

S
A
T
R
A

Sistema de Aptidão das Terras para Recuperação Ambiental: uma Metodologia de Planejamento Ambiental

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimárzio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Hélio Tollini

Ernesto Paterniani

Luis Fernando Rigato Vasconcellos

Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena Tanajura Luz Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Acre

Marcus Vinicio Neves d'Oliveira

Chefe-Geral

Milcíades Heitor de Abreu Pardo

Chefe-Adjunto de Administração

Luís Cláudio de Oliveira

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Francisco de Assis Correa Silva

Chefe-Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

ISSN 0104-9046

Março, 2004

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 87

Sistema de Aptidão das Terras para Recuperação Ambiental: uma Metodologia de Planejamento Ambiental

Paulo Guilherme Salvador Wadt
Luís Cláudio de Oliveira
Tadário Kamel de Oliveira
Luciana Mendes Cavalcante

Rio Branco, AC
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Acre

Rodovia BR 364, km 14, sentido Rio Branco/Porto Velho

Caixa Postal, 321

Rio Branco, AC, CEP 69908-970

Fone: (68) 212-3200

Fax: (68) 212-3284

<http://www.cpaufac.embrapa.br>

sac@cpafac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Rivaldalve Coelho Gonçalves*

Secretária-Executiva: *Suely Moreira de Melo*

Membros: *Celso Luís Bergo, Claudenor Pinho de Sá, Cleísa Brasil da Cunha*

Cartaxo, Elias Melo de Miranda, Hélia Alves de Mendonça*, Henrique José Borges*

de Araujo, João Alencar de Sousa, Jonny Everson Scherwinski Pereira, José Tadeu

de Souza Marinho, Judson Ferreira Valentim, Lúcia Helena de Oliveira Wadt, Luís

Cláudio de Oliveira, Marçílio José Thomazini, Maria de Jesus Barbosa Cavalcante,

Patricia Maria Drumond

*Revisores deste trabalho

Supervisão editorial: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Revisão de texto: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Normalização bibliográfica: *Luiza de Marillac Pompeu Braga Gonçalves*

Tratamento de ilustrações: *Fernando Farias Sevá*

Editoração eletrônica: *Fernando Farias Sevá*

1ª edição

1ª impressão (2004): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

Embrapa Acre.

S623s Sistema de aptidão das terras para recuperação ambiental: uma metodologia de planejamento ambiental por Paulo Guilherme Salvador Wadt, Luís Cláudio de Oliveira, Tadário Kamel de Oliveira, Luciana Mendes Cavalcante. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2004. 38 p. (Embrapa Acre. Documentos, 87)

1. Recursos hídricos. 2. Bacia hidrográfica. 3. Meio ambiente. I. Wadt, Paulo Guilherme Salvador. II. Oliveira, Luís Cláudio de. III. Oliveira, Tadário Kamel de. IV. Cavalcante, Luciana Mendes.

CDD 551.48 (19. ed.)

Autores

Paulo Guilherme Salvador Wadt

Eng. agrôn., D.Sc., Embrapa Acre, Caixa Postal 321, 69908-970,
Rio Branco, AC, paulo@cpafac.embrapa.br

Luís Cláudio de Oliveira

Eng. agrôn., M.Sc., Embrapa Acre, lclaudio@cpafac.embrapa.br

Tadário Kamel de Oliveira

Eng. agrôn., M.Sc., Embrapa Acre, tadario@cpafac.embrapa.br

Luciana Mendes Cavalcante

Eng. agrôn., M.Sc., Embrapa Acre, luciana@cpafac.embrapa.br

Apresentação

O sudoeste da Amazônia, principalmente o Estado do Acre, poderá apresentar grandes problemas ambientais, devido ao processo de degradação das áreas desmatadas. Por outro lado, existem tecnologias disponíveis que poderiam ser usadas para a recuperação e integração dessas áreas aos processos produtivos, gerando emprego e renda na zona rural.

Com o objetivo de contribuir para redução do processo de degradação, a Embrapa Acre desenvolveu o Sistema de Aptidão das Terras para a Recuperação Ambiental (Satra), uma ferramenta de planejamento baseada na valoração de indicadores de qualidade ambiental, de recursos naturais e socioeconômicos, capaz de priorizar as intervenções necessárias para recuperar áreas degradadas.

Os indicadores definem prioridades de intervenção quanto à aptidão agrícola, biodiversidade, sustentabilidade econômica e função social da terra, as quais geram modelos de uso da terra nas dimensões espacial e temporal.

A partir desses modelos, as medidas corretivas e saneadoras são planejadas para cada uma das zonas hidrogeodinâmicas de bacias hidrográficas, fornecendo assim cenários alternativos para o uso da terra.

Marcus Vinicio Neves d'Oliveira
Chefe-Geral da Embrapa Acre

Sumário

Introdução	9
Aspectos Básicos para o Planejamento e a Gestão Sustentável do Uso da Terra	11
O Sistema de Aptidão das Terras para Recuperação Ambiental (Satra)	14
Considerações Finais	37
Referências	37

Sistema de Aptidão das Terras para Recuperação Ambiental: uma Metodologia de Planejamento Ambiental

Paulo Guilherme Salvador Wadt

Luís Cláudio de Oliveira

Tadário Kamel de Oliveira

Luciana Mendes Cavalcante

Introdução

A demanda por alimentos é crescente, tanto pelo aumento da população, como pela melhoria das condições materiais de vida da sociedade. Essa demanda gera pressões sobre os recursos naturais, seja pela exploração da terra como pela busca de maior produtividade, provocando muitas vezes impactos ambientais negativos.

No sudeste da Amazônia Brasileira essas pressões já são fortes. Na região de entorno da fronteira trinacional Bolívia–Brasil–Peru, iniciaram-se na década de 70 com a expansão da pecuária extensiva e incorporação de centenas de milhares de hectares de florestas no sistema de produção de gado de corte. A ampliação da infra-estrutura energética e de transportes, como a construção da Rodovia do Pacífico, poderá aumentar ainda mais a pressão sobre os recursos naturais.

Além disso, na região sudeste da Amazônia, a quantidade de áreas degradadas já ultrapassa a cifra de 1 milhão de ha. Torna-se necessário, portanto, disponibilizar ferramentas de planejamento do uso da terra que possibilitem conciliar resultados econômicos com preservação ambiental e produção de alimentos, ou seja, integrando soluções para problemas ecológicos, agrícolas e socioeconômicos.

Já é sabido que os modelos de desenvolvimento, quando dissociam as questões socioeconômicas dos aspectos ambientais, apresentam maior probabilidade de falha no planejamento sustentável do uso da terra.

Por esse motivo, mesmo havendo vários esforços no sentido de corrigir essas limitações, a principal delas ainda reside na ausência de uma metodologia capaz de conciliar prioridades levantadas por várias áreas do conhecimento sobre as dinâmicas ambiental, socioeconômica e dos conflitos porventura existentes.

Várias ações têm sido realizadas no sentido de propiciar os instrumentos para planejar modelos de desenvolvimento sustentável e participativo, entre os quais destacam-se: a) Plano Diretor Municipal (por força da Lei Orgânica dos Municípios); b) Agenda 21 Local; c) Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável ou Plano de Desenvolvimento Local Sustentável; d) Plano Diretor de Bacia Hidrográfica; e e) Zoneamento Ecológico-Econômico. Entretanto, persistem, ainda, na maioria desses instrumentos de planejamento, dificuldades de compatibilizar os aspectos socioeconômicos com os ambientais.

Essa dificuldade decorre principalmente da ausência de uma metodologia multidisciplinar que possibilite a organização espacial e temporal das ações corretivas e preventivas.

Visando alcançar um modelo sustentado para a região, que permita conciliar os interesses econômicos, sociais e ambientais, propõe-se a metodologia Sistema de Aptidão das Terras para Recuperação Ambiental (Satra), cujo objetivo central está na apresentação de uma ferramenta de planejamento ambiental, capaz de conciliar as diversas ações necessárias para uma abordagem integrada do uso da terra sob as óticas das tecnologias de manejo, da conscientização política e da preservação ambiental.

Aspectos Básicos para o Planejamento e a Gestão Sustentável do Uso da Terra

O espaço territorial consiste no primeiro aspecto a ser considerado na aplicação da metodologia Satra. A recomendação é que seja definido para uma ou mais bacias hidrográficas. Se esse espaço for estabelecido artificialmente (como é o caso de municípios que possuem seus limites determinados por critérios políticos e administrativos), pode dificultar a harmonização dos interesses de desenvolvimento, de conservação e de preservação ambiental, amplificando a possibilidade de conflitos.

A vantagem de definir o espaço territorial em função da bacia hidrográfica reside no fato de que suas características biogeofísicas e sociais são naturalmente integradas.

A comunidade local também deve ser envolvida, buscando-se o máximo de seu comprometimento com a solução dos problemas ambientais. Se não houver esse envolvimento, as ações no plano educativo podem se tornar menos eficientes.

Embora modelos e propostas para essa participação não sejam descritos na metodologia Satra, deve-se considerá-la em todas as fases do processo de planejamento e gestão (diagnóstico, implementação das soluções, avaliação dos resultados, etc.).

Finalmente, para que os resultados sejam facilmente multiplicados, é necessário que as atividades potencializem parcerias multidisciplinares e interinstitucionais, que com a participação das comunidades locais podem sensibilizar a sociedade organizada para a solução dos problemas ambientais. Na prática, o resultado pode ser mais efetivo que a própria elaboração ou aplicação de leis, normas, regulamentos ou fiscalizações punitivas.

Bacias e Sub-bacias Hidrográficas: Conceitos e Fundamentos

Nas bacias hidrográficas interagem as comunidades rurais e os componentes dos meios físicos e bióticos, o que as torna um espaço aglutinador para a construção de cenários alternativos de uso da terra.

As medidas corretivas devem visar à utilização sustentável dos recursos naturais, em especial dos edáficos, hídricos e fisiográficos, integrando tanto as bacias como suas respectivas sub-bacias. Essas medidas devem ainda considerar as necessidades de produção, recuperação de áreas, conservação e preservação.

Por esse motivo, a bacia deve ser compreendida em todas as suas implicações, desde político-administrativas até aquelas socioeconômicas e biofísicas.

Objetivamente, o termo bacia hidrográfica refere-se ao compartimento geográfico natural delimitado por divisores de água, drenado superficialmente por um curso de água principal e seus afluentes.

Uma bacia pode-se dividir em duas ou mais sub-bacias. Os conceitos de bacia e sub-bacia relacionam-se às ordens hierárquicas das redes de drenagem dentro de uma determinada malha hídrica (Fernandes & Silva, 1994). Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia, motivo pelo qual os termos bacia e sub-bacia hidrográficas são relativos.

A subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias) é uma medida importante na estratégia da elaboração de cenários alternativos de uso da terra, pois permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil identificar focos de degradação de recursos naturais, de sua natureza, dos processos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada existente

(Fernandes & Silva, 1994). Por esse motivo, mesmo que o planejamento seja elaborado para uma bacia de maior ordem, nada impede que na construção dos cenários alternativos, estes sejam construídos para sub-bacias.

A bacia subdivide-se ainda em bacia de captação, quando atuar como coletora das águas pluviais, e de drenagem quando atuar como área de drenagem pelos cursos de água.

Principais Componentes a Serem Manejados

Dois dos principais componentes do ciclo hidrogeológico a serem manejados nas bacias hidrográficas são as infiltrações das águas das chuvas e o escoamento superficial.

As infiltrações das águas das chuvas são altamente benéficas, pois garantem o abastecimento do lençol freático e a disponibilidade hídrica para as plantas; enquanto o escoamento superficial (enxurrada) constitui perda irreversível das águas, além de causar erosão, inundações e transporte de poluentes e contaminantes para as águas superficiais.

Entretanto, mesmo considerando apenas esses dois componentes, as medidas de controle devem envolver todos os recursos naturais e ambientais. Os componentes biofísicos (solo, vegetação e fauna) devem ser manejados de forma integrada, pois potencializam as interferências naturais e antrópicas, de forma a tornar factível a elaboração de cenários alternativos de uso da terra.

Além dos recursos naturais, também as aptidões socioeconômicas devem ser avaliadas, visto que o planejamento resultante desse processo deve, em última análise, propor alternativas para o desenvolvimento sustentado em seu sentido lato.

O Sistema de Aptidão das Terras para Recuperação Ambiental (Satra)

Desenvolvimento sustentável é uma expressão que reflete uma grande aspiração da sociedade, mas não é facilmente alcançável. O planejamento, muitas vezes elaborado e implantado de forma setorial, com carências muito significativas de coordenação e integração intersetoriais, é incapaz de fomentar e conciliar os três objetivos do desenvolvimento sustentável (Kitamura, 1994): conservação ambiental, crescimento econômico e equidade social.

Ao se incorporar os principais indicadores de qualidade dos recursos naturais, ambientais e socioeconômicos em um sistema único torna-se factível produzir um diagnóstico ambiental sobre o uso e a ocupação da terra condicionados às características intrínsecas da respectiva bacia. O diagnóstico produzido deve determinar as potencialidades e limitações para as diversas modalidades de exploração comercial e alternativas à solução de conflitos de interesse.

Nesse sentido, o Sistema de Aptidão das Terras para a Recuperação Ambiental (Satra) nada mais é que uma ferramenta de planejamento ambiental baseada na valoração dos indicadores de recursos ambientais e socioeconômicos. O sistema ainda serve para gerar prioridades de intervenção que se enquadrem nos limites da capacidade de suporte ambiental, tecnológicos e socioeconômicos de cada bacia.

Os indicadores utilizados são de aplicação simples e factível de utilização em regiões carentes de recursos tecnológicos e humanos. No mesmo sentido, a identificação das áreas ambientais críticas baseia-se em critérios diretos e objetivos e o processo de interpretação, análise e classificação das informações obtidas nos levantamentos possibilita a hierarquização dos principais problemas e potencialidades do ecossistema.

Finalmente, por meio de técnicas de geoprocessamento, as necessidades de intervenção são priorizadas no espaço e no tempo, construindo-se cenários alternativos baseados no uso de tecnologias econômicas e socialmente viáveis. Técnicas de análises multivariadas podem ser utilizadas para fornecer modelos de uso alternativos.

Procedimentos Rotineiros Adotados pela Metodologia Satra

A metodologia Satra consiste de três fases comuns à maioria dos sistemas de geoprocessamento, entretanto, com adaptações principalmente quanto ao uso de indicadores e à construção de cenários nas dimensões espaço-tempo:

Fase 1: consiste na obtenção dos dados geofísicos e na compilação desses em sistemas de informações geográficas (SIG), por meio da digitalização de mapas-base de uso atual da terra, declividade do solo, divisão territorial, rede de drenagem e cursos de água e vegetação original.

Nesta fase, com o processamento das imagens é realizada a delimitação e registro da área de estudo nos produtos de sensores remotos disponíveis (imagens de satélite, de radar, fotografias aéreas), obtendo-se a classificação digital preliminar da área.

Os produtos obtidos tornam-se fonte de informações para dar suporte à fase de campo, bem como para checar a aplicabilidade e verossimilhança dos mapas classificados, por meio de correlação com as feições identificadas nas imagens processadas. Esses mapas-base são cruzados no sistema para gerar o mapa de meio físico da bacia.

Fase 2: utiliza-se uma série de indicadores de recursos naturais e socioeconômicos que deverão ser obtidos, em campo, para cada unidade geoambiental identificada na fase anterior. Esses indicadores, por meio de valoração objetiva, servirão para gerar mapas temáticos de prioridades de intervenção desenvolvidos em

modelos espaço-temporais. Nesta fase a metodologia Satra difere fundamentalmente dos demais sistemas de planejamento ambiental.

Os modelos espaço-temporais consistem de mapas temáticos em que as prioridades de intervenção são definidas nas dimensões espacial (espaço geográfico) e temporal (tempo necessário para a implantação das medidas corretivas e saneadoras). Nesse modelo, são atribuídos intervalos de tempo variável entre o início do processo, quando se dá o atendimento da prioridade de intervenção de maior grau, e seu último estágio, quando as prioridades de intervenção de menor grau forem atendidas.

É importante salientar que se devem agrupar os modelos espaço-temporais gerados, para evitar um excessivo número de modelos que poderia comprometer a construção de cenários alternativos factíveis, inviabilizando o planejamento ambiental. O processo de agrupamento pode ser realizado considerando-se semelhanças entre as prioridades de intervenção tanto em relação à dimensão espacial quanto temporal.

Fase 3: nesta fase são construídos os cenários alternativos de uso da terra, a partir dos modelos espaço-temporais e da seleção de medidas corretivas e saneadoras. Duas características desses modelos são:

- a) Os cenários são construídos a partir de modelos espaço-temporais baseados em prioridades identificadas objetivamente.
- b) Os cenários alternativos devem ser elaborados de forma participativa e de modo que as prioridades de maior grau precedam aquelas de menor grau, até que o cenário completo seja implantado, sempre levando em consideração as limitações socioeconômicas.

É importante salientar que as duas primeiras fases do processo são fundamentalmente técnicas, sendo efetivamente pouco participativas. Entretanto, na terceira fase, os cenários alternativos construídos devem envolver a comunidade local em processos decisórios participativos, em que os riscos ambientais e

os objetivos socioeconômicos das comunidades inseridas na bacia deverão ser considerados.

Finalmente, os modelos espaço-temporais não contemplam, por si sós, as medidas corretivas e saneadoras, mas tão somente as prioridades de intervenção. Por exemplo, a necessidade de recuperação da mata ciliar ou de alteração no modo de uso da terra é prioridade de intervenção a ser definida espacial e temporalmente nos modelos. As medidas corretivas e saneadoras integradas na bacia hidrográfica consistirão em cenários alternativos (Fig. 1) que, em última análise, serão o principal produto do planejamento ambiental, concretizando-se em objetivos e metas de recuperação ambiental e conservação dos recursos naturais.

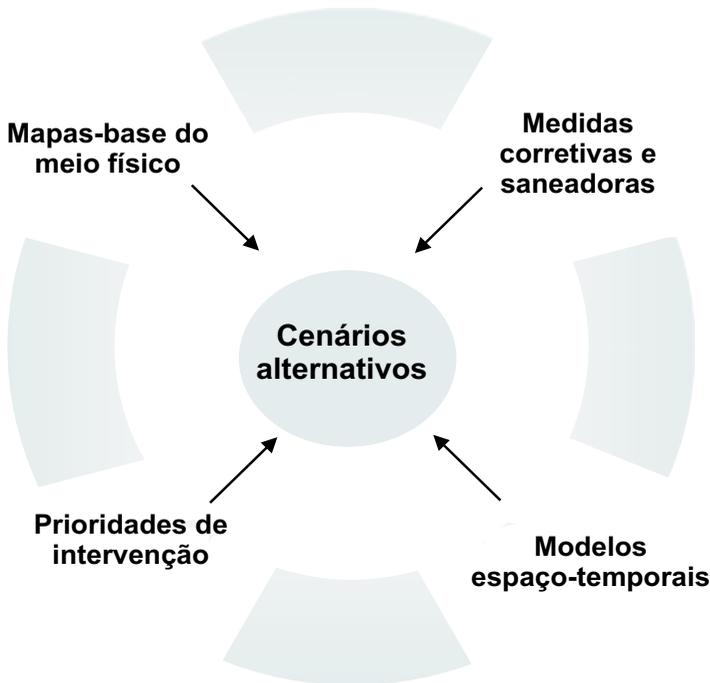


Fig. 1. Atividades e produtos da metodologia Satra.

Obtenção dos Dados Geofísicos

Na primeira fase do trabalho os limites naturais de cada bacia hidrográfica são definidos por meio de levantamentos cartográficos ou de imagens de satélites. As informações deverão ser georreferenciadas para apoiar as atividades de campo e gerar mapas-base de uso atual da terra, declividade do solo, divisão territorial e vegetação original.

Nessa etapa as zonas hidrogeodinâmicas da bacia deverão ser caracterizadas, identificando-se a malha de drenagem, mapeando-se suas principais redes, sejam naturais ou artificiais, e individualizando-se cada uma das unidades geoambientais existentes.

Prioridades de Intervenção

Nesta fase serão identificados, georreferenciados e mapeados nas unidades geoambientais os indicadores de recursos naturais e socioeconômicos da bacia, definindo-se a seguir, em função do uso atual da terra e por meio de sistema de valoração objetiva, as prioridades de intervenção.

Os indicadores foram selecionados em função das características climáticas e socioeconômicas para a região sudeste da Amazônia Brasileira. Isso significa que para outros ecossistemas a definição dos indicadores poderá ser alterada, inclusive acrescentando-se novos indicadores ou redefinindo os critérios de interpretação desses.

Prioridade de Intervenção quanto à Aptidão Agrícola

A identificação do tipo de uso atual da terra deverá ser feita conforme a seguinte convenção¹:

- 1) Culturas anuais.
- 2) Culturas perenes.
- 3) Sistemas agroflorestais.

¹Metodologia adaptada a partir de Ramalho Filho & Beek (1995).

- 4) Pastagens ou sistemas silvipastoris.
- 5) Silvicultura ou extrativismo vegetal.
- 6) Preservação permanente.

Os tipos de uso atual da terra deverão ser espacialmente identificados e mapeados, e cada unidade terá sua prioridade de intervenção definida em função do grau de aptidão agrícola que será determinado pela intensidade dos seguintes fatores ou combinações destes:

1) Fator fertilidade do solo

a) Baixa fertilidade: solos distróficos (valor da saturação de bases $< 50\%$) se $CTC < 10 \text{ cmol}_{(c)} \text{ kg}^{-1}$, com teor de P assimilável $\leq 10 \mu\text{g dm}^{-3}$ e K trocável $\leq 0,1 \mu\text{g dm}^{-3}$.

b) Média fertilidade: solos distróficos, se CTC do solo $\geq 10 \text{ cmol}_{(c)} \text{ kg}^{-1}$; ou solos eutróficos (valor da saturação de bases $\geq 50\%$), com teor de P assimilável $\leq 10 \mu\text{g dm}^{-3}$ ou de K trocável $\leq 0,2 \mu\text{g dm}^{-3}$.

c) Alta fertilidade: solos eutróficos (valor da saturação de bases $\geq 50\%$), com teor de P assimilável $> 10 \mu\text{g dm}^{-3}$ e de K disponível $> 0,2 \mu\text{g dm}^{-3}$.

2) Fator drenagem

a) Mal drenados: solos com concreções freqüentes (15% a 40% do volume do solo) a dominantes (acima de 80%); ou solos com textura argilosa (35% a 60% de argila) ou muito argilosa (acima de 60%) aliada a argilas de alta atividade (CTC da argila $\geq 27 \text{ cmol}_{(c)} \text{ kg}^{-1}$).

b) Moderadamente drenados: solos com gradiente textural maior que 1,2; textura argilosa ou muito argilosa, ausência de estrutura granular, microgranular ou maciça associada a argilas de baixa atividade (CTC da argila $< 27 \text{ cmol}_{(c)} \text{ kg}^{-1}$); solos com poucas concreções (5% a 15% do volume), localizados preferencialmente

em zonas de sedimentação do relevo; solos de estrutura maciça se apresentando textura siltosa (menos de 35% de argila e de 15% de areia).

c) Bem drenados: solos com horizontes bem desenvolvidos, com estrutura granular ou microgranular, ou de estrutura maciça se apresentando textura arenosa (mais de 70% de areia) ou média (menos de 35% de argila e mais de 15% de areia); ausência de processos de podzolização; localização em pontos elevados do relevo (zonas de recarga ou erosão), com gradiente textural menor que 1,2, sem concreções ou com muito poucas concreções (menos que 5% do volume do solo).

3) Fator suscetibilidade à erosão

a) Altamente susceptíveis: solos rasos (profundidade até 50 cm), em relevo suave ondulado (3% a 8% de declividade) a escarpado (acima de 75% de declividade); ou com presença de concreções em mais de 15% do volume do solo; ou solos com textura argilosa a muito argilosa com predomínio de argilas de alta atividade, em relevo ondulado (8% a 20% de argila) a escarpado.

b) Moderadamente susceptíveis: solos pouco profundos (profundidade até 100 cm) a profundos (até 200 cm), com gradiente textural maior que 1,2 ou em relevo suave ondulado a escarpado.

c) Pouco susceptíveis: solos profundos, com gradiente textural menor que 1,2 e com predomínio de argilas de baixa atividade.

4) Fator impedimentos à mecanização

a) Severa: relevo forte ondulado (declividade de 20% a 45%) a escarpado.

b) Elevada: relevo ondulado; relevo plano a suave ondulado em solos litólicos ou rasos.

c) Média: relevo plano a suave ondulado; solos de textura média a muito argilosa, com predomínio de argilas de alta atividade; ou com presença de alguma pedregosidade.

d) Pouca: relevo plano a suave ondulado; solos com predomínio de argilas de baixa atividade e ausência de pedregosidade.

Assim, as classes de aptidão agrícola serão definidas segundo os critérios a seguir:

1) Aptidão excelente: solos de média a alta fertilidade, bem drenados, pouco susceptíveis à erosão e com pouco impedimento à mecanização.

2) Aptidão boa: solos de baixa fertilidade, bem drenados, pouco susceptíveis à erosão e com poucos impedimentos à mecanização.

3) Aptidão regular: solos moderadamente drenados, pouco susceptíveis à erosão e com poucos a médios impedimentos à mecanização.

4) Aptidão restrita: solos moderadamente drenados e susceptíveis à erosão, com pouca a média susceptibilidade à mecanização.

5) Inapta: solos mal drenados, moderadamente a altamente susceptíveis à erosão e com médios a elevados impedimentos à mecanização.

6) Uso restrito: áreas destinadas à preservação permanente ou submetidas à legislação específica, ou áreas de reserva legal, independente de sua aptidão natural, ou ainda, com severos impedimentos à mecanização.

Determinada a aptidão agrícola e o uso atual da terra deve-se então produzir um mapa temático da prioridade de intervenção quanto à aptidão agrícola das terras (Tabela 1) a qual deverá variar de 0 a 5, sendo a maior prioridade aquela de maior valor (5).

As prioridades de intervenção máxima destinam-se a áreas de uso agrícola de culturas anuais, quando a aptidão for para uso restrito (por exemplo, área destinada à preservação permanente), e uma prioridade de intervenção de grau 4 se a área em uso agrícola for uma área inapta à agricultura. No total, são 36 combinações possíveis entre aptidão agrícola e uso atual da terra (Tabela 1).

Tabela 1. Escala de prioridade de intervenção quanto à classe de aptidão agrícola das terras.

Uso atual	Classe de aptidão agrícola					
	Exc.	Boa	Reg.	Res.	Inap.	Ures.
Agricultura – culturas anuais	0	1	2	3	4	5
Agricultura – culturas perenes	0	0	1	2	3	4
Agricultura – sistemas agroflorestais	0	0	0	1	2	3
Pastagens e sistemas silvipastoris	0	0	0	0	1	2
Silvicultura ou extrativismo vegetal	0	0	0	0	0	1
Preservação permanente	0	0	0	0	0	0

Onde: Exc. = excelente; Boa = boa; Reg. = regular; Res. = restrita; Inap. = inapta; Ures. = uso restrito. Prioridade máxima para intervenção: nota 5.

Prioridade de Intervenção quanto à Biodiversidade

A prioridade de intervenção quanto à biodiversidade deve ser aplicada exclusivamente nas áreas definidas como de uso restrito (áreas de preservação permanente, como matas ciliares e de proteção a nascentes).

Nessas áreas deverá ser realizado um levantamento complementar visando identificar a atual estrutura florística da comunidade vegetal e, a partir da comparação dessa estrutura florística com as áreas não afetadas pelo uso antrópico, deverão ser estabelecidas as seguintes prioridades de intervenção:

- 1) Totalmente comprometida: a composição florística atual não corresponde, quanto à riqueza e à distribuição de espécies, às áreas intactas (Prioridade 3).
- 2) Moderadamente comprometida: problemas quanto à distribuição de espécies e nos índices de dispersão e de distribuição de classes de idade (Prioridade 2).
- 3) Pouco comprometida: riqueza de espécies compatível com a de áreas intactas, porém, com problemas nos índices de dispersão ou na distribuição em classes de idade (Prioridade 1).
- 4) Intacta: riqueza e distribuição de espécies, índices de importância e de dispersão e distribuição em classes de idade compatíveis com as de áreas nativas sem impacto antrópico (Prioridade 0).
- 5) Artificiais: todas as demais áreas da bacia hidrográfica que não tenham sido classificadas como de uso restrito quanto à aptidão agrícola das terras terão sua composição florística classificada como artificial (Prioridade 0).

A prioridade de intervenção definida para essas áreas de uso restrito deverá ser acrescentada àquela obtida para a aptidão agrícola das terras, de forma a se obter a prioridade de intervenção quanto à aptidão agrícola e biodiversidade, gerando um mapa temático composto pelo somatório da valoração obtida (Tabela 2).

Tabela 2. Escala de prioridade de intervenção quanto à classe de aptidão agrícola das terras e composição florística.

Uso atual	Aptidão agrícola									
	Exc.	Boa	Reg.	Res.	Inap.	Uso restrito				
						Composição florística				
						I	PC	MC	TC	
Agricultura – culturas anuais	0	1	2	3	4	ND	ND	ND	8	
Agricultura – culturas perenes	0	0	1	2	3	ND	ND	ND	7	
Agricultura – sistemas agroflorestais	0	0	0	1	2	ND	ND	ND	6	
Pastagens e sistemas silvipastoris	0	0	0	0	1	ND	ND	ND	5	
Silvicultura ou extrativismo vegetal	0	0	0	0	0	ND	2	3	4	
Preservação permanente	0	0	0	0	0	0	1	2	3	

Onde: Exc. = excelente; Boa = boa; Reg. = regular; Res. = restrita; Inap. = inapta; I = intacta; PC = pouco comprometida; MC = moderadamente comprometida; TC = totalmente comprometida; ND = grau de prioridade não definido.

Dessa forma, a prioridade de intervenção composta poderá variar de 0 a 8. Assim, por exemplo, se áreas destinadas a uso restrito estiverem sendo utilizadas com culturas anuais, deverão ser mapeadas com uma prioridade de intervenção de grau 7 (pois nesse caso a composição florística estará totalmente comprometida). Já uma área de preservação permanente, que esteja sendo usada como preservação permanente e tenha sua composição florística pouco comprometida, terá grau de intervenção igual a 1.

Essas informações e o levantamento dos recursos hídricos e climáticos irão gerar o plano de manejo, cuja implantação deverá então ser discutida com a comunidade.

Prioridade de Intervenção quanto à Sustentabilidade Econômica

Nas áreas de uso não restrito será realizado um levantamento visando identificar o nível tecnológico atual², sendo cada unidade de mapeamento classificada com base nos seguintes critérios:

- a) Nível tecnológico A: baixo ou nenhum uso de tecnologias dependentes de capital.
- b) Nível tecnológico B: médio a alto uso de tecnologias dependentes de capital, porém, sem dependência de escala.
- c) Nível tecnológico C: médio a alto uso de tecnologias dependentes de capital e de escala.

Para cada nível tecnológico (A, B ou C) serão avaliados os seguintes fatores de limitação quanto à sustentabilidade econômica:

1) Fator produtividade

- a) Improdutivas: a produtividade das explorações agrícolas na área é menor que a média nacional.
- b) Inviáveis: apresentam produtividade acima da média, porém, são dependentes de subsídios externos para sua manutenção econômica. ____

²Metodologia adaptada a partir de Ramalho Filho & Beek (1995).

c) Viáveis: apresentam produtividade acima da média nacional e não dependem de subsídios para sua manutenção econômica.

2) Fator eficiência do uso da terra

a) Insuficientes: quando a intensidade do uso do solo é menor que a tecnicamente possível para a região, frente às condições de clima e temperatura.

b) Suficientes: quando a intensidade do uso do solo maximiza o uso dos recursos naturais disponíveis para exploração agrícola; como por exemplo, utilização todo ano do recurso solo para plantio de culturas anuais.

c) Intensivas: quando o uso do solo apresenta o coeficiente de utilização da terra maior que 1,0 em sistemas de consórcio de pelo menos duas espécies diferentes.

3) Fator diversificação da produção

a) Monocultivos: utilização das áreas de uso não restrito com explorações de sistemas agrícolas do tipo monocultivo.

b) Sistemas diversificados: utilização das áreas de uso não restrito com cultivos em rotação, consórcios e técnicas de recuperação da fertilidade do solo.

c) Sistemas agroflorestais: utilização das áreas de uso não restrito com sistemas agroflorestais ou silvipastoris.

4) Fator renda

a) Não rentáveis: quando a renda bruta anual obtida no conjunto da propriedade for insuficiente para a manutenção de qualidade de vida dos seus proprietários.

b) Pouco rentáveis: quando a renda bruta anual obtida no conjunto da propriedade, embora suficiente para a manutenção de qualidade de vida dos seus proprietários, é insuficiente para promover adequada distribuição de renda (geração de empregos em número satisfatório, por exemplo).

c) Rentáveis: quando a renda bruta anual obtida no conjunto da propriedade é suficiente tanto para a manutenção de qualidade de vida dos seus proprietários quanto para distribuição.

Em função da combinação da intensidade dos diferentes fatores de sustentabilidade econômica, serão definidas, para cada nível tecnológico, as classes de aptidão socioeconômica:

1) Aptidão excelente

a) Nível tecnológico A: produtividade viável, de eficiência intensiva, com predominância de sistemas agroflorestais ou diversificados e rentáveis.

b) Nível tecnológico B: produtividade viável, rentável, de eficiência suficiente ou intensiva, sistemas diversificados ou agroflorestais.

c) Nível tecnológico C: produtividade viável, rentável, eficiência intensiva, sistemas diversificados ou agroflorestais.

2) Aptidão boa

a) Nível tecnológico A: produtividade inviável ou viável, de eficiência suficiente ou intensiva, com predominância de sistemas agroflorestais ou diversificados e rentáveis.

b) Nível tecnológico B: produtividade viável, pouco rentável a rentável, de eficiência suficiente ou intensiva, monocultivo.

c) Nível tecnológico C: produtividade viável, rentável, eficiência suficiente a intensiva, monocultivo.

3) Aptidão regular

a) Nível tecnológico A: produtividade inviável ou viável, eficiência insuficiente ou suficiente, sistema de monocultivo e pouco rentável a rentável.

b) Nível tecnológico B: se produtividade inviável, rentável; se produtividade viável, pouco rentável a rentável, eficiência insuficiente ou suficiente, monocultivo.

c) Nível tecnológico C: produtividade viável, rentável, eficiência insuficiente.

4) Aptidão restrita

a) Nível tecnológico A: se improdutiva, pouco rentável a rentável; se inviável, com eficiência insuficiente ou suficiente, sistema de monocultivo, pouco rentável a rentável.

b) Nível tecnológico B: produtividade inviável, não rentável a pouco rentável.

c) Nível tecnológico C: produtividade viável e pouco rentável.

5) Aptidão inapta

a) Nível tecnológico A: improdutiva e não rentável.

b) Nível tecnológico B: improdutiva.

c) Nível tecnológico C: improdutiva a inviável.

A partir dessa classificação, será produzido um terceiro mapa temático baseado em uma escala de valoração de prioridade de intervenção quanto à sustentabilidade econômica (Tabela 3), cujo grau de prioridade deverá variar de 0 a 6 em função da combinação da classe de aptidão socioeconômica e do sistema de produção atual.

Tabela 3. Prioridade de intervenção quanto à sustentabilidade econômica em função do nível tecnológico e sistema de produção.

Uso atual	Classe de aptidão socioeconômica					
	NT	Exc.	Boa	Reg.	Res.	Inap.
Agricultura familiar	A	0	0	1	2	3
	B	0	0	0	1	2
	C	0	0	0	0	1
Agricultura não familiar – pequena escala	A	0	1	2	3	4
	B	0	0	1	2	3
	C	0	0	0	1	2
Agricultura não familiar – média escala	A	1	2	3	4	5
	B	0	1	2	3	4
	C	0	0	1	2	3
Agricultura não familiar – grande escala	A	2	3	4	5	6
	B	1	2	3	4	5
	C	0	1	2	3	4

Onde: NT = nível tecnológico; Exc. = excelente; Boa = boa; Reg. = regular; Res. = restrita; Inap. = inapta.

Prioridade de Intervenção quanto à Função Social

Nas áreas classificadas como uso não restrito deverá ser realizado um levantamento visando identificar problemas sociais decorrentes do uso da terra, definindo os seguintes graus de prioridade de intervenção:

- 1) Atividades ilegais: utilização de mão-de-obra infantil ou em qualquer grau de regime escravagista; cultivo de espécies proibidas, exploração comercial da unidade de manejo em desacordo com legislação ambiental (Prioridade 6).
- 2) Atividades irregulares: utilização de mão-de-obra não familiar, sem contrato de trabalho formal; terras ocupadas por processo de grilagem ou invasão (Prioridade 3).
- 3) Atividades regulares: nenhuma irregularidade ou ilegalidade no uso da terra (Prioridade 0).

Obtenção dos Modelos Espaço-temporais

Após definir as prioridades de intervenção quanto à aptidão agrícola, biodiversidade, sustentabilidade e função social da terra, será determinado para cada unidade biofísica o somatório das valorações obtidas nos respectivos levantamentos, gerando-se um mosaico de prioridades espacialmente distribuídas.

Esse mosaico espacial consistirá do mapa temático em que as prioridades de intervenção deverão ser posteriormente organizadas na dimensão temporal, definindo-se assim o período indicado para cada uma delas, variando daquela de grau mais elevado para a de menor grau, gerando assim o modelo espaço-temporal sobre o qual deverá ser elaborado o cenário alternativo de uso da terra.

Como alternativa metodológica, é possível que sejam utilizados métodos multivariados para considerar todas as variáveis simultaneamente (prioridades de intervenção quanto à aptidão agrícola, biodiversidade, sustentabilidade econômica e função social da terra), reconhecendo assim padrões capazes de agrupar os principais fatores envolvidos. Nessa hipótese, os dados (estruturados e não estruturados) devem ser organizados em

matrizes, nas quais as propriedades serão consideradas vetores observacionais (linhas) e o espaço dos atributos as p-variáveis (colunas). A congruência entre as variáveis deverá ser então verificada por meio de análise de agrupamento, como por exemplo pelo método de Ward (Bussab et al., 1990). Outra abordagem estatística possível na avaliação dos dados é o uso da Análise de Fatores e Componentes Principais (Manly, 1994).

Cenários Alternativos

Os cenários alternativos consistem em um conjunto de medidas corretivas e saneadoras definidas por meio de processos participativos e construídos a partir dos modelos espaço-temporais.

Essas medidas não devem estar voltadas exclusivamente para a solução de problemas relacionados à água (controle de inundações, abastecimentos doméstico e industrial, irrigação ou navegação), sendo necessário atentar para o manejo adequado dos outros recursos ambientais da bacia hidrográfica que também influenciam, quantitativa e qualitativamente, o ciclo hidrológico (Pires & Santos, 1995).

O modelo espaço-tempo definirá espacialmente as prioridades de maior grau e o período em que as respectivas medidas corretivas ou saneadoras deverão ser consolidadas. Esse planejamento deverá considerar ainda as zonas hidrogeodinâmicas da bacia hidrográfica.

Nas zonas de recarga, compostas normalmente por solos profundos e permeáveis, localizados em áreas de relevo suave, fundamentais para abastecimento dos lençóis freáticos, as medidas corretivas e saneadoras devem ser feitas no sentido de recuperar a vegetação nativa.

Se essas áreas estiverem sendo ocupadas com atividades agropecuárias, a função de recarga pode ser prejudicada pela impermeabilização decorrente da compactação dos solos ocasionada pela mecanização agrícola ou pisoteio do gado.

Ademais, a utilização de agroquímicos de baixa retenção pelo solo pode contaminar o lençol freático.

Por isso, as medidas saneadoras devem favorecer atividades agrícolas baseadas em sistemas conservacionistas (agroflorestais), na adoção ou utilização de técnicas de cultivo mínimo ou de plantio direto, nesse caso para maximizar a capacidade de infiltração de água.

Se houver áreas degradadas, deve-se procurar introduzir bosques ou sistemas de produção agroflorestal, também com o objetivo de maximizar a capacidade de infiltração de água. Se a área for utilizada com pastagens, recomenda-se a arborização com leguminosas.

Nas zonas de erosão, que se situam imediatamente abaixo das áreas de recarga e nas vertentes em declives e comprimentos de rampas normalmente favoráveis a processos erosivos, as medidas corretivas e saneadoras deverão controlar o escoamento superficial.

Essas zonas podem ser cultivadas com lavouras anuais, perenes ou pastagens, desde que sistemas de controle à erosão sejam implantados, de forma que os compartimentos de rampas sejam seccionados por meio de faixas vegetativas de retenção, de terraços, cordões em contorno e outras medidas adequadas a cada situação e condições climáticas.

Se as áreas forem cultivadas com pastagens, as medidas devem promover a adoção de sistema de manejo de pastagens melhoradas por meio de rotação, aumentando a sua produtividade pela recuperação de áreas degradadas. Se utilizadas com agricultura, faz-se necessário implantar terraços em nível ou desnível, adotar a rotação de culturas com leguminosas e o plantio em nível e, se cultivadas com lavouras, introduzir técnicas conservacionistas como o plantio direto. Nas áreas agrícolas, deve-se ainda promover o uso de adubos verdes em terraços de retenção de água.

Nas estradas que cortem essa zona hidrogeodinâmica, devem-se implantar caixas de retenção para captações de águas pluviais.

Implantando-se essas técnicas, reduz-se o escoamento superficial e aumenta-se a infiltração. Sendo essas áreas as principais contribuintes para o carreamento de sedimentos aos cursos de água e reservatórios, a adoção dessas medidas pode minimizar os problemas de assoreamento e elevação da turbidez das águas superficiais.

As zonas de sedimentação consistem no segmento mais baixo das bacias hidrográficas (planícies fluviais – vulgarmente denominadas várzeas), normalmente sendo as áreas com maior aptidão para o uso agropecuário, especialmente para a agricultura familiar. Algumas dessas áreas, entretanto, apresentam sérios riscos de inundações que podem inviabilizar a instalação de infraestrutura e residências, bem como a utilização agropecuária no período das chuvas.

Por outro lado, nesse segmento da paisagem, o lençol freático próximo à superfície exige cuidados redobrados na implantação de fossas sanitárias, fossos para embalagens de agrotóxicos e na aplicação de agroquímicos de elevada solubilidade. É nesse segmento que deve permanecer a vegetação ciliar, cuja largura é estabelecida de acordo com a do curso de água, sendo fundamental na contenção de sedimentos, erosão de margens, regularização de vazões e proteção da fauna aquática. Contudo, deve estar associada a outras práticas de manejo integrado de bacias hidrográficas.

As principais medidas corretivas e saneadoras a serem adotadas nessas zonas consistem em minimizar o escoamento superficial em áreas urbanas por meio de caixas de retenção; promover a recuperação de matas primárias ciliares nas margens dos igarapés e nascentes; e remover pontos de poluição ou promover o tratamento adequado das fontes poluidoras, visando eliminar seus impactos negativos.

Em síntese, as medidas corretivas e saneadoras deverão adequar a intervenção antrópica às características biofísicas dessas

unidades naturais, sob gestão integrativa e participativa, de forma que minimizem impactos negativos e garantam o desenvolvimento sustentado.

Devem-se planejar as práticas, cuja maioria seja de conhecimento dos técnicos, de forma a implantá-las em períodos consecutivos, obtendo-se assim os cenários alternativos.

Cada cenário deverá ser elaborado visando otimizar os seguintes fatores:

- a) A transformação de condições difusas de problemas ambientais para as dimensões espacial e temporal, facilitando sua identificação, seu controle e o estabelecimento de prioridades para sua operacionalização.
- b) A identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental instalados e do grau de comprometimento da produção sustentada.
- c) A concentração de esforços técnicos e administrativos, de forma que se reflita em racionalização operacional e dos respectivos recursos.
- d) A quantificação dos custos ambientais.

Em virtude dessas considerações, devem-se elaborar cenários alternativos para implantá-los em etapas cujas prioridades de maior grau sejam atendidas primeiro, e assim sucessivamente, até que todas elas sejam satisfeitas.

O número de cenários possíveis pode variar consideravelmente, entretanto, é importante que em cada cenário consecutivo seja possível conciliar as necessidades de produção com aquelas de conservação e preservação ambiental.

Assim, os cenários alternativos consistirão das metas que deverão ser alcançadas, no espaço e tempo previamente definidos, para que determinada bacia hidrográfica tenha seus recursos ambientais recuperados e sua sustentabilidade garantida.

Considerações Finais

A metodologia Satra é uma ferramenta coerente para desenvolver o planejamento ambiental fundamentada no manejo sustentável de bacias hidrográficas, capaz de identificar objetivamente prioridades de intervenção que possibilitem mitigar os impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas, conciliando as necessidades de geração de renda e riqueza com a conservação e preservação ambiental.

Referências

BUSSAB, W. O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. Introdução à análise de agrupamentos. SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADES E ESTATÍSTICA, 9., 1990. **Anais...** São Paulo, SP: IME/USP, 1990. 103 p.

CANTERAS, J. C. **Introducción al paisaje (metodologías de valoración)**. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná, 1992. 60 p. (monografia).

FERNANDES, M. R.; SILVA, J. C. **Programa estadual de manejo de sub-bacias hidrográficas: fundamentos e estratégias**. Belo Horizonte, MG: EMATER-MG, 1994, 24 p.

KITAMURA, P. C. **A Amazônia e o desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1994. 182 p.

LAL, R. **Métodos para a avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos**. Jaguariúna, SP: CNPMA, 1999. 97 p.

MANLY, B. F. J. **Multivariate statistical methods**. A primer. London: Chapman & Hall. 1994. 215 p.



Acre

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 110, p. 40-45, 1995.

SOUSA, E. R. de; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 15-20, 2000.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa-CNPS, 1995. 65 p.