ALENCAR, 2001).

Os vargeiros têm poucos vínculos com o passado, o espaço do tempo que mais lhe interessa é o presente. A amnésia geracional é uma forma de adaptação ao ambiente mutante, a qual possibilita a criação de uma identidade coletiva nova que focaliza não o passado, mas o presente e o futuro (CARSTEN, 1995; apud LIMA e ALENCAR, 2001). Ser vargeiro significa viver o presente. A identidade que é construída se baseia na relação com o ambiente, na forma cíclica que este impõe à vida de seus habitantes, mas não em relações específicas com um lugar ou um passado. O passado que é lembrado é curto e reflete a ausência de um suporte mitológico que caracteriza outras sociedades e é utilizado para a construção de uma identidade grupal: seja na forma de uma história oficial (TONKIN et al. 1989; apud LIMA e ALENCAR, 2001) seja como mito de origem do grupo (LÉVI-STRAUSS, 1976; apud LIMA e ALENCAR, 2001; OVERING, 1995; apud LIMA e ALENCAR, 2001).

Entre os ribeirinhos não existe um passado que seja compartilhado na forma de um relato mitológico particular e contundente que reforce uma história do grupo. Em sentido oposto e enfatizando o presente, encontra-se a maioria das entidades sobrenaturais que compõem o universo simbólico do chamado caboclo amazônico, tais como a cobra grande,

o boto e outros seres coletivamente referidos como encantados (SLATER, 1994; apud LIMA e ALENCAR, 2001; MAUÉS, 1999; apud LIMA e ALENCAR, 2001).

Portanto, não há uma memória social abrangente que ofereça um substrato para a construção de uma identidade coletiva das populações ribeirinhas. Esta se volta não para o passado, mas para a relação entre as pessoas e o tipo de ambiente que elas ocupam. A paisagem oferece, assim, a principal referência para as identidades nativas: a do vargeiro e a do terra-firmeiro. Tal identidade, que enfatiza a paisagem e o presente em detrimento da memória, não reconhece uma relação de continuidade com a população indígena do passado (LIMA e ALENCAR, 2001).

São João é uma das comunidades ribeirinhas caboclas de Benjamin Constant, situada às margens do Rio Javari, na fronteira com o Peru. Apesar de oficialmente estar sob a jurisdição do município de Atalaia do Norte, a maior proximidade com a sede de BC faz com que todas as suas ações sejam influenciadas por este município.

Um braço oriundo dos meandros do rio Javari transforma a comunidade de São João em uma verdadeira “ilha fluvial” na estação chuvosa. Na estação seca, esse meandro se fecha e transforma-se em um lago, por esse motivo o local é denominado de Lago Jatimano pela comunidade. Uma parte da área compreendida entre o rio Javari e o lago Jatimano é utilizada pela comunidade para a implantação de suas roças. A área de floresta após o lago é utilizada para caça e coleta. Tanto o rio quanto o lago são utilizados para a pesca.

A época da seca descobre inúmeras áreas de várzea nas duas margens do rio Javari, denominadas de “praias” pelos moradores das comunidades ribeirinhas, cuja fertilidade faz com que sejam utilizadas para implantação de culturas anuais (melancia, feijão de praia etc).

A comunidade de São João conta com uma sede (para reuniões e festas), com uma escola, com uma casa de farinha (nas margens do rio) e com dois campos de futebol. A prefeitura formou e mantém um professor e um agente de saúde no local, que permanecem morando dentro da própria comunidade. Um diagrama esquemático da área pode ser visto na Figura 3.03, construído com base no mapa cognitivo elaborado pela comunidade (GOMES et al, 2006) em oficina participativa (Figura 2.03, capítulo anterior).

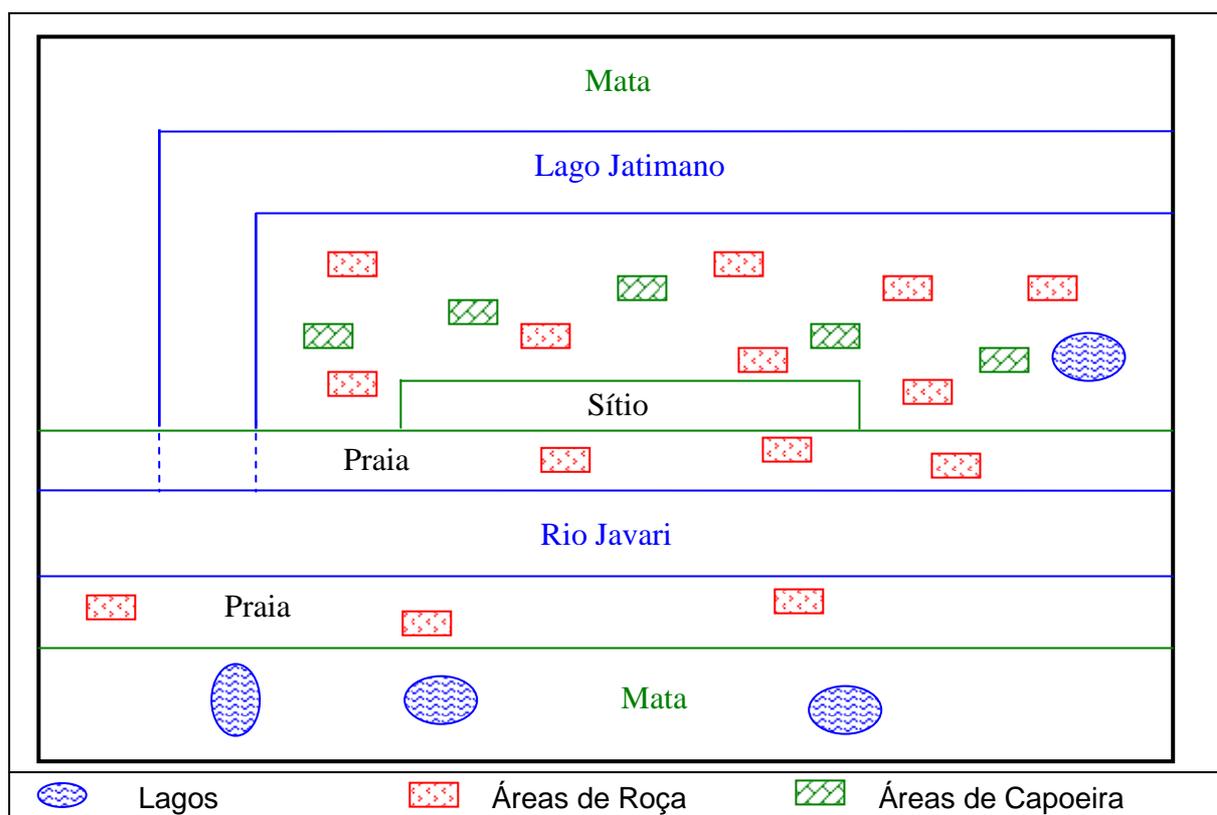


Figura 3.03 – Diagrama esquemático da comunidade de São João

A economia local é, majoritariamente, de subsistência. A principal atividade é a pesca, mas todos são pescadores e agricultores. Uma característica interessante é que não existe um regime de propriedade muito definido, toda a área de influência é considerada como sendo da comunidade. Entretanto, apesar dessa situação, as roças são individuais (de cada família) e o local que já foi utilizado por uma família para fazer uma roça é considerado como pertencente àquela família, mesmo quando abandonado para formar capoeira. Outra família só pode utilizar aquela área após o consentimento da família que a abandonou. Isso acontece também com as praias de várzea, apesar de elas terem sua configuração física bastante alterada a cada ciclo de inundação.

São João é uma comunidade pequena e simples. A população é de origem cabocla e é composta de 14 famílias, com um total de 94 pessoas: 30 adultos, 17 adolescentes e 47 crianças. A área de vivência e convivência dos comunitários é o sítio. O sítio de São João é composto por, aproximadamente, 15 casas dispostas à beira do rio, em construções do tipo “palafita” (a uns 2 metros acima do solo), para evitar problemas em épocas com chuvas muito fortes. As casas estão interligadas por uma “passarela” também aérea. Nas épocas mais secas, as casas chegam a ficar 15 metros acima do nível do rio (Figura 3.04).



Figura 3.04 – Fotos do sítio da comunidade de São João

Quanto a renda, na comunidade, sete famílias recebem a bolsa-família, duas recebem salário (professor e agente de saúde – não há comerciante na comunidade) e apenas três recebem o subsídio do período do “defeso” (associação de pescadores). As demais entradas de recursos na comunidade só ocorrem com o comércio do excedente de produtos (agrícolas ou de pesca). O calendário de produção elaborado pela própria comunidade pode ser visto no Quadro 3.02 (o participativo no capítulo anterior, Figura 2.04).

		Produção	Coleta
CHUVA	Janeiro	Limpeza da praia e Colheita de Mandioca	
	Fevereiro		Matrixã e Giral
	Março		Açaí e Madeira
	Abril		Açaí e Madeira
	Maio		Buriti
	Junho*		
SECA	Julho	Plantação de Mandioca (roças antigas, terra firme), Feijão, Milho, Banana e Melancia (praia)	
	Agosto	Limpeza das roças e Derrubada, Queima e Coivara (novas áreas)	
	Setembro	Limpeza das roças e Plantação de Milho	
	Outubro*	Limpeza das roças e Colheita de Feijão e Milho	Tucunaré
	Novembro*	Limpeza das roças e Colheita de Melancia	
	Dezembro*	Limpeza das roças e Colheita de Milho e Banana	

Quadro 3.02 - Calendário “produção” local – São João

* Meses não classificados pela população nem como de estação seca nem como chuvosa

Os principais agentes presentes na região foram definidos pela comunidade em um trabalho participativo (chuva de idéias). Durante a realização do trabalho, o grupo concordou com a “classificação” dos agentes em três tipos: espaciais (relativos a lugares), sociais (relativos a pessoas) e passivos (nem lugares nem pessoas). O resultado deste trabalho pode ser visto no Quadro 3.03.

Espaciais		Sociais		Passivos	
Lago Jetimano	Campo futebol	Associação	Presid. Comunidade	Caixa d'água	Onça
Praia	Quadra vôlei	Presidente	Agricultor	Televisão	Jacaré
Capoeira	Poço artesiano	Tesoureiro	Pescador	Antena	Gato
Rio javari	Ponte	Secretario		Placa solar	Tatu
Ilha	Balsa flutuante	Fiscal		Motor rabeta	Porco
Floresta		Professores		Canoa	Cobra
Lagos		Estudantes			Tartaruga
Roças		Agente de saúde		Galinha	Jabutí
Casas		Agente de endemia		Peixe	Pato
Bananal		Pastoral da criança		Peixe-boi	Macaco
Açaizal		Presidente futebol		Cachorro	Muntu

Quadro 3.03 - Definição dos Agentes pela Comunidade

Ao solicitarmos um detalhamento dos principais agentes espaciais, a comunidade reduziu-os a apenas sete: (i) mata, (ii) capoeira na mata, (iii) roça na mata, (iv) praia, (v) roça na praia, (vi) rio Javari, e (vii) lagos. Neste trabalho de detalhamento, inicialmente, a comunidade definiu o agente espacial, respondendo às questões “o que é?” e “o que tem?”. Em seguida, foram descritas as dinâmicas espaciais e sociais correspondentes a cada agente espacial, respondendo às questões “o que acontece com o local sem a interferência da comunidade”, “o que acontece com o local com a interferência da comunidade” e “para que fim a comunidade utiliza o local?”. O resultado deste trabalho participativo pode ser visto no Quadro 3.04.

De forma análoga, foi solicitado um detalhamento dos principais agentes sociais elencados pela comunidade e esta os reduziu a apenas três: (i) associação; (ii) pescador e (iii) agricultor. Neste trabalho de detalhamento, inicialmente, a comunidade definiu o agente social, respondendo às questões “o que é?” e “o que faz?”. Em seguida, foram descritas as dinâmicas sociais respectivas, respondendo às questões “o que acontece com o agente com o passar do tempo” e “como ele se mantém ou se altera?”. O resultado deste trabalho participativo pode ser visto no Quadro 3.05. Ao solicitarmos o detalhamento dos agentes passivos que eles identificaram no trabalho inicial, o grupo afirmou que não era necessário, não tinha sentido fazer esse detalhamento, pois os agentes passivos eram muito simples, sem uma dinâmica significativa.

	Agente	Definição	Ações	
			Intrínsecas	Interações
Espaciais	Mata	Lugar onde vivem todos os animais e árvores parecidas (matamata, maçaranduba, cedro, jacareuba e açaí). Distância de 100/150 m da beira do rio. Animais: onça, macaco, papagaio, arara, cobra, tucano, jabuti, capivara, escorpião etc.).	No inverno pode inundar e no verão pode queimar e virar roça. Se não fizer nada ela continua sendo mata.	Serve para tirar madeira (casas e pontes) e para a caça de alguns animais (arara, tucano, jabuti, capivara etc.).
	Capoeira (na mata)	Área da mata que já foi usada alguns anos atrás e onde as árvores são mais baixas. Tem alguns matos (capim, mata-pasto, embaúba-cipó). Tem uns 200mx200 m. Distância de 100 m. Animais: tatu e cobra.	No inverno inunda e no verão pode queimar e virar roça. Se não fizer nada ela vira mata.	Fazer roça e tirar lenha.
	Roça (na mata)	Área de mata limpa onde são feitas as plantações de macaxeira ou de milho.	No inverno pode inundar e no verão pode estragar e pode morrer. Se não fizer nada ela pode virar capoeira.	
	Praia	Lugar baixo que possui areia, capim e urana. Esta sempre nas duas margens do rio e tem uns 500mx400 m.	No inverno inunda e no verão fica de fora. Se não se fizer nada continua sendo praia. Serve para os animais desovarem ovos.	Tomar banho, fazer plantações, jogar bola.
	Roça (na praia)	Área de terra limpa onde são feitas as plantações de feijão e melancia.	No inverno inunda e no verão planta novamente. Se não vira capoeira, vira praia	
	Rio Javari	Lugar que possui água. Tem 2 margens, um leito, a nascente e a foz. Tem uns 500 m de largura. Tem praias, em alguns lugares é raso e em outros é fundo. Animais: peixe, boto, cobra, golfinho e arraia.	No inverno ele enche e tem mais peixe. No verão ele seca e fica mais raso, a água fica mais poluída (fedorenta e barrenta) e tem menos peixe. Se não se fizer nada, continua sendo rio.	Serve para pescar, tomar banho, lavar roupa e meio de transporte.
	Lagos	Lugar que possui água e muitos peixes (mais na vazante).	No verão fica mais raso que o rio.	Serve para pescar.

Quadro 3.04 - Detalhamento dos principais Agentes Espaciais pela comunidade

	Agente	Definição	Ação	Observação
Sociais	Associação	Uma organização da comunidade em que todos se organizam, fundada em 10/07/2004.	Tem o presidente, o secretário, o tesoureiro e o fiscal.	
	Pescador	Homem ou mulher que pesca. A pescaria pode durar um dia ou até duas semanas. Para pescar, é preciso ter entre 15 e 70 anos (aposenta) e muita saúde.	Sempre pode pescar. Pode ficar doente e morrer.	Pesca uma semana e trabalha na roça na outra.
	Agricultor	Mesma resposta dada ao pescador, só que para a roça.	Mesma resposta dada ao pescador.	Resposta já dada no pescador.

Quadro 3.05 - Detalhamento dos principais Agentes Sociais pela comunidade

Um último trabalho descritivo foi solicitado à comunidade, o detalhamento das principais atividades realizadas: roça e pesca. O grupo fez uma descrição das atividades de roça em terra firme (de macaxeira e milho), de roça em praia (feijão e melancia) e de pesca, as quais podem ser vistas no Quadro 3.06.

Local	Descrição
Roça de macaxeira e milho	Tem uns 100x100 m e fica a uns 150 m da beira do rio. Processo: derruba, coivara e só depois planta. A limpeza é feita 2 vezes por mês. Macaxeira (rasgadinha, poré, caiaúna, carregadeira, pagoão etc.): 6 meses para colher. Processo: arranca, descasca, lava, ceva, prensa e peneira, só depois faz a farinha. Milho: 3 meses para colher. Processo: quebra, tira a espiga e coloca para secar, debulha para guardar a semente.
Roça de feijão e melancia	Sempre na praia, a limpeza é feita sempre antes da inundação para que no verão a terra fique limpa. Plantada por meio de sementes. A limpeza é feita 3 vezes durante o mês. A colheita do feijão é feita durante 3 meses e da melancia é de 4 meses. O feijão colhe, retira a baja, resseca e debulha tirando a semente. A melancia é só tirar da rama. Servem de alimento. Tem uns 80 m ² e a distância é de uns 20 m da beira do rio.
Pesca	Precisa de: canoa, remo, malhadeira, caixa de isopor, caniço, motor espinhel, gelo e flecha. Pega o peixe e bota no isopor para congelar. Pega uns para comer e os demais leva à cidade para vender (Letícia, Tabatinga, Benjamin e Atalaia).

Quadro 3.06 - Descrição das atividades de roça e pesca

4 MODELIZAÇÃO DAS DINÂMICAS DE USO DO SOLO EM BC

Este capítulo é reservado à apresentação do processo de modelização realizado, dividida em três etapas: (i) a construção do modelo teórico, (ii) a formalização do modelo em diagramas UML e (iii) a codificação do modelo na plataforma de simulação Cormas. O fluxo de leitura dos conteúdos, como aparecem neste capítulo, é altamente recomendável já que há um grande teor de agregação de suas informações.

Este trabalho identificou as principais dinâmicas sociais que interagem com as dinâmicas ambientais nas áreas ocupadas por comunidades tradicionais do município de Benjamin Constant, no estado do Amazonas. A área foi escolhida como foco do trabalho por duas de suas características intrínsecas. A primeira, por ser uma das que recebe menor pressão antrópica, onde o modelo de desenvolvimento predatório ainda não está consolidado. Entende-se, também por este motivo, que essa seja uma área na qual as características de ocupação ocorreram e ocorrem de forma similar aos demais locais da Amazônia Tradicional e, portanto, o trabalho pode ter um grande potencial de reprodutibilidade.

A segunda característica da área fundamental a efetiva realização do trabalho é a presença de um grupo de pesquisadores, de natureza multidisciplinar, que trabalharam e ainda trabalham nessa região, especificamente, aqueles do projeto BIODAM, do NERUA e da Rede SMART. Devido a esse histórico de cientistas na região e da disponibilidade de realização de atividades em rede, o trabalho dispôs de um grande banco de dados primários e, principalmente, de um acesso muito mais fácil às comunidades, as quais estão acostumadas a participar de atividades de pesquisa junto à equipe do NERUA.

A iniciativa de elaborar este modelo socioambiental poderá ajudar a estabelecer um novo patamar para os estudos de sustentabilidade na Amazônia. O fomento a uma potencial apropriação do modelo de simulação pelos atores locais visa ao empoderamento destes atores para que eles atinjam melhores níveis de autonomia. Poderão ser realizados diferentes prognósticos para a evolução da paisagem local, ao se simularem, em cada novo projeto, cenários diferentes para o componente ambiental que toma como ponto de partida a variação das causas das mudanças no uso e cobertura do solo.

Dessa forma, poder-se-á, também, apoiar a tomada de decisão para o controle da degradação ambiental na região, com a geração de informações que subsidiem o estabelecimento de novas políticas públicas, com metas específicas capazes de reverter as tendências de conversão de florestas nesses locais.

4.1 A CONSTRUÇÃO DO MODELO TEÓRICO

O modelo teórico foi construído em duas etapas distintas: (i) o modelo preliminar, a partir de uma abordagem estritamente especialista e (ii) o modelo final, com a agregação ao modelo preliminar das informações provenientes de uma abordagem participativa.

4.1.1 O Modelo Teórico Preliminar (abordagem especialista)

As dificuldades encontradas para explicar as causas das mudanças do uso e cobertura do solo, devido à diversidade socioeconômico-ambiental da Amazônia e à falta de dados primários, são entraves na formulação de políticas públicas. Segundo Margulis (2003), uma qualificação melhor dessas causas é fundamental para reorientar as políticas públicas no intuito de diminuir as taxas atuais de desmatamento na região.

A discussão estabelecida na literatura sobre as causas das mudanças do uso e cobertura do solo na Amazônia estabelece três abordagens importantes para a compreensão da questão. O primeiro ponto importante está no aspecto relacionado com os incentivos ao desenvolvimento local por meio de políticas públicas e, em particular, com a disponibilidade de crédito para a implantação de projetos agropecuários (ARIMA, 2001). O segundo ponto relaciona-se a uma avaliação da pressão sobre o uso do solo oferecida pelas forças de mercado, baseado em uma análise da viabilidade econômica para o uso do solo comparativamente ao uso sustentável dos recursos florestais (ANGELSEN e KAIMOWITZ, 1999). A última discussão, de cunho mais antropológico, estabelece o motor social sobre a opção de uso do solo, criando uma avaliação de parâmetros culturais intrínsecos às diferentes tipologias de produção agrícola na Amazônia (WALKER et al., 2000).

Nas áreas utilizadas pelas populações ribeirinhas de Benjamin Constant, as mudanças do uso e cobertura do solo (MUCS) ocorrem, principalmente, devido à decisão de um ator local de substituir a cobertura vegetal original (ou seja, motor social

sobre a opção de uso do solo). As ações desse tipo de agente podem ser consideradas como as fontes de MUCS local.

A partir de uma revisão bibliográfica e de visitas a campo, em uma abordagem especialista, com a realização de entrevistas nas próprias comunidades, foi elaborado um modelo conceitual preliminar da estratégia de uso dos recursos naturais por essas comunidades. Do confronto entre as questões observadas em campo e a revisão bibliográfica, diversas características da região e de suas comunidades ribeirinhas puderam ser comprovadas (Quadro 4.01).

Características verificadas em campo	
GERAIS	1) os vargeiros têm poucos vínculos com o passado; o espaço do tempo que mais lhe interessa é o presente
	2) o morador da várzea está permanentemente renegociando um débito, desenvolvendo estratégias de produção de modo a atender diferentes demandas
	3) o conceito de patrimônio não está presente nas representações dos moradores
	4) a produção ainda é viabilizada com o uso de instrumentos de trabalho manuais e individuais, a participação de instrumentos mais modernos não é significativa
	5) quase nenhuma assistência é dada aos produtores quanto à sua organização associativa
	6) os fatores de produção envolvidos entre os componentes do sistema de produção disponíveis ao produtor são: os recursos naturais e a força de trabalho
	7) a prudência e a experiência (inundações) indicam que é melhor criar poucos animais
	8) a população ribeirinha não é contabilizada como produtora ou consumidora de carne bovina, por questões culturais e financeiras
AMBIENTAIS	1) pela classificação de Castro (2002, apud ALENCAR, 200?) São João é uma comunidade de margem, localizada entre os solos de várzea e de terra firme
	2) há quatro estações climáticas: (i) a enchente, (ii) a cheia, (iii) a vazante e (iv) a seca
	3) as variações sazonais imprimem um ritmo de vida que tem reflexo nas atividades produtivas, na renda familiar e na dieta alimentar da população
	4) os ciclos agrícolas são curtos na várzea, com duração de seis a sete meses
	5) a terra firme tem solos de baixa produtividade e dificuldade de acesso às roças
	6) as terras da várzea do alto Solimões são inundadas anualmente durante quatro meses
SOCIAIS	1) os ribeirinhos estão na categoria de agricultores-extratores familiares por executarem os trabalhos ligados à agricultura e ao extrativismo animal e vegetal, em que todas as ações são organizadas pelas famílias
	2) a família camponesa transforma-se em um trabalhador coletivo
	3) a organização social é baseada no parentesco e na apropriação comunal dos recursos naturais existentes em seus territórios
	4) há pólos para atendimento à saúde e à educação nas comunidades
	5) a redução do consumo pode ser uma estratégia adotada pela família em situações críticas, que tende a ser compensada com o consumo de outros produtos comunitários
	6) a utilização de instrumentos manuais faz com que aumentos na produção e na produtividade dependam do aumento da força de trabalho utilizada (horas homem/área)
	7) não há uma formalização das relações de ajuda mútua, a retribuição à ajuda é uma obrigação coletiva, e há expectativa de retribuição com tempo de trabalho equivalente
	8) os sistemas de produção são constituídos por 4 componentes: (i) roça, (ii) pesca, (iii) sítio e (iv) extrativismo animal e vegetal. As atividades são executadas oito horas por dia

Quadro 4.01 – Características das comunidades rurais de Benjamin Constant

Características verificadas em campo	
ECONÔMICAS	1) assegurado o consumo familiar, é atribuído um valor cada vez menor a cada unidade adicional de trabalho
	2) a maioria das famílias tem sua renda principal na pesca
	3) as famílias tendem a gastar pouco com produtos ou artigos de luxo mesmo que eles sejam necessários
	4) crianças com menos de 8 anos pertencem, com os idosos e deficientes, à unidade de consumo. Aquelas com mais de 8 anos, com seus pais e agregados, formam a unidade de produção familiar
	5) a composição familiar define para a sua atividade econômica um limite superior (força de trabalho utilizada com a máxima intensidade) e um limite inferior (total de benefícios essenciais para a existência da família)
	6) a família ribeirinha continua a enviar partes substanciais de produtos para alimentação e manutenção de seus membros no meio urbano
	7) a pesca pode representar, nos períodos de enchente, a única fonte alimentar e de renda dos ribeirinhos
	8) entre os meses de março e maio, a pesca é voltada para o consumo, e a venda do peixe diminui, reduzindo a renda dos moradores da várzea. No verão ocorre o contrário do inverno: menos gasto, menos tempo de trabalho e maior produtividade

Quadro 4.01 – Características das comunidades rurais de Benjamin Constant (cont.)

O primeiro passo da elaboração do modelo foi o de focar as decisões dos agentes locais, as quais são baseadas nas suas próprias características (histórico, preferências e recursos) e em parâmetros de decisão, como: preços, tecnologias, instituições, novas informações e acesso a serviços e infra-estrutura. Estes fatores determinam o conjunto de escolhas disponíveis e os incentivos para as diferentes escolhas. Os parâmetros de decisão dos agentes locais podem ser vistos como as causas imediatas das MUCS na região.

Como a dinâmica local é modificada em razão do ciclo de chuvas, com a alteração do comportamento de todos os agentes locais, inicialmente, o período considerado ideal para um passo de tempo do modelo foi de seis meses, representando a alternância entre as estações seca e chuvosa. No modelo, as fases de vazante e enchente foram consideradas “instantâneas”, ou seja, o rio tem apenas dois estados possíveis: cheia (maior) e seca (menor). O Quadro 4.02 apresenta de forma sucinta os agentes presentes na região de Benjamin Constant, identificados pela abordagem especialista deste estudo.

INDIVIDUAIS / PRIVADOS	COLETIVOS / PÚBLICOS
Comunidades de Várzea (indígenas e caboclas)	Prefeitura
Comunidades de Terra Firme (indígenas e caboclas)	IDAM
Colonos Assentados (INCRA)	INCRA
Madeireiros	SEFAZ
Pecuaristas	VIPROCAM
Israelitas	Sindicatos
	Associações (madeireiros, pescadores, avicultores, indígenas – OGPTB e CGTT, comercial, servidores municipais, moto-táxi e taxista fluvial)

Quadro 4.02 - Agentes presentes em BC – abordagem especialista

Vale ressaltar que, nas comunidades ribeirinhas mais afastadas, como a de São João, objeto da modelização, localizadas distantes de áreas de assentamentos de colonos e de instalação de israelitas, a situação é mais simples. Nessas comunidades, não há uma presença de, basicamente, nenhum agente externo à comunidade que influencia a sua rotina. A ingerência de sindicatos, associações municipais, madeireiros e pecuaristas na rotina da comunidade e na gestão local dos recursos naturais é praticamente inexistente. A participação da prefeitura nestas localidades se dá, unicamente, pela contratação de um professor e de um agente de saúde ou pela “ajuda humanitária” em casos de desastres naturais.

O modelo admite, portanto, que, na área de influência de cada comunidade os únicos agentes da mudança do uso e cobertura do solo são os próprios habitantes dessas comunidades, organizados em núcleos familiares. As atuações dos demais agentes presentes no município de Benjamin Constant (associações, sindicatos, madeireiros, pecuaristas, israelitas, colonos assentados e demais agentes coletivos) não foram consideradas como agentes de mudança do uso e cobertura do solo (MUCS) nas comunidades. Entretanto, alguns dos parâmetros de decisão das famílias são influenciados por esses agentes externos os quais foram objeto da modelização como causas imediatas dessas MUCS: a prefeitura de BC, a associação de moradores (ligada ao IDAM) e o mercado representando os demais (o mercado não foi identificado pelas populações, mas definido pela equipe de modelização).

A - Dinâmicas Territoriais – agentes espaciais

As paisagens na região são extremamente diversificadas, entretanto, com base nos trabalhos de campo, foi observada a existência de apenas uma paisagem

predominante nas comunidades ribeirinhas de várzea, composta por um mosaico equilibrado de seus componentes. Este trabalho reuniu os componentes desta paisagem em quatro grupos principais. O Quadro 4.03 apresenta de forma sucinta os componentes de paisagem definidos em Benjamin Constant e seus possíveis estados; são eles:

- (i) **praia** é a área de várzea às margens dos corpos hídricos, que só aparece na estação seca (fica submersa na estação chuvosa) e que, por ser um local extremamente fértil, devido aos sedimentos dos rios da região, é utilizado pela comunidade para implantar roças (culturas de até seis meses);
- (ii) **mata de várzea**, cujas plantas estão a maior parte do ano com suas raízes submersas, o que atrapalha a implantação de diversas espécies da flora, é um local no qual a comunidade até pode implantar roças mas, geralmente há uma grande preferência por áreas de terra firme;
- (iii) **mata de terra firme**, cuja área permanece com o solo sempre exposto ao sol (seco), pode ser transformada em roça;
- (iv) **a restinga ou o sítio**, a qual está a maior parte do ano seca (ou o ano todo), é o local onde a comunidade mantém suas moradias e onde está toda a área e equipamentos de convívio comunitário. O sítio também é utilizado para plantação de árvores frutíferas e para a criação de animais de pequeno porte.

Componente de Paisagem	Estados Possíveis
Praia	Natural ou roça
Mata de Várzea	Natural, roça ou capoeira
Mata de Terra Firme	Natural, roça ou capoeira
Restinga	Moradia ou sítio

Quadro 4.03 Componentes de paisagem na área rural de Benjamin Constant

Quanto a dinâmicas territoriais, vale ressaltar que todos os locais que são originalmente de mata (várzea ou terra-firme) podem ser transformados em roça e podem, portanto, ser agrupados em um único tipo: matas. As roças na terra firme têm uma produtividade aceitável por, no máximo, quatro colheitas (anos de produção), período após o qual são abandonadas (“colocados para descansar”). Essas roças abandonadas transformam-se em capoeiras. As capoeiras, por sua vez, após um período de “descanso” de, aproximadamente, 6 a 15 anos (conforme as condições de vizinhança) tendem a se transformar em florestas secundárias. Estas, após um período de “descanso” também de 6 a 15 anos (também conforme as condições de vizinhança), tendem a retornar ao estado inicial de florestas primárias (guardadas as devidas proporções).

Esse processo pode ser definido como “regeneração natural”, e a sua duração é variável e dependente das condições de vizinhança da área “abandonada”: quanto mais áreas de floresta e capoeira antiga forem suas vizinhas, mais rápida será a regeneração, devido a diversos processos naturais como a dispersão de sementes. Após um período de descanso de quatro anos, as populações locais acreditam que já é possível interromper o processo de “regeneração natural” de uma área de capoeira, caso desejem implantar novamente uma roça no local.

A presença de pastos na região é muito pequena e, especificamente, nas comunidades de São João e Novo Paraíso, sua presença é inexistente e, portanto, não foi inserida no modelo. Apesar de a instalação de tanques para piscicultura estar sendo encorajada pelo poder público nos últimos anos (estadual e municipal), este trabalho não considerou que esses tanques possam ser inseridos como componentes de paisagem local.

B - Dinâmicas sociais – agentes sociais

Na comunidade, todo agente é pescador, agricultor e extrativista (coletor). Toda sobra de produção (agrícola ou de pesca) é comercializada pelo próprio agente com comerciantes da sede municipal em BC (ou em Tabatinga, ou em Letícia). Em todas as comunidades da região, alguns agentes caçam, e o resultado da caça é dividido com outras famílias da comunidade, sem ocorrer comercialização das carnes resultantes da caça. Todos fazem coleta de produtos florestais (açaí, castanha etc), mas apenas para consumo próprio, sem excedentes para comercialização. Nas comunidades ribeirinhas de BC, não há produção de artesanato com fins comerciais.

O Quadro 4.04 apresenta de forma sucinta as possíveis ações a serem realizadas pelos agentes locais (produtores) em cada componente de paisagem.

AÇÃO	LOCAL
1. Preservar	Matas ou praia
2. Descansar	Roça ou capoeira
3. Abandonar	Roça ou capoeira
4. Cultivar	Matas, praia, roça ou capoeira
5. Manter	Sítio
6. Pescar	Rio e lagos
7. Caçar	Matas
8. Coletar	Matas
9. Comercializar	Rio

Quadro 4.04 – Ações possíveis dos agentes

Apesar das diferenças existentes entre as motivações dos agentes para realizar as ações do tipo 1, 2 e 3 (preservar, descansar e abandonar), como elas têm praticamente o mesmo tipo de impacto sobre a mudança do uso e cobertura do solo, que é a regeneração natural, este trabalho considerou que elas podem ser agrupadas apenas em um tipo: “não intervir”.

A ação 4 (“cultivar”) é, na verdade, um processo de diversas ações encadeadas (em inglês “*slash & burn*”), cuja organização depende do local a ser cultivado (mata ou capoeira) e que podem ser enumeradas como: derrubada, queima, coivara, limpeza, plantação das sementes, manutenção da roça, colheita e, até, beneficiamento do produto (farinha de mandioca). As culturas plantadas são, na maioria, de ciclo curto e constituídas, principalmente, de: (i) mandioca, e (ii) banana, **na terra firme**, (iii) milho, (iv) arroz, (v) feijão de praia e (vi) melancia **na praia**.

A ação 5, “manter”, inclui todas as atividades necessárias à manutenção das benfeitorias existentes no sítio: plantas, animais, moradias etc. A criação de animais deve ser entendida dentro da realidade local. Geralmente, são poucos animais e de pequeno porte (galinhas, patos etc.) criados nas áreas de sítio próximas da moradia e cuja produção é voltada para o consumo próprio.

A ação 6, “pescar”, pode ser considerada como a principal atividade dos ribeirinhos na região e, por esse motivo, é analisada isolada das demais ações de extrativismo. A pesca pode ser realizada em (i) áreas próximas à comunidade, com a duração de uma jornada diária (ou fração), ou (ii) em áreas mais distantes da comunidade, com uma duração de até quatorze dias. As espécies de peixes variam de acordo com a estação (seca ou chuvosa). No período da “piracema”, de reprodução dos peixes, a pesca está proibida por lei. Durante esse período (de “defeso”), os pescadores registrados na Associação de Pescadores têm direito a receber uma indenização anual (R\$1.500,00), como forma de compensação pela perda de produção.

Apesar das enormes diferenças entre as ações 7 e 8, “caçar” e “coletar”, neste trabalho, para efeito de impacto sobre as mudanças de uso do solo, elas foram consideradas como parte de um mesmo grupo, denominado “coletar”, que inclui todas as ações de extrativismo, animal (exceto a pesca) ou vegetal. A extração de madeiras, para comercialização, não foi analisada como representativa nas comunidades da

região e, portanto, não foi considerada uma ação isolada, e está inserida neste mesmo grupo (“coletar”).

A ação 9, “comercializar”, é realizada pelo produtor toda vez que ele tem um excedente de produção agrícola ou de pesca e consegue encontrar alguém disposto a pagar pelo produto. Ela é realizada fora da comunidade, geralmente no mercado de BC, mas também pode ocorrer em Tabatinga ou em Leticia (Colômbia). A ação de “transportar” nos rios não foi considerada significativa para o modelo.

Além dessas ações realizadas em cada componente da paisagem, existem duas outras ações realizadas pelos ribeirinhos no sítio: (i) “exercer uma profissão”, relacionada somente com as atividades de professor, agente de saúde e comerciante, com um profissional de cada uma por comunidade e (ii) “consumir”, relacionada ao consumo dos produtos necessários à existência da família.

C - Parâmetros de decisão

A família é considerada como o agente coletivo de decisão (“um trabalhador coletivo”), portanto, no modelo, os agentes sociais são as famílias da comunidade. Cada agente estabelece a sua estratégia de ações no início de cada novo período de seis meses, correspondente à alteração entre as estações seca e chuvosa. Esse é o momento de planejamento e de tomada de decisão.

A estratégia de ação de cada agente deve prever seu comportamento diante de cada uma das oito ações possíveis de ser realizadas: (i) a ação de não intervir, (ii) cultivar terras, (iii) manter o sítio, (iv) pescar, (v) coletar, que inclui o extrativismo animal e o vegetal, (vi) consumir, (vii) exercer uma profissão (professor, agente de saúde ou comerciante local) e (viii) comercializar o excedente produzido.

Apesar de as comunidades ribeirinhas poderem ser consideradas como sociedades com uma rotina simples, o sistema de decisões dos agentes locais é complexo e dependente de diversos parâmetros. Para a construção do modelo, este trabalho optou por reunir os parâmetros de decisão em oito componentes principais:

- 1) a “reserva real” mantida no período, representada pelo conjunto de todos os produtos (gerados, consumidos, comercializados ou em estoque) naquele período, disponíveis para uso pela família; uma parte dessa reserva é descrita

em termos de quantidade (kg) de produtos e outra parte é descrita em termos de valores (R\$);

- 2) a “reserva mínima” necessária para sobrevivência da família no período (o seu planejamento é feito para um horizonte de um ano, que compreende os períodos de seca e de chuva), que depende da quantidade de filhos pequenos, que ainda não trabalham, e de filhos adolescentes que estão na escola fora da comunidade, para ensino médio e/ou superior;
- 3) a mão-de-obra disponível por família, que depende do número de pessoas da família; e da idade, do estado de saúde e da frequência à escola de cada um dos seus componentes;
- 4) a disponibilidade de terras na área comunitária (roças antigas, capoeiras ou novas áreas de floresta), baseada em manutenção de condições mínimas de vizinhança de cada parcela de terreno de forma a garantir uma “regeneração” natural mais rápida;
- 5) o mercado, em termos de demanda de produtos e de seus preços;
- 6) o resultado da produção na última estação, expresso em termos de produtividade e de estoque (reserva) de alimentos;
- 7) a pluviometria dos últimos períodos (seco e chuvoso);
- 8) o comportamento do pulso d’água nos últimos períodos.

Vale ressaltar que para o cálculo das reservas real e mínima, foi necessário valorar diversos itens que são gerados e/ou consumidos pelos próprios agentes e cujo valor monetário não tem uma referência precisa; para essa valoração, este trabalho utilizou como referência os valores realizados no mercado de BC no período de julho de 2006.

As atividades de não intervir, consumir e comercializar o excedente são automáticas no modelo, não “consumindo tempo” dos agentes, não sendo computadas para o cálculo da mão-de-obra disponível na família. Ao final do ano, cada família evolui (idades e nascimentos eventuais).

Cada agente estabelece sua estratégia com base na situação socioeconômica-ambiental da comunidade no último período. O Quadro 4.05 contém um resumo das relações existentes entre as ações dos agentes e os parâmetros de decisão que podem influenciar o comportamento desses agentes. Quando existe uma relação entre parâmetro e ação, esta pode ser: proporcional (diretamente ou inversamente) ou

variável. No modelo, a ação de exercer uma profissão não foi considerada relacionada com a variação de nenhum dos oito parâmetros.

Parâmetro	Inércia	Cultivo	Consumo	Manutenção	Pesca	Coleta	Comércio
Res. Real	↕	↕	↑	↕	↕	↕	↕
Res. Mínima	↕	↕	↑	↕	↕	↕	∅
MO livre	↓	↑	∅	↑	↑	↑	∅
Terra livre	∅	↕	∅	∅	∅	∅	∅
Mercado	↓	↑	∅	↑	↑	↑	↑
Estoque	↑	↓	∅	↓	↓	↓	↑
Chuva	∅	↕	∅	∅	↕	∅	∅
Inundação	∅	↕	∅	∅	↕	∅	∅
↑ - diretamente proporcional				↓ - inversamente proporcional			
↕ - relação variável				∅ - sem relação reconhecida			

Quadro 4.05 Relação entre ações e seus parâmetros de decisão

A influência dos parâmetros de cunho socioeconômico é facilmente entendida na tomada de decisão dos agentes. A variação da quantidade de chuva também, mas as variações do pulso d'água não são tão evidentes. Para tanto, vale lembrar que, na bacia do Alto Solimões, os rios podem variar a sua cota em até 18 metros e podem chegar a inundar áreas por até 50 quilômetros de extensão, em suas faixas marginais.

O modelo divide a tomada de decisão das famílias em dois grupos relacionados com: (i) as atividades necessárias à subsistência da família, (ii) as atividades relativas à estratégia de produção excedente de cada família.

As atividades de subsistência são referentes à manutenção da reserva mínima para aquela família. O planejamento é feito para: (i) um horizonte anual para garantir um “estoque mínimo” de farinha de mandioca e banana para consumo próprio, cujas decisões (não intervir e cultivar) ocorrem no início da estação seca e, (ii) um horizonte mensal para os demais produtos e atividades (profissão, pesca, coleta, consumo, manutenção do sítio e comércio).

Os blocos de atividades relativas à estratégia de produção excedente têm a sua decisão feita de acordo com a estratégia de trabalho da família. Este estudo definiu dois grupos de estratégias possíveis:

- a) “tradicional”, em que o agente tem como objetivo principal garantir a manutenção de uma reserva real maior que a reserva mínima ou
- b) “intensiva”, em que o agente tem como objetivo principal maximizar a reserva real.

Vale ressaltar que, na realidade local, todas as famílias garantem uma produção mínima para a sua subsistência. Portanto, as diferenças entre as duas estratégias ocorrem somente após a realização das atividades de subsistência pelas famílias, as quais dependem unicamente do tamanho da família, e não da estratégia.

Na estratégia tradicional, depois de realizar as atividades de subsistência no início do período de seca (definição e implantação das roças de mandioca e banana), a família decide fazer uma plantação na várzea (a escolha da espécie é aleatória) de forma a variar a sua dieta de alimentação. Nos meses subsequentes, a cada mês a família verifica se a sua reserva de dinheiro ou de mandioca está nula (zero) e, somente neste caso (nulidade de um destes itens da reserva), a família utiliza todo o seu tempo livre restante para pesca comercial, de forma a tentar se capitalizar.

Na estratégia intensiva, depois de garantir a subsistência no início da seca, a família decide qual é a melhor cultura a plantar (várzea ou terra-firme), escolhendo a espécie de acordo com os resultados obtidos pela comunidade no último período e implanta este cultivo. Nos meses subsequentes, a família utiliza todo o seu tempo livre restante para realizar a pesca comercial, independente das condições de sua reserva real.

O Quadro 4.06 contém um resumo das relações existentes entre os grupos de ações dos agentes e os parâmetros de decisão que podem influenciar o comportamento desses agentes.

Parâmetro/ação	Subsistência		Estratégia Tradicional		Estratégia Intensiva	
	Anual	Mensal	Várzea	Pesca	Melhor Esp.	Pesca
Reserva Real	↓	↓	∅	↓	∅	∅
Reserva Mínima	↓	↓	↑	∅	∅	∅
MO disponível	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Terra disponível	↑	↕	∅	∅	↑	∅
Mercado	∅	∅	∅	∅	↑	∅
Histórico produção	∅	∅	∅	∅	↑	∅
Chuva	↕	↕	↕	∅	↕	∅
Pulso d'água	↕	↕	↕	∅	∅	∅
↑ - diretamente proporcional			↓ - inversamente proporcional			
↕ - relação variável			∅ - sem relação reconhecida			

Quadro 4.06 – Relação entre grupos de ações e seus parâmetros de decisão

Outros parâmetros tiveram sua influência avaliada como mínima no contexto da tomada de decisão dos agentes locais e, portanto, não foram incluídos no modelo, como:

- (i) a pressão demográfica, que ainda não está sendo percebida pelos agentes locais; apesar desta situação, pode-se perceber, em algumas áreas uma alta taxa de natalidade da região, que poderá ser um problema no futuro, conforme os fluxos de migração interna, principalmente no momento de definir em que “área” cada agente da comunidade poderá plantar; no modelo, a taxa de natalidade inicial está fixada em 0,2% ao ano;
- (ii) a infra-estrutura, principalmente no tocante à saúde e educação, que é determinante para o deslocamento e a migração interna dos agentes, principalmente os jovens.

D - Variáveis de escolha / preferências dos agentes

O comportamento dos agentes deve ser suficientemente detalhado no modelo, de forma a não deixar dúvidas quanto às diversas decisões intrínsecas a cada grupo de ações, em cada estratégia adotada (subsistência, tradicional e intensiva). Esse detalhamento não foi facilmente definido na abordagem especialista e demonstrou a necessidade de se fazer uma abordagem participativa para obter estes dados das comunidades locais. O Quadro 4.07 contém um resumo das variáveis de escolha para cada ação possível de um agente, minimamente necessárias para a construção do modelo.

AÇÃO	VARIÁVEL	Variações possíveis	
Abandonar área	Quantas	Quantidade	
	Quais (onde)	Mata ou praia	Roça ou capoeira
	Área	Extensão (ha)	
Cultivar área	Espécies	Perene: cacau ou pimenta do reino	Anual: mandioca, banana, milho, feijão ou melancia
	Áreas	Mata, roça ou capoeira	Praia (ha)
	Espécies/área		
	Farinha	Quantidade	
	Estoque	Quantidade (kg)	
Consumir	O que	Bens	Produtos
	Quanto	Quantidade (R\$)	Quantidade (kg)
Manter sítio	No criações	Quantidade	
	No espécies	Quantidade/espécie	
Pescar	No pescarias	Quantidade/mês	
	Local	Próximo	Distante
	Quant. peixe	Quantidade (kg)	
Coletar	No caças	Quantidade/mês	
	No coletas	Quantidade/mês	
Comércio	O que	Peixe	Mandioca, banana, milho, feijão, melancia
	Quanto	Quantidade (kg)	
	Preço	(R\$)	

Quadro 4.07 Variáveis de escolha para cada ação

Este estudo considerou que a mão de obra disponível para cada componente adulto é de oito horas por dia com trabalho, no máximo, de 25 dias em cada mês. Portanto, teremos um máximo de 300 dias de trabalho por componente adulto por ano. Para o modelo, também foi considerado que as crianças até completarem 08 anos não constituem mão-de-obra para a família e que a disponibilidade de trabalho é, no máximo, de 50 dias por componente “aprendiz” (até 12 anos) por ano devido à escola. A condição de problemas de saúde dos componentes da família que comprometem a sua participação na unidade de produção é calculada mensalmente em uma probabilidade de 0,01% para cada família.

4.1.2 O Modelo Teórico Final (abordagem participativa)

A partir do modelo conceitual elaborado em uma abordagem especialista, foram realizadas diversas oficinas nas comunidades rurais de Benjamin Constant de forma a se atingir uma “elicitación do conhecimento”. Este termo é uma tradução livre do termo francês *“elicitación de la connaissance”*, que é oriundo da engenharia dos conhecimentos e foi definido por Becu (2006) como: “extração ou aquisição do conhecimento de uma pessoa ou grupo de pessoas”.

A hipótese se baseia na situação em que uma pessoa não pode (ou não consegue) exprimir espontaneamente o seu conhecimento, neste caso os pesquisadores das ciências cognitivas utilizam diferentes técnicas de elicitação (entrevistas, simulações, questionários, discussões em grupo etc.) para “capturar” e especificar o conhecimento dessa pessoa.

A engenharia dos conhecimentos é uma técnica de inteligência artificial – IA - aplicada pelos engenheiros para construir os denominados “sistemas inteligentes”, termo que agrupa os sistemas especialistas, os sistemas de apoio, a tomada de decisão, as bases de dados especialistas, etc. (BECU, 2006). O princípio desse ramo da IA é relativamente simples e consiste em solicitar aos atores locais descrições e informações que auxiliem a modelização, sobre: (i) como eles tomam suas decisões quando confrontados a um problema específico, (ii) quais informações e dados ele utiliza para tomar essas decisões, e (iii) quais são as operações necessárias para resolver os problemas que surgem.

O trabalho realizado para elaborar o modelo conceitual fez emergir uma série de premissas do modelo; são elas:

- a) Comunidades são “isoladas” (transporte, energia e comunicação).
- b) Sistema público de educação e saúde descentralizado por comunidade.
- c) Impacto dos programas de renda mínima na economia local.
- d) Associação de moradores representa a “solidariedade comunitária” no modelo.
- e) Organização social baseada na família (“agricultura familiar extrativista”).
- f) Atividades principais: pesca, agricultura e extrativismo (caça e coleta).
- g) Base da produção para consumo, excedente de pesca e agricultura para comércio.
- h) Produção limitada pela tecnologia disponível (“rústica”).
- i) Produção limitada pelo mercado (difícil acesso – informação e transporte).
- j) Comunidades indígenas e caboclas com métodos e técnicas de produção similares (potencial replicabilidade).
- k) Fertilidade das várzeas com solos que se “regeneram” anualmente.
- l) Produção agrícola de terra firme baseada na regeneração natural da floresta
 - Técnica da derrubada e queimada (*slash & burn*)
 - Condição de vizinhança das parcelas para dispersão de sementes
 - Floresta → Culturas (4 anos) → Capoeira (6/15 anos) → Floresta

Com os trabalhos participativos e com base no modelo conceitual concebido na abordagem especialista, partimos para a definição de agentes espaciais e agentes sociais do modelo.

A – Agentes

A técnica de elaboração participativa de mapa cognitivo foi utilizada para a definição dos agentes espaciais junto às comunidades (Figura 2.03). Uma chuva de idéias (*brainstorm*) foi utilizada para obter a validação dos agentes espaciais e a definição inicial dos agentes sociais (Figura 4.01). Outra técnica de trabalho coletivo, que envolve discussões em grupo, foi utilizada para validar os agentes espaciais pela segunda vez e os agentes sociais (pela primeira vez).

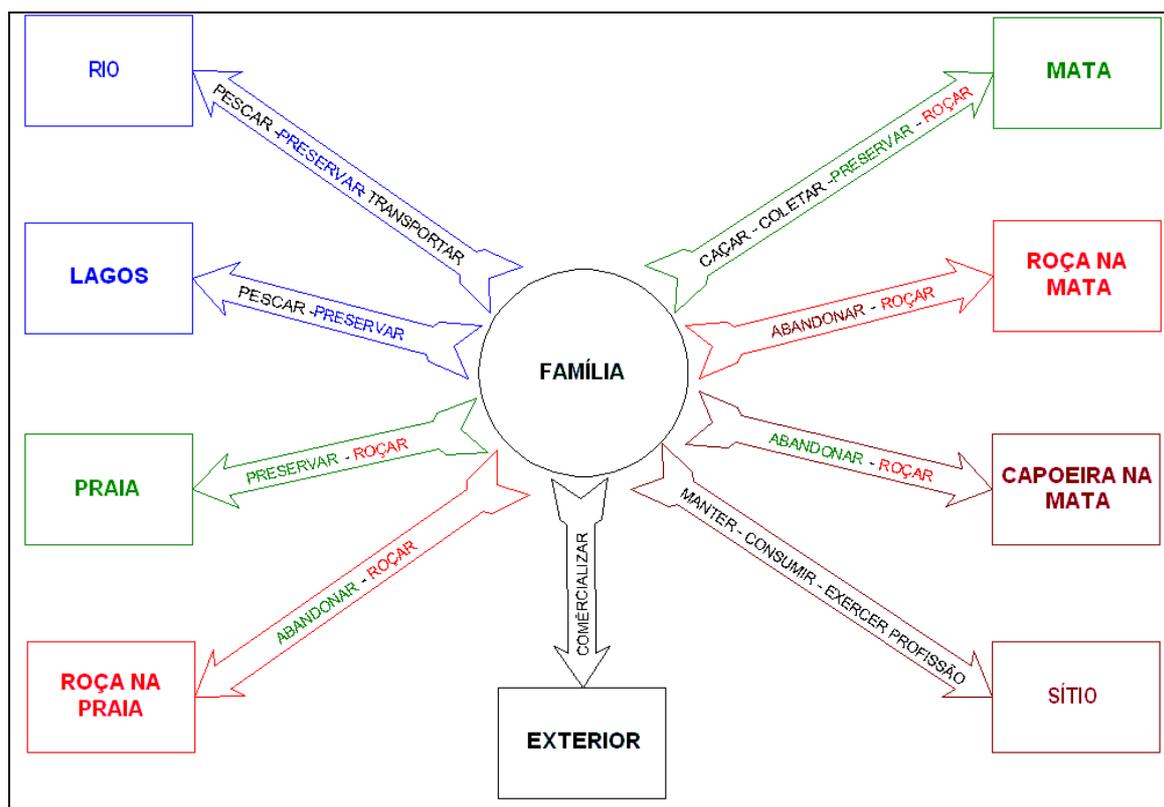


Figura 4.02 - Diagrama Agentes X Ações

C – Parâmetros de Decisão, Variáveis de Escolha e Estratégias

Mais uma vez foram utilizadas técnicas de discussões em grupo para a validação das ações e para o detalhamento dos parâmetros de decisão e das preferências de cada agente.

Para a definição das estratégias dos agentes foram utilizadas técnicas de discussão em grupo e painéis de especialistas. Estes mesmos painéis foram objeto de um trabalho participativo para a construção de cenários a serem simulados.

Devido às discussões realizadas com as comunidades, pode se perceber que as dinâmicas sociais, nas quais as atividades de subsistência das famílias são planejadas, ocorrem em período de tempo menores que um ano. Após diversas discussões com a comunidade, optou-se por modificar o passo de tempo nas simulações do modelo para períodos mensais (em vez de semestrais), ou seja, no modelo, as escolhas de estratégias podem ser semestrais ou mensais, mas o passo do tempo da simulação é mensal.

O Quadro 4.08 apresenta as relações entre o tipo de atividade produtiva (utilizando técnicas tradicionais de produção) com a sua produtividade por hectare (teórica e inicial do modelo). Não foram encontradas referências para as produtividades de pesca, coleta de frutas e plantações de frutas em sítios na região. A única referência teórica encontrada para uma relação entre área necessária por família foi para a mandioca, com 0,85 a 3,65 hectares por família de cinco componentes.

	Produtividade teórica	Produtividade (modelo inicial)
Mandioca	3,6 a 10 ton/ha por colheita	2,16 ton/ha por colheita
Banana	400 a 1000 cachos/ha por mês	180 cachos/ha por mês
Milho	0,64 a 2 ton/ha por colheita	0,15 ton/ha por colheita
Feijão, Arroz e Melancia	1 a 2 ton/ha por colheita	0,1 ton/ha por colheita
Carne de caça	-	1,7kg/ homem dia
Pesca comercial	-	7,5kg/ homem dia
Pesca consumo	-	2,5kg/ homem dia
Frutas domesticadas	-	3,75kg/ homem dia
Frutas silvestres	-	2,5kg/ homem dia

Quadro 4.08 – Produtividade para cada tipo de atividade produtiva

O Quadro 4.09 apresenta o consumo mensal de cada item da reserva por componente da família. Os consumos de mandioca e de carne de caça estabelecidos no modelo são aqueles informados pela comunidade, um pouco maiores do que os observados na teoria (65 kg/ano de mandioca e 14,7kg/ano de caça). A reserva de dinheiro equivale ao poder de compra de 6 itens básicos para a subsistência de uma pessoa que não são produzidos na comunidade: (i) açúcar (2,2 kg a R\$1,50/kg); (ii) sal (0,8 kg a R\$3,50/kg); (iii) macarrão (1,4 kg a R\$3,00/kg); (iv) óleo de cozinha (2 litros a R\$2,18/l); (v) gasolina (4 litros a R\$2,50/l) e (vi) sabão (0,5 barras a R\$0,60/unidade). Vale ressaltar que, em situações de crise de reserva, a primeira estratégia da família é reduzir o seu consumo em 10%, ou seja, os valores consumidos passam a ser o equivalente a 90% dos valores do Quadro 4.09.

Item	Consumo	Item	Consumo	Item	Consumo
Mandioca	7,5 kg	Feijão	4 kg	Frutas silvestres	3 kg
Banana	7,5 cachos	Melancia	3 kg	Frutas domesticadas	3 kg
Peixe	7,5 kg	Arroz	4 kg	Dinheiro	24,96 R\$
Carne de caça	1,0 kg	Milho	4 kg		

Quadro 4.09 - Consumo mensal de cada item da reserva por componente da família

O valor inicial de venda dos produtos produzidos pela comunidade no mercado local no modelo está apresentado no Quadro 4.10. A variação possível destes preços é de 20% sobre o valor de venda. No modelo inicial, a demanda para produtos gerados na comunidade pelo mercado é inelástica, ou seja, todo o excedente de

produtos que é posto à venda pelas famílias da comunidade é comercializado pelos preços do mercado naquele momento.

Produto	Preço	Variação	Produto	Preço	Variação
Mandioca	R\$0,70/kg	0,14	Feijão	R\$1,70/kg	0,34
Banana	R\$0,40/cacho	0,08	Melancia	R\$0,50/unidade	0,10
Peixe	R\$1,50/unidade	0,30	Arroz	R\$1,80/kg	0,36
Milho	R\$1,60/kg	0,32			

Quadro 4.10 – Valor de venda dos produtos da comunidade no mercado local

O Quadro 4.11 apresenta os tempos gastos na manutenção de cada tipo de roça. A roça de mandioca é prevista para seis meses em terra firme, com a colheita realizada no último mês. A roça de banana é realizada continuamente em todos os meses, com a colheita realizada mensalmente. As roças de milho, feijão, arroz e melancia foram consideradas “similares” e têm uma duração de três meses, com a colheita no último mês. Para a caça, foi considerada a periodicidade de 0,5 a 3,6 saídas por mês, conforme a estação (cheia e seca).

Espécie	t de cultivo (meses)	Tempo gasto na manutenção da roça (/ha)
Mandioca	6	6 meses: 4 dias homem no 1º mês, 1 dia nos 3 seguintes e 3 dias nos 2 últimos meses
Banana	12	12 meses: 4 dias homem no 1º mês e 2 dias nos demais
Milho, Feijão, Arroz e Melancia	3	3 meses: 1 dia homem nos dois primeiros meses e 4 dias no último mês

Quadro 4.11 Tempos gastos na manutenção de cada tipo de roça

Os tempos gastos na preparação do terreno para a implantação de roças diferem para cada tipo de cobertura vegetal. A implantação de roças na várzea (praia) e em áreas utilizadas como roça (no período anterior) foi considerada (no modelo) como sem necessidade de tempo investido na preparação do terreno. As áreas de capoeira nova demandam cinco dias homem de preparação de terreno e as áreas de capoeira antiga e de mata demandam dez dias homem de preparação do terreno.

4.2 A FORMALIZAÇÃO DO MODELO EM UML

A formalização do modelo conceitual foi feita pela sua “tradução” em diagramas UML: (i) de classe e (ii) de atividades. Como os diagramas de atividades explicitam as relações entre as atividades executadas no modelo em função do tempo e a sua hierarquia (precedências e requisitos), não foram elaborados diagramas de seqüência.

4.2.1 Os Diagramas de Classes

Vale lembrar que a definição de classes nesta fase é função da definição dos agentes espaciais e sociais feita na fase de modelização conceitual. As classes definidas no modelo foram: (i) família, (ii) porção de terreno, e (iii) atividade.

Os principais agentes sociais foram representados pela classe Família. Uma família é composta por membros. O modelo representa as dinâmicas referentes à natalidade (taxa) e às doenças (probabilidade), mas não representa a mortalidade na comunidade. Cada família tem uma reserva (Quantidade_de_produtos), necessária à sobrevivência de seus membros, que é composta por: (i) mandioca, (ii) banana, (iii) peixe, (iv) frutos da mata, (v) frutos do sítio, (vi) carne de caça, (vii) arroz, (viii) melancia, (ix) feijão, (x) milho e (xi) dinheiro. O diagrama de classe com as relações entre a família, seus membros e sua reserva pode ser visto na Figura 4.03.

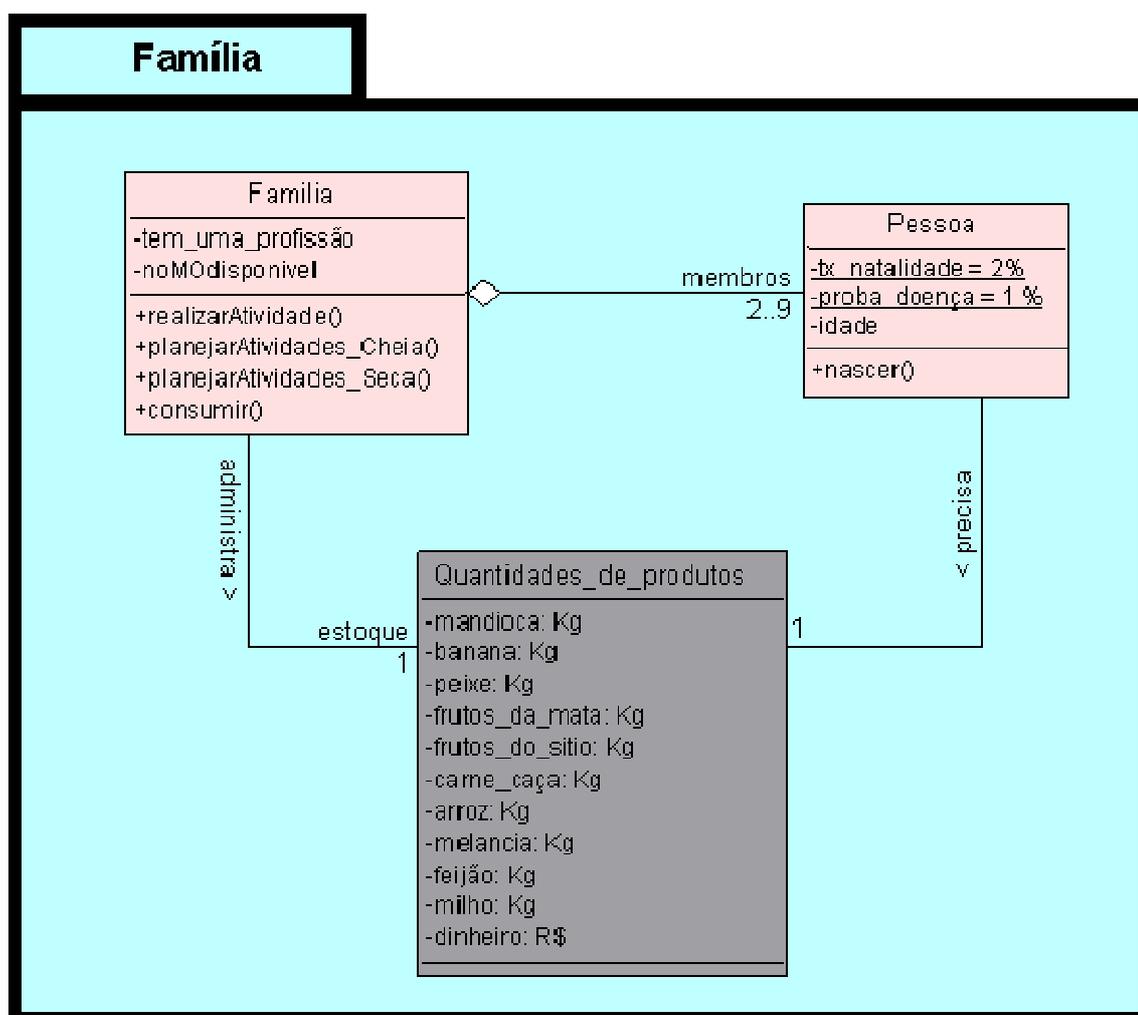


Figura 4.03 – Relações entre a família, seus membros e sua reserva

A organização social no modelo é representada pelas famílias e as suas relações com: (i) a associação comunitária (de moradores), que representa a solidariedade das famílias na comunidade e é a única ligação da comunidade com a prefeitura; (ii) a prefeitura de BC, que realiza a “gestão” dos subsídios sociais (bolsa-escola e bolsa-família) para as famílias cadastradas nos programas e que representa o apoio do poder público à comunidade em casos de “calamidade”; (iii) a associação de pescadores, que realiza a “gestão” da subvenção para o defeso na pesca, ligada às famílias que têm associados cadastrados e (iv) o mercado, que apenas estabelece os preços dos produtos comercializados, sem ter uma relação específica com as demais classes do modelo (Figura 4.04).

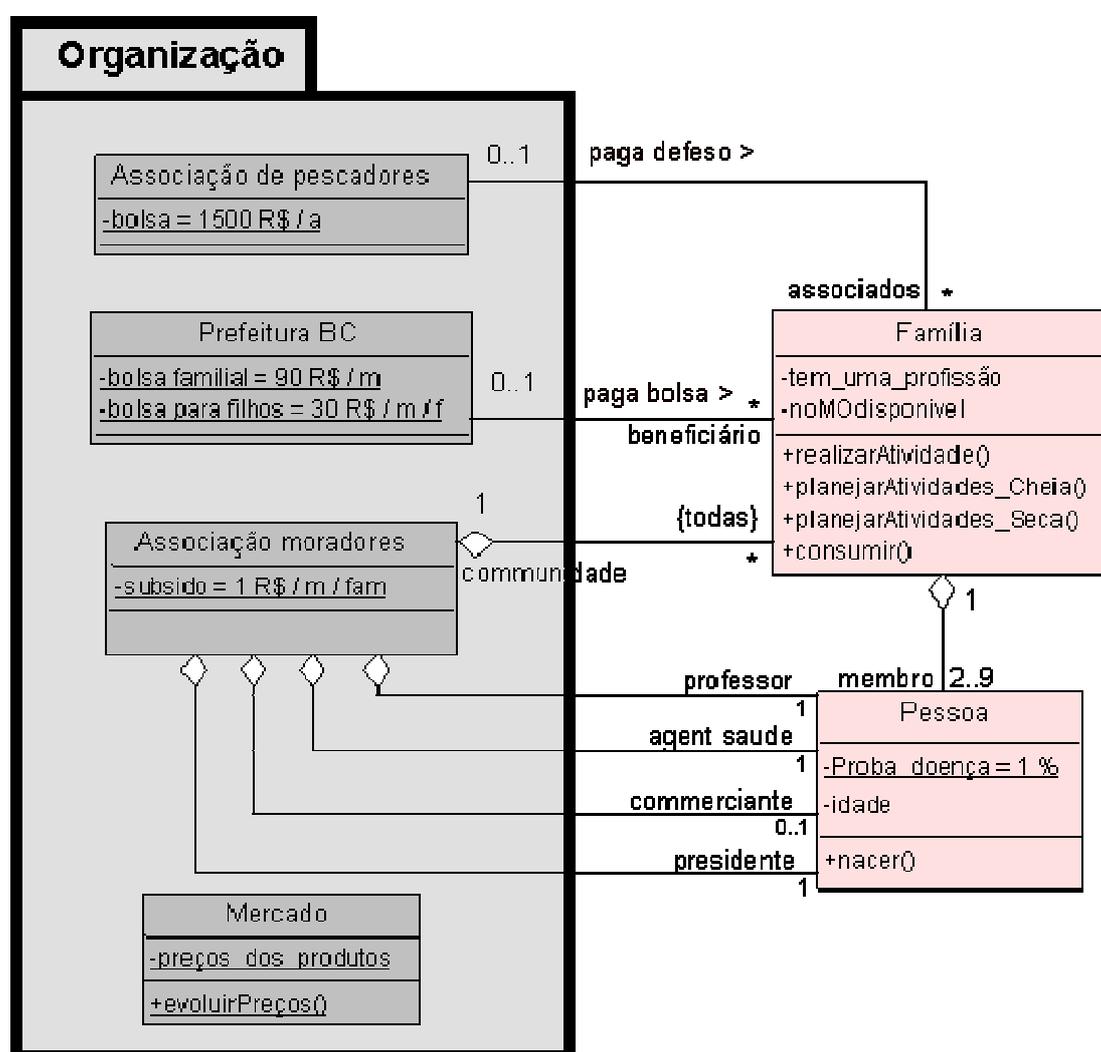


Figura 4.04 – As organizações da comunidade

Os agentes espaciais são agrupados em torno da classe porção de terreno. Cada porção de terreno tem 0,25 ha, que representa a menor divisão espacial para a gestão do uso do solo na comunidade, e pode ser: (i) sítio, (ii) rio, (iii) várzea

(inundável) ou (iii) terra firme (não inundável). O rio tem um nível variável, atingindo a sua cheia em janeiro e a vazante em julho. O diagrama de classes com as relações entre a porção de terreno e seus possíveis estados pode ser visto na Figura 4.05.

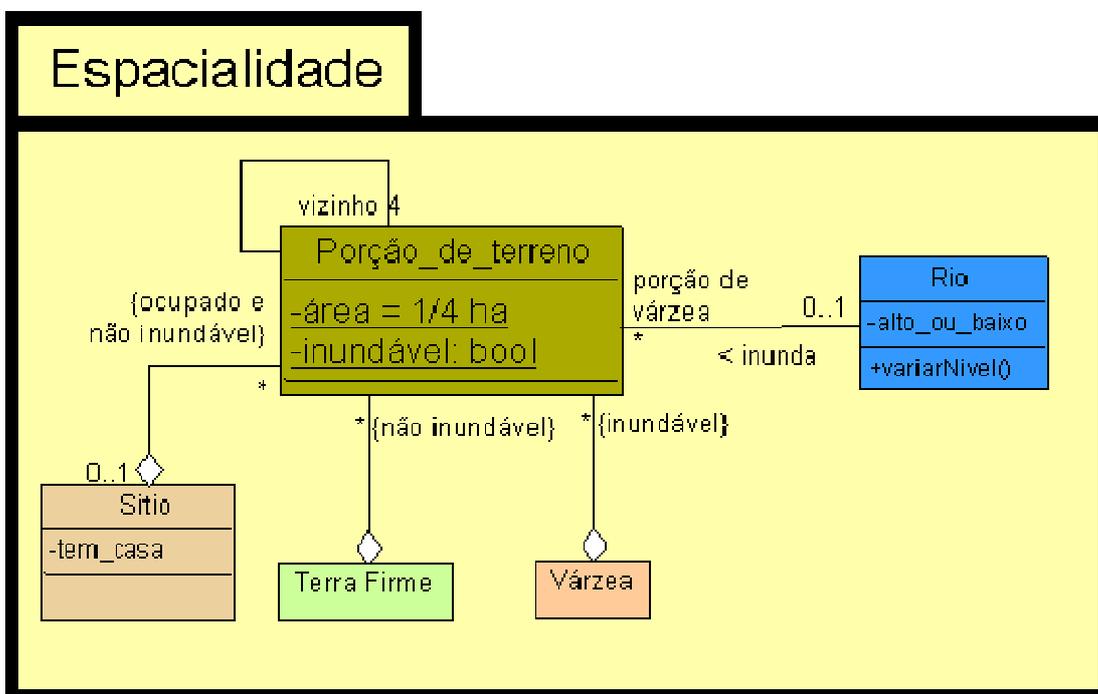
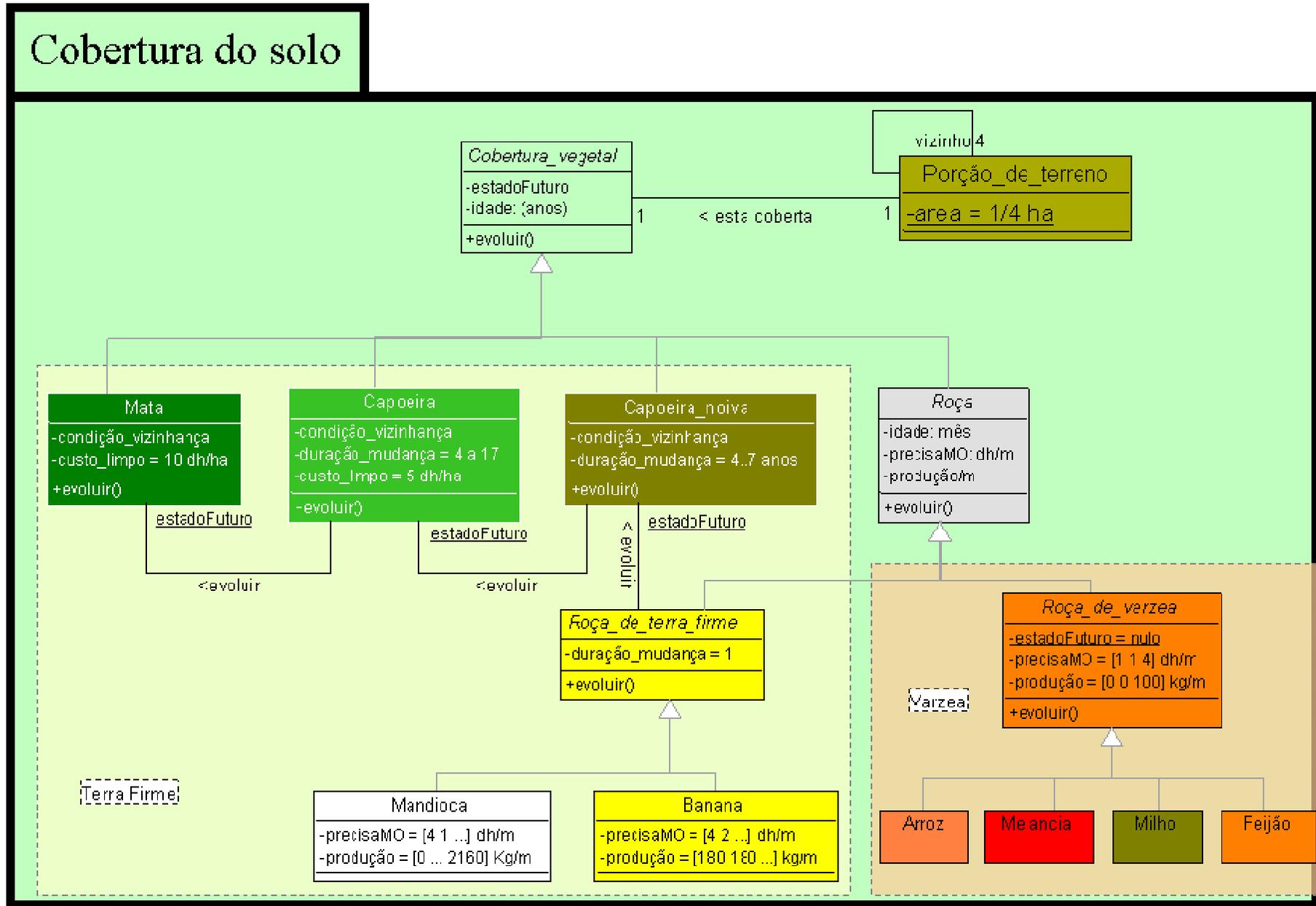


Figura 4.05 – Espacialidade no modelo Solimões

Uma porção de terreno não inundada tem uma cobertura vegetal associada. As porções de terra firme (não inundáveis) têm quatro possíveis coberturas do solo: (i) mata, (ii) capoeira, (iii) capoeira nova ou (iv) roça. As roças de terra firme são utilizadas para plantações de mandioca ou banana, principais alimentos da população (juntamente com o peixe). As roças de várzea podem ser utilizadas na plantação de: (i) melancia, (ii) milho, (iii) arroz ou (iv) feijão. O diagrama de classes com as relações entre a porção de terreno e suas possíveis coberturas do solo pode ser visto na Figura 4.06.

Cobertura do solo

Figura 4.06 – Diagrama de Classes com as relações entre as coberturas do solo



As porções de terra firme têm um método interno de evolução, simulando a regeneração natural destes ambientes: as roças abandonadas evoluem para capoeiras novas que evoluem para capoeiras, e essas evoluem para mata. As porções de capoeira e de mata podem se tornar roça pela ação de uma família (derrubada). Cada porção de terra firme tem uma conectividade com quatro porções vizinhas, denominada condição de vizinhança. Essa condição de vizinhança é função da cobertura do solo das porções vizinhas e seu valor condiciona a velocidade de evolução de cada porção de terreno para o seu estado futuro.

As porções de várzea (inundáveis) podem assumir três estados diferentes: (i) rio, (ii) várzea ou (iii) roça de várzea. As porções de várzea só aparecem na época da seca (vazante de julho a dezembro) e podem tornar-se roça pela ação de uma família. No final da estação seca, as porções de várzea (com ou sem roças implantadas) são inundadas e passam a compor o rio (época da cheia, janeiro a junho). O diagrama de transição de estado da terra firme e da várzea pode ser visto na Figura 4.07.

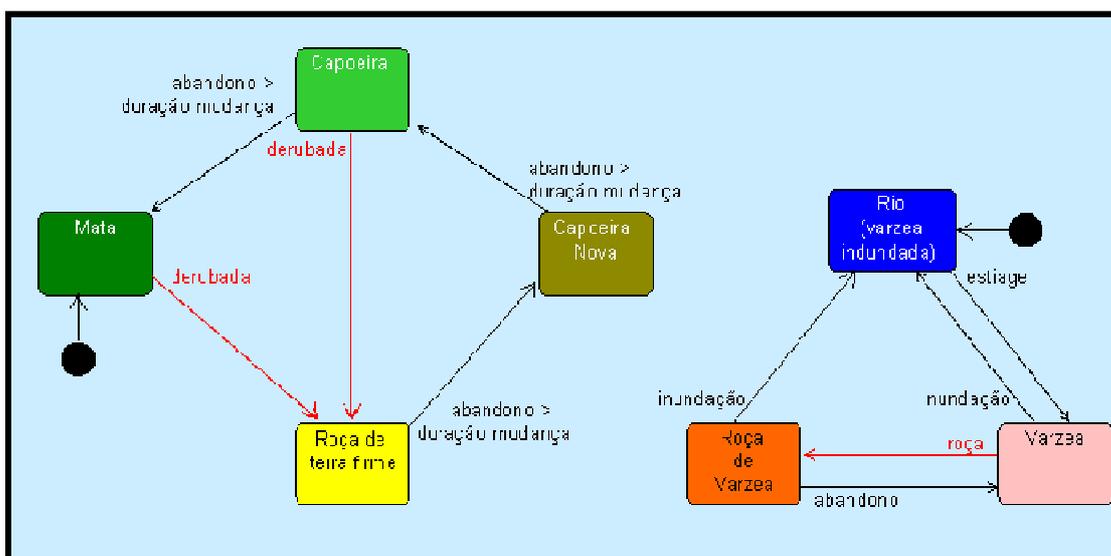


Figura 4.07 – Diagramas de transição de estado da terra firme e da várzea

As atividades realizadas pelas famílias podem ser divididas em seis tipos (Figura 4.08): (i) pesca, subdividida em comercial - realizada em locais mais distantes - ou para consumo - em locais mais próximos; (ii) agrícola, com a preparação da roça e o cultivo; (iii) caça; (iv) manutenção do sítio; (v) coleta, que são as atividades de extrativismo vegetal e (vi) atividades laborais (professor, agente de saúde ou comerciante). O diagrama de classes completo do modelo Solimões pode ser visto na Figura 4.09.

Atividades

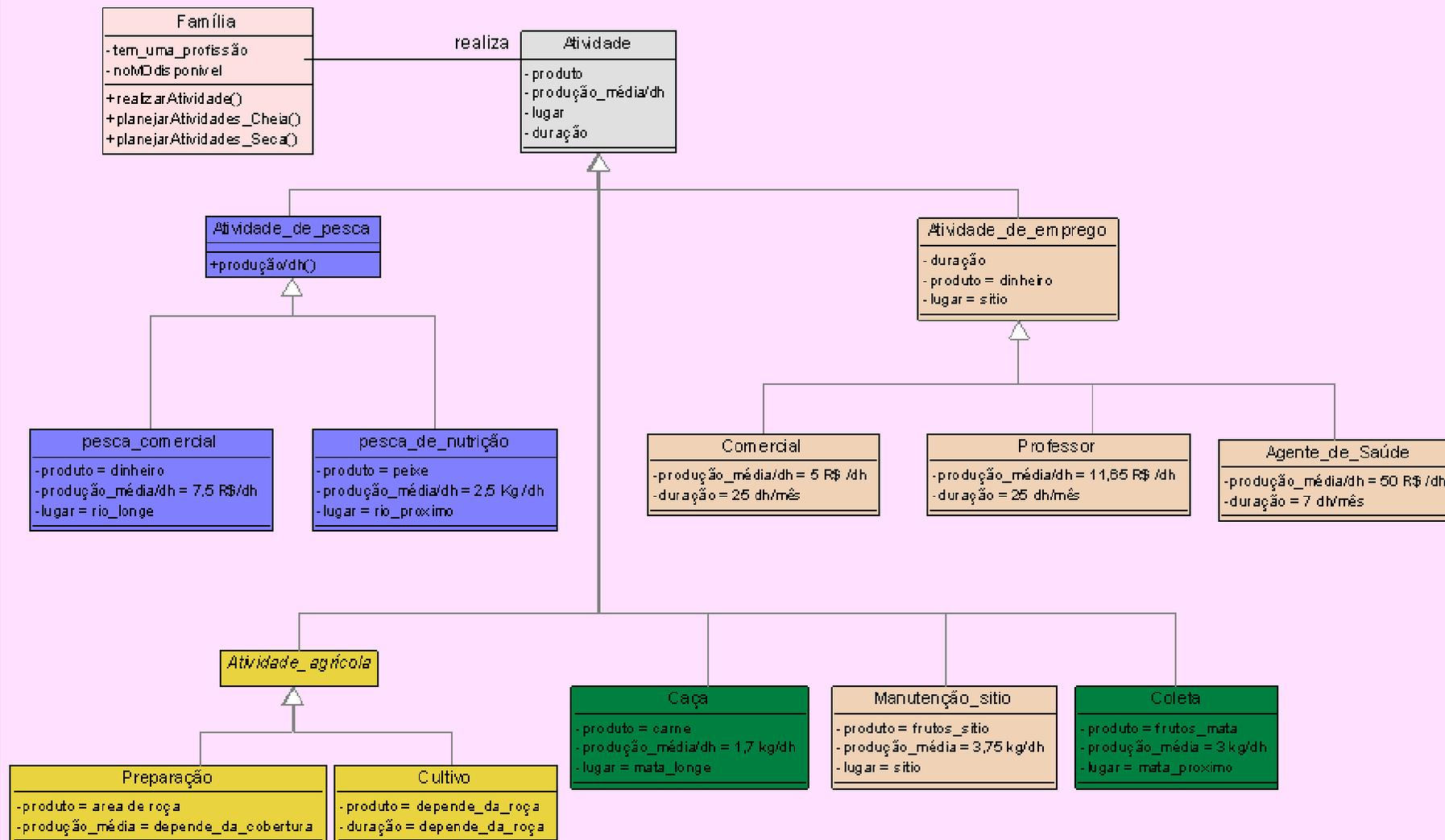


Figura 4.08 – Diagrama de Classes com as relações entre as atividades

Diagrama de Classes – Modelo SOLIMÕES

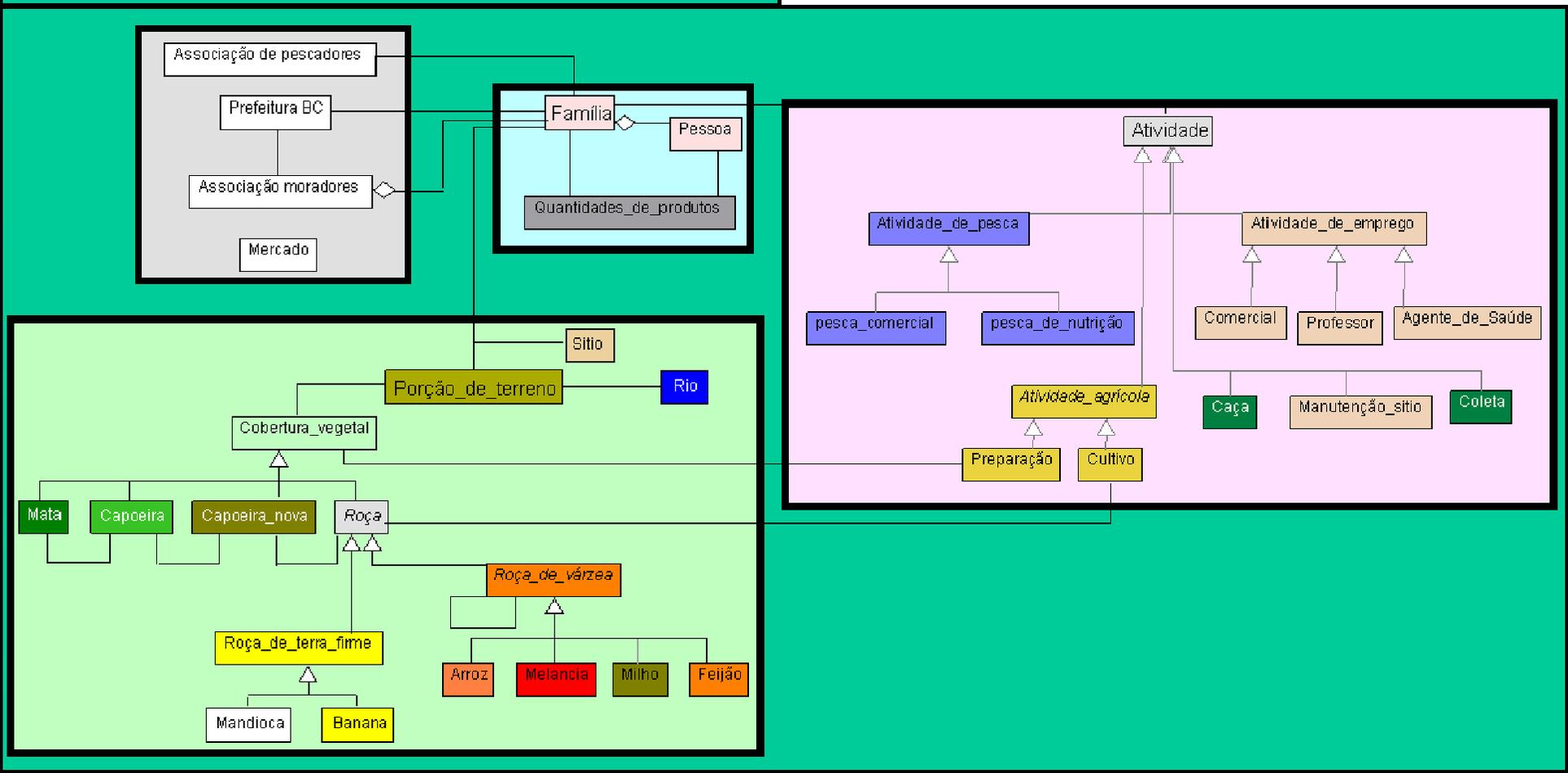


Figura 4.09 – Diagrama de Classes do Modelo Solimões

4.2.2 Os Diagramas de Atividades

Vale lembrar que o diagrama de atividade é o detalhamento de um método que contém uma série de funções. Ele serve para evidenciar como as funções devem ser ordenadas em termos: (i) cronológicos e/ou (ii) de dependência. Devemos definir, em cada atividade, quais funções ocorrem primeiro e quais funções ou atributos são pré-requisitos ou co-requisitos para outras funções.

Para construir estes diagramas, devemos observar toda a lógica referente às estratégias dos agentes que foram definidas na modelização conceitual. Devemos rever o modelo conceitual verificando as relações existentes entre: (i) os blocos de ações encadeadas e os seus eventos internos, (ii) as preferências e as seqüências dos blocos de ações e (iii) os fatores de escolha e as estratégias de ação.

Para uma melhor definição e entendimento do modelo Solimões, foi elaborado um diagrama de atividades gerais, que estabelece a hierarquia das atividades no passo anual (Figura 4.10). Nesse período de tempo (um ano) existem dois grupos de atividades, aquelas que ocorrem na época da chuva e aquelas da época da seca. O período anual no modelo inicia-se no mês de janeiro com a inundação da várzea, seguida pela evolução demográfica da população de cada família da comunidade e pela evolução das coberturas do solo de cada porção de terreno, de acordo com suas condições de vizinhança.

O modelo entra no passo mensal e parte para a execução da rotina das atividades básicas mensais pelas famílias, seguida da execução das atividades de rotina dos meses de cheia. Inicia-se um novo mês e, como o modelo tem um passo mensal, essas duas últimas rotinas (básica mensal e das atividades de cheia) se repetem a cada novo mês de cheia. Quando a simulação atinge o mês de julho (vazante) iniciam-se as atividades do período da seca. Ocorre a descoberta da várzea, que estava inundada na época de cheia e, em seguida cada família estabelece a sua estratégia “fundiária” para o próximo ano.

Essa estratégia compreende a definição das atividades agrícolas a serem realizadas pelas famílias respondendo, inicialmente: O que plantar? Para cada cultivo selecionado pelas famílias outras duas questões devem ser respondidas: (i) Qual área plantar? (ii) Onde plantar? O modelo entra no passo mensal e parte para a execução

da rotina das atividades básicas mensais pelas famílias (similares às da cheia), seguida da execução das atividades de rotina dos meses de seca. Inicia-se um novo mês e, como o modelo tem um passo mensal, estas duas últimas rotinas (básica mensal e das atividades de seca) se repetem a cada novo mês de seca. Quando a simulação atinge o mês de janeiro (enchente) inicia-se um novo ciclo anual, com a repetição das atividades do período da cheia e do período da seca.

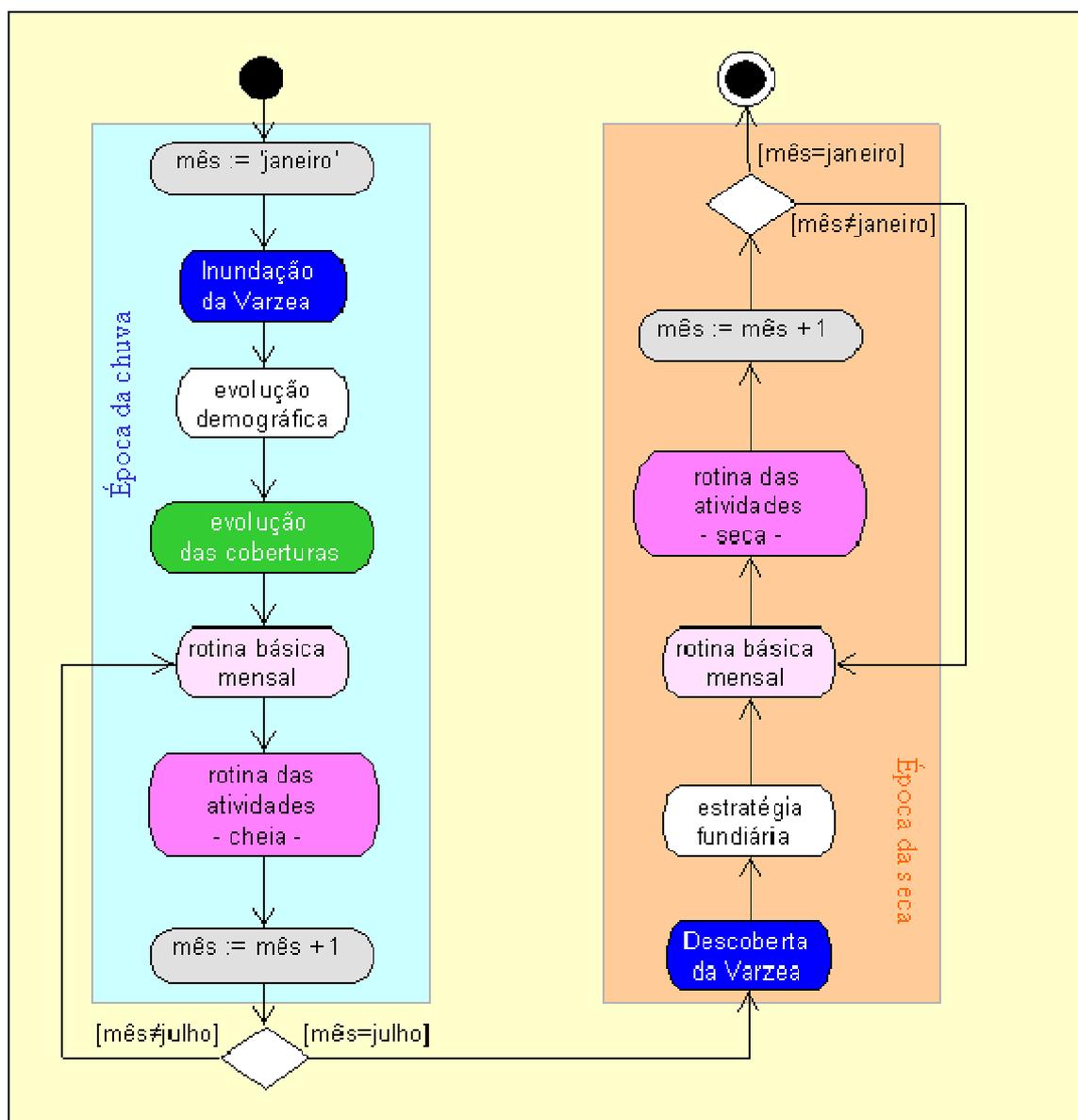


Figura 4.10 - Diagramas de Atividades Gerais – Passo Anual

As atividades básicas mensais são similares tanto para os meses de cheia quanto para os meses de seca (Figura 4.11). Elas compreendem os seguintes passos: (i) cada família cadastrada nos programas do Governo (Bolsa-família e Bolsa-escola) recebe os recursos relativos à subvenção social; (ii) os membros da comunidade que têm uma profissão a realizam; (iii) as famílias calculam a sua mão-de-obra disponível,

na várzea (função da mão-de-obra disponível). Caso a decisão seja afirmativa, essas famílias calculam a área de roça na várzea que vão plantar e implantam ali a melhor cultura, de acordo com o mercado. Se ainda faltar área de roça de terra firme para garantir a subsistência anual da família, ela entra na mesma rotina do mês de julho.

Nos demais meses de seca, as famílias mantêm suas roças (terra firme e várzea) e colhem a produção respectiva quando o cultivo estiver finalizado. Ao final das atividades específicas de cada mês de seca, se a reserva de uma família nos itens dinheiro (R\$) ou mandioca (kg) estiver negativa, ela realiza a pesca comercial com toda a mão-de-obra disponível restante para se capitalizar. No final de todos os meses de seca, as famílias consomem as quantidades necessárias à sua subsistência, de seus itens da reserva. Se houver excedentes, a família os comercializa.



Figura 4.12 - Diagrama de Atividades específicas dos meses de seca

As atividades específicas dos meses de cheia são idênticas em todos os meses (Figura 4.13). Se a reserva de uma família nos itens dinheiro (R\$) ou mandioca (kg) estiver negativa, ela realiza a pesca comercial com toda a mão-de-obra disponível restante de forma a se capitalizar. No final de todos os meses, as famílias consomem as quantidades necessárias à sua subsistência, de seus itens da reserva. Se houver excedentes, a família os comercializa.

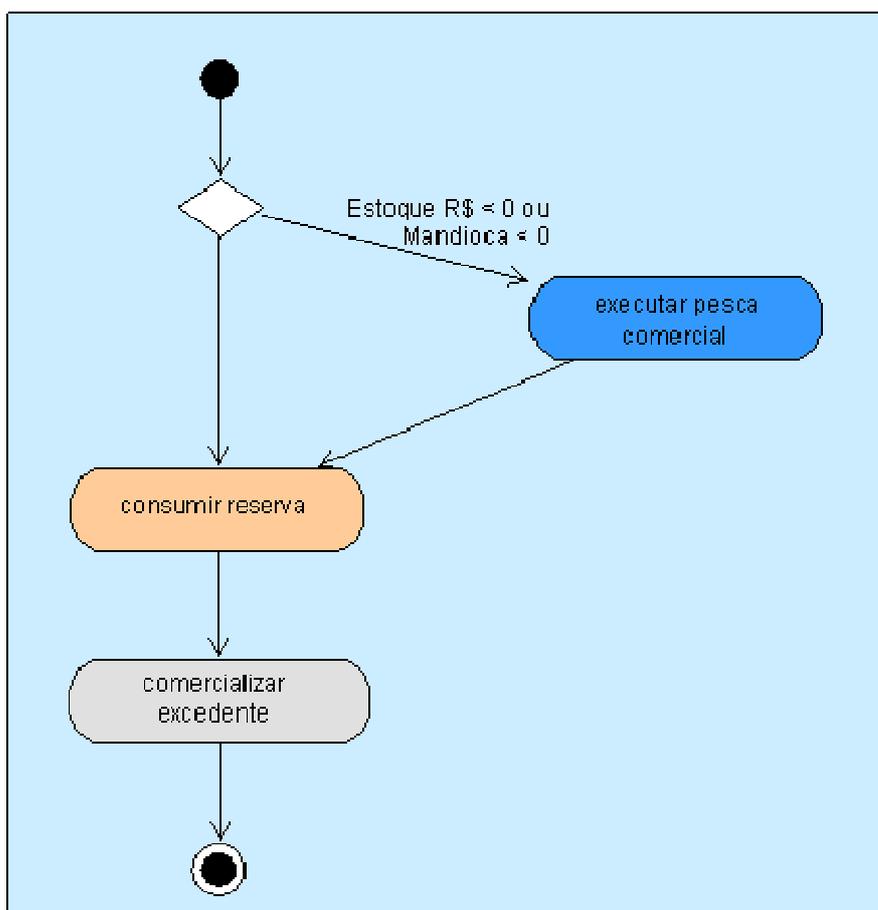


Figura 4.13 - Diagrama de Atividades específicas dos meses de cheia

Podemos considerar que o modelo está “convertido” para UML quando todo o modelo conceitual pode ser verificado, ao observarmos o diagrama de classes com os diagramas de atividades. Portanto, acreditamos que, ao se observarem os diagramas das Figuras 4.03 a 4.13, o modelo possa ser entendido completamente.

4.3 A CODIFICAÇÃO DO MODELO EM CORMAS

O modelo “convertido” para UML deve então ser traduzido na linguagem definida e inserido na plataforma respectiva. Esta operação pode ser denominada codificação

do modelo. No caso do modelo de Benjamin Constant, a plataforma utilizada foi a Cormas e a linguagem associada é o Smalltalk.

4.3.1 Classes, Atributos e Métodos

Os agentes sociais e espaciais foram as primeiras “classes” do modelo UML a serem inseridas no modelo informático. Começamos com as classes dos agentes espaciais (em Cormas “entidades” espaciais), seguidas pelas dos agentes sociais (em Cormas “entidades” sociais). Em seguida inserimos as demais classes, inclusive dos agentes passivos (em Cormas “entidades” passivas).

Após inserirmos todas as classes do diagrama UML na plataforma Cormas inserimos os respectivos atributos e métodos associados. Iniciamos pelos atributos, inserindo-os classe por classe. Os atributos (em Cormas “*instanceVariableNames*”), ao serem inseridos em Cormas, tiveram os seus acessores também definidos, os quais geraram automaticamente os métodos do tipo “*accessing*” em Cormas.

Depois de inserir todos os atributos, introduzimos os métodos simples que estão presentes no diagrama de classes, inserindo-os, também, classe por classe. Os métodos foram inseridos nos tipos INIT, POV, CONTROL, PRIVATE e OUTROS. Vários métodos tinham variáveis locais, as quais só são utilizadas em cálculos dentro deste método, e foram definidas no início do próprio método.

Após finalizarmos a inserção de todas as classes, atributos e métodos simples presentes no diagrama de classes, iniciamos a inserção dos métodos complexos, os quais estavam detalhados nos diagramas de atividades.

A classe PARCELA é inicializada pelo arquivo “typesDeCultures.txt” (descrito nos quadros 4.08 e 4.09), o qual contém todas as informações sobre as culturas. Vale lembrar que uma célula do tipo RIO pode ser leito do rio ou praia. As células do tipo praia mudam de estado duas vezes por ano: a água sobe e as inunda em janeiro, e a água desce e as descobre em julho.

A classe FAMÍLIA tem trinta e cinco atributos e é inicializada pelo arquivo “familles.txt” o qual contém todas as informações das famílias de São João: (i) membros com respectivas idades, (ii) existência de atividade assalariada (professor, agente de saúde ou comerciante), (iii) inscrições familiares na Bolsa-família e Bolsa-

escola (iv) inscrições familiares na Associação de Pescadores (subvenção para o Defeso).

A família pode reduzir o seu consumo dos produtos da reserva em 10% quando esta não é suficiente para as necessidades mensais da família. Se essa situação permanece por dois meses consecutivos, a família “pede” ajuda à associação, que a fornece sem custos. Essa foi considerada a melhor forma de inserir a solidariedade das famílias dentro de uma comunidade: em vez de calcular trocas de dias em ajuris (mutirões), o modelo considera que, como há uma permuta obrigatória e análoga de dias de serviço, a associação se transforma em um banco de dias de serviço.

Os produtos produzidos pelas famílias que são estocáveis (a sua reserva passa de um mês para o outro) são: mandioca, milho, arroz e feijão. A banana, o peixe e a melancia não são considerados estocáveis no modelo e, se não são consumidos ou comercializados, têm a reserva esvaziada ao final de cada mês. O número de dias perdidos nas famílias devido a problemas de saúde é calculado mensalmente para cada família em uma função de probabilidade (randômico de 0,01%).

A ASSOCIAÇÃO DE MORADORES gere: (i) a concessão e pagamento da Bolsa-família e da Bolsa-escola às famílias cadastradas no programa de governo, (ii) uma tesouraria para receber contribuições mensais dos moradores e ajudar famílias em crise (quando a reserva é menor que o consumo, mesmo reduzido em 10%). A Associação monitora: (i) a produção da comunidade para cada tipo de cultura, (ii) os problemas de saúde das famílias (quando mais de 20% das famílias têm problemas no mês, pede ajuda à prefeitura) e (iii) os preços dos produtos no mercado.

A ASSOCIAÇÃO DE PESCADORES gere a concessão e pagamento da indenização pelo Defeso (durante os meses da piracema) às famílias cadastradas no programa.

A PREFEITURA monitora: (i) os problemas das famílias em crise de reserva, (ii) os grandes problemas da comunidade (mais de 20% das famílias com crises consecutivas) e (ii) a tesouraria da associação (equilibra o caixa negativo). O MERCADO estabelece os preços de venda dos produtos comercializados pela comunidade.

A classe ATIVIDADES é inicializada pelo arquivo “activités.txt” que contém as informações sobre: (i) a produtividade de cada atividade realizada por dia homem e (ii) o tempo de trabalho mensal para as atividades assalariadas. O Quadro 4.12 contém os valores de inicialização das atividades das famílias, representando o arquivo activités.txt.

Classe	Nome	Produção / dia homem	Produto	Tempo trabalho mensal (dias)	Local
Atividade Assalariada	Professor	11,67	Reais	25	Sítio
	Vendedor	5	Reais	25	Sítio
	Agente de saúde	50	Reais	7	Sítio
Atividades de subsistência	Manter o sítio	3,75	Frutas do sítio	0	Sítio
	Caçar	1,67	Carne de caça	0	Mata
	Coletar	3	Frutas silvestres	0	Mata
Atividades de pesca	Pesca consumo	2,5	Peixe	0	Rio próximo
	Pesca comercial	7,5	Reais	0	Rio distante

Quadro 4.12 - Valores de inicialização das atividades para as famílias

4.3.2 Ordenamento da Simulação do Modelo

A definição de como os cenários são simulados é feita a partir dos respectivos diagramas de atividades (anual e mensal). A definição do ordenamento da simulação é feita a partir de dois princípios: (i) o “agendamento” de métodos em um “passo de tempo” (*step*), com o ordenamento seqüencial dos métodos no tempo dentro de um mesmo período de simulação, e (ii) a repetição por “passos de tempo” (*steps*), que definirá como as ações se reproduzem a cada novo período de simulação.

Para simular o modelo no cenário inercial, é necessário somente definir um estado de inicialização de todos os atributos que precisam ser “inicializados” no modelo. A inicialização é feita estabelecendo o “estado inicial” do sistema, ligado a um banco de dados e/ou a uma entrada do usuário do modelo para simulação. Os dados da inicialização do sistema podem ser vistos nos Quadros 4.08, 4.09 e 4.10.

A classe PARCELA prevê um método em passo de tempo anual no qual as coberturas do solo “evoluem” devido à regeneração natural do ambiente (em velocidades diferentes de acordo com as condições de vizinhança). A classe FAMÍLIA prevê um método em passo de tempo anual (a evolução demográfica) e vários outros métodos em passos de tempo mensais: (i) receber Bolsa-família, (ii) calcular mão-de-obra mensal disponível, (iii) realizar atividade assalariada, (iv) calcular as

necessidades de consumo mensais, (v) tomar decisão mensal, (vi) plantar roças, (vii) cultivar roças, (viii) realizar atividades, (ix) consumir etc.

O ordenamento das atividades (métodos) ocorre em dois passos de tempo: um passo de tempo t anual, em janeiro, e um passo de tempo mensal nos demais meses. No passo de tempo anual, as famílias evoluem (demografia e idades) e, em seguida, as parcelas evoluem (representando a regeneração natural das coberturas). No passo de tempo mensal, ocorre a seguinte seqüência: (i) o mercado calcula os novos preços dos produtos, (ii) o clima atualiza as parcelas de rio, (iii) as famílias realizam seu passo mensal, (iv) a Associação de Moradores observa a produção da comunidade e, em seguida, realiza seu passo mensal, e (v) a Prefeitura realiza seu passo mensal.

4.3.3 Visualização do Modelo

Para construir as relações das famílias com as parcelas (no espaço da comunidade), foi refeita no modelo uma trajetória aproximada da chegada das famílias a São João. Uma configuração inicial do espaço (mata, várzea e rio), sem a presença de famílias, baseada no mapa cognitivo elaborado pela comunidade, foi construída em um arquivo do *software CorelDraw*.

O arquivo foi importado para o modelo e foram inseridas quatro famílias no espaço do sítio, realizando simulações de estratégias tradicionais por cinco anos. A configuração final dessa simulação foi utilizada como configuração inicial do espaço (com as famílias) em uma segunda simulação, e desta vez, foram adicionadas mais cinco famílias, realizando novamente simulações de estratégias tradicionais por cinco anos. A configuração final da segunda simulação foi utilizada como configuração inicial do espaço (com as famílias) em uma terceira simulação e, desta vez, foram adicionadas mais cinco famílias, realizando novamente simulações de estratégias tradicionais por dez anos. A configuração final dessa terceira simulação é utilizada pelo modelo Solimões como espaço inicial das simulações.

O modelo prevê cinco modos de observação do espaço (POV): (i) cultura (mandioca, banana, feijão, melancia, milho e arroz); (ii) usuário (usuários); (iii) cobertura (rio, mata, capoeira, roça, praia, roça na praia e sítio); (iv) solo (rio, sítio e roça) e (v) capoeira (capoeira, rio e sítio).

Além da visualização do espaço, o modelo permite a observação de gráficos que contém as variações de atributos (provas) predefinidos no modelo. Existem dois tipos de provas: as globais, associadas aos atributos das classes, e as locais, associadas aos atributos das instâncias dessas classes. No modelo Solimões, foram definidas 3 provas globais e 52 provas locais, cujos comportamentos foram considerados importantes para ser acompanhados durante as simulações. O Quadro 4.13 mostra algumas das variáveis cujo comportamento pode ser selecionado na simulação para o modo visualização do comportamento em gráficos.

Classe	Variável observada como “prova”
Solimões (Globais)	Mês
	No. Parcelas de praia e de terra firme
Associação de Moradores	Tesouraria da Associação
Prefeitura BC	Tesouraria da Prefeitura
	No. Crises de reserva de famílias
Parcela	Condição de vizinhança
Família	Áreas em uso para cada tipo de cultivo
	Área necessária para plantar mandioca e banana
	Últimos resultados para cada tipo de cultivo
	Reserva real de cada item da “reserva” de cada família
	Reserva mínima de cada item da “reserva” das famílias
	Produção mensal de cada item da “reserva” das famílias
	Consumo mensal de cada item da “reserva” das famílias
	Tempos gasto com a realização das atividades
	Mão-de-obra disponível (no início do mês e a real)

Quadro 4.13 – Variáveis definidas como “provas” no modelo Solimões

4.3.4 Ajuste e Análise de Sensibilidade do Modelo

Com o modelo traduzido em Smalltalk para a plataforma Cormas, foi feito o ajuste (debugagem) do modelo. Este processo encontrou diversos erros que foram se acumulando durante todo o processo de modelização (conceitual e informática). Esses erros eram responsáveis por inúmeras falhas na hora de “rodar” o modelo.

Inicialmente, quando rodamos o modelo pelas primeiras vezes, o número de erros era grande e impedia a visualização das simulações na tela do computador. À medida que a debugagem foi sendo feita, o modelo já rodava em etapas e ao final rodou completamente.

A análise de sensibilidade do modelo foi feita ao variar em faixas extremas os valores de alguns atributos (variáveis) de entrada do modelo, os quais devem continuar a gerar valores de variáveis de saídas coerentes. Os parâmetros

selecionados para se realizar a análise de sensibilidade do modelo em simulações por períodos de dez anos foram: (i) a taxa de natalidade, (ii) o preço de venda da farinha de mandioca e (iii) a produtividade da mandioca. Todas as simulações do modelo realizadas para a análise de sensibilidade tiveram suas saídas verificadas quanto à coerência da área antropizada pela comunidade e da reserva das famílias.

A taxa de natalidade foi variada 0 a 10% ao ano, com incrementos de 0,5% por simulação. As saídas do modelo para a área antropizada e para a reserva das famílias mantiveram-se coerentes. Variando o preço de venda da farinha de mandioca de R\$0,70 a R\$10,00, com incrementos de R\$0,50 por simulação, também foi observada coerência nas saídas do modelo para a reserva das famílias. A produtividade da mandioca foi variada de 2,0 toneladas a 10,0 toneladas por hectare, com incrementos de 0,5 toneladas por simulação. As saídas do modelo para a reserva das famílias e a área antropizada apresentaram coerência. Desta forma, o modelo teve a sua análise de sensibilidade realizada com sucesso para os três atributos, sempre mantendo saídas coerentes a cada nova simulação.

4.3.5 A “Validação” do Modelo

A validação do modelo foi feita junto a duas sessões participativas do tipo painéis de especialistas, uma na UnB (Brasília) e outra na UFAM (Manaus). Nestas sessões foram apresentados: (i) o modelo teórico, (ii) o modelo informático e (iii) as simulações de cenários tendenciais (inerciais) no modelo.

Na primeira oficina, realizada em Brasília, foram verificadas dificuldades de entendimento do modelo pelos participantes. As “falhas” de comunicação se concentraram, principalmente, na forma de apresentação do modelo formalizado, com um participante que não compreendeu o funcionamento do modelo a partir do seu texto base (resumo executivo) e de seus diagramas de classes UML. Outra “falha” ocorreu na compreensão dos resultados do modelo na interface de visualização, sem que se obtivesse uma discussão objetiva sobre os diferentes pontos de vista e os gráficos resultantes das variáveis monitoradas. A oficina, portanto, mostrou quais eram as maiores dificuldades de compreensão do modelo, demonstrando serem necessárias adaptações nas formas de apresentá-lo ao público.

A segunda oficina, realizada em Manaus, já tinha incorporado as modificações oriundas da primeira oficina, com o aprimoramento da apresentação do modelo (texto

base e diagramas UML). Nesta segunda oficina, os trabalhos transcorreram facilmente. O grupo discutiu os resultados provenientes da simulação do cenário inercial e “aprovou” o modelo sugerindo que fossem feitas simulações também para a comunidade de Novo Paraíso, cujas características são muito próximas às de São João. Cabe ressaltar que ambas as oficinas realizadas foram fundamentais para a finalização da primeira versão do modelo e auxiliaram a equipe na definição dos cenários exploratórios a serem simulados pelo modelo.

5 A SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

Este capítulo é reservado à apresentação das simulações de cenários realizadas com o modelo Solimões, dividida em três partes: (i) cenários emergentes da abordagem especialista e das abordagens participativas; (ii) cenários selecionados para o estudo de caso e (iii) cenários que visam à reprodutibilidade do modelo. O fluxo de leitura dos conteúdos, como aparecem neste capítulo, é altamente recomendável já que há um grande teor de agregação de suas informações.

Nascimento e Drummond (2004) identificaram os fenômenos ou variáveis que mais tendem a influenciar o futuro da Amazônia e os atores mais relevantes na definição de futuro da Amazônia (Quadro 5.01 e Quadro 5.02). Os fenômenos podem atuar de forma isolada ou conjuntamente, e a sua influência pode (ou não) ocorrer no sentido de favorecer as mudanças de uso e cobertura do solo. De forma análoga, os atores mais relevantes também podem atuar em prol dessas mudanças.

Fenômenos ou variáveis
Implantação dos investimentos estruturadores
Processo de inserção internacional
Reestruturação produtiva nacional
Fundamentos da macroeconomia brasileira
Consciência do paradigma da sustentabilidade (socioambiental)
Inovação e difusão de tecnologias apropriadas
Alteração dos insumos da economia mundial
Contravenção e drogas
Vigilância e proteção dos recursos da Amazônia
Aumento do controle social
Reestruturação da base produtiva regional
Degradação da base de recursos naturais
Expansão da oferta de serviços sociais
Peso político da questão indígena

Quadro 5.01 - Fenômenos que influenciam o futuro da Amazônia

Atores
Empreiteiras e Empresários urbanos
Países pan-amazônicos
Empresários nacionais da agroindústria
Capital financeiro
Movimentos ambientalistas
Pequenos e médios proprietários
Organismos financiadores internacionais
Contraventores
Comunidade científica
Trabalhadores rurais
Grandes proprietários rurais
Madeireiras
Igreja Católica e grupos evangélicos ligados ao social.
Comunidades e organizações indígenas

Quadro 5.02 - Atores que influenciam o futuro da Amazônia

Levando em consideração os fenômenos e atores que influenciam o futuro da Amazônia e com base em uma discussão dos cenários mundiais e nacionais, Nascimento e Drummond (2004) definiram, de forma geral, quatro cenários mais prováveis para a Amazônia em 2020: (i) Desenvolvimento sustentável; (ii) Desenvolvimento regional e qualidade de vida; (iii) Crescimento e degradação ambiental e (iv) Estagnação e pobreza. Em uma postura otimista, os autores definem como a trajetória mais provável da Amazônia uma alteração de cenários, a saber, inicia-se um futuro próximo com o cenário mais indesejável (estagnação e pobreza) e alcança-se o cenário mais desejável (desenvolvimento sustentável) em um futuro mais distante.

Entretanto, devemos lembrar que o futuro é incerto e indeterminado e os atores sociais têm múltiplas alternativas. A história de uma região é uma resultante da ação dos homens e pode seguir caminhos diversos, definidos pelos interesses em jogo, pelas circunstâncias políticas e pelos constrangimentos culturais. O futuro é construído pela prática social, pela ação dos homens organizados que têm projetos, vontades, conflitos e, sobretudo, fazem escolhas e correm riscos com uma “visão” individual dos prováveis futuros (PORTO et al., 2005). Portanto, a construção de cenários locais centrados nas ações dos agentes de mudança é uma ferramenta estratégica para a discussão do futuro da região, e o modelo Solimões tem um grande potencial neste sentido.

Retomando as questões inerentes à prospectiva de cenários e reunindo todas as informações produzidas durante a elaboração do modelo (agentes, ações e estratégias), já podemos construir um primeiro cenário. Neste cenário 1, partimos da situação atual (representada pelos agentes - espaciais e sociais - e suas interações) em direção ao futuro, sem alterar nenhuma variável do modelo (só o tempo). É o cenário inercial, que representará um possível futuro se todas as condições iniciais permanecerem inalteradas.

O cenário inercial foi simulado para um horizonte de dez anos (120 meses), e foram observadas as variações ocorridas no tempo em cada uma das provas, que já haviam sido inseridas na modelização para que os seus comportamentos em gráficos pudessem ser selecionados e observados no modo visualização. As “provas” cujos comportamentos foram considerados mais importantes estão descritas no Quadro 5.03.

Classe	Variável observada como “prova”
Solimões (Globais)	População da comunidade
	Área antropizada pela comunidade
	Área antropizada por pessoa
	Áreas de capoeira
Associação de Moradores	Tesouraria da Associação
Prefeitura BC	Tesouraria da Prefeitura
Família	Áreas em uso para o cultivo de mandioca
	Áreas necessárias para plantar mandioca e banana
	Reserva real de cada item da “reserva” de cada família
	Reserva mínima de cada item da “reserva” de cada família
	Produção mensal de cada item da “reserva” das famílias
	Consumo mensal de cada item da “reserva” das famílias
	Tempos gastos com a realização das atividades
	Mão-de-obra disponível (no início do mês e a real)

Quadro 5.03 – Provas importantes identificadas no cenário inercial

Como, no modelo, a inicialização ($t = 0$) das famílias é realizada com uma Reserva Real nula em todos os seus itens, a análise dos comportamentos obtidos deve desconsiderar os valores obtidos nos dois primeiros anos e ater-se aos dez anos seguintes. Os comportamentos de quatro provas globais (áreas e população) na simulação do cenário inercial podem ser vistos no Gráfico 5.01.

Variações na simulação do cenário inercial

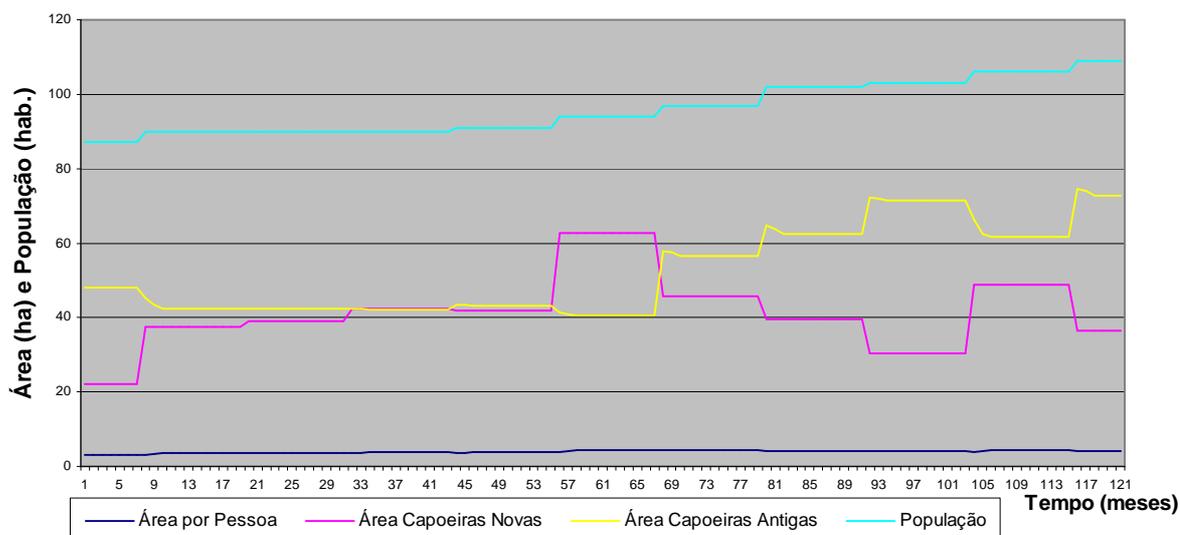


Gráfico 5.01 – Variações de 4 provas na simulação do cenário inercial

Como se pode observar no Gráfico 5.01, nesta simulação, a população aumentou de 87 para 109 habitantes (25%). A área antropizada pela comunidade passou, no mesmo período, de 266 ha a 453 ha, com um aumento em torno de 70%. A área utilizada por pessoa variou entre 3,06 ha e 4,27 ha, ou seja, houve variações de 40%. As áreas de capoeiras antigas tenderam a aumentar enquanto as áreas de capoeira nova tenderam a se manter. Estas tendências de cenário inercial se mantiveram.

Os comportamentos da prova local “variação nos gastos mensais”, relativa à família na simulação do cenário inercial, podem ser vistos nos Gráfico 5.02. Como se pode observar, nesta simulação os gastos da população aumentaram em quase todas as famílias, mas com uma tendência à estabilização.

Variação nos gastos mensais por família

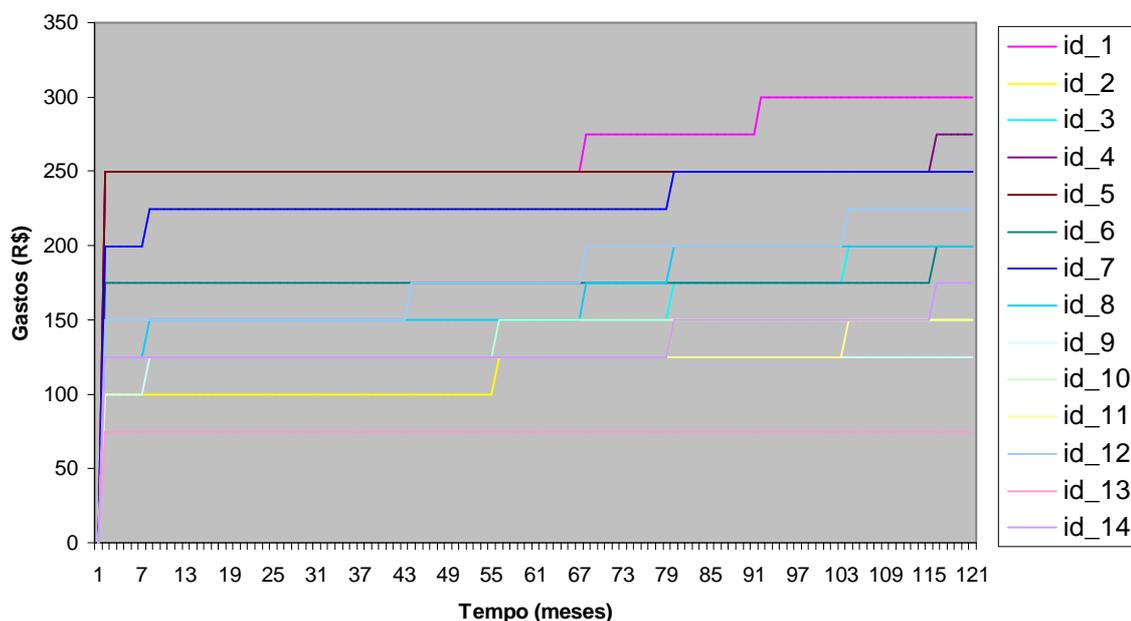


Gráfico 5.02 – Variações nos gastos mensais por família (cenário inercial)

No Gráfico 5.03, que apresenta os comportamentos da prova local “variação nos consumos de mandioca”, relativa à família na simulação do cenário inercial, pode se observar que a variação no consumo de mandioca também manteve esta tendência de cenário inercial, ou seja, de aumento para todas as famílias.

Variação no consumo de mandioca por família

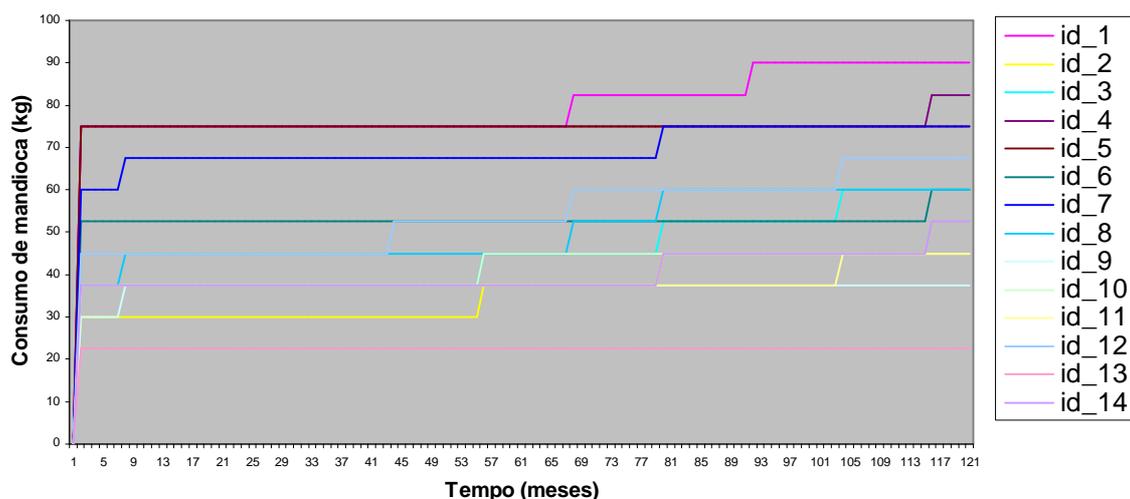


Gráfico 5.03 – Variações no consumo de mandioca (cenário inercial)

O Gráfico 5.04 apresenta os comportamentos das provas locais “variação nos consumos de mandioca e de feijão”, relativas à família 8 na simulação do cenário inercial. Pode-se observar que o consumo de mandioca é realizado durante toda a simulação e mantém a tendência de acréscimo a partir do cenário inercial. Já o consumo de feijão é sazonal, a partir da produção na várzea, com uma tendência à estabilização pontuada por pequenos acréscimos.

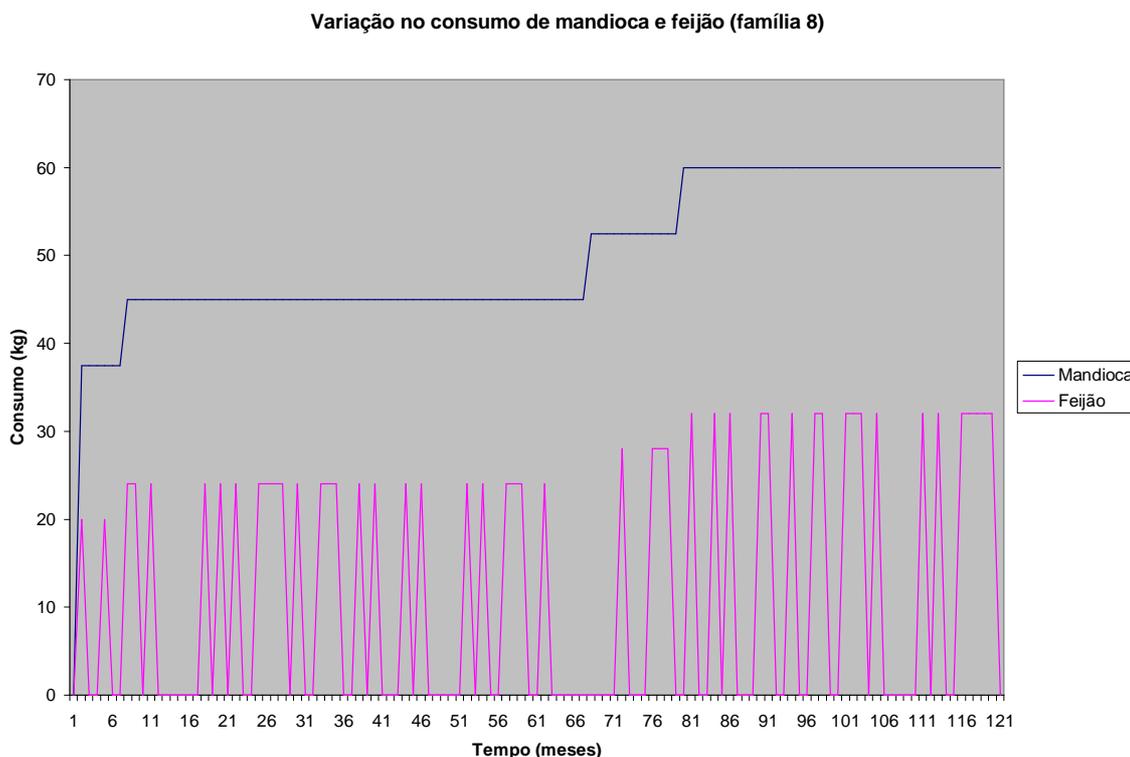


Gráfico 5.04 – Variações nos consumos de mandioca e feijão (família 8)

O cenário inercial pode ser utilizado para iniciar a discussão sobre quais outros cenários podem ser desenvolvidos no modelo dinâmico. Um novo cenário pode ser “construído” com a variação de:

- i. **eventos**, que sejam causas, interferências ou efeitos de ações,
- ii. **preferências**, que determinem a opção de um agente por uma seqüência específica de diferentes blocos de ação, e/ou
- iii. **fatores**, que determinem a opção de um agente por uma ou por outra estratégia.

É aí que reside uma das grandes vantagens de elaboração de modelos de sistemas multiagentes em plataformas de simulação de cenários. Ao inserirmos essas variações no modelo, os diferentes agentes têm a opção de modificar sua estratégia a cada novo período da escala de tempo. Os cenários que podem ser construídos com essa metodologia são riquíssimos!

Vale lembrar que em prospectivas de cenários, dois tipos de variantes do cenário inercial são os mais recorrentes: (i) o otimista e o pessimista, (ii) o desejável e o indesejável. Entretanto, outros cenários podem ser construídos a partir de discussões realizadas de forma participativa. É importante esclarecer aos atores envolvidos os potenciais da simulação de cenários, com discussão sobre as vantagens e desvantagens.

A definição de quais cenários devem ser inseridos no modelo - de quais eventos, preferências e/ou fatores devem sofrer variações - é uma etapa fundamental na modelização. Durante esta discussão, o modelizador deve estar atento às questões iniciais do modelo, as quais devem balizar a proposta de cenários: modelizar o quê? para quem? por quê? de que forma? em quanto tempo?

Cabe ressaltar que a discussão gerada nesta frente de trabalho com os atores envolvidos na modelização, além de fazer emergir os cenários, pode gerar alterações na definição inicial de: (i) os agentes sociais, (ii) os agentes espaciais, (iii) as escalas espacial e temporal, (iv) as ações e (v) as estratégias.

5.1 EMERGÊNCIA DOS CENÁRIOS

Inicialmente, durante a construção do modelo teórico, foram observados três fatores substanciais com potencial de incentivar a mudança da estratégia de produção dos atores: (i) a subvenção social, que configura uma renda mensal mínima relacionada com o pagamento de bolsas-família, para famílias cadastradas no programa do Governo Federal, e bolsas-escola por filho matriculado na rede de ensino; (ii) a organização do mercado local, que possibilita o acesso das comunidades isoladas ao mercado, com um possível apoio da prefeitura local e (iii) a implantação do novo projeto da UFAM, que modifica o universo de demandas de produtos e serviços na região.

A realidade de São João, pertencente à Amazônia Tradicional, não tem sofrido mudanças abruptas durante muito tempo. Entretanto, a monetarização da economia local, a qual era basicamente de subsistência, com a entrada das subvenções sociais (bolsa-escola, bolsa-família etc.) tem iniciado uma mudança comportamental nos seus habitantes. Os ribeirinhos inserem essa renda potencial na sua racionalidade no momento da tomada de decisão sobre: (i) o que plantar, (ii) quanto plantar (área) de

cada espécie e (iii) qual período destinar para a realização de atividades de extrativismo.

Adicionalmente, com a renda mensal, os habitantes da área rural têm variado sua cesta de alimentos, com a compra de diversos produtos antes inacessíveis a seu padrão de consumo (como frango congelado, macarrão etc.). Portanto, o impacto da variação desta renda monetária nas dinâmicas locais merece ser analisado/modelizado, como (i) o cancelamento geral de pagamento de subvenções pelo Governo Federal, ou (ii) o aumento de seu valor, ou (iii) a expansão do benefício a mais famílias.

A nova equipe de administração da prefeitura está tentando organizar o calendário agrícola das comunidades rurais do município, com o objetivo de obter uma certa regularidade de oferta de produtos regionais. Com uma oferta regular, esses produtos poderão ser inseridos na merenda escolar, que atualmente é adquirida, em sua totalidade, de empresas de São Paulo (distantes quase 5.000 km). Esta medida tem o potencial de modificar a dinâmica da exploração dos recursos naturais, incrementando o número de famílias que migram da adoção de uma estratégia de produção tradicional para uma estratégia de produção intensiva. Outra modificação potencial se dará no comércio da região o que, certamente, aumentará a circulação de renda no município, e seu impacto também merece ser objeto de análise/modelização.

A implantação do projeto da UFAM, cujo início está previsto para o ano de 2007, com (i) um grande aumento na oferta de vagas para alunos de licenciatura e graduação e com (ii) a contratação de 100 professores universitários e 70 técnicos (os quais, com toda a certeza, virão de outras áreas da região e até de outras regiões do país), também tem o potencial de modificar a realidade local. Haverá um aumento populacional que, em razão de suas características, criará uma demanda por melhorias na infra-estrutura urbana (imóveis, telefone etc), bem como por serviços e produtos. Esse também é um fator que provavelmente potencializará a migração das famílias para uma estratégia de produção intensiva.

Entretanto, dos três cenários emergentes da abordagem especialista, somente dois são compatíveis com o modelo construído, com um comportamento que pode ser relacionado com uma comunidade específica. Os impactos oriundos do projeto de expansão da UFAM ocorrerão nas áreas mais próximas à sede municipal de BC (área urbana) e não na área rural. Seu comportamento, portanto, não tem como ser

simulado no modelo Solimões, construído para simular mudanças do uso e cobertura do solo em uma comunidade ribeirinha.

No caso do cenário que envolve a organização do mercado local, o modelo Solimões pode apenas observar os impactos potenciais na mudança do uso e cobertura do solo em uma comunidade a partir da simulação de uma exploração intensiva dos recursos naturais pelas famílias locais. Uma análise mais interessante deste cenário (organização do mercado) poderia ser realizada, ao se analisarem todas as comunidades rurais de BC, inserindo as suas interações em um novo modelo, que focalizasse o espaço de todo o município.

Dessa forma, portanto, o único cenário emergente da abordagem especialista, que é totalmente pertinente ao modelo construído para uma comunidade, é aquele dependente das variações na percepção da bolsa-família pelas famílias da comunidade. Este cenário pode ser desenvolvido ao se variar dois parâmetros: “quais famílias recebem a subvenção social” e “qual o valor da subvenção social que cada família recebe”.

Com o modelo de simulação já apresentado aos atores locais e com a sua pertinência e coerência verificadas (item 4.3.5), deve-se estabelecer quais serão os novos cenários a simular de forma que subsidiem a discussão dos atores envolvidos e o aprendizado coletivo de todos. Os cenários exploratórios deste estudo foram construídos com base na metodologia proposta por Wollenberg et al. (2000) de um processo participativo para a construção de cenários exploratórios em contextos de desenvolvimento local. Esta metodologia prevê onze passos para se obterem os cenários exploratórios, descritos no capítulo anterior.

A metodologia de Wollenberg et al. (2000) foi realizada em dois momentos, com duas oficinas que envolvem diferentes painéis de especialistas sobre questões da Amazônia: a primeira em Brasília e a segunda em Manaus. Nas oficinas, inicialmente, o modelo foi apresentado (texto-base e diagrama de classe UML) para que os participantes compreendessem o “funcionamento” do modelo e de uma simulação no modelo. Em seguida, foi iniciada a metodologia de Wollenberg et al. (2000).

Das discussões em Brasília, surgiram diversas incertezas quanto às dinâmicas socioambientais existentes no sistema em estudo, cujas variações em suas dimensões os participantes desejariam explorar em mais detalhes através de cenários possíveis.

Após uma rodada de discussões, estas incertezas foram agrupadas em sete tipos principais:

- a) a restrição de acesso às áreas de várzea e de terra firme, para cada família e para toda a comunidade;
- b) a população da comunidade, que simulam tanto um “inchaço” na comunidade quanto um esvaziamento (êxodo rural);
- c) a subvenção social (bolsa-família);
- d) a produtividade de cada espécie;
- e) os preços de mercado de cada espécie;
- f) a introdução de novas espécies de cultivo e da pecuária (rebanho bovino);
- g) a restrição da pesca, com a proibição da pesca de algumas espécies ou da atividade como um todo por um período específico.

As incertezas relacionadas com as questões de gênero na comunidade foram apresentadas por todos os participantes como cenários potencialmente interessantes. Entretanto, na discussão, lembrou-se que o modelo Solimões foi construído considerando a família como o agente social, e as variações referentes às questões de gênero na divisão de trabalho não podem ser simuladas nesse modelo. Para tanto, seria necessário construir outro modelo, o que não era a proposta daquela oficina.

A possibilidade de agregação de valor nos produtos produzidos pela comunidade também foi proposta para construir cenários na primeira oficina. Da mesma forma, foi discutida a dificuldade de realizar essa simulação no modelo Solimões já que o único “produto” beneficiado pela comunidade é a farinha de mandioca, a qual já está inserida no modelo como substituta direta da raiz de mandioca, em uma relação proporcional à área plantada.

O valor das propriedades no mercado também foi proposto como potencial gerador de cenários, mas foi abandonado quando se lembrou que, na região rural, das terras das comunidades ribeirinhas, não existe o conceito convencional de propriedade e ainda não há um mercado real para a comercialização destas áreas. O modelo Solimões, portanto, não contém nenhuma interação para o mercado de terras, e esta dinâmica precisaria de outro modelo para ser simulada.

Das discussões, em Manaus, também surgiram algumas dinâmicas socioambientais cujas variações poderiam ser exploradas em mais detalhes através de cenários possíveis. Elas foram agrupadas em cinco tipos:

- a) a população da comunidade;
- b) a subvenção social (bolsa-família);
- c) a produtividade da pesca, principalmente, com uma diminuição abrupta;
- d) a introdução de pragas nos cultivos, reduzindo a produtividade das espécies;
- e) a especialização da produção na comunidade, direcionando todas as suas ações para a produção de um único produto agrícola.

As incertezas relacionadas com as questões de variações abruptas do clima, que geram desastres naturais (como inundações e secas), foram apresentadas como cenários potencialmente interessantes. Entretanto, na discussão, foi lembrado que, no modelo Solimões, o clima “coordena” apenas a subida e a descida das águas dos rios, cujos resultados (encobrir e descobrir as áreas de várzea) são “instantâneos” nas simulações. Um desastre natural pode ter seus impactos observados simulando-se reduções no acesso à terra e na produtividade da terra (resultados com uma analogia muito próxima a um desastre natural), mas, para outro tipo de análise, seria necessário construir outro modelo, o que, como já havia sido discutido, não era o propósito daquela oficina.

O Quadro 5.04 apresenta uma correlação entre os cenários emergentes da abordagem especialista e as abordagens participativas. Cabe ressaltar que a introdução de pragas, emergente no trabalho participativo da UFAM, foi considerada análoga à variação na produtividade de cada espécie e não aparece listada no quadro, pois as suas conseqüências são similares: reduz a produção de uma espécie em uma área, mesmo se for aplicada uma quantidade idêntica de trabalho.

	Especialista	Participativa UnB	Participativa UFAM
Subvenção social	X	X	X
Organização do mercado	X		
População da comunidade		X	X
Restrição de acesso à áreas		X	
Produtividade de cada espécie		X	X
Preço de cada produto		X	
Introdução de novas espécies		X	
Restrição à pesca		X	
Produtividade da pesca			X
Especialização da produção			X

Quadro 5.04 – Correlação dos cenários nas diferentes abordagens

5.2 CENÁRIOS SELECIONADOS PARA O ESTUDO DE CASO

Como pode ser observado no Quadro 5.04, somente um cenário esteve presente nas três abordagens: a variação da subvenção social. Portanto, este foi um dos cenários simulados pelo modelo no estudo de caso da comunidade de São João. Outros dois cenários estiveram presentes nas duas abordagens participativas, que são a variação da: (i) população da comunidade e (ii) produtividade de cada espécie. Estes dois cenários também foram selecionados para as simulações e, portanto, os demais cenários não foram objeto das simulações.

Os participantes das abordagens participativas propuseram diversos valores possíveis para a variação dos três parâmetros em cada conjunto de cenários (a subvenção social paga às famílias, a população da comunidade e a produtividade de cada espécie) baseados em pressuposições ou princípios destes participantes, destacando os riscos potenciais de cada cenário. Estes valores, foram agrupados em faixas capazes de especificar cada um dos conjuntos de cenários.

Para estimular a criatividade e trazer à tona “pólos” em cada cenário proposto, é apropriado utilizar saídas extremas (não apenas aquelas previsíveis). Portanto, estas faixas foram analisadas e foram estabelecidos os valores-piso e os valores-teto de cada um dos parâmetros a serem variados. A idéia é verificar a ocorrência de quebras nas tendências históricas durante a construção dos conjuntos de cenários propostos, que demonstrem diferenças consistentes do cenário inercial, simulado a partir da simples extrapolação das tendências atuais.

5.2.1 Cenários pela variação da subvenção social

Os cenários simulados pela variação no pagamento da subvenção social a cada família puderam ser agrupados em dois tipos: (i) aqueles provenientes da variação no valor de pagamento da subvenção social e (ii) aqueles advindos da variação no número de famílias que recebem as subvenções sociais. Dessa forma, foram estabelecidas duas faixas de valores a serem variados, conforme o Quadro 5.05.

	Valor-piso	Valor-teto	Incremento
Valor da bolsa-família	R\$0,00	R\$1.500,00	R\$500,00
No de famílias a receber bolsa	0	Todas	25%

Quadro 5.05 – Faixas de valores para construção dos cenários de subvenção social

As quebras de tendências foram monitoradas em todas as provas existentes no modelo, mas foi dada uma atenção especial aos comportamentos dos seguintes atributos, que podem ser considerados representativos da “realidade” da comunidade: (i) a área de roça utilizada pela comunidade; (ii) a área de roça utilizada por habitante da comunidade e (iii) a reserva mínima de dinheiro de cada família.

5.2.2 Cenários pela variação da população

Os cenários simulados pela variação na população da comunidade foram estabelecidos pela variação na taxa de natalidade desta população. Não foi possível realizar simulações com uma redução na população pelo êxodo rural de seus jovens, pois o modelo Solimões não suporta ainda esse tipo de dinâmica social. Dessa forma, foi estabelecida uma faixa de valores a serem variados, conforme o Quadro 5.06.

	Valor-piso	Valor-teto	Incremento
Taxa de natalidade	0%	10%	2,0%

Quadro 5.06 – Faixas de valores para construção dos cenários de população

Novamente, as quebras de tendências foram monitoradas em todas as provas existentes no modelo, e foi dada uma atenção especial aos comportamentos dos mesmos atributos, considerados representativos da “realidade” da comunidade: (i) a área de roça utilizada pela comunidade, (ii) a área de roça utilizada por habitante da comunidade e (iii) a reserva mínima de dinheiro de cada família.

5.2.3 Cenários pela variação da produtividade

Os cenários a serem simulados pela variação na produtividade de cada espécie puderam ser agrupados em três tipos: (i) aqueles provenientes da variação na produtividade da mandioca; (ii) aqueles advindos da variação na produtividade da banana e (iii) aqueles oriundos da variação na produtividade da pesca comercial. Dessa forma, foram estabelecidas três faixas de valores a serem variados, conforme o Quadro 5.07.

	Valor-piso	Valor-teto	Incremento
Mandioca (por colheita)	0	20 ton/ha	4 ton/ha
Banana (por mês)	0	1000 cachos	200 cachos
Pesca comercial (por homem dia)	0	20 kg	4 kg

Quadro 5.07 – Faixas de valores para construção dos cenários

Mais uma vez, as quebras de tendências foram monitoradas em todas as provas existentes no modelo, e foi dada uma atenção especial aos comportamentos dos mesmos atributos, considerados representativos da “realidade” da comunidade: (i) a área de roça utilizada pela comunidade; (ii) a área de roça utilizada por habitante da comunidade e (iii) a reserva mínima de dinheiro de cada família.

5.3 CENÁRIOS PARA A COMUNIDADE DE NOVA ALIANÇA

No trabalho participativo realizado na UFAM, também foi sugerida a realização de simulações com os dados da comunidade de Nova Aliança, cujas características são próximas às de São João. Esta proposta foi, então, implementada na série de simulações de cenários com o objetivo de se verificar o potencial de reprodutibilidade do modelo em outras comunidades da região. Dessa forma, a alteração da configuração inicial do modelo, que inseriu os dados da população de Nova Aliança, também foi objeto de simulação de cenários.

Cabe ressaltar que o ambiente físico inicial do modelo teve que ser “reconstruído” para realizarmos as simulações da comunidade de Nova Aliança. Para construirmos as relações das famílias com as parcelas (no espaço da comunidade), refizemos no modelo uma trajetória aproximada da chegada das famílias a Nova Aliança. Uma configuração inicial do espaço (mata, várzea e rio), sem a presença de famílias, baseada no mapa cognitivo elaborado pela comunidade, foi construída em um arquivo do *software CorelDraw*.

O arquivo foi importado para o modelo e foram inseridas, no espaço do sítio, seis famílias, e foram realizadas simulações de estratégias tradicionais por cinco anos. A configuração final desta simulação foi utilizada como configuração inicial do espaço (com as famílias) em uma segunda simulação e, dessa vez, foram adicionadas mais dez famílias, e foram realizadas novamente simulações de estratégias tradicionais por cinco anos. A configuração final da segunda simulação foi utilizada como configuração inicial do espaço (com as famílias) em uma terceira simulação e, desta vez, foram adicionadas mais dez famílias, e foram realizadas novamente simulações de estratégias tradicionais por dez anos. A configuração final desta terceira simulação é utilizada pelo modelo Solimões como espaço inicial das simulações para a comunidade de Nova Aliança.

A inicialização das informações dos agentes sociais (famílias) também foi alterada para a simulação dos cenários em Nova Aliança. Foi inserida, no modelo, a possibilidade se inicializar o processo de simulação com uma nova configuração social, que, além de dados de pesquisa do NERUA, utiliza os dados obtidos nos trabalhos participativos realizados na própria comunidade.

Nova Aliança, assim como São João, é uma comunidade pequena e simples. A população, de origem cabocla e indígena, é composta de 25 famílias com um total de 135 pessoas: 57 adultos, 14 adolescentes e 64 crianças. A área de vivência e convivência dos comunitários é o sítio, composto por, aproximadamente, 25 casas dispostas lateralmente a uma “rua” que se inicia à beira do rio. A comunidade conta com um professor e um agente de saúde, mas também não tem um comerciante local. No local, oito famílias estão cadastradas nos programas de subvenção social (bolsa-família e bolsa-escola) e apenas três famílias estão cadastradas na Associação de Pescadores, o que lhes permite receber a indenização do “defeso”.

Os cenários simulados para a comunidade de Nova Aliança foram agrupados em três tipos: (i) aqueles advindos da variação no número de famílias que recebem as subvenções sociais; (ii) aqueles provenientes da variação na taxa de natalidade da população desta comunidade e (iii) aqueles provenientes da variação na produtividade da mandioca. Dessa forma, foram estabelecidas três faixas de valores a serem variados, conforme o Quadro 5.08.

	Valor-piso	Valor-teto	Incremento
No de famílias a receber bolsa	0	Todas	25%
Taxa de natalidade	0%	10%	2,0%
Mandioca (por colheita)	0	20 ton/ha	4 ton/ha

Quadro 5.08 – Faixas de valores para construção dos cenários para Nova Aliança

Cabe ressaltar que as quebras de tendências são realizadas ao se confrontar o comportamento de um conjunto de atributos monitorados na simulação realizada e no cenário inercial. De maneira análoga aos cenários simulados para São João, foram monitorados os comportamentos dos seguintes atributos: (i) a área de roça utilizada pela comunidade; (ii) a área de roça utilizada por habitante da comunidade e (iii) a reserva mínima de dinheiro de cada família.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo é reservado à análise dos resultados obtidos em cada conjunto das simulações de cenários realizadas com o modelo Solimões, dividida em quatro partes: (i) cenários para a variação da subvenção social, (ii) cenários para a variação da população, (iii) cenários para a variação da produtividade de cada espécie e (iv) cenários para a comunidade de Nova Aliança. É recomendável ler o capítulo 5 antes de realizar a leitura deste capítulo para compreender a lógica que sustenta a escolha destes cenários. O fluxo de leitura dos conteúdos, como aparecem neste capítulo, é altamente recomendável já que há um grande teor de agregação de suas informações.

Cabe ressaltar que as análises de cenários geralmente são baseadas em observações de quebras de tendências, as quais podem ser efetuadas ao se confrontar o comportamento de um conjunto de atributos monitorados na simulação realizada e no cenário inercial. Em todas as simulações, foram monitorados os comportamentos de todos os atributos preestabelecidos como provas do modelo Solimões. Entretanto, verificou-se que as principais tendências a serem monitoradas nos cenários, representativas de quebras importantes nas dinâmicas locais eram regidas pelos seguintes atributos: (i) a área de roça utilizada pela comunidade, (ii) a área de roça utilizada por habitante da comunidade e (iii) a reserva real de dinheiro de cada família. As variações desses atributos, portanto, serão apresentadas e discutidas nas análises de cenários realizadas. Nas simulações resultantes da variação na taxa de natalidade da comunidade, foi adicionado o monitoramento no comportamento da reserva mínima de dinheiro de cada família.

6.1 A VARIAÇÃO DA SUBVENÇÃO SOCIAL

As variações no pagamento da subvenção social às famílias de São João não apresentaram quebra de tendências em nenhuma das provas possíveis de ser observadas no cenário simulado. Os resultados obtidos para as áreas utilizadas pela comunidade (única prova com comportamento que merece ser analisado) a partir das simulações referentes (i) à variação dos valores pagos da subvenção social e (ii) à variação do número de famílias a receber a subvenção social, podem ser vistos no Gráfico 6.01.

Varição nas áreas utilizadas pela comunidade variando a subvenção social

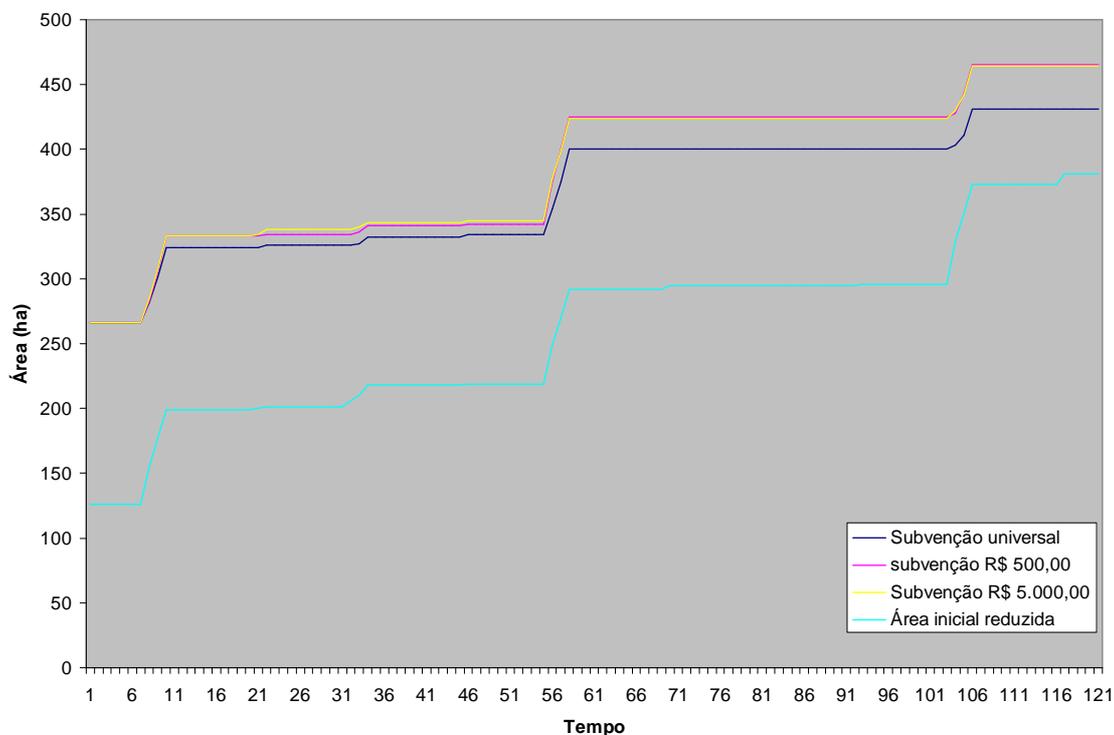


Gráfico 6.01 – Variações nas áreas utilizadas pelas comunidades pela variação na subvenção social

Como pode ser visto, mesmo com a inserção de uma grande variação no valor pago pela subvenção social, o aumento no uso de áreas pela comunidade mantém a sua tendência do cenário inercial, o qual é devido, principalmente, a um aumento na população da comunidade, que passa de 88 habitantes a uma faixa entre 110 e 116 habitantes nos diferentes cenários.

Entretanto, a variação do universo de famílias que recebem a subvenção social passando para um atendimento universal do programa Bolsa-Família, mostra uma tendência à redução do aumento da área antropizada, apesar de o aumento na população local se manter em níveis similares aos demais cenários.

Ao se realizar uma simulação de cenário com uma área inicialmente antropizada, reduzida pela metade (de 260 ha a 130 ha), em que se mantém as características do cenário inercial - tanto o valor pago pela subvenção social quanto o número de famílias atendidas pelo programa, pode-se perceber o mesmo padrão de tendência

dos cenários que não universalizam o atendimento do programa Bolsa-Família, ou seja, de aumento da área antropizada análogo ao cenário inercial.

O gráfico 6.02 mostra a variação nos gastos mensais de cada família ao se alterar a subvenção social para um valor de R\$ 5.000,00. Como se pode observar, há uma tendência generalizada de aumento nos gastos mensais nas famílias. Entretanto, este padrão de aumento é muito próximo ao do cenário inercial, ou seja, parece ser apenas uma consequência do aumento da população local.

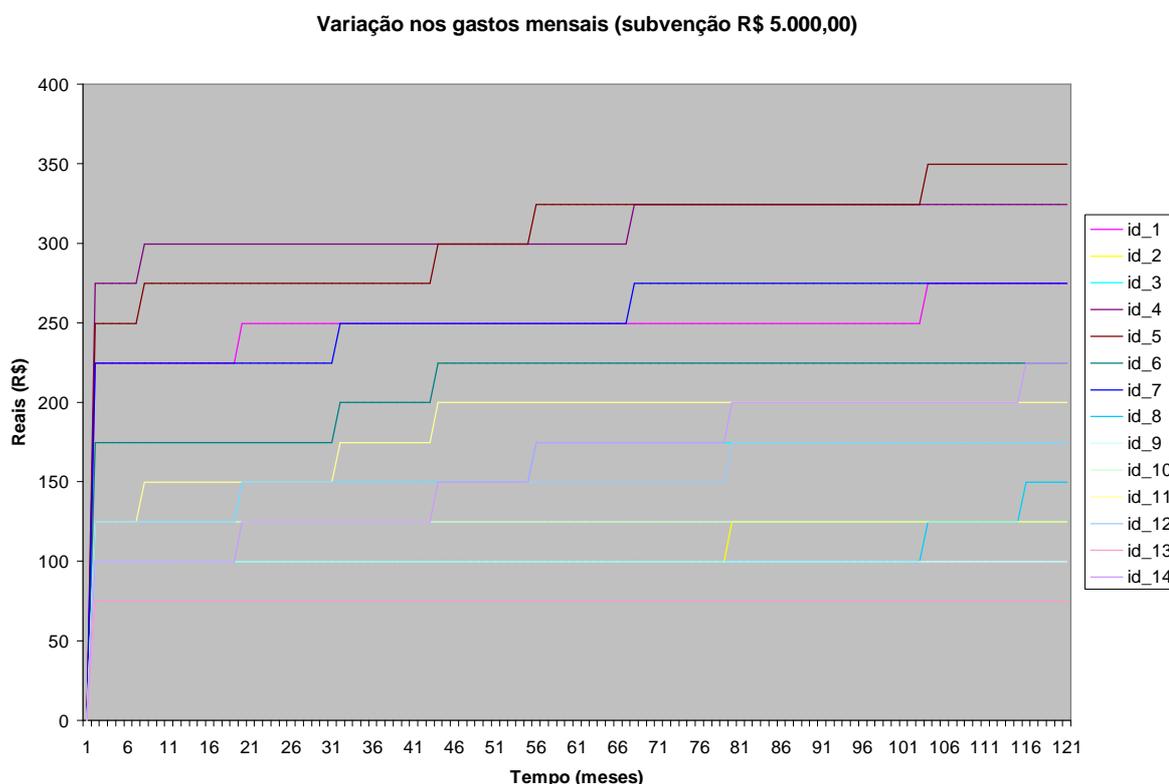


Gráfico 6.02 – Variações nos gastos mensais pela variação na subvenção social

O gráfico 6.03 mostra a variação nos gastos mensais de duas famílias: a família 4 (F4) que é cadastrada no programa Bolsa-Família e a família 13 (F13) que originalmente não é cadastrada neste programa. São apresentadas as variações nas duas famílias em quatro situações: (i) cenário inercial, (ii) subvenção aumentada a R\$ 500,00, (iii) subvenção aumentada a R\$ 5.000,00 e (iv) subvenção (valor inercial) estendida a todas as famílias da comunidade. Como se pode observar, exceto no cenário inercial para F13, no qual os gastos da família 13 se mantêm constantes em toda a simulação (devido à não-ocorrência de novos membros e da não-percepção de bolsa-família), todos os demais cenários apresentam uma tendência de aumento nos

gastos mensais nas famílias. Entretanto, este padrão de aumento é maior nos cenários que envolvem a universalização do atendimento do programa Bolsa-família.

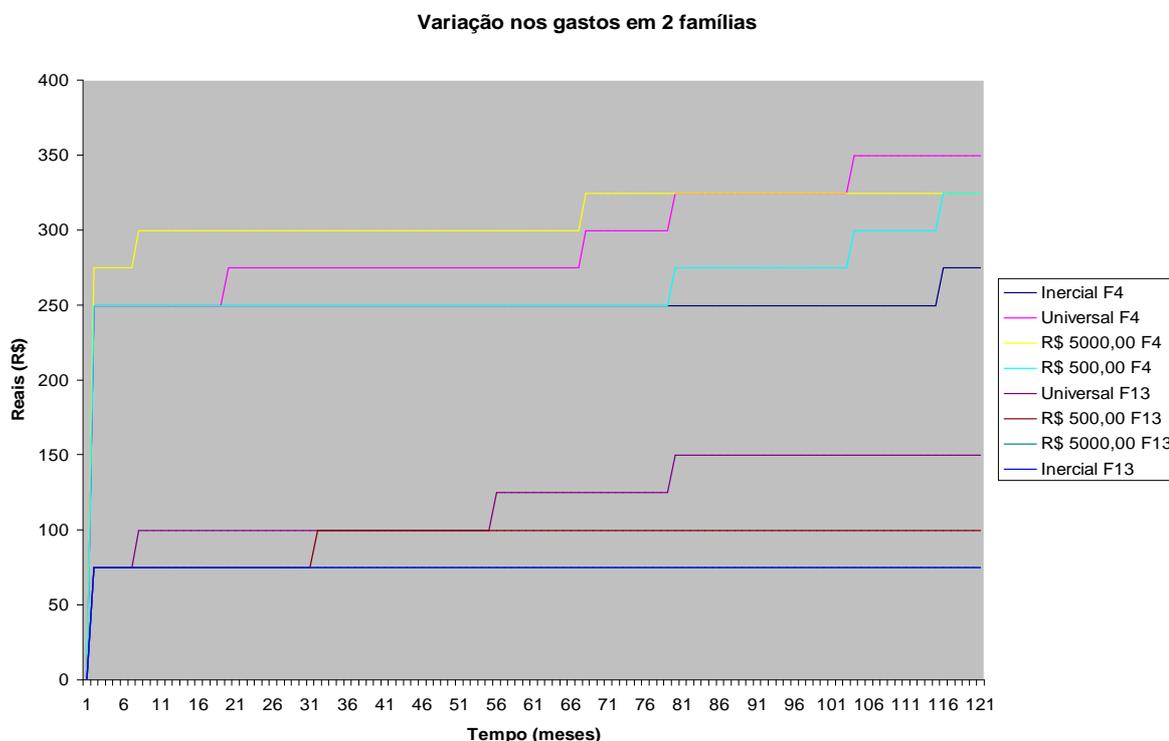


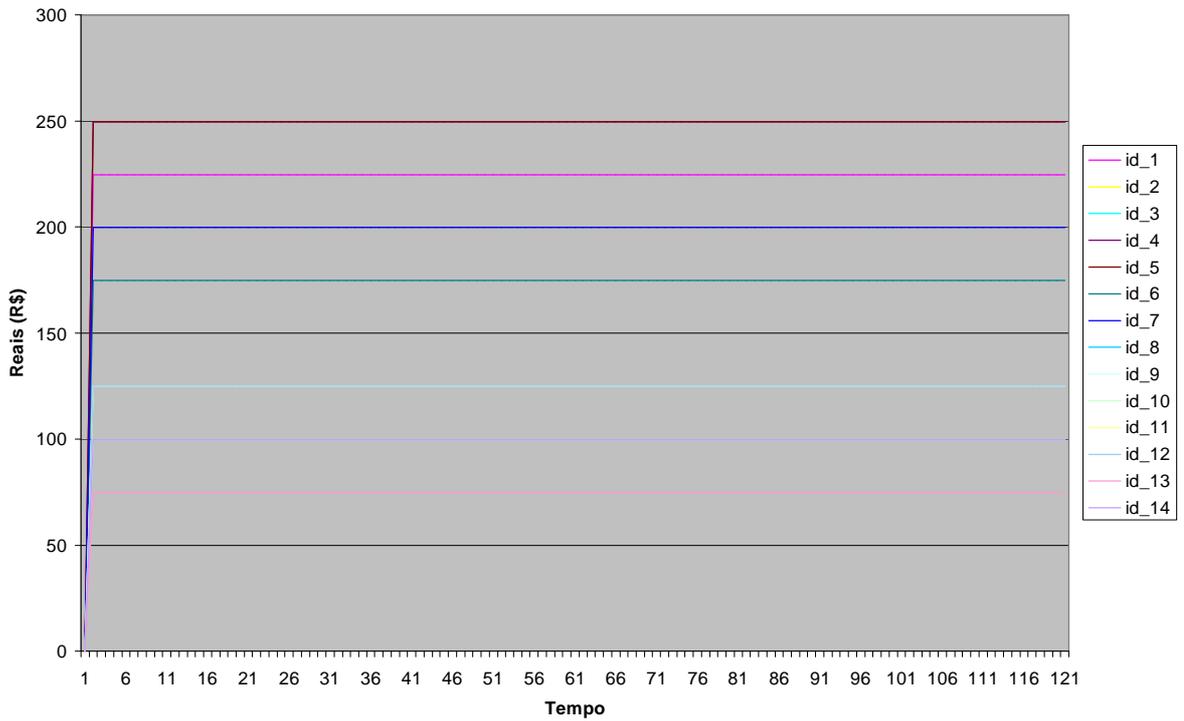
Gráfico 6.03 – Variações nos gastos mensais para duas famílias (F4 e F13)

A partir das simulações de cenários realizadas pela variação no pagamento da subvenção social - representada pelo valor pago às famílias pelo programa Bolsa-família, pode-se observar que há um padrão de tendências de aumento nos gastos mensais de todas as famílias em todos os cenários. Este padrão de aumento é maior para os cenários nos quais o atendimento do programa de subvenção social é universalizado a toda a comunidade. Portanto, pelos resultados apresentados nas simulações, podemos afirmar que há uma maior probabilidade de que os benefícios da universalização dos programas de subvenção social sejam maiores com a universalização do atendimento às famílias pelo programa do que com o aumento do valor pago às famílias cadastradas.

6.2 A VARIAÇÃO DA POPULAÇÃO

As variações no pagamento da subvenção social às famílias de São João também não apresentaram quebra de tendências em nenhuma das provas possíveis de ser observadas no cenário simulado. Os resultados das simulações referentes a uma taxa de natalidade nula podem ser vistos no Gráfico 6.04.

Varição nos gastos mensais



Varição na geração de dinheiro

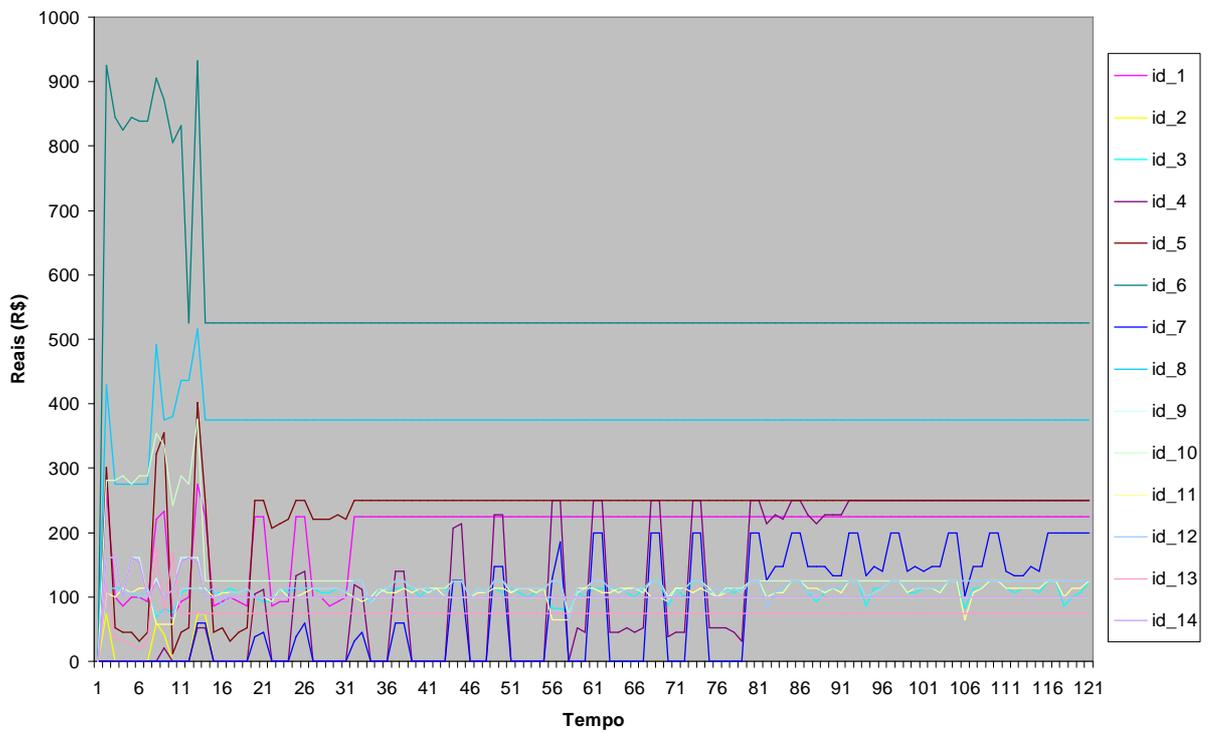


Gráfico 6.04 – Variações nos gastos mensais e na geração de recursos (R\$)

Como se pode observar, não há aumento nos gastos mensais se não há aumento na população das famílias. Entretanto, as famílias mantêm a sua estratégia de comercializar os seus produtos, e a geração de renda apresenta uma tendência a se estabilizar em um patamar específico para cada unidade familiar.

Em relação à área utilizada pela comunidade, todos os cenários - com taxa de natalidade nula e com aumentos sucessivos da taxa de natalidade - apresentam um aumento na área utilizada pela comunidade. Entretanto, cabe ressaltar que esses aumentos nas áreas antropizadas não alteram as relações referentes à área utilizada por habitante, as quais permanecem análogas àquelas obtidas nos cenários inerciais.

A partir das simulações de cenários realizadas pela variação na taxa de natalidade, pode-se observar que há um padrão de tendências de aumento nos gastos mensais de todas as famílias em todos os cenários que prevêem aumento populacional. Entretanto, este padrão de aumento é similar para todos os cenários e não apresenta nenhuma quebra de tendências observadas no cenário inercial.

6.3 A VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE

O gráfico 6.05 apresenta os resultados das simulações referentes à variação valores de produtividade: (i) produtividade normal, com os valores do cenário inercial, (ii) produtividade média, com uma duplicação da produtividade inercial, e (iii) produtividade alta, com uma triplicação da produtividade inercial. Cabe ressaltar que a produtividade foi variada para todos os produtos agrícolas: mandioca, banana, milho, melancia, arroz e feijão. Como se pode observar, um aumento da produtividade tem como consequência direta a redução da área antropizada pela comunidade, principalmente, a partir do quinto ano simulado nos cenários.

Variação na área utilizada pela comunidade

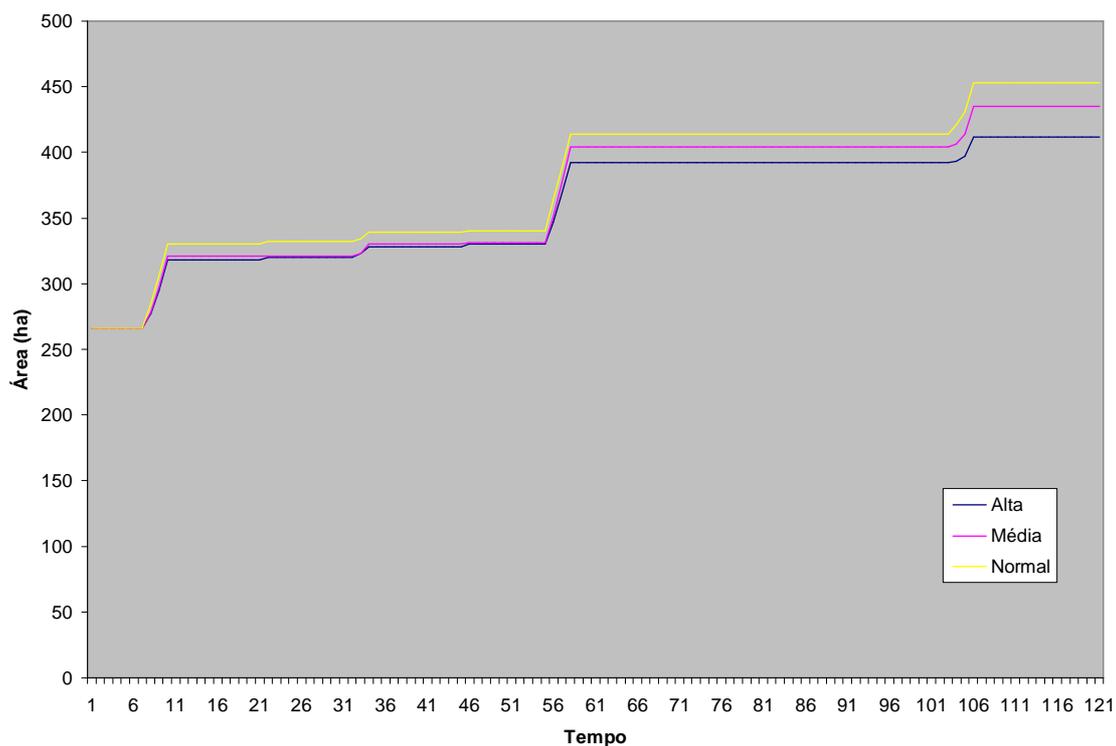


Gráfico 6.05 – Variações na área utilizada pela variação na produtividade

Os resultados das simulações referentes à variação da produtividade dos produtos agrícolas em relação à área utilizada por habitante confirma esta tendência de redução das áreas antropizadas na região, ou seja, um aumento da produtividade tem como consequência direta a redução das tendências de aumento da área antropizada pela comunidade. Cabe ressaltar que, em todos os cenários simulados, a área utilizada por habitante apresenta uma tendência a se estabilizar a partir do quinto ano (60 meses), a qual independe do aumento da população, conforme é apresentado no Gráfico 6.06.

Varição na área utilizada por habitante pela variação na produtividade

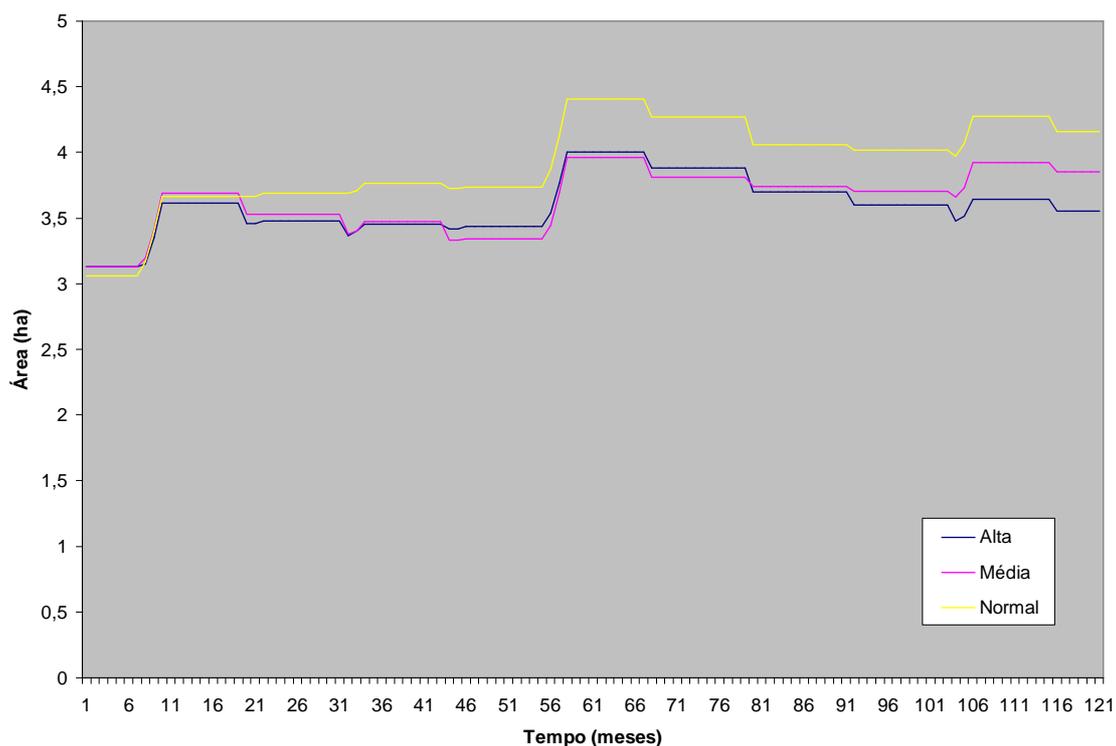


Gráfico 6.06 – Variações na área utilizada por habitante pela variação na produtividade

A partir das simulações de cenários realizadas pela variação na produtividade dos produtos agrícolas pode se observar que há um padrão de tendência de redução na área antropizada pela comunidade em todos os cenários. Esta tendência se confirma, ao se observar a relação da área utilizada por habitante, a qual também demonstra ocorrer uma redução nesta relação, ao se simularem maiores produtividades agrícolas.

6.4 CENÁRIOS PARA A COMUNIDADE DE NOVA ALIANÇA

Cabe lembrar que, para realizar as simulações de Nova Aliança, fez-se necessário alterar a configuração espacial e a social que inicializam o modelo Solimões. Os resultados das simulações referentes ao cenário inercial na comunidade de Nova Aliança que mostram as variações nos gastos mensais de cada família podem ser vistos no Gráfico 6.07.

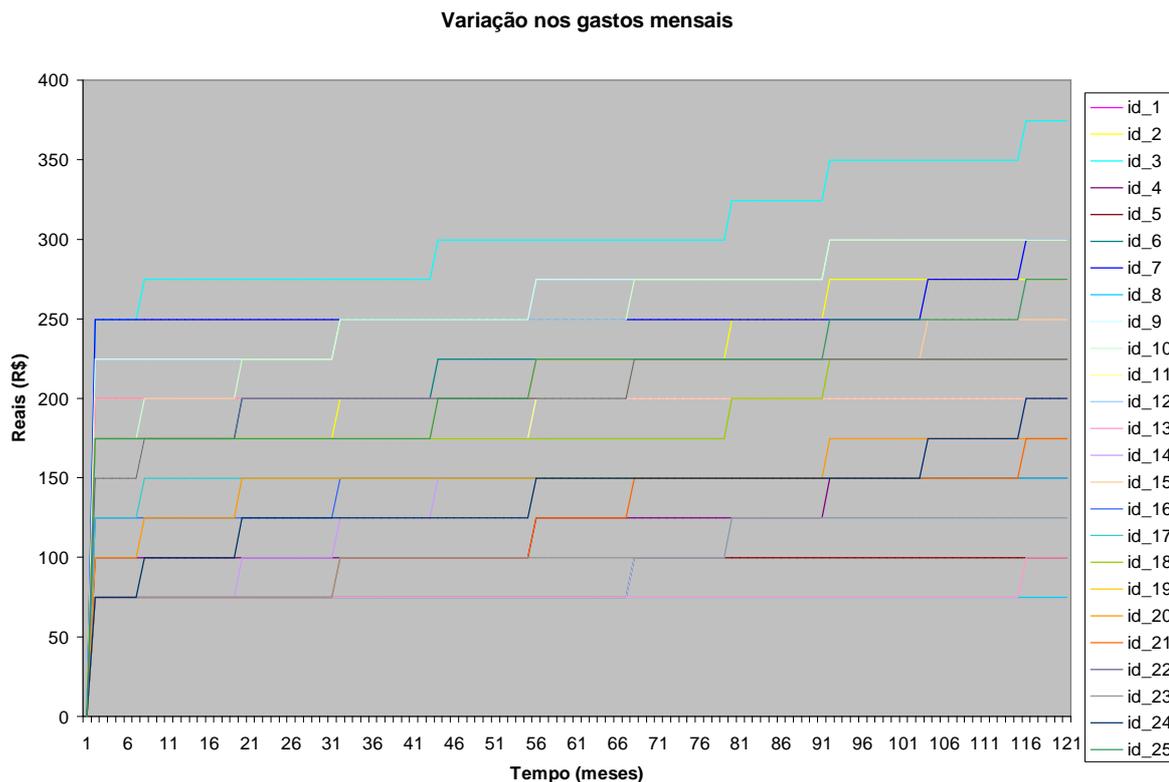
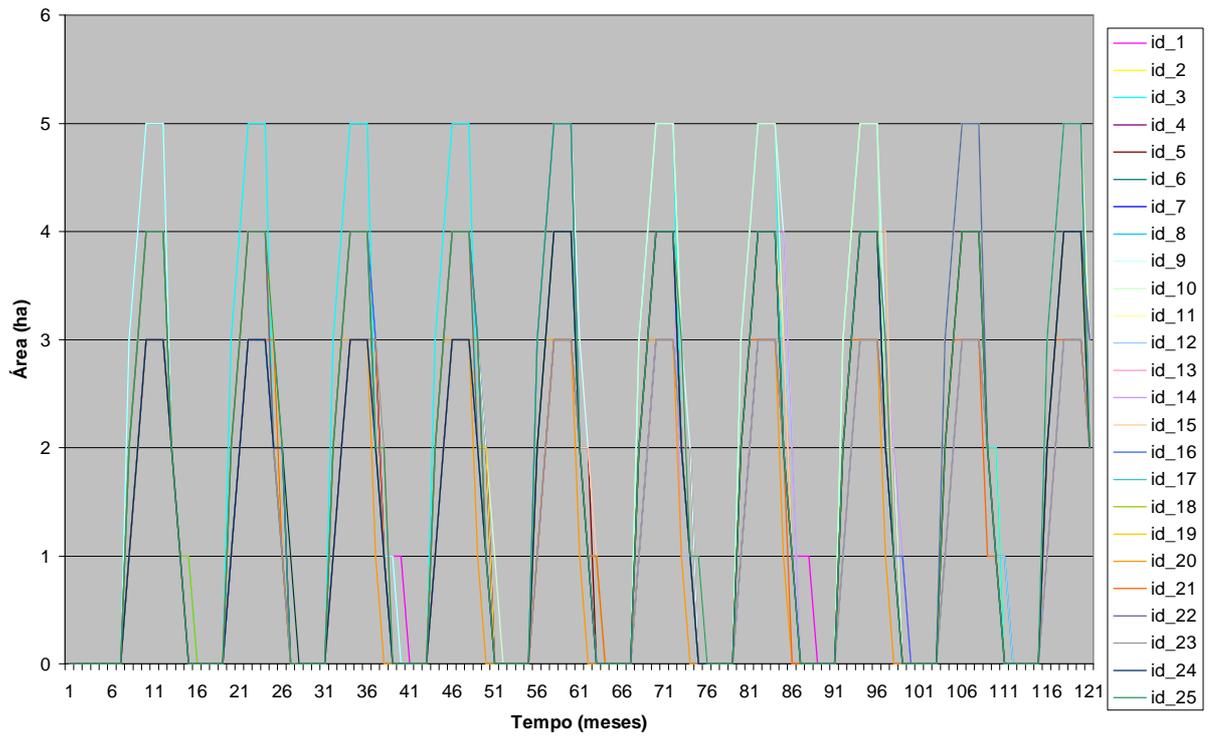


Gráfico 6.07 – Variações nos gastos mensais (cenário inercial – Nova Aliança)

Como se pode observar, há uma tendência generalizada de aumento nos gastos mensais nas famílias. Entretanto, este padrão de aumento é muito próximo ao do cenário inercial da comunidade de São João, ou seja, parece ser apenas uma consequência do aumento da população local.

O Gráfico 6.08 apresenta as variações ocorridas (i) na área utilizada pela comunidade para se cultivar mandioca e (ii) na produção de mandioca. Como pode ser observado, apesar de ocorrer um incremento em ambos os conjuntos de valores, em relação aos cenários inerciais de São João, esse aumento parece estar relacionado, unicamente, com o respectivo aumento da população inicial na comunidade, que passou de 94 habitantes divididos em 14 famílias para 135 habitantes divididos em 25 famílias. Não há quebras significativas de comportamento durante as simulações de cenários em nenhuma das provas definidas no Modelo Solimões.

Variação na área de mandioca



Variação na produção de mandioca

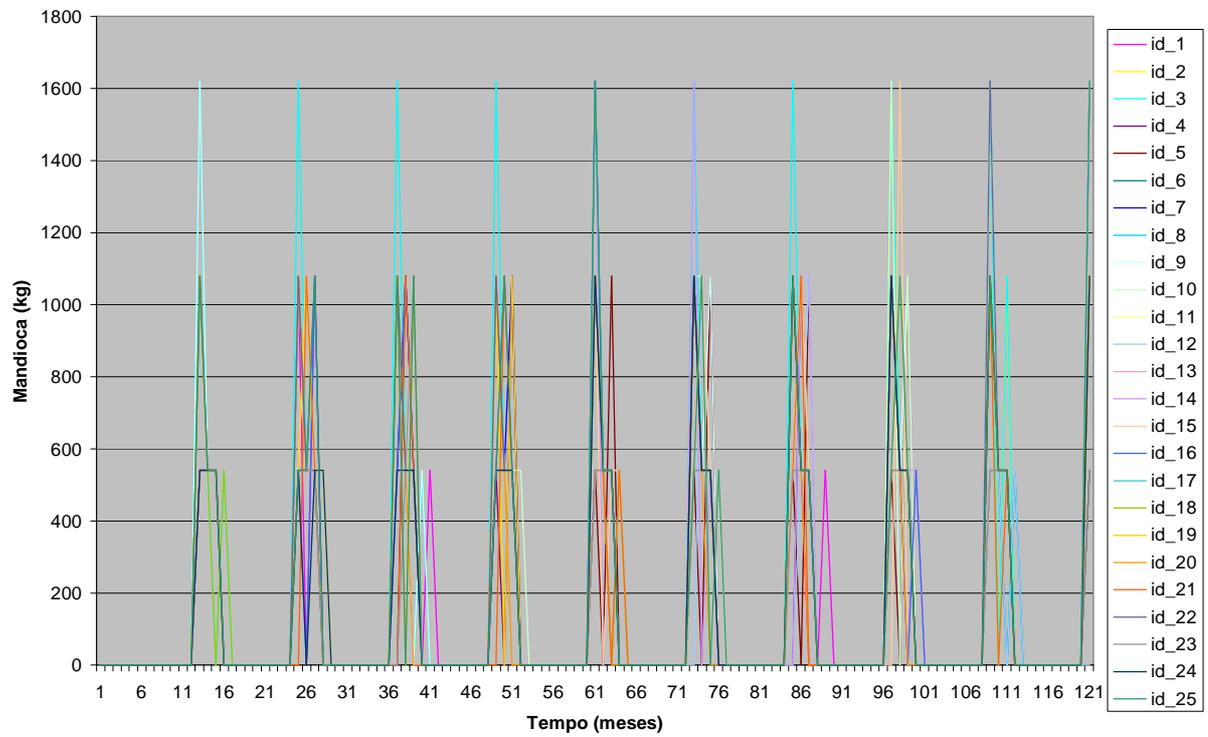


Gráfico 6.08 – Variações na área e na produção de mandioca (cenário inercial – Nova Aliança)

Os resultados das simulações referentes à variação da taxa de natalidade podem ser vistos no Gráfico 6.09. Da mesma forma que ocorreu nos cenários simulados para São João, todos os cenários - com taxa de natalidade nula e com aumentos sucessivos da taxa de natalidade - apresentam um aumento na área utilizada pela comunidade. Entretanto, cabe ressaltar que estes aumentos não alteram as relações referentes às áreas utilizadas por habitante, as quais permanecem análogas àquelas obtidas nos cenários inerciais.

Nas simulações de cenários realizadas pela variação na taxa de natalidade pode se observar que há um padrão de tendências de aumento nos gastos mensais de todas as famílias em todos os cenários que prevêem aumento populacional. Entretanto, esse padrão de aumento é similar para todos os cenários e não apresenta nenhuma quebra de tendências observadas no cenário inercial.

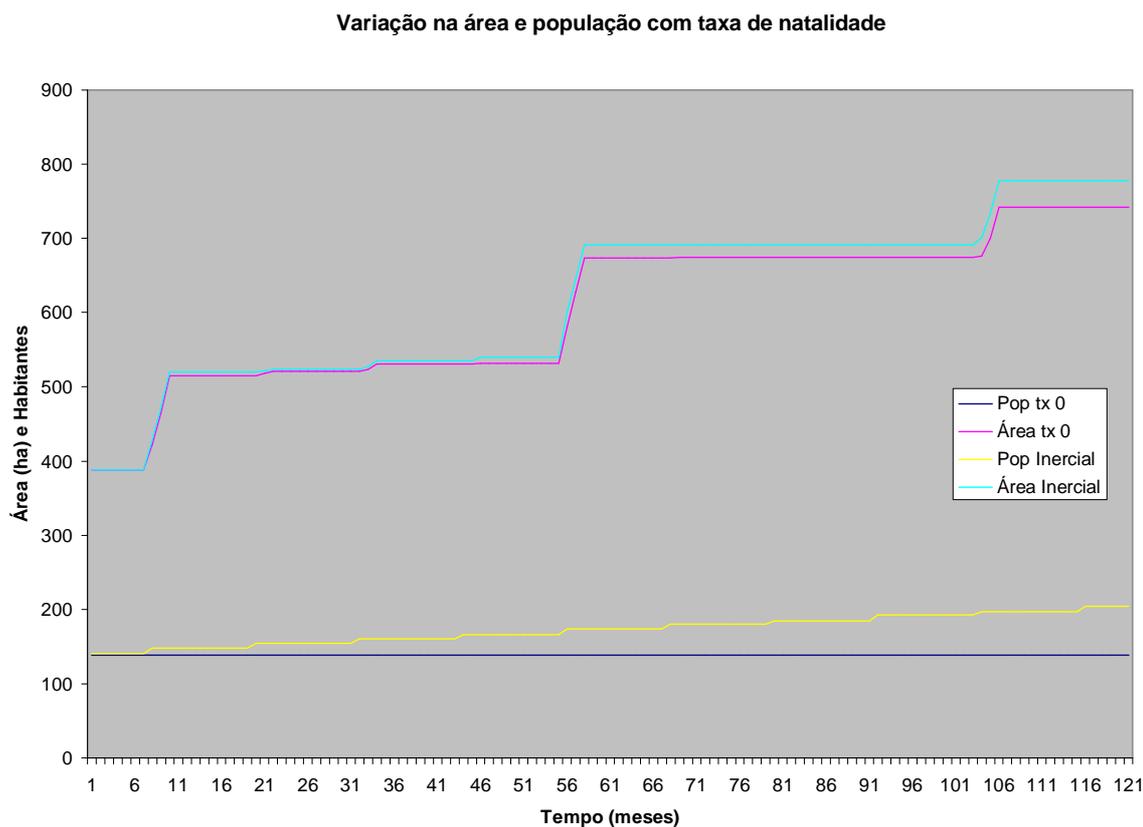


Gráfico 6.09 – Variações na área e na produção de mandioca (cenário inercial – Nova Aliança)

Os resultados das simulações referentes à variação dos valores da produtividade dos produtos agrícolas utilizaram a mesma metodologia das simulações realizadas para São João e referem-se às simulações da variação nos valores de produtividade: (i) produtividade normal, com os valores do cenário inercial, (ii) produtividade média, com uma duplicação da produtividade inercial e (iii) produtividade alta, com uma triplicação da produtividade inercial. De forma análoga, a produtividade foi variada para todos os produtos agrícolas: mandioca, banana, milho, melancia, arroz e feijão. Da mesma forma que nos cenários simulados para São João, pode-se observar que um aumento da produtividade tem como consequência direta a redução da área antropizada pela comunidade, principalmente, a partir do quinto ano simulado nos cenários.

As simulações de cenários realizadas pela variação no pagamento da subvenção social - representada pelo valor pago às famílias pelo programa Bolsa-família – realizadas para a comunidade de Nova Aliança também apresentaram comportamentos análogos aos cenários de São João. Pode-se observar que há um padrão de tendências de aumento nos gastos mensais de todas as famílias em todos os cenários. Este padrão de aumento é maior para os cenários nos quais o atendimento do programa de subvenção social é universalizado a toda a comunidade.

A partir das simulações de cenários para a comunidade de Nova Aliança, pode-se observar uma manutenção nos padrões de tendências que ocorreram nas simulações realizadas para a comunidade de São João. Entretanto, análises mais aprofundadas só poderão ser efetuadas com a realização de oficinas participativas para apresentar e discutir essas simulações em um fórum de atores locais.

7 COMMOD: APROPRIAÇÃO PARA O EMPODERAMENTO E A AUTONOMIA

O termo ComMod é amplo e já foi abordado no capítulo 1, para maiores detalhes, aconselhamos a leitura da “*Charte ComMod*” (<http://cormas.cirad.fr/ComMod/fr/charter>). Neste capítulo é apresentada a visão do autor em relação a três temas ligados ao modelo considerados chave para que se redefinam os usos de uma abordagem ComMod: (i) a sua utilidade; (ii) a relação entre complexidade e simplicidade e (iii) a sua efetividade. O fluxo de leitura dos conteúdos, como aparecem neste capítulo, é altamente recomendável já que há um grande teor de agregação de suas informações.

7.1 A UTILIDADE DO MODELO

Uma discussão importante dentro da abordagem ComMod está na utilidade do modelo. Na modelização tradicional, o objetivo principal é obter um modelo que forneça boas respostas, em curvas ou cenários. Os resultados (as “saídas”) do modelo são considerados como o “produto nobre” da modelização e podem ser úteis aos agentes tomadores de decisão (em modelos especialistas) e/ou às comunidades envolvidas (em modelos participativos).

Na abordagem tradicional, o processo de elaboração do modelo é considerado apenas como um “meio”. A utilização dos resultados do modelo como ferramenta de apoio à decisão é a verdadeira finalidade da modelização. O processo de elaboração do modelo é linear, tem início e tem fim. A elaboração do modelo conceitual é feita no começo do processo e, com o modelo pronto, podem ocorrer ajustes, calibrações e pequenas mudanças, consideradas como conseqüências de um modelo conceitual falho, mas o processo de elaboração do modelo já acabou.

Por outro lado, em uma abordagem ComMod, o processo de elaboração do modelo também é considerado um “produto nobre”, e pode até ser mais importante que os seus resultados. A criação de fóruns nos quais os atores envolvidos podem apresentar seus pontos de vista (e estratégias) e conhecer os pontos de vista (e estratégias) dos demais atores é fundamental. Este fórum de compartilhamento de conhecimentos tem um potencial enorme de construção, criação e acumulação de novos conhecimentos (MORIN, 2000).

Os ajustes não são considerados conseqüências de um modelo conceitual falho, mas sim como etapas necessárias ao seu processo de elaboração. O modelo é utilizado como uma ferramenta dinâmica, em um processo contínuo de adaptação à realidade (social e ambiental) a qual também está constantemente se modificando. Na abordagem ComMod, o processo de elaboração é o coração do modelo, o qual se mantém em um processo de evolução permanente.

Os atores envolvidos participam da elaboração do modelo compartilhando seus conhecimentos e modificando suas percepções. A simulação de cenários futuros para os atores envolvidos tem um grande potencial de gerar novos conhecimentos junto a estes atores. As percepções modificadas e os novos conhecimentos gerados demandam uma adaptação do modelo elaborado. O novo modelo – adaptado - pode simular novos cenários, e um segundo ciclo de modificação de percepções e geração de novos conhecimentos é iniciado (Figura 7.01). É o início de um ciclo virtuoso!

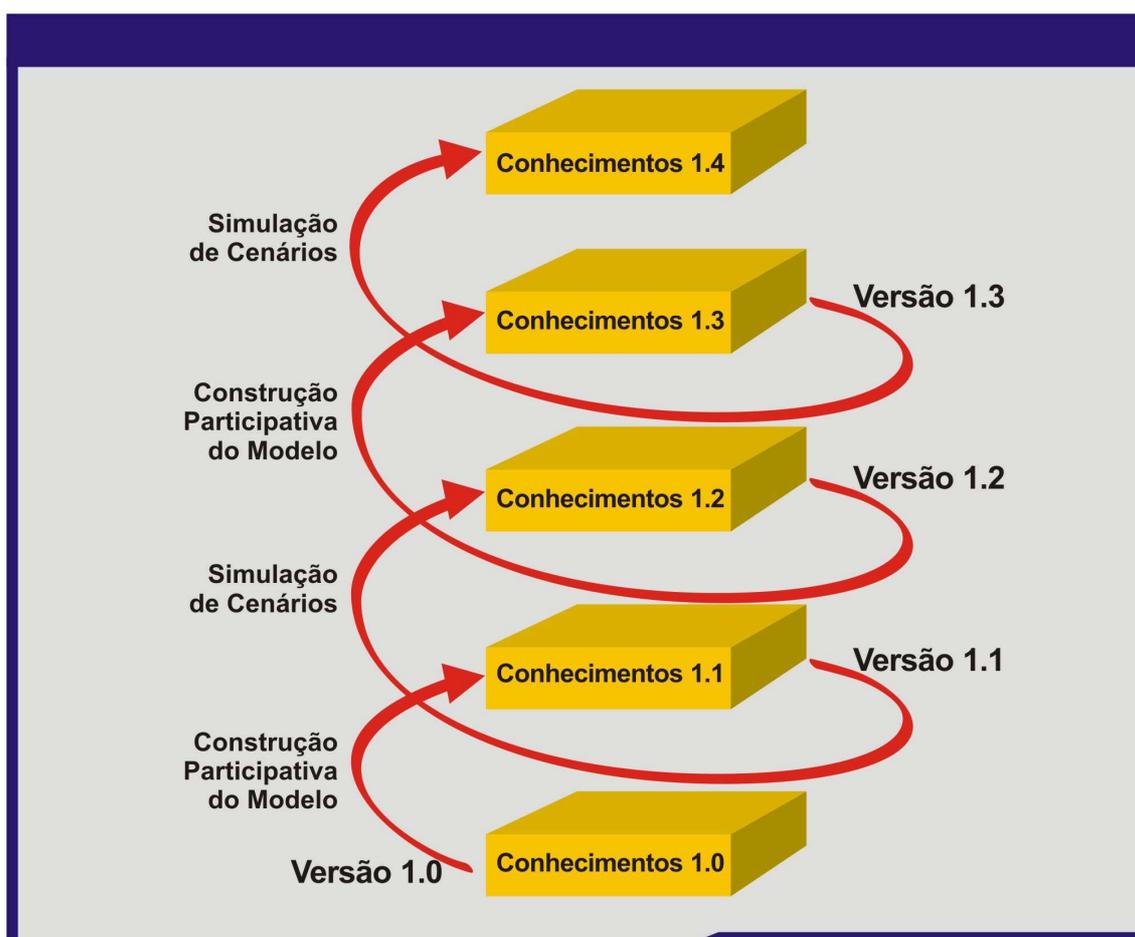


Figura 7.01 – Espiral virtuosa do ComMod com a construção e o acúmulo de conhecimentos

A evolução do modelo ocorre em um processo espiral, pois a cada novo ciclo os conhecimentos existentes dentro do “sistema” se acumulam. Os ciclos, portanto, sobrepõem-se e pode-se afirmar que a espiral percorrida também é virtuosa e percorrerá uma trajetória em ascensão, acumulando conhecimentos.

Esta dinâmica dos ciclos de modificação de percepções e de geração de novos conhecimentos torna o modelo mais flexível, e esta flexibilidade potencializa a participação dos atores envolvidos durante todo o processo de elaboração do modelo. Mas qual seria o nível ideal de participação no processo de modelização? Desde o começo, a construção o modelo Solimões foi planejada para obter a maior participação possível dos atores envolvidos, com o compartilhamento dos seus (e dos nossos) conhecimentos. A cada atividade da modelização, esse compromisso fez emergir problemas, discussões e sugestões, que sempre direcionaram o trabalho. Os itens a seguir são uma tentativa de socializar este aprendizado, confrontando as necessidades de complexificar e de simplificar um modelo.

7.2 A RELAÇÃO COMPLEXIDADE X SIMPLICIDADE

Cabe aqui a discussão de um modelo simples, mas que seja ao mesmo tempo: transparente e legítimo, pertinente e coerente. As questões que envolvem a simplicidade de um modelo são complexas. Todo modelo socioambiental é uma simplificação da realidade, e nele são reduzidas as variáveis envolvidas. O primeiro movimento de modelizar, portanto, é simplificar a realidade. O problema reside em definir um limite de simplificação que consiga manter o modelo conectado, de alguma forma, à realidade. Um modelo muito simples pode não conter os parâmetros mínimos necessários para realizar uma análise coerente da realidade modelizada.

Entretanto, quanto mais o modelizador tentar aproximar o modelo da realidade, mais este ficará complexo (parâmetros, funções, métodos...). Quanto mais complexo for o modelo, mais inacessível ele será para as pessoas e poderá apresentar uma tendência a se distanciar dos atores envolvidos na realidade modelizada, pois estes não perceberão a sua pertinência. O modelo se tornará uma “caixa-preta”, da qual se desconhece o processo interno. Com um processo interno desconhecido, suas premissas não podem ser discutidas/contestadas pelos “leigos”, e o modelo pode até se dissociar da realidade modelizada, desde que mantenha as relações entre entradas e saídas “calibradas”. A premissa válida, neste caso, é que, às vezes, quanto melhor for um modelo, pior será o modelo.

Edmonds e Moss (2004) definiram duas abordagens para se realizar uma modelização: (i) KISS – *Keep It Simple as Stupid*, (traduzido livremente como “mantenha-o simples, como estúpido”), que parte de hipóteses minimalistas para, em um segundo momento, complexificar o modelo e (ii) KIDS – *Keep It Descriptively Stupid*, (traduzido livremente como “mantenha-o descritivamente estúpido”), que parte de uma estratégia de integrar no modelo todas as informações disponíveis sobre o sistema em estudo para depois simplificá-lo.

Para os autores, essas duas abordagens são opostas, e o modelizador só pode optar por construir o modelo por uma delas. Cabe ressaltar um ponto crucial: todos os autores que se dedicaram a discutir a relação simplificação X complexificação na literatura técnica o fizeram apenas sob a ótica dos modelizadores. Não foi encontrada na literatura nenhuma discussão que incorporasse a participação dos atores locais na definição do melhor nível de simplicidade ou complexidade do modelo. Mesmo os cientistas que trabalham unicamente com métodos participativos não incluíram os atores locais nessa discussão. Esse é o ponto que pode ser considerado como a maior contribuição dessa tese.

De qualquer forma, partindo do mais simples para complexificar o modelo, ou partindo do mais complexo para simplificar o modelo, permanece uma mesma questão para o modelizador: Qual seria então o bom termo para se alcançar um equilíbrio satisfatório nesta relação simplificação (pertinência) X complexificação (coerência)? O aprofundamento dessas duas questões - por que simplificar? por que complexificar? – podem ajudar os modelizadores a encontrarem uma resposta satisfatória.

7.2.1 Por que simplificar um modelo?

A resposta é simples: maiores níveis de simplificação de um modelo potencializam a participação dos atores locais (envolvidos na realidade modelizada) em seu processo de elaboração. Pode parecer, então, que o ideal é trabalhar com modelos simples. Entretanto, apesar do “charme” e da facilidade de uma abordagem simplificadora em modelização, que se aproxima da visão de tecnologias apropriadas de Schummacher (1973) em seu clássico livro “Small is beautiful”, este caminho deve ser trilhado com cautela.

Segundo Bommel (2008), as abordagens simplificadoras têm sustentação no princípio da parcimônia, o qual enuncia que, “se há inúmeras explicações possíveis para um fenômeno, nós preferiremos, então, aquela que faz menos hipóteses”. Não atestamos que a simplicidade seja um bastião da verdade, mas sim que a busca pela concisão obriga o modelizador a identificar e a compreender os mecanismos fundamentais ao modelo no fenômeno estudado.

As críticas sobre a abordagem KISS (simplificadora) focalizam-se no fato de que esta metodologia obriga o modelizador a fazer as suas escolhas para eliminar os elementos que lhe parecem sem importância, a *priori*, ao modelo. Segundo estes críticos, o risco está em eliminar nesta etapa informações que poderiam ser fundamentais para descrever corretamente a estrutura e a dinâmica do sistema em estudo. Entretanto, ao partirmos de uma modelização participativa, essas eliminações passam a ser feitas em fóruns participativos, que minimizam os “equivocos pessoais”. Estes mesmos fóruns potencializam que a estrutura e a dinâmica do sistema sejam descritas da forma mais correta possível no modelo, devido aos diferentes pontos de vista existentes no fórum.

Em relação à participação dos atores locais, deve-se lembrar que não se busca apenas uma maior “quantidade” de participação, mas também uma maior “qualidade” desta participação. Este trabalho não aprofundará uma discussão sobre participação, já realizada por Sayago (2000). Entretanto, cabe ressaltar que a participação da população local, sempre que referida nesse texto, refere-se a uma participação ativa e voluntária, que pode ser individual ou coletiva (FALEIROS; apud SAYAGO, 2000).

Portanto, quanto mais participativo for o processo de elaboração do modelo, ou seja, quanto mais atores locais estiverem presentes em cada uma das atividades desse processo, mais ele será transparente. Quanto mais abrangente for a representatividade da participação das diferentes “esferas de poder” dos atores locais no processo de elaboração do modelo, mais ele será socialmente legítimo.

Portanto, em um processo ComMod ideal, o nível de simplificação das atividades de um modelo pode ser considerado como o fator chave que definirá o nível de participação dos atores locais em sua elaboração do modelo, ou seja:

- a) de uma boa relação simplificação/participação, pode emergir a **transparência** do modelo,

- b) de uma boa relação representatividade/participação, pode emergir a **legitimidade social** do modelo.

Portanto, a resposta de “*por que simplificar?*” pode ser: a simplificação do modelo pode gerar maiores níveis de participação, os quais podem incrementar também os níveis de transparência e de legitimidade social.

Quanto maior for a transparência e a legitimidade social de um modelo, maior será o sentimento de pertinência dos atores locais em relação ao modelo. Quanto maior for esse sentimento de pertinência, maiores serão as possibilidades de ocorrer uma apropriação do modelo pelos atores locais, ou seja:

- a) de uma boa relação transparência/legitimidade social, pode emergir a **pertinência** do modelo,
- b) da pertinência do modelo, pode ocorrer a **apropriação** do modelo pelos atores locais.

Cabe questionar se um modelo pode ser pertinente - transparente e socialmente legítimo, devido a altos níveis de participação dos atores locais na sua elaboração – mas, ainda assim, não ser coerente. É lógico! As percepções e visões dos atores locais contêm a influência de suas histórias de vida, de suas trajetórias (valores e preferências), as quais podem descolar o modelo da “realidade”, distorcendo seus resultados. Surge a necessidade de complexificar o modelo para mantê-lo ancorado à realidade...

7.2.2 Por que complexificar um modelo?

Para evitar-se a emergência de um modelo pertinente, mas incoerente, sua complexificação se torna necessária. Entretanto, da mesma forma que na abordagem simplificadora, a cautela é primordial para trilhar esse caminho, principalmente em modelos SMA, pois eles têm a possibilidade de gerar níveis de complexificação sempre maiores, que perseguem uma representação perfeita e realista do mundo. Deve-se lembrar que um modelo é uma representação dirigida por objetivos - “*purposeful representation*”, para capturar a essência de um fenômeno. Estes objetivos são, geralmente, as questões de pesquisa: Por que fazer o modelo? Para quem fazer o modelo?

A abordagem KIDS (complexificadora) visa incorporar ao modelo todas as informações disponíveis sobre o sistema em estudo. Em um segundo momento, após uma análise dos resultados obtidos, o modelizador pode decidir, eventualmente, eliminar as informações que forem consideradas “supérfluas”. Esse procedimento reduziria o risco existente na abordagem KISS de eliminar elementos fundamentais ao modelo de forma prematura. A premissa básica desta metodologia é que, ao se confrontar com um fenômeno complexo, geralmente mal compreendido, não se pode partir diretamente para sua simplificação sem antes conhecê-lo profundamente.

Segundo Bommel (2008), a inteligência, a psicologia, a intuição, a empatia e, também, o contexto social e histórico de todo ser humano se mostram muito mais complexos e misteriosos que qualquer teoria ou modelo que tente representá-los. O modelo perfeito é uma utopia distante. O modelizador deve lembrar que a meta principal da modelização não é simplificar a complexidade, mas sim compreendê-la.

Uma boa forma para se complexificar o modelo é agregar, em seu processo participativo de elaboração, outros atores, que não sejam “locais” no estrito termo da palavra. Que atores seriam esses? Da experiência do Alto Solimões, podemos apresentar a proposta da inclusão de técnicos (especialistas) de áreas monodisciplinares (geógrafos, biólogos, hidrólogos, agrônomos, sociólogos, antropólogos etc.).

Esses técnicos terão o papel de agregar os seus conhecimentos técnicos (*expertise*) ao modelo. Vale ressaltar que, em uma abordagem ComMod, esses técnicos também terão um papel de atores no processo de modelização, ou seja, os seus pontos de vista serão considerados no processo, mas não serão predominantes sobre os pontos de vista dos atores locais.

Quanto mais conhecimentos técnicos da realidade local forem incorporados ao modelo, mais ele poderá ser considerado ancorado à realidade, do ponto de vista acadêmico/científico. Entretanto, duas questões emergem desta inserção de especialistas: (i) quais áreas do conhecimento técnico devem participar da elaboração do modelo? e (ii) como obter uma incorporação equilibrada destas áreas do conhecimento técnico no processo de elaboração do modelo?

A atual diversidade de especializações dos conhecimentos técnicos pode atrapalhar a busca das respostas a essas questões. Para responder à primeira

questão, o modelizador deve revisitar a pergunta inicial do processo de modelização, a sua questão de pesquisa: “*por que fazer o modelo?*” “*Para que fazer o modelo?*” O objetivo da modelização determina as áreas de conhecimento técnico envolvidas, e a disponibilidade de técnicos determina a sua participação no processo de elaboração do modelo.

Quanto à proporção de inserção de cada área do conhecimento no modelo, esta é uma questão mais delicada. Como o modelo é socioambiental, deve ser buscada, ao menos, a mesma proporção entre os conhecimentos técnicos das ditas ciências humanas (sociólogo, antropólogo etc.) e as ciências exatas (agrônomo, hidrólogo etc.). Mas esse “equilíbrio” é muito frágil, e acreditamos que apenas durante o seu processo de elaboração, com a efetiva participação de todos (atores locais e especialistas), é que esses pesos poderão ser definidos.

Quanto maior for o nível de participação de técnicos (atores especialistas) na sua elaboração e quanto mais abrangente for a representatividade da participação das diferentes áreas do conhecimento técnico (ciências humanas e ciências exatas) neste seu processo de elaboração, mais ele pode ser considerado cientificamente coerente.

Cabe questionar se um modelo pode ser cientificamente coerente (devido aos níveis de participação dos técnicos na sua elaboração), mas, ainda assim, não ser pertinente. É lógico também. A pertinência está intimamente ligada às percepções dos atores locais, suas histórias de vida, suas trajetórias (valores e preferências).

Ou seja, um bom nível de simplificação é fundamental para conferir um mínimo de pertinência ao modelo (aliando transparência e legitimidade social) enquanto um bom nível de complexificação é crucial para lhe garantir um nível de coerência mínimo. É nesse paradigma, neste frágil ponto de equilíbrio entre pertinência e coerência, que reside a questão mais delicada de uma modelização ComMod: como encontrar uma boa proporção entre os saberes locais (pertinência) e os saberes técnicos (coerência) no modelo?

7.2.3 O desafio do modelizador: complexificar ou simplificar?

Théry (2002) considera que a modelização espacial deve ter por objetivo ser útil aos outros, fornecendo outro olhar sobre um objeto de estudo. Esta proposta se inscreve no âmbito do aprendizado coletivo, e para que o modelizador consiga atingir

esse objetivo, ele deve ousar ser simples. O modelo deve ser simples sem ser leviano, mas deve incorporar algumas complexidades sem ser arrogante. Como encontrar uma faixa razoável de equilíbrio entre as informações estritamente técnicas e aquelas estritamente pessoais? Este é o maior desafio da equipe de modelização!

A dificuldade está em definir quais serão as melhores relações de combinação entre os diferentes pesos de pertinência (transparência e legitimidade social) e coerência científica em cada atividade do processo de modelização. Não há uma regra estabelecida e essa relação deverá ser construída em cada processo de modelização. A postura fundamental de um modelizador em uma abordagem ComMod é saber que essa relação entre participação, pertinência e coerência deve ser discutida nos fóruns participativos de forma a ser transparente para todos os envolvidos.

7.3 A EFETIVIDADE DE UMA INICIATIVA COMMOD

A elaboração de um modelo com uma abordagem ComMod é aplicável a qualquer situação em que se queira trabalhar uma questão socioambiental? Lógico! Mas, para que uma iniciativa ComMod tenha maiores níveis de efetividade, e a partir da experiência em Benjamin Constant, acreditamos que alguns pré-requisitos opcionais possam ser apresentados. Vale ressaltar que estes pré-requisitos não são obrigatórios nem excludentes, mas a sua ocorrência pode facilitar e, em muitos casos, agilizar o trabalho do modelizador.

A simples existência de uma equipe técnica de caráter multidisciplinar e com metodologias de trabalho participativas, por exemplo, já é um ótimo começo para a efetividade de uma modelização ComMod. É importante, também, que essa equipe tenha consciência dos potenciais e dos limites existentes no processo de modelização. Inúmeras questões se apresentam ao modelizador no início do processo: modelizar o quê? para quem? por quê? de que forma? em quanto tempo? Apenas uma dessas questões será discutida nesse trabalho: qual será o papel do modelizador na definição do nível de participação dos atores envolvidos na modelização?

Todo modelo pode ser elaborado por especialistas e/ou de forma participativa. Pessoalmente, não gosto dos modelos 100% especialistas, cientificamente coerentes, mas nos quais os saberes locais (conhecimentos tradicionais) ou são desconsiderados ou são menosprezados, relegados a um segundo plano. Sou adepto da construção conjunta do conhecimento e não acredito na transferência simples do conhecimento.

Considero, portanto, que o ideal seria uma modelização 100% participativa, aliando altos níveis de coerência científica com a busca de maiores níveis de transparência, legitimidade social e pertinência.

Entretanto, nem sempre é possível obter uma participação efetiva em todas as atividades de um processo de modelização. O sucesso na elaboração de um modelo reside em conseguir definir qual deve e qual pode ser o nível de participação dos atores locais em cada atividade da modelização estabelecendo, respectivamente, patamares máximos e mínimos de participação nessas atividades. Para tanto, o modelizador deve definir qual poderá ser o seu papel em cada uma das atividades desse processo.

Como o próprio nome diz – modelização de acompanhamento – o modelizador será sempre o acompanhante. Entretanto, quais são os possíveis papéis que um modelizador pode assumir durante o processo de modelização? Existem três possibilidades de posicionamento do modelizador:

- a) entre os demais atores (lado a lado), incorporando o papel de “companheiro” e participando dos processos de decisão;
- b) à frente dos demais atores, como um “guia”, propondo o melhor caminho a seguir em alguns momentos;
- c) atrás dos demais atores, posicionando-se como um mero “observador”, sem participar do processo de decisão.

Em uma abordagem ComMod ideal, o modelizador buscará sempre se posicionar como o companheiro durante todas as atividades de elaboração do modelo. Entretanto, mesmo tendo planejado todas as atividades para que sejam “participativas”, nem sempre a opção de se manter como companheiro é factível.

Em algumas atividades, por diferentes razões, a dinâmica de participação planejada mostra-se ineficiente e, se o modelizador não souber modificar o seu papel - de companheiro para guia, os resultados da atividade e, talvez, até a credibilidade de todo o trabalho, podem ficar comprometidos. Em outras atividades, a dinâmica planejada mostra-se tão eficiente que a participação do modelizador se torna desnecessária e, em alguns casos, pode até ser prejudicial. Essa é uma situação feita sob medida para o papel de observador.

Portanto, um pré-requisito para uma modelização mais efetiva é que o modelizador deve ter flexibilidade suficiente para saber que o seu papel tem que ser dinâmico durante todo o processo. Em momentos diferentes, ele deverá assumir papéis diferentes e, conforme o desenrolar de uma atividade, também deverá saber a hora de mudar de papel.

Outro ponto a ser considerado como pré-requisito para uma modelização mais efetiva é relativo à organização social local. O acesso aos atores locais deve ser simples, com uma penetração capilar, de forma a garantir uma representatividade (e portanto, uma legitimidade) mínima para a pertinência do modelo. Para tanto, é aconselhável que exista uma mobilização prévia da comunidade e dos atores envolvidos no processo. Melhor ainda será se a demanda por construção de cenários (modelos) tiver sido gerada pela própria comunidade.

Um último ponto a ser considerado como pré-requisito para uma modelização mais efetiva é a disponibilidade de bases de dados técnicos sobre o local a ser modelizado. Na maioria dos casos, o modelo precisará de dados sociais e/ou ambientais cuja preexistência potencializará a coerência científica da modelização como, por exemplo, a necessidade de séries históricas. A existência de uma equipe de pesquisadores que já atue no local facilitaria muito este processo.

7.4 A APROPRIAÇÃO DO MODELO PELOS ATORES ENVOLVIDOS

Com a conversão do modelo teórico em uma plataforma de simulação e, com a inserção de interfaces para possibilitar a participação nas simulações, o modelizador deve retornar ao fórum de atores envolvidos (atores locais e especialistas) que participaram da modelização conceitual. A conversão do modelo – e seus critérios - deve ser apresentada e os participantes devem ser convidados a fazer parte de simulações de cenários.

A realização de diversas simulações vai gerar dúvidas e esclarecimentos por parte de todos os participantes (atores locais, especialistas e modelizador). O fórum poderá demandar a construção de cenários diferentes e, também, poderá demandar alterações na definição: (i) dos agentes sociais, (ii) dos agentes espaciais, (iii) das escalas espacial e temporal, (iv) das ações e (v) das estratégias. Esse é o possível início de um movimento crescente (em “espiral”) da pertinência e da coerência do modelo.

O processo de sucessão de dúvidas e esclarecimentos mútuos tem um grande potencial de gerar novos conhecimentos. Este é o momento crucial do modelo em que pode ser iniciado um processo contínuo de construção, criação e acumulação de novos conhecimentos (MORIN, 2000).

O trabalho participativo realizado fornece ao modelo um determinado nível de pertinência, e o conhecimento disponível naquele momento fornece ao modelo um certo nível de coerência. Ao ser realizado o confronto entre o modelo elaborado e o fórum participativo que o elaborou, uma série de dúvidas e esclarecimentos é gerada, a qual acaba por produzir novos conhecimentos. Após esse confronto, o modelo deve então ser ajustado para continuar sendo (i) pertinente ao novo trabalho participativo e (ii) coerente com os novos conhecimentos criados. O modelo ajustado deve ser, então, confrontado novamente com o fórum.

Este ciclo (elaboração do modelo → confronto com o fórum → ajuste do modelo → confronto com o fórum) pode ser considerado “uma espiral virtuosa”. Espiral virtuosa, pois, como a cada novo ciclo novos conhecimentos são criados e se acumulam aos conhecimentos dos ciclos anteriores, cada novo modelo ajustado tende a incrementar os níveis de pertinência e de coerência do modelo anterior. Os degraus da espiral vão sendo percorridos a cada novo incremento de pertinência e coerência do novo modelo ajustado (Figura 7.02).

Ainda não existe, na bibliografia técnica respectiva, uma discussão suficiente para definir quantos “degraus” esta espiral deve ter (mínimo e/ou máximo), mas, a partir da experiência do modelo Solimões, não será leviano afirmar que, ao percorrer a espiral por três vezes (com três baterias de simulações de cenários), o fórum de atores locais já começará a dominar o instrumental que envolve as simulações e poderá demandar a apropriação do modelo. O termo apropriação deve ser entendido como o ato segundo o qual um sujeito toma posse de algo que não lhe pertencia e o torna próprio.

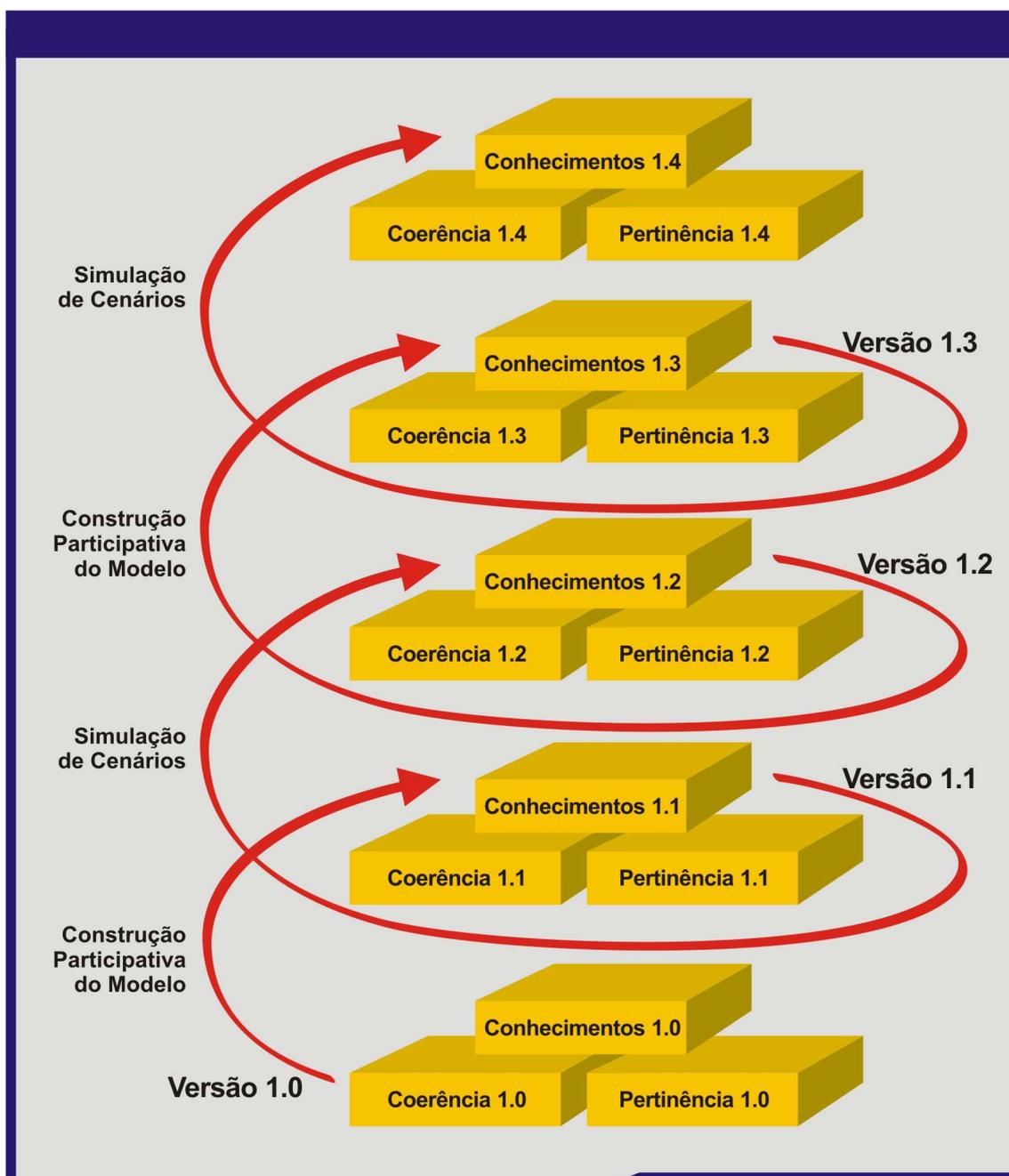


Figura 7.02 - Espiral virtuosa do ComMod com incrementos de coerência e pertinência

Novamente, cabe ressaltar que todos os autores que se dedicaram a discutir essa “espiral virtuosa” de acúmulo do conhecimento na literatura técnica o fizeram apenas sob a ótica dos modelizadores. Não foi encontrada na literatura nenhuma discussão que incorporasse a participação dos atores locais na definição da melhor forma de se atingir o aprendizado coletivo. Mesmo os cientistas que trabalham unicamente com métodos participativos não incluíram a discussão de métodos e ferramentas para que os atores locais consigam participar dessa espiral de forma

efetiva, a partir da apropriação do processo de modelização. Esse é outro ponto que pode ser considerado como uma grande contribuição dessa tese.

Para que essa apropriação ocorra de forma efetiva, deve ser implantado um programa de capacitação local para efetuar a “transferência tecnológica” do modelo (do modelizador para o fórum de atores envolvidos). O conceito de tecnologia deve ser entendido como o conjunto de materiais, técnicas, parâmetros e processos de produção, inclusive os arranjos institucionais. Mais adequado ainda é utilizarmos o conceito de tecnologia apropriada (SCHUMMACHER, 1972).

A tecnologia apropriada consiste na aplicação sistemática de conhecimentos (métodos, técnicas, processos e produtos) para a solução de problemas identificados pela própria comunidade, de forma a se evitem efeitos negativos sobre a sociedade, a economia, a cultura e o meio ambiente onde será aplicada. O conceito de tecnologia apropriada se relaciona com a infra-estrutura de uma comunidade, com as necessidades de seus usuários e com o meio ambiente onde ela flui e que, conforme os objetivos, as características e a atuação, dá a ela funções específicas. Tecnologia apropriada é, portanto, a tecnologia bem aplicada a uma dada situação.

Com esta apropriação da “tecnologia” de modelização participativa pelos atores envolvidos, a espiral virtuosa que discutimos tem grandes chances de se tornar permanente. A permanência da modelização em uma espiral evolutiva pode ser considerada como a materialização de uma das lições citadas por PORTO *et al.* (2002): “reduzir os conflitos de percepção do futuro, melhorando a qualidade das decisões, e tornando-as mais controláveis ou avaliáveis”.

Outro ponto a ser discutido, ao se encarar o processo de modelização como uma tecnologia, é que a reprodutibilidade desta tecnologia é uma característica que interessa ao modelizador. A reprodutibilidade diz respeito à possibilidade de aplicação de uma dada solução em outras situações concretas e à possibilidade de se adaptar a alternativa técnica a outras situações. A reprodutibilidade de uma tecnologia, atualmente, é um imperativo organizacional e operacional, e, embora soluções muito pouco aplicáveis possam levar a excelentes resultados em cada comunidade, a disseminação da prática depende do estabelecimento de parâmetros tecnológicos o mais gerais possível.

Do ponto de vista técnico, a reprodutibilidade está sempre em diálogo com a adequabilidade. A história tem mostrado inúmeros exemplos de tecnologias muito pouco ou nada adaptadas a cada situação. Portanto, apesar de se tentar buscar soluções o mais reproduzíveis possível, deve ser mantida toda a atenção para que ocorra a sua adequação a cada caso específico. O modelizador deve manter equidistância entre essas duas características e buscar apontar técnicas e parâmetros que permitam que se alcancem ambas as dimensões.

Além da reprodutibilidade e da adequabilidade de uma tecnologia, o modelizador deve visar, também, a sua sustentabilidade, que aponta para a continuação no tempo dos efeitos benéficos advindos da modelização participativa. Essa característica não se restringe às questões técnicas, mas abrange igualmente problemas institucionais e políticos. A sustentabilidade é a conservação e constante sustentação das condições (físicas, sociais e políticas) que possibilitam que a modelização participativa e seus fóruns continuem a ser realizados.

Para tanto, a implantação de uma modelização participativa deve abordar detalhadamente os arranjos de funcionamento, inclusive os acordos e pactos com a população, as estruturas de operação, manutenção e a divisão de papéis entre o poder público e a população para que os fóruns participativos se mantenham como locais de discussão legítimos, mesmo após a equipe de modelizadores ter finalizado a sua parte no trabalho. Portanto, para que a apropriação seja o mais efetiva possível, o modelizador deve buscar altos níveis de reprodutibilidade, adequabilidade e sustentabilidade no processo e modelização participativo.

7.5 O EMPODERAMENTO E A AUTONOMIA

A questão que fica é: apropriação da tecnologia de modelização participativa pela comunidade para quê? A nossa proposta de trabalho é utilizar esta apropriação como a ignição de um processo de empoderamento destas populações. Quando se falamos de empoderamento, referimo-nos a posições relativas ao poder formal e informal desfrutado por diferentes grupos socioeconômicos e às conseqüências dos grandes desequilíbrios na distribuição desse poder. Um processo de empoderamento busca intervir nesses desequilíbrios e ajudar a aumentar o poder daqueles grupos “desprovidos de poder”, relativamente aos que se beneficiam do acesso e uso do poder formal e informal.

Esta proposta utiliza o conceito de *Poder* no sentido usado por Paulo Freire (1972), que deve ser entendido como um aumento da conscientização e desenvolvimento de uma “faculdade crítica” entre os marginalizados e oprimidos. Esse é o poder de “fazer” e de “ser capaz”, bem como de sentir-se com mais capacidade e no controle das situações. Refere-se ao reconhecimento das capacidades de tais grupos para agir e desempenhar um papel ativo nas iniciativas de desenvolvimento. O processo de empoderamento implica superar décadas de aceitação passiva e fortalecer as habilidades de grupos marginalizados para que se envolvam como atores legítimos no desenvolvimento.

O poder pode ser considerado como a base da riqueza, enquanto o desempoderamento é a base da pobreza. Freire (1972) argumentou que somente o acesso ao poder real poderia romper o que ele chamou de “cultura do silêncio” que caracteriza a dependência e a marginalidade dos carentes de poder. Somente uma reforma estrutural e uma distribuição mais equitativa do “poder” poderiam oferecer uma perspectiva de rompimento do ciclo de pobreza endêmica existente em grande parte do mundo.

O poder – formal, tradicional ou informal – está no coração de qualquer processo de transformação e é a dinâmica fundamental que determina as relações sociais e econômicas. Inúmeros autores (OAKLEY e CLAYTON, 2003) examinaram o conceito e focalizaram a noção de “poder”, seu uso e sua distribuição, como ponto central para qualquer compreensão de mudança social.

O poder também está relacionado com o *conhecimento*, o qual consiste em uma fonte de poder e em uma forma de adquirí-lo. A esse respeito, Cornwall (1992, apud OAKLEY e CLAYTON, 2003) argumenta que todo o trabalho de desenvolvimento está relacionado com o controle do conhecimento e que se os “subprivilegiados” pudessem controlar as fontes de conhecimento, as estruturas das relações de poder existentes se alterariam radicalmente. O conhecimento pode oferecer legitimidade e autoridade, e sua construção e disseminação são ferramentas poderosas. O conhecimento também ajuda a interpretar e dar forma ao contexto em que se vivemos mas, sem ele, carecemos de poder (OCAMPO, 1996; apud OAKLEY e CLAYTON, 2003). A abordagem ComMod é baseada em fóruns de discussão, os quais compartilham e geram conhecimentos, ou seja, implicitamente o empoderamento já está inserido na abordagem, o que queremos com essa discussão é explicitá-lo como um dos objetivos do processo.

Segundo Van der Eiken (1990; apud OAKLEY e CLAYTON, 2003), o empoderamento pode ser definido como um processo dinâmico em desenvolvimento, centrado na comunidade local, que envolve a dignidade recíproca, a reflexão crítica, a participação e o cuidado do grupo, através do qual aqueles que carecem da possibilidade de compartilhar os recursos existentes ganham maior acesso e controle sobre tais recursos, por meio do exercício de ampliação do equilíbrio de poder. Nas comunidades de Benjamin Constant existem grupos de poder internos à comunidade e grupos externos à comunidade. O objetivo da proposta desse trabalho é deflagrar um processo de empoderamento nessas duas perspectivas.

Cabe ressaltar que o desenvolvimento social como empoderamento não percebe os indivíduos pobres como carentes de apoio externo. De maneira oposta, ele busca criar uma perspectiva de desenvolvimento interativo e compartilhado no qual se reconheçam as habilidades e conhecimentos das pessoas. O empoderamento não é simplesmente uma terapia para fazer com que os pobres se sintam melhores com a sua pobreza, nem é simplesmente apoio às “iniciativas locais” ou fazer com que tenham mais consciência política. A opção por um processo de empoderamento não assume que as pessoas estejam totalmente desprovidas de poder, ou que não existam redes prévias de solidariedade e resistência por meio das quais aquela comunidade se confronta com as forças que ameaçam suas condições de vida. Ao contrário, o empoderamento está relacionado com uma “mudança positiva” nos indivíduos e nas comunidades e, em um sentido estrutural, com a organização e com a negociação (OAKLEY e CLAYTON, 2003).

Portanto, a proposta ora apresentada é que um processo de modelização participativa (abordagem ComMod) tenha uma etapa preliminar de planejamento que insira técnicas e instrumentos no trabalho participativo que possibilitem aos atores locais se apropriarem dessa tecnologia (modelização participativa) com o objetivo precípuo de se iniciar um processo de empoderamento destas comunidades.

No caso da modelização participativa que envolve comunidades tradicionais e isoladas da Amazônia, o conceito de empoderamento não pode ser dissociado de outro conceito importante: a autonomia. A autonomia refere-se às múltiplas capacidades de o indivíduo se representar tanto nos espaços públicos como nos espaços privados da vida cotidiana (SIQUEIRA e PEREIRA, 1998): (i) ao seu modo de

viver e aos seus valores culturais; (ii) à luta pela sua emancipação e desalienação; (iii) à forma de ser, sentir e agir; (iv) à capacidade de potenciar atividades em diversas formas de trabalho; (v) à resolução de conflitos; (vi) ao fortalecimento em relação às suas próprias emoções, que o torna capaz de se solidarizar com as emoções dos outros e, enfim, estar mais associado com suas ações.

A autonomia - que pode ser entendida como a capacidade de conviver com os riscos, incertezas e conflitos - deve ser considerada atualmente como um bem necessário gerador de decisões e criador de possibilidades no manejo com o conhecimento. É a única alternativa aberta para orientar a capacidade de relacionamento de uma comunidade local (tradicional e isolada) com uma sociedade contemporânea baseada nos conceitos de "produção em massa" e de "acúmulo de patrimônio".

A autonomia constitui-se como necessidade material, no momento em que a racionalidade tecnológica coloca como exigências para o homem o domínio do conhecimento, a capacidade de decidir, de processar e selecionar informações, a criatividade e a iniciativa. Somente um indivíduo autônomo consegue manejar esses elementos, os quais exigem ações e tomadas de decisões constantes para responder às novas problemáticas advindas desta nova fase do capitalismo globalizado e resolvê-las.

A promoção da autonomia passa pela compreensão das estruturas de poder da sociedade e do entendimento de como o poder está socialmente distribuído entre os grupos; portanto, redimensionar o fluxo de poder, ampliando as oportunidades dos indivíduos em diferentes esferas da vida social, faz-se necessário para intensificar as condições de igualdade da autonomia. O empoderamento e a autonomia de uma comunidade são características que se fortalecem reciprocamente.

Somente um indivíduo autônomo ("sujeito proativo") possui condições de entender as contradições que permeiam o mundo globalizado, questionando-as e agindo no sentido de canalizar as oportunidades desta sociedade para mudanças qualitativas e, concomitantemente, apresentar alternativas às ameaças. Nesse aspecto, autonomia é rompimento com as políticas instituídas no passado e que ainda

perduram, manifestadas na dependência, na submissão, no conformismo e na alienação (SIQUEIRA e PEREIRA, 1998).

Consideramos, portanto, que, se o modelizador tem como meta atingir, simultaneamente, os maiores níveis de pertinência, coerência, adequabilidade e sustentabilidade em seu modelo, a abordagem ComMod é, atualmente, uma das metodologias com o maior potencial de sucesso para elaboração de modelos socioambientais. Para tanto, uma iniciativa ComMod deve ser planejada de forma a possibilitar a apropriação do processo de modelização pelos atores locais e, com isso, deflagrar um processo de empoderamento e autonomia das comunidades envolvidas.

CONCLUSÕES

Este capítulo tem o objetivo de apresentar as conclusões do autor, oriundas do trabalho realizado, em relação a três pontos: (i) os objetivos propostos pelo trabalho, (ii) o desenvolvimento na Amazônia e a sustentabilidade da região e (iii) o modelo simulado, seus resultados, as deficiências verificadas, e as possibilidades de continuidade do trabalho de modelização participativa na Amazônia dos Rios. Ao final serão apresentadas também recomendações para a continuidade dessa linha de pesquisa.

EM RELAÇÃO AOS OBJETIVOS PROPOSTOS

Este trabalho construiu um modelo de simulação socioambiental que permitiu estabelecer diferentes cenários para a evolução das dinâmicas territoriais e sociais na região. O modelo Solimões foi elaborado com base na metodologia de simulação de Sistemas Multiagentes e a abordagem utilizada na construção do modelo foi a modelização de acompanhamento – ComMod.

O modelo Solimões atingiu satisfatoriamente os objetivos propostos por este trabalho. O modelo possibilitou a realização de uma análise prospectiva de cenários das dinâmicas territoriais e sociais que envolvem as mudanças no uso e cobertura do solo nas comunidades rurais de Benjamin Constant; essa análise foi apresentada no capítulo 6. O modelo permite, atualmente, a elaboração de prognósticos, pela simulação de cenários para algumas dinâmicas territoriais e sociais, admitindo mudanças em algumas das suas variáveis condicionantes.

O trabalho realizado também possibilitou que fosse feita uma avaliação qualitativa da dinâmica de mudanças do uso e cobertura do solo da região, bem como uma avaliação do comportamento dos agentes locais quanto ao uso do solo. Outro resultado do trabalho foi a sistematização de uma base de dados regional para a área selecionada para o estudo, o que colaborou com a geração de conhecimento regional.

Por último, o processo de modelização realizado possibilitou a verificação do real nível de “usabilidade” da ferramenta SMA e da abordagem ComMod, o que foi apresentado no capítulo 7. Reafirmamos aqui que, se o modelizador tem como meta atingir, simultaneamente, os maiores níveis de pertinência, coerência, adequabilidade

e sustentabilidade em um modelo socioambiental, a abordagem ComMod é, atualmente, uma das metodologias com o maior potencial de sucesso para elaboração de modelos socioambientais.

Uma questão que emergiu do trabalho foi a ampliação do escopo de uma iniciativa ComMod. Originalmente, os adeptos do ComMod preconizam que a modelização participativa seja entendida como um instrumento de favorecimento do processo de aprendizado coletivo, pelo enriquecimento das discussões realizadas nos fóruns coletivos. A nossa proposta é que, além do aprendizado coletivo, a modelização participativa seja planejada (métodos e ferramentas) para possibilitar a apropriação do processo de modelização e, com isso, deflagrar um processo de empoderamento e autonomia das comunidades envolvidas no modelo.

Da realização do trabalho também emergiu a proposta de se criar um núcleo de estudos de cenários com base em sistema multiagentes na Universidade de Brasília, a qual já foi deflagrada. O Núcleo será, inicialmente, composto por professores, pesquisadores e alunos (de graduação e de pós-graduação) oriundos da Faculdade de Tecnologia e do Centro de Desenvolvimento Sustentável. O núcleo ficará, inicialmente, sediado no Laboratório de Energia e Ambiente da Faculdade de Tecnologia e terá a parceria do Laboratório de Estudos do Futuro – LEF, também da UnB. O Núcleo terá o papel de consolidar e gerar conhecimentos sobre a utilização dessa ferramenta em resolução de problemas socioambientais nacionais e continentais.

Outra proposta que emergiu deste trabalho é a de buscar linhas de financiamento de pesquisa para continuar o processo de modelização participativa com as comunidades tradicionais da Amazônia. A sustentabilidade desta proposta só será viável com o fortalecimento de uma rede de pesquisadores em modelização participativa, apoiada em redes de formação acadêmicas (cursos de pós-graduação universitários). Essa rede é embrionária, dentro do projeto SMART, e já realizou um primeiro processo de capacitação para vinte de seus pesquisadores, em março de 2007. A rede é composta por pesquisadores em diversas áreas da América do Sul e conta com o apoio do Cirad. A nossa proposta é que a rede deve fomentar a apropriação da tecnologia pelos atores locais em todas as atividades de cada trabalho de pesquisa realizado.

Quanto às hipóteses e questões que nortearam este trabalho, também cabem algumas considerações. O Sistema Multiagentes demonstrou ser uma ferramenta

adequada (uma tecnologia apropriada) para a modelização das dinâmicas territoriais e sociais, especificamente, em uma região da amazônia tradicional. O modelo Solimões é um SMA, construído na plataforma Cormas, que demonstrou ser uma ferramenta que pode ser apropriada facilmente por qualquer pessoa interessada. O modelo além de apresentar adequabilidade ao sistema modelizado também tem um grande potencial de reprodutibilidade.

A Modelização de Acompanhamento – ComMod – também demonstrou ser uma abordagem adequada (novamente, uma tecnologia apropriada) para a modelização das dinâmicas territoriais e sociais de populações tradicionais da Amazônia. Essa discussão foi apresentada no capítulo 7.

A série de simulações de cenários realizadas demonstrou que a taxa de mudança do uso e da cobertura do solo na região não é função da renda dos agentes ou da estagnação econômica da região. Na realidade, para que ocorram grandes alterações nas taxas de mudança do uso e da cobertura do solo na região, é necessário um grande crescimento populacional ou uma mudança comportamental das populações ribeirinhas, de modo que abandonem a sua estratégia tradicional de garantir a sobrevivência de seus membros e adotem uma nova estratégia, baseada na acumulação de patrimônio.

O trabalho não conseguiu demonstrar que a taxa de mudança do uso e da cobertura do solo na região seja, ou não, função da limitação tecnológica da produção agropecuária na região. Essa questão permanece colocada para que outros trabalhos de pesquisa possam respondê-la. Entretanto, cabe ressaltar que a produção das comunidades objeto do modelo Solimões ainda é viabilizada com o uso de instrumentos de trabalho simples (manuais e individuais), e os fatores de produção locais são apenas a força de trabalho familiar e os recursos naturais. Portanto, a introdução de técnicas e instrumentos mais modernos nas comunidades poderá modificar a realidade regional, ao possibilitar um incremento da produtividade, permitindo uma maior produção com o emprego da mesma quantidade de trabalho. Cabe aos pesquisadores, portanto, apoiar as populações locais a descobrirem as melhores práticas de produção agrícola e extrativista de forma a propiciar o desenvolvimento sustentável na região.

EM RELAÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA

Segundo Becker (2006), três grandes “eldorados” podem ser reconhecidos contemporaneamente no nosso planeta: (i) os fundos oceânicos, cujas formas de exploração ainda não estão regulamentadas; (ii) a Antártida, cuja partilha entre algumas potências mundiais (inclusive o Brasil) também ainda não está claramente definida e (iii) a Amazônia, único a pertencer, em sua maior parte, a um só Estado Nacional.

A extensão da Amazônia é de cerca de 7,5 milhões de km². Aproximadamente dois terços deste território pertence ao Brasil. A Amazônia soma os superlativos em escala mundial: maior bacia hidrográfica, maior floresta com cerca da metade das florestas tropicais, maior reserva de biodiversidade, maior quantidade de matéria viva por unidade de superfície, etc. Desde as planícies de aluvião da faixa atlântica do leste até os sopés andinos do oeste, é possível encontrar toda uma variedade de ecossistemas. Segundo Sachs (1991), a grande diversidade regional é uma das maiores características da Amazônia.

Entretanto, em uma terra de superlativos como a Amazônia, até os equívocos são grandes. Não aprendemos ainda a usar de forma sustentável as riquezas da região. A relação do Brasil com a Amazônia revela que há muitas perguntas para as quais não se têm respostas seguras e muitas respostas (ações) que são dadas sem ao menos se tentar conhecer as perguntas. A nacionalização da Amazônia ainda não está finalizada, apesar de todos os mecanismos de integração promovidos pelo Estado nacional.

As dificuldades encontradas para explicar dinâmicas socioambientais – inclusive as causas das mudanças de uso e cobertura do solo - devido à diversidade socioeconômico-ambiental da Amazônia e à falta de dados primários, são entraves na formulação de políticas públicas. Merecem destaque, entre essas dificuldades: a) a descontinuidade de projetos; b) as mudanças constantes nos cargos de direção dos órgãos; c) a aplicação de recursos financeiros em outras atividades e instituições não previstas nos programas e d) a fragilidade desses órgãos para tomar decisões contrárias aos interesses de políticos da região e do setor produtivo ali instalado.

Uma qualificação melhor quanto às dinâmicas regionais e quanto às causas das mudanças no uso e na cobertura do solo na região, é fundamental para reorientar as políticas públicas no intuito de diminuir as taxas atuais de desmatamento (MARGULIS, 2003). A denominação de arco do desmatamento em vez de arco de povoamento (BECKER, 2006) demonstra o distanciamento que existe entre a região e o restante do país. As preocupações Malthusianas de alguns cientistas continuam presentes, com a bomba populacional que explode no bioma das florestas tropicais pelo emprego do fogo (NEPSTAD et al., 1999) e pelo desenvolvimento de infra-estruturas e rodovias (LAURANCE et al., 2001).

Deve-se ressaltar que os níveis de dificuldades para a sustentabilidade da região amazônica serão maiores de acordo com os impactos advindos das modificações sofridas pelo ecossistema natural. Dessa forma, as possibilidades do extrativismo animal e vegetal, as quais estão na base da dieta alimentar das comunidades tradicionais da Amazônia, estarão extremamente reduzidas em função do desmatamento e do empobrecimento dos recursos hídricos na região.

Embora as bases do planejamento do desenvolvimento, atualmente, busquem estar ancoradas em uma lógica mais sustentável, há uma tendência para que as políticas regionais continuem a estabelecer processos de ocupação desordenados. O estabelecimento de uma estrutura institucional que garanta mecanismos de monitoramento e controle ambiental continua a ser um trabalho necessário, o qual deve estar intimamente associado com as demais ações de implantação de outros projetos de engenharia na região.

O estabelecimento de cenários para a evolução das dinâmicas socioambientais na região amazônica tem se tornado uma ferramenta estratégica para o planejamento de políticas ambientais capazes de compensar a pressão ambiental associada a uma indução ao dinamismo da economia local. Devemos ter em mente que as decisões que afetam as mudanças no uso e na cobertura do solo na região são tomadas no nível microrregional (de propriedades, fazendas ou pequenas empresas) e que essas ações locais isoladas, ao se somarem, geram as conseqüências que afetam a biodiversidade e os recursos hídricos em níveis macrorregionais.

Um problema recorrente na discussão sobre a Amazônia é a exclusão das populações locais dos fóruns de discussão. Uma boa parte da literatura produzida sobre a Amazônia recai em eternos clichês quando descrevem seus habitantes

(LITTLE, 2004): (i) os povos indígenas são romantizados como uma espécie de “bom selvagem ecológico” que vive em perfeita harmonia com seu habitat; (ii) os caboclos aparecem como extrativistas e não como um grupo étnico com suas próprias necessidades sociais e direitos territoriais; (iii) a população urbana (quase 70% da população total!) é praticamente ignorada, bem como seus problemas típicos de cidade, como a falta de saneamento básico (água potável, coleta de esgotos, coleta de lixo e drenagem urbana), a precariedade de infra-estrutura urbana básica (pavimentação, iluminação pública etc.), problemas de epidemias e violência, entre tantos outros e (iv) outros grupos, como os garimpeiros, os colonos, os fazendeiros e os madeireiros, sofrem o inverso da invisibilidade e são agrupados como os “destruidores” da região.

A Amazônia não deve mais ser considerada como um objeto de intervenção: ela é um lugar que pertence às pessoas que moram lá. Os círculos restritos de especialistas não são espaços legítimos para se colocarem questões como: Amazônia – o que fazer? Essas questões devem ser discutidas com os habitantes da região amazônica; só com a participação deles podemos chegar a propostas que sejam viáveis e sustentáveis.

Imagine se especialistas de uma instituição pública de um estado do nordeste brasileiro comessem a discutir a questão: São Paulo, o que fazer? Ou então se um grupo de cientistas de um centro de pesquisas brasileiro focalizasse a questão: França, o que fazer? Essas perguntas não fazem muito sentido, justamente, porque se entende que São Paulo e França são lugares geográficos onde as próprias populações residentes têm que decidir o que fazer com suas terras e suas vidas (LITTLE, 2004).

Uma forma clara de se tentar “tutelar” as comunidades locais é a existência prévia da regulamentação das formas de apropriação e uso do território municipal. Essas regulamentações dificultam o efetivo poder político-administrativo do governo local, limitando *a priori* a efetiva realização da “autonomia municipal” pelo poder municipal. Dessa forma, além da dependência financeira dos estados e municípios amazônicos aos repasses de recursos provenientes da União, há também uma “destinação prévia” dos recursos reais e potenciais existentes no território municipal, inibindo, ainda mais, o exercício do poder municipal constituído (BECKER, 2006). Nos casos de Benjamin Constant e Tabatinga, por exemplo, o poder municipal só tem ingerência sobre menos de 15% do território municipal.

Temos que encarar a Amazônia de forma diferente. Devemos entender que os processos de ocupação e de desenvolvimento regional são inevitáveis, e as principais questões associadas passam a ser: “desenvolvimento para quem?” e “por quanto tempo?”. O papel da comunidade científica brasileira (e internacional) é, portanto, apoiar as populações locais a descobrirem as melhores práticas de desenvolvimento sustentável na região. Essa sustentabilidade passa, obrigatoriamente, pela promoção do empoderamento e da autonomia dessas populações.

Inúmeros estudos têm focalizado a questão amazônica, tanto em abordagens preservacionistas quanto conservacionistas. É papel do poder público (federal, estadual e municipal) incentivar a discussão dos condicionantes de futuro na região, não com a pretensão arrogante de eliminar as incertezas e apontar o “melhor caminho” a seguir, mas sim com o simples objetivo de organizar as incertezas e reduzi-las a um leque de possibilidades que seja administrável pelas populações locais.

É imprescindível consolidar e reforçar as competências locais para monitorar o processo de construção regional na Amazônia por meio da formação de recursos humanos na análise das dinâmicas sociais, econômicas, geográficas e do uso da terra, inclusive, também, o aspecto comparativo entre as diferentes regiões amazônicas.

No caso da Amazônia dos Rios e, especificamente, em Benjamin Constant, as iniciativas de desenvolvimento sustentável demandam um processo de formação bastante amplo - de aprendizado coletivo – que envolve todos os atores que participam diretamente na construção regional de uma região de fronteira.

Os ribeirinhos aproximam-se da auto-suficiência e da tão propalada sustentabilidade, em razão de os seus sistemas de produção e gestão permitirem uma redução da demanda por ações monetarizadas (valor de troca) entre mercadorias. Em um raciocínio análogo, o uso de técnicas tradicionais de recuperação da fertilidade dos solos (pousio), associado à ocupação de áreas de pequenas dimensões para a produção agrícola (roças, plantios e sítios), permite uma atividade agrícola sustentável.

Entretanto, no mínimo, duas possíveis mudanças na realidade local ainda devem ser analisadas para se manter esse discurso de sustentabilidade das comunidades ribeirinhas: (i) a chegada de novas técnicas e instrumentos de produção, aumentando a produtividade e (ii) a valorização fundiária, trazendo para a Amazônia dos Rios os conflitos de terra existentes na Amazônia das Estradas. Estas duas situações podem, isoladamente ou conjuntamente, influenciar as populações locais a mudarem seu comportamento, de modo que abandonem a sua estratégia tradicional de produção voltada para garantir sua sobrevivência e adotem uma nova estratégia de produção intensiva com vistas à acumulação de patrimônio.

O desenvolvimento de ferramentas e metodologias que apoiem o aprendizado coletivo – como o ComMod - tem um papel potencialmente estratégico para fomentar o monitoramento do processo de desenvolvimento territorial (urbano e rural) na região. Portanto, a formação de quadros técnicos locais; bem como a capacitação dos atores locais, devem ser, obrigatoriamente, um dos objetivos de qualquer projeto de pesquisa no local.

EM RELAÇÃO AO MODELO DE SIMULAÇÃO

O modelo Solimões buscou incorporar diversas recomendações presentes em trabalhos anteriores, como: (i) manter uma separação estrutural entre considerações urbanas e rurais, (ii) buscar um equilíbrio parcial da representação espacial e (iii) buscar uma representação mais completa dos agentes de mudança do uso e da cobertura do solo, que incluía os seus comportamentos e as suas interações.

O modelo Solimões incorporou os comportamentos dos agentes locais, famílias de comunidades tradicionais, os quais não estão de acordo com as noções padronizadas de lucro e maximização da utilidade, como os sistemas de produção das populações tradicionais.

As simulações realizadas para a comunidade de São João demonstraram três comportamentos tendenciais para uma variação: (i) no pagamento da subvenção social, (ii) na taxa de natalidade e (iii) na produtividade agrícola. As variações no pagamento da Bolsa-família apontaram que há um padrão de tendências de aumento nos gastos mensais de todas as famílias em todos os cenários e que esse padrão de aumento é maior para os cenários nos quais o atendimento do programa de subvenção social é universalizado para toda a comunidade. Portanto, pelos resultados

apresentados nas simulações, podemos afirmar que há uma maior probabilidade de que os benefícios da universalização dos programas de subvenção social sejam maiores com a universalização do atendimento às famílias pelo programa do que com o aumento do valor pago às famílias cadastradas.

Apesar de as variações na taxa de natalidade apontarem para a existência de um padrão de tendências de aumento nos gastos mensais de todas as famílias em todos os cenários que prevêem aumento populacional, este padrão de aumento é similar para todos os cenários e não apresenta nenhuma quebra de tendências observadas no cenário inercial.

As variações na produtividade dos produtos agrícolas demonstraram que há um padrão de tendência de redução na área antropizada pela comunidade em todos os cenários nos quais se aumenta a produtividade. Essa tendência é confirmada ao se observar a relação da área utilizada por habitante, pois essa área *per capita* também sofre uma redução ao se simularem maiores produtividades agrícolas.

As simulações de cenários para a comunidade de Nova Aliança geraram comportamentos das provas análogos àqueles ocorridos nos cenários de São João, com uma manutenção nos padrões de tendências. Pode-se, até, inferir que esta coincidência de padrões de tendências aponta para um potencial de reprodutibilidade do uso do modelo Solimões para gerar cenários para outras comunidades da região que tenham características semelhantes. Entretanto, como todo o processo de modelização do modelo Solimões partiu de uma premissa participativa, pode-se afirmar que análises mais aprofundadas sobre essa potencial reprodutibilidade só poderão ser efetuadas com a realização de oficinas participativas para apresentar e discutir essas simulações em fóruns de atores locais.

RECOMENDAÇÕES

O processo de modelização buscou representar as conexões críticas no espaço socioeconômico e fornecer uma descrição adequada da complexidade real dos agentes envolvidos e de suas interações. Diversas recomendações podem ser feitas com base no trabalho realizado de forma a possibilitar que o trabalho de modelização participativa realizado possa ter continuidade e também possa continuar a ter adequabilidade e reprodutibilidade.

Para a continuidade do trabalho com o modelo Solimões, é altamente recomendável a realização, no mínimo, de uma rodada de simulações em Benjamin Constant, que envolva desde os alunos e professores da UFAM e os representantes dos atores locais (identificados no capítulo 4) até os habitantes das comunidades ribeirinhas. Essas simulações permitirão uma efetividade do aprendizado coletivo, objetivo maior de uma abordagem ComMod e devem ser consideradas a prioridade máxima em termos de continuidade do trabalho.

Para uma maior efetividade dessas simulações, é recomendável melhorar a interface do usuário no modelo Solimões de forma a facilitar as simulações com os atores locais. Outra recomendação que emergiu desse trabalho, principalmente devido à falta de energia elétrica em algumas comunidades da região, é a elaboração de um jogo de papéis que represente o modelo Solimões. Esse jogo de papéis também deve ser utilizado para simular cenários com as comunidades e gerar o aprendizado coletivo. A literatura especializada tem apresentado resultados animadores com o uso simultâneo de jogos de papéis e simuladores informáticos.

Outra recomendação relevante à melhoria do modelo Solimões é inserir efetivamente a estratégia intensiva nas simulações do modelo. Como não houve uma inserção efetiva dessa estratégia no modelo, não foi possível simular cenários nos quais os habitantes das comunidades ribeirinhas optassem por uma mudança de postura cultural, adotando uma estratégia que privilegiasse a acumulação de patrimônio, em vez de uma estratégia tradicional que visa garantir a sua sobrevivência. Esta inserção deve ser proposta nos fóruns locais de discussão quando ocorrerem as rodadas de simulação de cenários e deve ser construída de forma participativa.

No mesmo sentido, duas outras inserções no modelo Solimões trariam uma maior riqueza nas simulações de cenários, e devem ser propostas nos fóruns participativos. A primeira é inserir no modelo a possibilidade de realizar maiores variações no mercado (demanda e preços), que afetam os resultados obtidos na comercialização dos produtos. A segunda é inserir também a possibilidade de realizar variações no regime de inundação do rio (períodos de cheia e seca) que gerem impactos diretamente na produtividade

Uma última recomendação para essa revisão do modelo Solimões é referente à adoção de estratégias específicas de comunicação entre os diferentes agentes (famílias), devido aos laços familiares e redes de relacionamento e poder. No modelo

Solimões, os agentes não são comunicantes, devido a uma premissa inicial do modelo conceitual de que a informação era socializada por toda a comunidade. Entretanto, além de objetivar uma maior reprodutibilidade do modelo, ao se inserir uma estratégia de comunicação entre os agentes, pode-se fomentar a discussão sobre as redes de poder nos fóruns participativos, o que é fundamental para potencializar um processo de empoderamento local.

De maneira análoga, diversas recomendações podem ser feitas com base no trabalho realizado de forma a possibilitar que outros trabalhos de modelização participativa possam ser realizados na região.

A principal proposta é viabilizar a elaboração participativa de um novo modelo, mas com outra escalabilidade espacial, com uma abrangência regional que englobe todas as comunidades ribeirinhas da região. Esse modelo foi aventado por diversos atores locais para simular as estratégias de comercialização dos produtos das comunidades ribeirinhas. Nesse modelo, os agentes sociais seriam as diferentes comunidades, e as estratégias de comunicação entre os agentes poderão ser determinantes para garantir bons preços no mercado (ajuste entre oferta e demanda).

Vale lembrar que o modelo regional deverá levar em consideração as diferenças existentes entre as comunidades, como, por exemplo, a de que as áreas de maior concentração demográfica regional implicam melhores condições de energia e, conseqüentemente, apresentam condições mais favoráveis quanto à viabilidade de escoamento da produção, devido à proximidade dos principais eixos de desenvolvimento. O modelo regional pode ter uma possível integração com alguns dados de saída do modelo Solimões, mas esta perspectiva deve ser analisada e discutida cuidadosamente com os fóruns participativos.

Uma última recomendação deste trabalho é viabilizar a implantação do modelo Solimões na plataforma Mimosa. Esta proposta vem ao encontro dos objetivos da equipe GREEN do Cirad. A plataforma Mimosa utiliza a linguagem Java, muito mais difundida e com muito mais usuários que a Smalltalk, e foi construída para possibilitar uma maior difusão das técnicas de simulações de cenários por modelos computadorizados, devido a uma potencial maior usabilidade do ambiente de simulação. Uma experiência real da elaboração participativa de modelos com a plataforma Mimosa poderá demonstrar se ela realmente tem maiores potenciais de usabilidade e de apropriação que a plataforma Cormas.

REFERÊNCIAS

ACHARD, F. et al. **Identification of reforestation hot spot areas in the humid tropics**. Publications series B, research report n^o4. Trees E.C., Luxembourg, European Commission, 1998, 99 p.

ALCAMO, J. **Scenarios as tools for international assessments**, 24. European Environmental Agency (Eds.): Office for Official Publications of the European Communities, 2001, 31 p.

ALCAMO, J.; VAN VUUREN, D.; RINGLER, C.; ALDER, J.; BENNETT, E.; LODGE, D.; MASUI, T.; MORITA, T.; ROSEGRANT, M.; SALA, O.; SCHULZE, K. e ZUREK, M. Methodology for Developing the MA scenarios. In: **Ecosystems and Human Well-being: Scenarios**, Volume 2, p. 145-172. Findings of the Scenarios Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment, Chapter 6 of Scenarios Working Group Assessment Report, Millennium Ecosystem Assessment, S. R. Carpenter, P. R. Pingali, E. M. Bennet, and M. B. Zurek editors., Island Press, Washington. 2005.

ALENCAR, E. A. Políticas públicas e (in)sustentabilidade social: o caso de comunidades da várzea do alto Solimões, Amazonas. In: IBAMA. **Diversidade socioambiental nas várzeas dos rios Amazonas e Solimões**. LIMA, D. (org.). Manaus: IBAMA, ProVarzea, 2005. 416 p.

ALLEN, J.C. e BARNES, D.F. The cause of deforestation in developing countries. **Annals of Association of American Geographers**, 75: p. 163-184. 1985.

ALVES, D. S. **An analysis of the geographical patterns of deforestation**, 48th Annual Conference of the Center for Latin American Studies, Florida-USA, 1999.

ANTONA M.; BOMMEL, P.; BOUSQUET, F. e LE PAGE, C. Interactions and organization in ecosystem management: the use of multi-agent systems to simulate incentive environmental policies. In: Urban Christophe (ed.). **Third Workshop on agent-based simulation**, Passau, Germany. Erlangen: SCS European Publishing House, p. 85-92. International Workshop on Agent-Based Simulation (ABS-2002). 3, Passau, Allemagne. 2002.

ARIMA, E. Desmatamento e economia local e políticas públicas. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Causas e dinâmicas do desmatamento na Amazônia**, MMA: Brasília, p. 259-276. 2001.

ANGELSEN, A.; KAIMOWITZ, S. **Rethinking the causes of deforestation**: Lessons from economic models. The World Bank Res. Ob., Vol 14, p. 73-98, 1999.

BAH, A.; TOURE, I.; LECLERC, G. **Modélisation et Simulation Multi-Agents: Concepts, Méthodes et Outils**. Unité de Recherche en Partenariat: Transformation de l'élevage et dynamique des espaces. ADD Trans. 2006, 40 p.

BARRETEAU, O.; BOUSQUET, F. Jeux de rôles et validation de systèmes multi-agents. **Ingénierie des systèmes multi agents**. p. 67-80, 1999.

BARRETEAU, O.; BOUSQUET, F.; ATTONATY, J. M. Role-Playing games for opening the

black box of MAS: method and teachings of its application to Senegal River Valley irrigated systems. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**. 4 (2). Online: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/4/2/5.html>. 2001.

BARRETEAU, O. et al. Our Companion Modelling Approach. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation** 6 (2). Online: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/1.html>. 2003.

BARRETEAU, O. The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**. 6(2). Online: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/3.html>. 2003b.

BECKER, B. K. Síntese do Processo de Ocupação da Amazônia – Lições do passado e desafios do presente. In: **Causas e dinâmicas do desmatamento na Amazônia**, MMA: Brasília. p. 05-28. 2001.

BECKER, B. K. **Amazônia**: geopolítica na virada do III milênio. Rio de Janeiro: Garamond, 2006. 172p.

BECU, N. Identification et Modelisation des Representations des Acteurs Locaux pour la Gestion des Bassins Versants. 2005, 298 p. These de Doctorat en Sciences de l'Eau dans l'Environnement Continental. Université Montpellier II.

BERGER, T. Agent-based spatial models applied to agriculture : a simulation tool for technology diffusion, resource use changes and policy analysis. **Agricultural Economics**, 25(2-3) :245–260, 2001.

BERKES, F.; FEENY, D.; MCKAY, B. J. e ACHESON, J. M. The benefits of the commons. **Natures**, 340. 1989.

BERKES, F.; COLDING, J. e FOLKE, C. Navigating socialecological systems. In: _____. **Building resilience for complexity and change**. Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

BOMMEL, P.; GOMES, P. C. R. **Simulação de Sistemas Complexos** – Sistemas Multi-Agentes e Gestão dos Recursos Naturais. Apostila de suporte de curso. Universidade de Brasília: Brasília, 2007, 182 p.

BONAUDO, T.; PIKETTY, M. G.; TOURRAND, J. F.; SAYAGO, D. **Indicateurs de pression environnementale selon un degré d'anthropisation croissante**: terrain amazonien. Relatório de Pesquisa, Cirad: Montpellier, 2004. 102 p.

BÖRJESON, L.; HÖJER, M.; DREBORG, K. H.; EKVALL, T; FINNVEDEN, G. Scenario types and techniques: Towards a users guide. **Futures** 38 (7), p. 723-739. 2006.

BOUSSET, J. P.; MACOMBR, C.; TAVERNE, M. **Participatory Methods, guidelines and good practice guidance to be applied throughout the project to enhance problem definition, co-learning, synthesis and dissemination**. SEAMLESS report n. 10, ref.: D7.3.1, Cemagref, 2005, 248 p.

BOUSQUET, F. Usage des ressources renouvelables et modélisation des représentations: Une approche par les systèmes Multi-Agents. In: **Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement**. 187-193. 1996.

BOUSQUET, F.; BARRETEAU, O.; LE PAGE C.; MULLON, C. e WEBER, J. An environmental modelling approach. The use of multi-agent simulations. In: B. F. and W. A., **Advances in Environmental and Ecological Modelling**, 219. 1999.

BOUSQUET, F.; TRÉBUIL, G. Introduction to companion modeling and multi-agent systems for integrated natural resource management in Asia. In:____. **Companion Modelling and multi-agent systems for integrated natural resource management in asia**. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, p. 01-20. 2005.

BOUSQUET, F.; LE PAGE, C. Multi-Agent Simulations and Ecosystem Management: a Review. **Ecological Modelling**, 176, p. 313-332. 2004.

BRASIL JUNIOR, A. C. P. Um cenário desejável para conter o desmatamento na região de Belo Monte. SEMINÁRIO DINAMISMO ECONÔMICO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL: Um Desafio para Belo Monte. CDS-UnB: Brasília, 2002.

BRIASSOULIS, H. **Analysis of Land Use Change**: Theoretical and Modelling Approaches, The Web Book of Regional Science. 2000.

CHOMITZ, K. M.; GRAY, D. A. Roads, Land Use and Deforestation: a spatial model applied to Belize. **The World Bank Economic Review**, 10, p. 487-512, 1996.

CHOMITZ, K. e THOMAS, T.S. **Geographic Patterns of Land Use and Land Intensity**. World Bank, Development Research Group, Draft Paper, Washington, D.C. 2000.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher. 2000, 233 p.

COMMOD, C. La Modélisation comme outil d'accompagnement, **Nature Sciences Sociétés** 13: p. 165-168. 2005.

CONTE, R. The Necessity of Intelligent Agents for Social Simulation. In: BALLOT, G. e WEISBUCH, G. **Applications of Simulation to Social Sciences**. Hermes. Paris. 2000.

CONTE, R. e CASTELFRANCHI, C. Norms as mental objects, from normative beliefs to normative goals. In: CASTELFRANCHI, C. e MULLER, J-P. **From reaction to cognition**, Springer. p. 186-196. 1995.

CONTE, R. e PAOLUCCI, M. Intelligent Social Learning. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**. 4(1). Online: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/4/1/3.html>. 2001.

COSTANZA, R.; e RUTH, M. Using dynamic modelling to scope environmental problems and build consensus. **Environmental Management**. 22(2). p.183–195. 1998.

DAMIÃO, D. P. Uso de técnicas de análise multivariada para a predição de desmatamento na Amazônia: o modelo "Amazon-PD". 2007. 196 p. Tese de Doutorado apresentada no Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.

D'AQUINO, P.; LE PAGE, C.; BOUSQUET, F. e BAH, A. A novel mediating participatory modelling: the "self-design" process to accompany collective decision making. **International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology**. 12(1). p. 59-14. 2002.

D'AQUINO, P.; LE PAGE, C.; BOUSQUET, F. e BAH, A. Using self-designed role-playing games and a multi-agent system to empower a local decision-making process for land use management: The SelfCormas experiment in Senegal. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**. 6(3). 2003.

DAVID, N.; SICHMAN, J.S.; COELHO, H. The Logic of the Method of Agent-Based Simulation in the Social Sciences: Empirical and Intentional Adequacy of Computer Programs. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, vol. 8, no. 4, 2005.

DAVID, N.; MARIETTO, M. B.; SICHMAN, J.S.; COELHO, H. The Structure and Logic of Interdisciplinary Research in the Agent-Based Social Simulation. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, vol. 7, no. 3, 2004.

DEADMAN, P.J. Modelling individual behaviour and group performance in an intelligent agent-based simulation of the tragedy of the commons. **Journal of Environmental Management**, 56(3): p. 159–172, 1999.

DREBORG, K. H. **Scenarios and structural uncertainty**. Department of Infrastructure, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2004, 60 p.

EDMONDS, B. e MOSS, S. **From KISS to KIDS** - an "antisimplistic" modelling approach. In Joint Workshop on Multi-Agent and Multi-Agent-Based Simulation, New York City, USA, 2004.

ETIENNE, M., e LE PAGE, C. Modeling contrasted management behaviors of stakeholders facing pine encroachment process: an agent-based simulation approach, p. 208-213. In: **Integrated assessment and decision support**, IEMSS. "1st Biennial Meeting of the International Environmental Modeling and Software Society". A. E. Rizzoli, and A. J. Jakeman editors., Lugano, Switzerland. 2002.

ETIENNE, M.; LE PAGE, C. e COHEN, M. A Step-by-step approach to building land management scenarios based on multiple viewpoints on multi-agent system simulations. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**. 6(2). 2003.

FEARNSIDE, P. The rate and extent of deforestation in Brazilian Amazônia. **Environmental Conservation**, 17, p. 213-226, 1990.

FERBER, J. **Les Systèmes Multi-Agents** : Vers une intelligence collective. Paris, InterEditions. 1995.

FERBER, J. **Agent/group/roles: Simulating with organization**. In: Jean-Pierre Muller and Martina-M. Sidel, editors, 4th workshop on agent-based simulation, p. 34–39, Montpellier, France, 2004.

FERREIRA, E. J. G.; SANTOS, G. M.; LEÃO, E. L. M.; OLIVEIRA, L. A. **Bases**

Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia. Vol. 2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. Eds, 1993.

FETZER, J-H. **Filosofia e Ciências Cognitivas.** São Paulo: Edusc, 2001.

FOLKE, C.; HAHN, T.; OLSSON, P. e NORBERG, J. Adaptive governance of social-ecological systems. **Annual Review of Environment and Resources** 30: p. 441-473. 2005.

FRAXE, T. J. P. **Homens anfíbios:** etnografia de um campesinato das águas. São Paulo: Annablume; Fortaleza: Secretaria da Cultura e Desporto do Governo do Estado do Ceará, 2000.

FREIRE, P. **Conscientização: Teoria e Prática da Libertação,** São Paulo: Moraes. 1980

_____. **Pedagogia do Oprimido,** 10a ed., Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1981.

_____. **Pedagogia da Esperança:** um reencontro com a pedagogia do oprimido, 6a ed., Rio de Janeiro, Paz e Terra. 1999.

_____. **Pedagogia da Autonomia:** saberes necessários à prática educativa, 11a ed. São Paulo: Paz e Terra. 1999a.

_____. **Pedagogia da Indignação:** cartas pedagógicas e outros escritos. São Paulo: UNESP. 2000.

GEILFUS, F. **80 Herramientas para el Desarrollo Participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo e evaluación.** El Salvador: IICA-GTZ, 1997. 208 p.

GIBSON, C. C.; OSTROM, E. e AHN, T. K. The concept of scale and the human dimensions of global change: a survey. **Ecological Economics**, 32(2) :217–239, 2000.

GILBERT, N. e TROITZSCH, K. G. **Simulation for the social scientist.** Open University Press, Buckingham, 1999.

GODET, M.; ROUBELAT, F. Creating the future: the use and misuse of scenarios. **Long Range Planning**, 29 (2), p. 164-171. 1996.

GOMES, P. C. R.; BRASIL, A. C. P. e TOURRAND, J. F. **Natural Resources Management by Benjamin Constant Traditional Communities** (Brazil). Annals of I International Conference on Sustainability Measurement and Modelling. Terrassa, Barcelona, 2006.

GONZALEZ, R. Platforms and terraces: bridging participation and GIS in joint-learning for watershed management with the Ifugaos of the Philippines. PhD Thesis. Wageningen University. 2000.

GREEUW, S. C. H.; van ASSELT, M. B. A.; GROSSKURTH, J.; STORMS, C. A. M. H.; RIJKENS-KLOMP, N.; ROTHMAN, D. S.; ROTMANS, J. **Cloudy crystal balls: an assessment of recent European and Global scenario studies and models.** European Environment Agency, Copenhagen, 2000, 96 p.

HENRICH, T. **Environmental Scenario Analysis - Overview and Approaches**. In: Global Environmental Change and Food Systems (GECAFS) Meeting, Comprehensive Scenarios "Initial Workshop", Reading, UK. 2003.

HERIMANDIMBY, V.; RANDRIAJAONA, E.; BARRETEAU, O.; BOUSQUET, F. e WEBER, J. Systèmes multi-agents et démarche patrimoniale: Utilisation de jeux de rôle. In: N. Ferrand editor. **Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires**. Cemagref Editions. p. 261-278. 1998.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 30 maio 2006.

IMAZON – Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. **Amazônia Florestal: oportunidades para uma economia sustentável**, Série Parceria, n. 1, 2000, 82 p.

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, PRODES. Disponível em www.obt.inpe.br/prodes. Acesso em 25 de julho de 2006.

ISA – Instituto Sócio Ambiental. **Biodiversidade na Amazônia: Avaliação e ações para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios**. Estação da Liberdade, 2001.

LAMBIN, E. F.; ROUNSEVELL, M. D. A. e GEIST, H. J. Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity? **Agriculture, Ecosystems and Environment** 83 (1-3): p. 321-331. 2000.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J. Global land use and cover change: what have we learned so far? **Global Change Newsletter** 46, p. 27-30, 2002.

LAURANCE, W. F. et al. The future of the Brazilian Amazon. **Science**, 291: p. 438-439. 2001.

LÉNA, P. (org.). Boletim Rede Amazônia – Diversidade Sociocultural e Políticas Ambientais 1. 2002.

LE PAGE, C.; BOMMEL, P. A methodology for building agent-based simulations of common-pool resources management: from a conceptual model designed with UML to its implementation in CORMAS. In: BOUSQUET, F.; TRÉBUIL, G. **Companion Modelling and multi-agent systems for integrated natural resource management in asia**. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. p. 327-350. 2005.

LÉVÊQUE, C. (Editor). **La biodiversité. Que sais-je**. PUF, Paris, 1997, 128 p.

LI et al. Exploring Complexity in a Human-Environment System: an Agent-Based Spatial Model for Multidisciplinary and Multiscale Integration. **Annals of the Association of American Geographers**, 95(1), Blackwell Publishing. 2005.

LIMA, D.M.; ALENCAR, E. F. A lembrança da História: memória social, ambiente e identidade na várzea do Alto Solimões. **Lusotopie**, Paris, p. 27-48, 2001.

MACKINNON, J. Mobile interactive GIS: bringing indigenous knowledge and scientific information together. A narrative account. In: A. Neef. **Participatory approaches for Sustainable Land Use in Southeast Asia**. White Lotus, Bangkok, Tailândia. p. 217-231. 2005.

MANSON, S.M. Calibration, verification and validation. In PARKER, D.C.; BERGER, T. e MANSON, S.M. **Agent-based models of land-use and land-cover change**. Disponível em <http://www.swarm.org/archive/overview.ps>. 2001.

MANSON, S.M. Tools for land use analysis on different scales with case studies for Costa Rica (Book Review). **Journal of Artificial Societies and Social Simulation** 4 (3), 2002.

MARIEN, M. Futures Studies in the 21st Century: a reality based view. **Futures** 34 (3-4), p. 261-281, 2002.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento na Amazônia Brasileira**. World Bank, 2003, 80 p.

MENDONÇA, M. A. F.; NODA, S. N.; NODA, H. Agricultura Familiar: suas relações sociais, econômicas e ambientais sustentáveis no Estado do Amazonas. In: LIMA, A. A. B. (org.) **Educação Popular na Amazônia: as experiências da CUT em qualificação profissional**. Porto Velho: ESA/ESCM/Gráfica Imediata. 2001.

MERMET, L.; DUBIEN, I.; EMERIT, A. e LAURANS, Y. Les porteurs de projets face à leurs opposants : six critères pour évaluer la concertation en aménagement. **Politique et aménagement public** 1: p. 1-22. 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia**. Brasília: MMA. 2001, 436 p.

MORIN, E. **O Método 4. As Idéias** - habitat, vida, costumes, organização. Tradução de SILVA, J. M. Porto Alegre: Sulina, 1998, 288 p.

MORSHED, S.; BORNE, F. Dynamic simulation of land-use changes in a periurban agricultural system. In: BOUSQUET, F.; TRÉBUIL, G. **Companion Modeling and multi-agent systems for integrated natural resource management in Asia**. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 2005, p. 237-254.

NASCIMENTO, E. P.; DRUMMOND, J. A. **Amazônia – dinamismo econômico e conservação ambiental**. Ed. Garamond. 2004.

NELSON, G. C.; HELLERSTEIN, D. Do roads cause deforestation? Using satellite images in econometric analysis of land use. **American Journal of Agricultural Economics**, 79, p. 80-88, 1997.

NEPSTAD, D.; MOUTINHO, A.; NOBRE, P. O empobrecimento oculto da floresta amazônica. IN: **Revista Ciência Hoje**, n. 157 (27), p. 69-73, 2000.

NODA, S. N.; NODA, H. Produção de Alimentos no Amazonas – Uma Proposta Alternativa de Política Agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE SAÚDE E AMBIENTE NA REGIÃO AMAZÔNICA, 1996, Cuiabá. **Anais...Cuiabá**, 1996.

NODA, H. (coord.). **Pequena Produção de Terra Firme no Estado do Amazonas**. Manaus: INPA, 2000, 87 p.

NODA, H.; NODA, S. N. Agricultura Familiar Tradicional e Conservação da Sócio-biodiversidade Amazônica. **Interações** (Campo Grande), Campo Grande, v. 04, n. 06, p. 55-66, 2003.

NODA, S. N.; NODA, H.; MARTINS, A. L. U. Agricultura Familiar na Várzea Amazônica: Espaço de conservação da Diversidade Cultural e Ambiental. In: SHERER, E.; OLIVEIRA, J. A. (Org.). **Amazônia: Políticas Públicas e Diversidade Cultural**. 1 ed. Rio de Janeiro: Garamond Ltda, p. 163-194, 2006.

_____. Segurança Alimentar em Comunidades Tradicionais do Alto Solimões, Amazonas. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOCIOLOGIA. 2007, Recife. **Anais...** UFPE, Recife, 2007.

OAKLEY, P.; CLAYTON, A. **Monitoramento e avaliação do empoderamento (“empowerment”)**. Tradução de ARASHIRO, Z. e SAMESHIMA, P. São Paulo: Instituto Pólis, 2003. 96 p.

OMG. **Unified modeling language specification**, Version 1.5. 2003.

PARKER, D. C.; MANSON, S. M.; JANSSEN, M. A.; HOFFMANN, M. J. e DEADMAN, P. J. Multi-Agent Systems for the simulation of Land-Use and Land-Cover change: a review. **Annals of the Association of American Geographers**. 2002.

PARKER et al. Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review. **Annals of the Association of American Geographers**, 93(2), 2003. Blackwell Publishing

PASQUIS, R. La déforestation en Amazonie brésilienne et son impact sur l'environnement. In: **Bois et Forêts des Tropiques**, 260: p. 53-62, 1999.

PFAFF, A. S. P. What drives deforestation in the Brazilian Amazon? In: **Journal of Environmental Economics and Management**, 37, p. 26-43, 1999.

PIAGET, J. **La psychologie de l'intelligence**. Paris, Armand colin. 1947.

_____. **La représentation du monde chez l'enfant**. Paris, Puf: 336. 2003.

PIKETTY, M. G.; VEIGA, J. B.; POCCARD-CHAPUIS, R.; TOURRAND, J. F. Le potentiel des systèmes agroforestiers sur les fronts pionniers d'Amazonie brésilienne. In: **Bois et Forest des Tropiques**, v. 272, n. 2, p. 75-87. Cirad: Montpellier, 2001.

POPPER, J. **La dynamique des systemes, principes et applications**. Les Editions d'Organisation, 1973.

PORTO, C. (org.). **Quatro cenários para o Brasil, 2005-2007**. Rio de Janeiro: Garamond, 2005, 160 p.

PUGINIER, O. Planning, participation and policy: tools and experiences in the northern highlands of Thailand with hill tribe farming systems. A. Neef, **Participatory approaches for Sustainable Land Use in Southeast Asia**. White Lotus, Bangkok, Thailand. p. 233-250. 2005.

QUIST, J.; VERGRAGT, P. Past and Future of backcasting: the shift to stakeholder participation and a proposal for a methodological framework. **Futures** 38 (9), p. 1027-1045, 2006.

RASKIN, P.; MONKS, F.; RIBEIRO, T.; VAN VUUREN, D. e ZUREK, M. Global Scenarios in Historical Perspective. In: **Ecosystems and Human Well-being: Scenarios**, Volume 2. Findings of the Scenarios Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment, Chapter 2 of Scenarios Working Group Assessment Report, Millennium Ecosystem Assessment, S. R. Carpenter, P. R. Pingali, E. M. Bennet, and M. B. Zurek editors., Island Press, Washington. 2005.

RINGLAND, G. **Scenario planning**, John Wiley & Sons, Chichester. 1998.

RIVAS, A.; FREITAS, C. E. C. Amazônia: uma perspectiva interdisciplinar. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 2002.

RIS, S.; CHIDAMBARANATHAN, M.; ESCOBAR, C.; WIESMANN, U. e ZIMMERMANN, A. Moving from sustainable management to sustainable governance of natural resources. The role of social learning processes in rural India, Bolivia and Mali, **Journal of Rural Studies**: 78. 2006.

ROBINSON, J. Future subjunctive: backcasting as social learning. **Futures** 35 (8), p. 839-856, 2003.

ROBINSON, J. Futures under glass: a recipe for people who have to predict. **Futures** 22 (8), p. 820-842, 1990.

ROTMANS, J.; VAN ASSELT, M. B. A.; ANASTASI, C.; GREEUW, S.; MELLORS, J.; PETERS, S.; ROTHMAN, D. e RIJKENS, N. Visions for a sustainable Europe, **Futures** 32: p. 809-831. 2000.

ROUSSEAU, L. Comparaison de points de vue pour la formulation de problèmes. Thèse de doctorat. Université Paris Dauphine, Paris. 2003.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. Tradução de E. Araujo. - São Paulo: Vértice, 1981.

SALATI, E. e NOBRE, C. A. Possible climatic impacts of tropical deforestation. **Climatic Change** 19, pp. 177-196. 1991.

SAWYER, D. População, Ambiente e Saúde. In: PIGNATTI, M. G.; MARTINS, D. T. O. **Coletânea do I Simpósio sobre Saúde e Ambiente na Região Amazônica**. Cuiabá: EdUFMT, 1999.

SAYAGO, D. A. V.; TOURRAND, J. F.; BURSZTYN, M. **Amazônia: Cenas e Cenários**. Brasília: Universidade de Brasília, 2004, 382 p.

SAYAGO, D. A. V. **A Invenção Burocrática da Participação**: Discursos e Práticas no Ceará. 2000. 120 p. Tese de Doutorado apresentada no Departamento de Sociologia do Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Brasília, Brasília.

SCHNEIDER, R.; ARRIMA, E.; VERISSIMO, A.; BARRETTO, P. e SOUZA, JR.C.. **Amazônia Sustentável**: limites e oportunidades para o desenvolvimento rural, Parcerias nº1. World Bank, IMAZON, Brasília, 2000, 57 p.

SCHUMMACHER. E. F. **Small is Beautiful**. 1973.

SCHWARTZ, P. **The Art of the long view**: Planning for the future in an uncertain world, Doubleday Publications, New York, 1991, 258 p.

SHARMA, M.; e NORTON, B. G. A policy decision tool for integrated environmental assessment, **Environmental Science & Policy** 8 (4): p. 356-366. 2005.

SHOEMAKER, P. J. H. Multiple scenario development: its conceptual and behavioral foundation, **Strategic Management Journal** 14: p. 193-213. 1993.

SERRÃO, E. A. S.; NEPSTAD, D.; WALKER, R. Upland agricultural and forestry development in the Amazon: sustainability, criticality and resilience. **Ecological Economics**, 18, p. 03-13, 1996a.

SERRÃO, E. A. S.; SMITH, N. J. H.; FALESI, I. C.; ALVIM, P.T. Agroforestry trajectories among smallholders in the Brazilian Amazon: Innovation and resiliency in pioneer and older settled areas. **Ecological Economics**, 18, p. 15-27, 1996.

SIERRA, R. Dynamics and patterns of deforestation in the western Amazon: the Napo deforestation front, 1986-1996. **Applied Geography**, 20, p. 1-16, 2000.

SILVA, M. C. **O Paiz do Amazonas**. Manaus: Editora Valer. Governo do Estado do Amazonas. UniNorte, 2004, 288 p.

SIMON, C. **Literature Review of Scenario Methods**. In: WP 5 D.3 FINAL. Unité de Recherche en Partenariat: Transformation de l'élevage et dynamique des espaces. ADD Trans. 2006, 80 p.

SIQUEIRA, H. S. G.; PEREIRA, M. A. O Sentido da autonomia no processo de Globalização. **Revista EDUCAÇÃO**. Centro de Educação da Universidade Federal de Santa Maria-RS, V.22, n. 02, 1998.

SOARES, N. L. Processos sociais do desmatamento na Amazônia – um estudo de caso da regional do Baixo Acre. 2001. Dissertação de Mestrado, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.

SKLAR, F.H.; COSTANZA, R. The development of dynamic spatial models for landscape ecology: a review and prognosis. In: TURNER, G.M.; GARDNER, R.H. **Quantitative methods in landscape ecology**: the analyses and interpretation of landscape heterogeneity. New York. Springer Verlag, p. 239-288. 1991.

TONI, F.; KAIMOWITZ, D. (orgs). **Gestão florestal na Amazônia**. A.S. Editores, 2003, 430 p.

TOURRAND, J. F.; VEIGA, J. B.; FERREIRA, L. A.; LUDOVINO, R. M. R.; POCCARD-CHAPUIS, R.; SIMÃO NETO, M. Cattle ranching expansion and land use change in Amazon. In: **Patterns and process of land use and forest change in the Amazon**. Florida University, Gainesville, 1999.

VAN ASSELT, M. B. A.; RIJKENS-KLOMP, N. A llok in the mirror: reflection on participation in Integrated Assessment from a methodological perspective. **Global Environmental Change** 12, p. 167-184, 2002.

VAN DEN BELT, M. **Mediated Modelling**. A system dynamics approach to environmental consensus, Island Press, 2004. 339 p

VAN DER HEIJDEN, K. **Scenarios: The Art of Strategic Conversation**, 2nd Edition, ISBN: 0-470-02368-6, Hardcover, Wiley, 2004. 380 p

Van ITTERSUM, M. K.; RABBINGE, R.; van LATENSTEIJN, H. C. Exploratory land use studies and their role in strategic policy making. **Agricultural Systems** 58 (3), p. 309-330, 1998.

Van NOTTEN, P. W. F.; ROTMANS, J. The future of scenarios. **Scenario and strategic Planning** 3 (1), p. 4-8, 2001.

Van NOTTEN, P. W. F.; ROTMANS, J.; Van ASSELT, M. B. A.; ROTHMAN, D. S. Un update scenario typology. **Futures** 35, p. 423-443, 2003.

VARELA, F. J. **Connaître les sciences cognitives: tendances et perspectives**, Editions du Seuil. 1989.

VEIGA, J.B. e TOURRAND, J.F.. Produção leiteira na Amazônia oriental. Embrapa, Belém, 2001, 234 p.

VERBURG, P.; SCHOT, P.; DIJST, M. e VELDKAMP, A. Land use change modelling: current practice and research priorities, **GeoJournal** 61 (4): p. 309-324. 2004.

WALKER, R.; HOMMA, A. K. O. Land use and land cover dynamics in Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, 18, p. 67-80, 1996.

WALKER, R.; MORAN, E.; ANSELIN, L. Deforestation and Cattle Ranching in the Brazilian Amazon: External Capital and Household Process. **World Development**, 28, n. 4, p. 683-699, 2000.

WALKER, B.; CARPENTER, S.; ANDERIES, J.; ABEL, N.; CUMMING, G.; JANSSEN, M.; LEBEL, L.; NORBERG, J.; PETERSON, G. D.; PRITCHARD, R. Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. **Conservation Ecology** 6 (1), p. 1-14, 2002.

WALKER, B.; HOLLING, C.S.; CARPENTER, S.; KINZIG, A. Resilience, adaptability, and transformability in social-ecological systems. **Ecology and Society** 9 (2), 2004.

WALKER, R. Theorizing Land-Cover and Land-Use Change: the case of Tropical Deforestation. **International Regional Science Review** 27, p. 247-. Sage Publications, 2004.

WESTHOEK, H. J.; van den BERG, M.; BAKKES, J. A. Scenario development to explore the future of Europe's rural areas. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 114, p. 7-20, 2006.

WITTMER, H.; RAUSCHMAYER, F.; KLAUER, B. How to select instruments for the resolution of environmental conflicts? **Land and Use Policy** 23, p. 1-9, 2006.

WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R. e KINNY, D. The Gaia methodology for agent-oriented analysis and design. **Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, 3(3): p. 285–312, 2000.

WOOLDRIDGE, M. J. **An introduction to multiagent systems**. John Wiley & Sons: Chichester. 2002, 342 p.

WOLLENBERG, E.; EDMUNDS, D.; BUCK, L. **Anticipating Change**: Scenarios as tool for adaptive forest management – A guide. SMT Grafika Desa Putera: Center for International Forestry Research, Bogor, 2000, 40 p.

UNRISD. **The social dynamics of deforestation in the Brazilian Amazon**: an overview, Research Paper, 2000.

VEIGA, J. B.; PIKETTY, M. G.; POCCARD-CHAPUIS, R.; TOURRAND, J. F. **Expansão e trajetórias da pecuária na Amazônia**, Pará, Brasil. Editora UnB, 2004, 160 p.

VEJPAS, C., BOUSQUET, F., NAIVINIT, W., TREBUIL, G. E SRISOMBAT, N. Participatory modeling for managing rainfield lowland rice variety and seed systems in lower northeast Thailand: methodology and preliminary findings. In: BOUSQUET, F.; TRÉBUIL, G. **Companion Modeling and multi-agent systems for integrated natural resource management in Asia**. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 2005, p. 141-166.

ZACCA, E. Estratégias para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. In: **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. MMA, p. 369-388, 2001.