



ISSN 1678-0884

setembro, 2002

## ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 3***

**Avaliação Multicritério para Priorização  
de Ações e Tecnologias Visando o  
Desenvolvimento Sustentável de Paty  
do Alferes - RJ**

Sergio Gomes Tôsto  
Luis Flávio Monteiro Autran Gomes  
Guilherme Tinoco dos Anjos

Rio de Janeiro, RJ  
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, 1024 Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2274.4999

Fax: (21) 2274.5291

Home page: [www.cnps.embrapa.br](http://www.cnps.embrapa.br)

E-mail (sac): [sac@cnps.embrapa.br](mailto:sac@cnps.embrapa.br)

Supervisor editorial: *Eduardo G. de Godoy*

Revisor de texto: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Claudia Regina Delaia*

Editoração eletrônica: *Cristiane Rosa Rodrigues*

**1ª edição**

1ª impressão (ano): 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).

---

Tôsto, Sergio Gomes

Avaliação multicritério para priorização de ações e tecnologias visando o desenvolvimento sustentável de Paty do Alferes, RJ / Sérgio Gomes Tôsto, Luis Flávio Monteiro Autran Gomes, Guilherme Tinoco dos Anjos. - Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2002.

Cd Rom. - (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 3)

ISSN 1678-0884

1. Desenvolvimento Sustentável – Brasil – Rio de Janeiro – Paty de Alferes. 2. Desenvolvimento Sustentável – Avaliação multicritério. I. Autran, Luis Flávio Monteiro. II. Anjos, Guilherme Tinoco dos. III. Título. IV. Embrapa Solos (Rio de Janeiro). V. Série.

---

CDD (21.ed.) 631.4

© Embrapa 2002

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	5
<b>Abstract</b> .....	6
<b>Introdução</b> .....	7
<b>Material e Métodos</b> .....	12
<b>Resultados e Discussão</b> .....	21
<b>Conclusões</b> .....	21
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	22

# Avaliação Multicritério para Priorização de Ações e Tecnologias Visando o Desenvolvimento Sustentável de Paty do Alferes - RJ

*Sergio Gomes Tôsto<sup>1</sup>*

*Luis Flávio Monteiro Autran Gomes<sup>2</sup>*

*Guilherme Tinoco dos Anjos<sup>3</sup>*

## Resumo

Levando-se em consideração as profundas e constantes transformações em áreas ambientais, como as das microbacias hidrográficas e sendo os agentes tomadores de decisões em relação ao setor, observa-se que são muitas as questões que estão a exigir soluções, bem como os objetivos a serem compatibilizados, tornando-se necessário a utilização de metodologias que considerem as interdependências e as transformações que vêm passando as áreas em questão.

Assim sendo, devido à complexidade da situação e da necessidade de um tratamento global e sistêmico utilizaram-se métodos de Análise Multicritérios como suporte para priorização de ações e/ou alternativas tecnológicas viáveis para a região, levando-se em consideração aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Foram utilizados os métodos de Ponderação Linear, Método AHP Multiplicativo (Expert Choise), Método AIM (Aspiration Level Interactive Method) e o Método MATS-PC (Multi Attribute Tradeoff System).

Ficou claro, como resultado global deste segmento, que não existe uma única estratégia (tanto ação quanto tecnologia) que se destaque significativamente das demais. Existe, sim, um grupo de alternativas que se encontram, em qualquer método, na mesma faixa (entre as primeiras, entre as últimas ou em posições intermediárias).

*Termos para indexação: multicritérios, microbacia tecnologia e desenvolvimento sustentável*

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22460-000, Rio de Janeiro, RJ; e-mail: tosto@cnpes.embrapa.br

<sup>2</sup> Professor PhD, do IBMEC, Av. Rio Branco, 108, Rio de Janeiro, e-mail: autran@ibmecrj.br

<sup>3</sup> Estagiário da Embrapa Solos, Setor de Economia Rural, e-mail: g.estagio@ig.com.br

# Evaluation Multicriteria for Priority of Actions and Technologies Seeking the Sustainable Development in Paty do Alferes - RJ

---

## Abstract

*Being taken in considerations the deep and constant transformations in environmental areas, as the one of the microbasin and the agents who take the decisions in relation to the section, it is observed that are many subjects that demand solutions, as well as the objectives that needs compatibility, becoming necessary to appeal to methodologies that consider the interdependences and the transformations that the areas in subject are passing in the moment.*

*Like this, due to the complexity of the situation and the need of a global and systematic treatment to the problem, it was used methods of "Análise Multicritérios" (Multicriterion Analysis) as support for prioritization of actions and/or viable technological alternatives for the area, being taken in consideration economic, social and environmental aspects.*

*The methods that were used in this project are: Lineal Ponderation, "Método AHP" (Expert Choice), "Método AIM" (Aspiration Level Interactive Method) and the "Método MATS-PC" (Multi Attribute Tradeoff System).*

*It was clear, as global result of this segment, that doesn't exist only one strategic (as much action as technology) that stands out significantly of the others. It exists a group of alternatives that get together, in any method, in the same level (among the first ones, among the last ones or in intermediary positions).*

*Index terms: Multicriteria, microbasin, technology, sustainable development.*

## **Introdução**

O município de Paty do Alferes ocupa posição de destaque no contexto agrosócioeconômico e ambiental do Estado do Rio de Janeiro. Possui uma área de 257km<sup>2</sup> distando cerca de 110km do Rio de Janeiro e pertence à região Centro-Sul Fluminense. Conta com dois distritos, Avelar e Paty do Alferes, e mantém limites geopolítico/administrativo com os municípios de Miguel Pereira, Paraíba do Sul e Vassouras.

Trabalho desenvolvido por Pereira (1998) mostra as seguintes características agrossocioeconômico do município de Paty do Alferes.

Quanto ao uso da terra, verifica-se uma mobilização intensiva do ambiente, onde a adoção de métodos inadequados de manejo e conservação promove uma forte degradação nos agroecossistemas da região. Ainda é grande o número de produtores que utilizam a queima para a limpeza da área, antecedendo o plantio.

Sob o ponto de vista espacial, a tipologia de uso retrata um mosaico diversificado, onde cerca de 50% da área total corresponde à pastagem, na seqüência, em termos de extensão de área, encontra-se a vegetação secundária (Matas Secundárias e Capoeira), caracterizada pelos diferentes estádios de desenvolvimento das espécies vegetais e que recobre, aproximadamente, 30% da superfície total.

As áreas com lavoura abrangem cerca de 12% com enorme supremacia para as hortaliças, que têm no tomate, repolho, pimentão, pepino, abobrinha e vagem, suas principais culturas. O restante da área, ou seja, cerca de 8%, encontra-se ocupado por outras atividades que, isoladas ou combinadas, expressam superfícies de pequena magnitudes. A produção é escoada, principalmente para o mercado da Ceasa e o mercado do produtor localizado em Avelar.

De maneira sintética, o cenário físico-ambiental do município pode ser assim caracterizado: a) solos - cerca de 85% da área é representada por Latossolos e Podzólicos, solos que possuem baixo estoque de nutrientes, refletido pelos reduzidos conteúdos de bases trocáveis, micronutrientes e elevados teores de alumínio trocáveis; b) topografia - predomina relevos acidentados, onde aproximadamente 50% da área apresenta relevo variando de 20%-45% e maior que 45%, o que significa forte restrições ao uso agrícola, notadamente pela suscetibilidade à erosão e impedimento ao uso de mecanização agrícola, sendo difícil, em muitos casos, até mesmo o uso de implementos de tração animal;

c) clima - é caracterizado por um período chuvoso de 7 a 8 meses, apresentando uma precipitação pluviométrica média anual de 1.222 mm, e uma temperatura média anual de 21,7° C; d) vegetação - faz parte do complexo Mata Atlântica, sendo distinguido três aspectos fitofisionômicos, ou seja, floresta tropical subperenifólia, subcaducifólia e floresta tropical de várzea.

Para obter melhores informações sobre as atividades sobre o município, foi realizado um diagnóstico com a aplicação de um questionário agrossocioeconômico junto a 44 produtores da região, obtendo-se os seguintes resultados.

Verifica-se que cerca de 65% da massa de produtores da região encontram-se na categoria de proprietários. O restante, aproximadamente 35%, não são donos da terra onde trabalham, estando, portanto, na categoria de não proprietários que por sua vez, se subdividem em arrendatários e/ ou parceiros/meeiros e/ ou ocupantes.

Esta característica apresenta um elevado grau de variação, indo desde 2ha até 480ha, verificando-se, porém, que a categoria dos proprietários, como de praxe, detém significativamente as maiores áreas, quando comparada com a categoria dos não proprietários.

Entretanto, quando se trata de tamanho de área exclusivamente ocupada com culturas, sobretudo as hortaliças, há uma certa uniformidade, pois a extensão média utilizada, por produtor, está em torno de apenas 1,5 hectares.

Freqüentemente, a produção de hortaliças se mostra com nítidas dificuldades e/ ou estrangulamentos que variam, apenas, quanto às intensidades e combinações ou recombinações. Portanto, dentro da infinita gama de pontos adversos a essa atividade, focalizam-se os mais emergentes, ou sejam:

Instabilidade e extrema flutuação de mercado, culminando com preços inexpressivos dos produtos: Os baixíssimos preços dos produtos decorrem, principalmente, devido ao excesso de oferta. Neste caso, é prática bastante comum a não realização das colheitas, pelos produtores, ficando toda a produção perdida no campo. Com isto, fica configurado um verdadeiro paradoxo, pois enquanto há uma significativa parcela de população faminta, destinam-se produtos para o alimento de animais ou deixam-os apodrecerem no campo.

Sistema de comercialização precário: A inadequação e fragilidade do sistema de comercialização, não apenas propicia muito espaço, como até estimula a ação nefasta de intermediaristas. Se por um lado, os produtores se encontram desorganizados, há, em contrapartida, os agentes intermediários (também conhecidos por “tubarões” ou “atravessadores”) que constituem um grupo muito bem organizado no mercado. Incrivelmente, mas este grupo, quase sempre, é munido de uma estrutura moderna e eficaz que conta com excelentes sistemas de transporte e telecomunicação, e visa ganhar sempre no topo máximo. Em outras palavras, oferece preços cada vez mais baixos aos produtores e procura revendê-los, ao consumidor final, à preços exorbitantes.

Para ilustrar esse contexto, recorre-se ao termo Margem de Comercialização (MC), que é definido como a diferença entre o preço pago pelo consumidor e o preço recebido pelo produto, verificando-se, assim, a partir de uma análise despreziosa, que entre um ponto e outro dessa cadeia, há sempre uma faixa que, no caso de Paty do Alferes, é predominantemente dos “atravessadores” que, por isso mesmo, procuram aumentá-la exageradamente, prejudicando produtores e consumidores e, por fim, a população como um todo.

Garantias de preços mínimos aos produtos: A falta de garantias de preços mínimos dos produtos, de certa forma, acentua as dificuldades dos produtores, principalmente nos períodos cruciais, em que o preço de mercado não cobre, nem mesmo, os custos de produção. Quando isto ocorre, como foi o caso mais recente da safra 94/95, se instala um verdadeiro caos, com a inversão da ordem, pois a avaliação passa a ser por volume de prejuízos, isto é, perde menos quem menos investiu, não importando o tipo de olerícola, a sua produtividade ou o padrão de qualidade do produto.

Na verdade, é uma situação perversa, pois o produtor se vê inadimplente por razões meramente estruturais, onde poucos entendem, mas todos sofrem. Isto para não mencionar o desestímulo imputado, bem como os seríssimos danos econômicos e psíquico-sociais.

Descapitalização dos produtores e elevado custo de produção: Embora considerados como efeitos, estes dois fatores são extremamente preocupantes, pois, dentre outras coisas, decorrem da sobreutilização dos recursos naturais, da inadequação de práticas de uso e manejo das terras, e, também, da carência de uma melhor organização do setor produtivo.



Elevado preço de insumos e equipamentos: Este fator se constitui em uma forte limitação, tanto pela quase “proibição” aos produtores menos capitalizados, quanto pela sua contribuição direta no aumento do custo de produção.

A inexistência de agroindústrias: De um modo geral, há grande interesse e predisposição dos produtores, no sentido de que seja implantada uma agroindústria de tomate na região. Com isto, o preço do produto poderia ser menos instável, visto que a referida fábrica poderia aproveitar os excedentes de produção, bem como os produtos de inferior padrão de qualidade e, ainda, promover um barateamento nos custos de produção, através da eliminação de caixas de embalagem, por exemplo.

Falta de crédito rural: A maioria dos produtores nunca obteve esse tipo de apoio, enquanto aqueles que tentaram, alguns anos atrás, logo abandonaram. Dentre os constrangimentos, foram citados os altos juros cobrados, bem como a grande oscilação de preços dos produtos que, muitas vezes, não permitem cobrir nem mesmo os custos de produção, levando-os à inadimplência. De qualquer modo, a falta de apoio financeiro adequado, impõe sérias dificuldades, mormente aos pequenos produtores. Estes, ficam impedidos, não apenas de promover a ampliação e melhoria da propriedade rural, mas também de investimentos e/ ou reinvestimentos em práticas conservacionistas.

Mecanização: Observa-se que a grande maioria dos produtores se utiliza da mecanização agrícola, independente das condições de relevo e/ ou solo representarem maior ou menor risco de degradação ambiental, existe uma busca freqüente por esta tecnologia, fundamentada, unicamente, na “vantagem” de rapidez operacional. Em contrapartida, paradoxalmente, verifica-se que apenas pouquíssimos produtores fazem uso da tração animal, nas práticas de preparo do solo.

Urge ressaltar, ainda, no caso mecanizado, que as práticas de aração e gradagem são feitas, geralmente, promovendo, assim, não apenas uma erosão intensiva com o arraste da camada superficial do solo, como também o assoreamento e contaminação de rios e mananciais. Em adição, cita-se, também, o fato bastante comum da presença de áreas, onde os solos encontram-se praticamente decapitados, isto é, sem o horizonte superficial A, sendo visível o topo do horizonte B.

Adubação, Calagem e Uso de Defensivos: Com relação às práticas de adubação, calagem e uso de defensivos, à semelhança da mecanização agrícola, praticamente todos os produtores as fazem. Contudo, sobre a adubação e calagem, observou-se que, predominantemente, não há respaldo em análises prévias de solos, o que, presumivelmente, deve conduzir à aplicações incorretas, com sub ou superdosagens, propiciando resultados pouco interessantes, tanto no aspecto econômico quanto no ambiental.

Registra-se, ainda, que a maioria faz aplicação dos inseticidas e fungicidas, sem a devida orientação; e quando orientados, isto ocorre, geralmente, com base em prospectos que acompanham os citados produtos. Portanto, é preciso um maior controle sobre esta prática, mormente quanto às dosagens e frequência de aplicação, além de equipamentos de proteção ao agente aplicado (máscara, botas, luvas, entre outros)

Irrigação: Complementando o conjunto das principais práticas que tipificam o perfil tecnológico dominante na Microbacia, focaliza-se o uso de irrigação, onde a água é captada de açudes e bombeados para as lavouras através de bombas ou motores à diesel. Esta prática, conforme o levantamento efetuado, mostrou-se altamente difundida, porém, pelo que foi observado, carece de maiores estudos, visando a orientação quanto ao melhor método e à frequência de rega, principalmente.

O sistema usualmente adotado, em toda a área é o de rega diretamente na cova/pé (através de mangueiras), que pode ser cognominado de "*molhação*", dada a fragilidade dos critérios que norteiam, por exemplo, a quantidade de água utilizada, bem como o horário e a frequência de rega. Isto para não citar que vários atributos do solo (textura, estrutura, quantidade e tipo de argila), assim como a sua posição na paisagem, não são devidamente considerados.

Práticas Conservacionistas: Estas práticas, além de uso muito reduzido em toda a Microbacia, refletindo uma preocupante falta de consciência sobre a importância da conservação dos recursos naturais (solo e água, por exemplo), algumas práticas, quando adotadas, deixam muito a desejar. Na verdade, ainda são bastante limitadas, estando restritas poucas, como: aração, gradagem e adubação (caráter edáfico); cobertura morta e sucessão de culturas (caráter vegetativo); e plantio contra as águas (caráter mecânico).

Plantel Bovino: Dentre as 42 propriedades pesquisadas, praticamente a metade desenvolve a atividade pecuária. Porém, com exceção de meia dúzia de criadores que possuem plantéis variando entre 60 e 156 cabeças, a grande maioria possui um reduzido número de animais. É importante salientar, todavia, que muitos têm, na pecuária, uma atividade complementar, sobretudo aqueles que estão migrando da lavoura do tomate, em busca de alternativas menos instáveis.

Observou-se um sistema criatório predominantemente extensivo, caracterizado pelo manejo inadequado das pastagens. Quanto ao aspecto sanitário, não foram registrados casos mais graves de doenças, refletindo uma área muito saudável para a atividade. Observou-se, também, que há vacinações sistemáticas contra aftose, raiva e “peste manqueira”. O total geral de bovinos, na Microbacia, não atingiu a 1.000 cabeças e a média encontrada, por propriedade, situou-se em torno de 40 animais.

Pastagem: De um modo geral, verificou-se a ocorrência de pastagem nativa que normalmente emerge na fase de “pousio” que é destinada às terras, após anos seguidos de cultivos. Essas gramíneas são comumente de baixa palatabilidade, baixa capacidade de suporte e, quase sempre, oferecem pouca proteção aos solos. Apesar disso, é oportuno destacar que existem algumas propriedades rurais que vem implementando a introdução de pastagem plantada, utilizando-se principalmente das *Brachiarias*, *decumbens* e *ruzizensis*.

## **Material e Métodos**

Determinou-se a lista de estratégias alternativas (tecnologias/ações) considerando-se as necessidades dos agentes locais (produtores, técnicos, comunidade e governo local). Estas necessidades foram levantadas através de questionários elaborados e respondidos por 16 especialistas profundo conhecedores do Município. Nestes questionários os agentes puderam apontar os principais problemas existentes na região, assim como as possíveis soluções para estes problemas.

Após o levantamento das alternativas, houve uma triagem e separação em dois grupos distintos: ações e tecnologias. Além disso, fez-se um agrupamento das alternativas repetidas, similares e complementares, conforme o indicado abaixo:

*Ações:* medidas práticas, muitas vezes comportamentais, que, se implementadas, auxiliariam no desenvolvimento sustentável da região. As 13 ações propostas foram: fortalecimento das associações de produtores; fortalecimento da comissão de educação ambiental e desenvolvimento sustentável e sua transformação em ONG; implantação de uma rádio comunitária; destino não poluente das embalagens de agrotóxicos; programa de saúde para o trabalhador rural; projeto de usina beneficiadora de lixo urbano; estímulo ao turismo ecológico; educação ambiental; definir políticas de legislação ambiental com punição para os infratores; Implantação de agroindústrias; Implantação de indústrias caseiras; programa de alfabetização para os produtores rurais e Implantação, no sistema formal de ensino, da disciplina "Ecologia e Preservação Ambiental".

*Tecnologias:* procedimentos técnicos que, se implementados, auxiliariam no desenvolvimento sustentável da região. As 15 tecnologias propostas foram: difusão do plantio direto/ mínimo/ adubação verde; controle integrado de pragas e doenças; programa de reflorestamento e agrosilvicultura; recuperação e conservação de áreas degradadas; utilização de cordões de contorno com plantio de "aléias"; formação de pastagens com espécies arbóreas fixadoras de nitrogênio e divisória de mourões vivos; implementação e utilização de tração animal; implementação de unidades demonstrativas com práticas conservacionistas; diversificação de culturas olerícolas; introdução de culturas frutíferas (caqui, maracujá, lima, etc.) em curvas de nível; condução das lavouras de tomate com fitas e espaçamentos adensados; consorciação de culturas olerícolas; planejamento e avaliação econômica das propriedades rurais; Implantação de reflorestamento economicamente viável e plantio em faixas vegetadas.

Após a triagem, retornou-se aos vários agentes de decisão auscultados com o conjunto preliminar de alternativas para que este fosse avaliado por representantes dos grupos de interesses supracitados. Para a avaliação das alternativas utilizou-se uma planilha de avaliação.

Para atender aos pré-requisitos básicos de coerência, abrangência e independência, foi determinada a família e a conseqüente hierarquia de critérios adotada após ampla discussão. Assim sendo, aprimorou-se uma família inicial de critério, através de ampla discussão. Os pesos relativos a cada critério foram determinados por consenso.

Os critérios, dispostos em uma hierarquia, basearam-se em três diferentes e fundamentais dimensões: produtiva, social e ambiental. As duas últimas foram agrupadas para que o requisito de independência fosse respeitado.

Visando o emprego de métodos da Análise Multicritério que utilizam critérios dispostos de forma não hierárquica, foram os seguintes os pesos adotados, conforme a tabela .

**Tabela 1.** Normalização de pesos.

	Pesos	normalizados
Eficiência Física		0,15
Eficiência Econômica		0,20
Infra-estrutura		0,10
Qualidade dos Produtos		0,20
Desenvolvimento Local		0,10
Conflitos com o Meio Ambiente		0,25

Partindo-se de pesos como estes, observe-se que existem métodos da Análise Multicritério que trabalham com pesos normalizados, enquanto outros fazem a normalização automaticamente.

Para métodos da Análise Multicritério que utilizam critérios dispostos de forma hierárquica os pesos são os seguintes, conforme demonstra a tabela 2

**Tabela 2.** Critérios considerados e pesos em 1º e 2º nível.

1º nível	Critérios	2º nível
Aspecto Produtivo (0,65)	Eficiência Física	(0,2308)
	Eficiência Econômica	(0,3077)
	Infra-Estrutura	(0,1538)
	Qualidade dos Produtos	(0,3077)
Aspecto Social ( 0,45 )	Desenvolvimento Local	(0,2857)
Ambiental (0,35)	Conflitos com o Meio Ambiente	(0,7143)

A figura 1 apresenta a estrutura hierárquica dos critérios adotados e utilizado neste trabalho:

## Microbacia Córrego da Cachoeira

Paty do Alferes - RJ

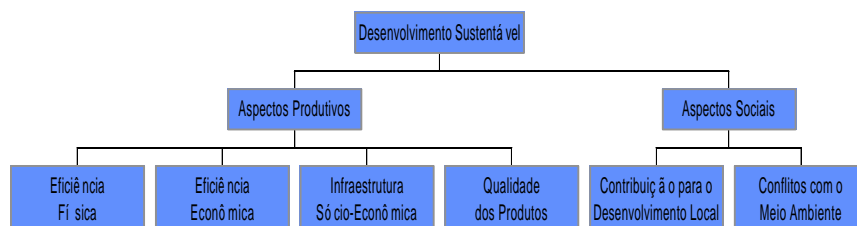


Fig. 1 - Estrutura hierárquica dos critérios adotados.

Seguem esclarecimentos sobre cada critério:

- *Eficiência Física*: abrange a ótica referente a índices de produtividade, disponibilidade dos fatores de produção e nível de complexidade para implantação e execução de cada alternativa proposta.
- *Eficiência Econômica*: abrange a ótica referente à taxa interna de retorno, valor presente do fluxo de rendimentos, custo médio dos produtos e margem de lucro esperada.
- *Infra-Estrutura Sócio-Econômica*: abrange a ótica referente à adequação de determinados fatores a cada alternativa proposta. Estes fatores são: estrutura fundiária, extensão rural, sistemas de transporte, suprimento de energia elétrica, sistemas de comunicação e armazenagem.
- *Qualidade dos Produtos*: abrange a ótica referente às condições físicas (aparência, integridade, sabor e resistência ao apodrecimento) e sanitárias (contaminação química e orgânica) dos produtos.
- *Contribuição para o Desenvolvimento Local*: abrange a ótica referente a empregos gerados (diretos e indiretos), impostos e taxas arrecadados e valor das compras locais.

· *Conflitos com o Meio Ambiente:* abrange a ótica referente ao risco de poluição do ar, risco de deterioração do solo, as necessidades de monitoração das condições ambientais, a afetação às nascentes, cursos d'água e outros ecossistemas críticos.

Após a escolha da família de critérios e da determinação do conjunto de alternativas, o próximo passo foi avaliar as estratégias alternativas segundo os critérios apresentados. Esse julgamento foi realizado pelos mesmos agentes envolvidos na determinação das alternativas. Os resultados destes julgamentos irão alimentar os métodos de Análise Multicritério utilizados. Após obter-se os resultados numéricos da aplicação dos métodos, fez-se uma análise comparativa dos resultados, chegando-se à conclusão de quais alternativas são mais indicadas para implementação na região de Paty do Alferes

Os métodos utilizados nos cálculos foram os seguintes:

#### **Método de Ponderação Linear**

Este método é um dos mais simples, em termos conceituais, na Análise Multicritério, consistindo apenas em multiplicar-se as valorações das alternativas pelo peso de cada critério.

#### **Método AHP Clássico, utilizando-se o software *Expert Choice* ( Saaty, 1994 )**

Este método considera que se pode decompor o problema a ser estudado em níveis hierárquicos que facilitem a sua estruturação. As alternativas a serem analisadas devem ser comparadas par a par para cada um desses níveis hierárquicos. Ou seja, para o critério A ( por exemplo, Eficiência Física), deve-se analisar se a primeira alternativa, quando comparada com a segunda, é melhor, igual ou pior ou quantas vezes é melhor/pior, e analogamente para a alternativa 1 comparada com as demais (2, 3, 4 até a última). Em seguida compara-se a alternativa 2 com as alternativas 3, 4, até a última; novamente repete-se esta comparação par a par a partir da alternativa 3. Este processo é melhor visualizado na tabela 3 a seguir:

**Tabela 3.** Comparação par a par dos níveis hierárquicos.

1	2	3	4	5	
1	*	A	B	C	D
2	E	*	F	G	H
3	I	J	*	M	N
4	O	P	Q	*	R

Neste exemplo, considera-se 5 ações. A célula A representa a comparação da alternativa 1 com a alternativa 2. A célula B representa a comparação da alternativa 1 com a alternativa 3. A célula c é a comparação de 1 com 4. A célula d, compara 1 com 5. O valor da célula E será calculada pelo software utilizado e seu conteúdo é o inverso da célula A, ou seja, a alternativa 2 comparada com a alternativa 1. Este processo é repetido até a célula R que representa a comparação da alternativa 4 com a alternativa 5. Deve-se sempre as alternativas representadas na primeira coluna com aquelas da primeira linha( Saaty, 1991 ).

Desta forma, obtém-se várias matrizes recíprocas e positivas, cujo conteúdo são os julgamentos do analista, seguindo uma escala pré-definida de valores, simbolizando uma preferência relativa entre as alternativas para aquele critério. Após o preenchimento completo destas matrizes, o analista terá feito  $n(n-1)/2$  comparações par a par, onde n é número de alternativas envolvidas no problema. Esta metodologia também pode ser aplicada para a definição dos pesos dos critérios utilizados, em todos os seus níveis.

O software empregado "*Expert Choice*" faz, então, uma composição entre todas essas matrizes, considerando os pesos de cada um dos critérios relacionados nos vários níveis hierárquicos. Obtém-se como resultado final a importância relativa entre cada uma das alternativas apresentadas.

Para a análise em questão, os dados disponíveis não estavam representados como uma comparação par a par das alternativas, e sim classificados com os valores 1, 2 e 3. Assim, para utilizar o método AHP, foi necessário primeiramente fazer uma adaptação dos dados recebidos (que continham valores para cada alternativa e para cada critério), de forma a transformá-los em uma matriz de comparação par a par.



Esta operação foi feita questionando-se quantas vezes a alternativa 1 era superior a alternativa 2, para o primeiro critério; quantas vezes a alternativa 1 era superior a alternativa 3, e assim por diante, para as 13 ações e 15 tecnologias, nos 6 critérios, envolvidos no problema analisado. Ao final, foram obtidas matrizes como a que está representada na tabela 4 abaixo:

**Tabela 4.** Matriz de comparação par a par.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	*												
2	-	*											
3	-	-	*										
4	-	-	-	*									
5	-	-	-	-	*								
6	-	-	-	-	-	*							
7	-	-	-	-	-	-	*						
8	-	-	-	-	-	-	-	*					
9	-	-	-	-	-	-	-	-	*				
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*			
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*		
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	

Após a análise separada para cada um dos agentes de decisão, efetuou-se uma agregação mediana dos dados provenientes dos vários agentes de decisão, obtendo-se assim um resultado final

Método AHP multiplicativo, utilizando-se o software *REMBRANDT* (Loostma, 1980)

Tal método funciona exatamente igual ao método AHP clássico, tendo como única diferença a escala de interpretação dos julgamentos. Enquanto o AHP clássico trabalha com uma escala linear, ou seja, a diferença entre os intervalos de julgamento permanece constante em toda a escala, o método AHP multiplicativo utiliza uma escala logarítmica, na qual a diferença entre os intervalos de julgamentos aumenta a medida que os valores da escala aumentam. A figura 2 a seguir ilustra a diferença essencial entre esses dois métodos da Análise Multicritério:

Com essa escala Loostma (1980), eliminou um dos grandes inconvenientes do método AHP clássico, que é o problema da inversão de ordem. Note-se, no entanto, que o software *Expert Choice* possui um recurso para contornar tal problema.

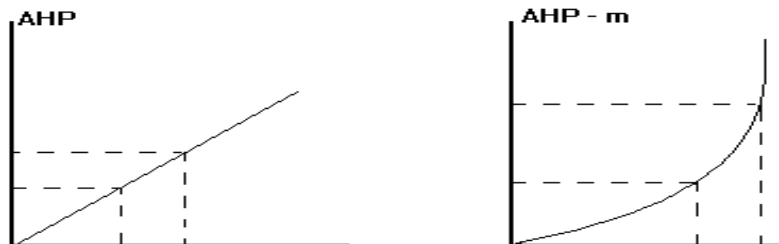


Fig. 2. Diferenças entre os dois métodos de análise multicritérios.

### Método AIM

Segundo Gomes (1993) o método AIM (*Aspiration-Level Interactive Method*) é operacionalizado através de um software para apoio à decisão, interativo, aplicável a problemas discretos e com múltiplos objetivos. Para uso desse software, o problema deve ser estruturado segundo uma matriz  $m \times n$ , onde  $m$  é o número de alternativas e  $n$  o número de critérios. Vários tipos de critérios são aceitos:

- *estritamente crescentes;*
- *crescentes com um ponto de máximo (um nível máximo desejado, acima do qual todas as alternativas têm o mesmo nível de importância);*
- *estritamente decrescentes;*
- *decrescentes com um ponto de mínimo (um nível mínimo desejado, abaixo do qual todas as alternativas tem o mesmo nível de importância);*
- *um alvo ou objetivo-meta a satisfazer, com um limite mínimo e um máximo (um nível máximo e um mínimo desejados, acima ou abaixo dos quais todas as alternativas têm o mesmo nível de importância).*

O usuário pode ainda estabelecer um mínimo ou um máximo absolutos, ou os dois, para qualquer critério, devendo também informar ao sistema a lista de alternativas de solução possível, e incluir aí também as alternativas com valores fora dos limites admissíveis por um ou mais critérios. Isto representa um jogo estratégico, para avaliação de alternativas potenciais, se os níveis são mudados.

Uma vez que nossa base de dados, neste segmento do Projeto, calcou-se nas opiniões/preferências oriundas de cinco analistas diferentes, abordando dois enfoques diferentes (tecnologia e ação), não foi possível trabalhar com esses dados de maneira única e aglutinada, razão pela qual decidiu-se analisar o problema em função de cada analista individualmente, chegando-se à melhor alternativa, tanto para a tecnologia quanto para a ação. O processo de resolução, pelo AIM, começou pela verificação de consistência de todas as alternativas. Os pesos de critérios para cada alternativa são examinados, de modo a assegurar que estão dentro de todos os níveis exigidos. As alternativas com pesos nos respectivos critérios fora dos limites são marcadas para eliminação.

Depois de examinar todas as alternativas, o AIM emitirá um relatório com o número de tais alternativas e perguntará ao usuário se elas podem ser removidas. A convergência reduz o conjunto das potenciais alternativas para atingir-se a solução ótima através da técnica denominada "dominância do cone". A fase de convergência, com base nas respostas do usuário, elimina ou diminui seqüencialmente o cone das alternativas dominadas; a aplicação dessa técnica começa pela eliminação das alternativas estritamente dominadas. O procedimento só termina quando resta uma alternativa e ela é aceita como a mais preferível.

### **Método MATS-PC**

O Multi Attribute Tradeoff System é uma forma de analisar-se alternativas, utilizando vários critérios de decisão, tratando-os separadamente e combinando os impactos de todos esses fatores de forma a obter-se uma classificação final das alternativas. O software utilizado foi o MATS-PC, no qual a primeira etapa da análise é a entrada dos critérios. Em seguida, contabiliza-se as alternativas e as notas do avaliador (que são chamadas de "impactos"). Estas notas obedecem a uma classificação numérica definida anteriormente (no caso, 1 para fraco, 2 para médio e 3 para forte). A seguir, são definidas as formas das funções, ou seja, qual a melhor nota, qual a pior e como ocorre esta variação, no problema em pauta, linearmente. Por fim, também são definidos os pesos dos critérios associados ao problema analisado. O software MATS-PC, então, resolve o problema acessando todos os dados fornecidos (os fatores, os pesos, as alternativas e seus impactos), utilizando-os para avaliar e classificar todas as alternativas apresentadas ( Roy, 1983).

Na análise realizada, os questionários recebidos dos especialistas já estavam na forma necessária para a implementação do método, ou seja, para cada uma das alternativas foram apresentadas as notas para cada critério. Foi analisado separadamente os questionários dos cinco decisores, obtendo-se cinco resultados distintos e o resultado final foi obtido através da média entre as respostas parciais.

## **Resultados e Discussão**

Foi normalizado os resultados da aplicação de cada um dos métodos de Análise Multicritério acima citados para que pudesse ser feita uma comparação entre eles.

Sob esta ótica, as estratégias alternativas mais recomendadas são as seguintes:

- **Ações:** implantação de agroindústrias, educação ambiental, implantação de indústrias caseiras, Programa de alfabetização para os produtores rurais, e programa de saúde para o trabalhador rural.
- **Tecnologias:** controle integrado de pragas e doenças, difusão do plantio direto/mínimo, adubação verde, diversificação de culturas olerícolas, recuperação e conservação de áreas degradadas, e implementação de unidades demonstrativas com práticas conservacionistas

## **Conclusões**

Ficou claro, como resultado global, que não existe uma única estratégia alternativa (tanto ação quanto tecnologia) que se destaque significativamente das demais. Existe, sim, um grupo de alternativas que se encontram, em qualquer método, na mesma faixa (entre as primeiras, entre as últimas ou em posições intermediárias). As alternativas que estiverem na faixa superior merecerão um estudo mais detalhado de sua viabilidade, assim como uma posterior ponderação levando em conta os custos de implantação, fator que até agora, por indisponibilidade de dados, não foi incorporado à Análise Multicritério. A partir de então, poderá se obter uma priorização mais abrangente, precisa e eficaz.

Registre-se ainda que o estudo realizado, calcado nos princípios e métodos da Análise Multicritério, permitiu explicitar e tratar analiticamente critérios múltiplos, o que auferiu um caráter de amplitude normalmente não encontrado em estudos similares. Concluindo, pode-se afirmar que os métodos de Análise Multicritério, quando aplicados a estudos de microbacias, constituem uma ferramenta utilíssima na priorização de alternativas, seja na indicação direta da melhor, seja, como em nosso caso, na eliminação das alternativas menos atraentes.

### Referências Bibliográficas

GOMES, L. F. A. M. OLIVEIRA, J. R. de. **Análise de estratégias para aumento de qualidade e produtividade em informática** – aplicação do auxílio multicritério à decisão. São Paulo: Qualitymark, 1993. 98 p.

LOOTSMA, F. A. **The relative importance of the criteria in the multiplicative AHP and SMART**. Michigan: University of Michigan, 1994. 19 p. Report 97-07. Relatório Técnico.

ROY, B. **Décision en présence de critères multiples. Décision et Action Économique**, Paris, v. 32, p. 37- 46, jul. 1983.

PEREIRA, L. C. **Perfil agrossocioeconômico e estrato de produtividade da cultura do tomate na microbacia do Córrego da Cachoeira, Paty do Alferes, RJ**. Rio de Janeiro, 1998. 44 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 1).

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. 3. ed. São Paulo, S.P. : McGraw-Hill, 1991. 126 p.

SAATY, T. L. **Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process**. 2. ed. Pittsburg: RWS, 1994. 98 p.



---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*  
*Centro Nacional de Pesquisa de Solos*  
*Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento*  
*R. Jardim Botânico, 1.024 CEP 22460-000 Rio de Janeiro, RJ*  
*Telefone(0XX-21) 2274-4999 Fax (0XX-21) 2274-5291*  
*<http://www.cnps.embrapa.br>*

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento

