

# Modelos espaciais de pressão sobre os recursos naturais:

O exemplo da Mata Atlântica no Sul da Bahia, Brasil

**RODRIGUES, Luís; LOURENÇO, Nelson; MACHADO, Carlos Russo ; JORGE, Maria do Rosário; JACINTO, José João**

## Resumo

*Actualmente, a utilização da tecnologia SIG permite a criação de ferramentas, com uma forte componente de análise espacial, que apoiam a gestão territorial e dos ecossistemas. O modelo espacial de pressão apresentado neste artigo foi desenvolvido no âmbito do projecto ECOMAN<sup>1</sup> para a Bacia do Rio Cachoeira, situada no ambiente de Mata Atlântica, na região produtora de cacau do sul da Bahia, Brasil. Este modelo foi desenvolvido como ferramenta de apoio da análise integrada das interações dos sistemas sócio-económicos e ecológicos, subjacente à identificação de estratégias de desenvolvimento local para as áreas críticas identificadas naquela Bacia Hidrográfica. Os mapas resultantes da construção deste modelo espacial de pressão identificam e descrevem áreas sensíveis, ou seja aquelas onde as pressões derivadas das actividades sócio-económicas têm uma elevada probabilidade de se fazer sentir. A identificação de áreas sensíveis possibilita a concentração de esforços nessas áreas para a prossecução de estratégias de desenvolvimento sustentável. A diminuição da produção de cacau nas últimas décadas provocou pressões significativas quer nas áreas rurais (mudanças de uso do solo e fragmentação da floresta) quer nas áreas urbanas (expansão desordenada da área construída).*

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelos de Pressão sobre os Recursos Naturais; Cartografia de Mudança de Uso/Ocupação do Solo; Sistema de Apoio à Decisão.

## INTRODUÇÃO

A bacia do Rio Cachoeira, com cerca de 4 600 km<sup>2</sup> situa-se no sul da Bahia (Fig. 1) e abrange doze municípios, onde residem cerca de 600 000 habitantes. Nesta bacia hidrográfica desenvolvem-se duas actividades económicas principais: a produção de cacau e a produção pecuária. No entanto, os municípios costeiros, como é o caso de Ilhéus, têm um potencial turístico que tem crescido nos últimos anos. A diversidade das actividades agrícolas é marcada pelas características naturais e pela intensidade das intervenções humanas. A produção de cacau, que foi introduzida na região em meados do séc. XVIII, foi responsável até meados da década de 1990 pela ocupação de cerca de 600 000 ha, correspondentes a cerca de 85% da produção total brasileira (Johns, 1999; Bright, 2001).

O sistema de produção adoptado usa as árvores da Mata Atlântica para fornecer sombra às plantas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e é regionalmente designado por Cabruca<sup>2</sup>. Este sistema de produção, dominante no Baixo Cachoeira, não só é gerador de rendimento, contribuindo para a fixação da população rural, como também promove a conservação de fragmentos da Mata Atlântica, um dos *hotspots* biológicos mundiais mais ameaçados (Myers *et al*, 2000). No entanto, desde meados dos anos 1990, a doença “Vassoura-de-Bruca” devastou as plantações de cacau da região e, conjuntamente com a baixa do preço do cacau no mercado internacional, foi responsável pela diminuição da produção de cacau de cerca de 350000ton/ano (nos final dos anos 1980) para cerca de 100000ton/ano (no final dos anos 1990), e pelo abate de numerosas árvores para dar lugar a outras actividades mais rentáveis como é o caso da produção pecuária. No Alto Cachoeira, a

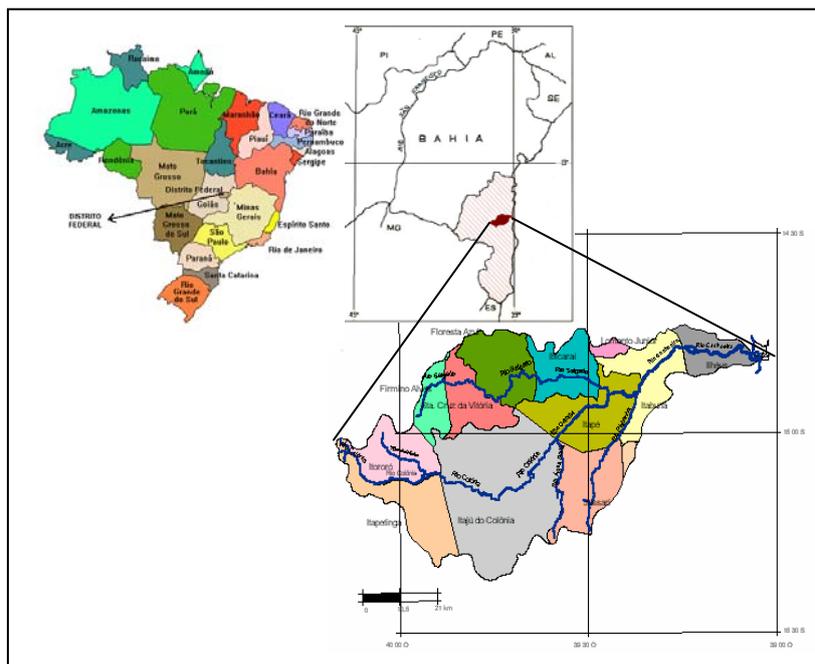
<sup>1</sup> *Decision Support System for Sustainable ECOSystem MANagement in the Atlantic Rain Forest Rural Areas* – ECOMAN (ICA4-CT-2001-10096). Este projecto interdisciplinar é desenvolvido por equipas de Portugal, Alemanha, Áustria, Itália, Espanha, Brasil e Costa Rica, e coordenado por Nelson Lourenço, líder da equipa portuguesa. É financiado pela União Europeia (INCO-DEV), no âmbito do Quinto Programa Quadro (<http://www.uatla.pt/ecoman>).

<sup>2</sup> De acordo com a Comissão Executiva da Lavoura Cacauera, Cacau-Cabruca é um sistema ecológico de cultivo agroflorestal. Baseia-se na substituição de estratos florestais por uma cultura de interesse económico, implantada no sub-bosque de forma descontínua e circundada por vegetação natural, não prejudicando as relações mesológicas com os sistemas remanescentes. Constitui, assim um modelo sustentável de agricultura tropical.

menor densidade da floresta, a menor quantidade de precipitação, e os solos pobres, não são adequados para a produção de cacau, pelo que esta região é fundamentalmente usada para a produção pecuária extensiva, com rendimento moderado e baixa utilização de mão-de-obra.

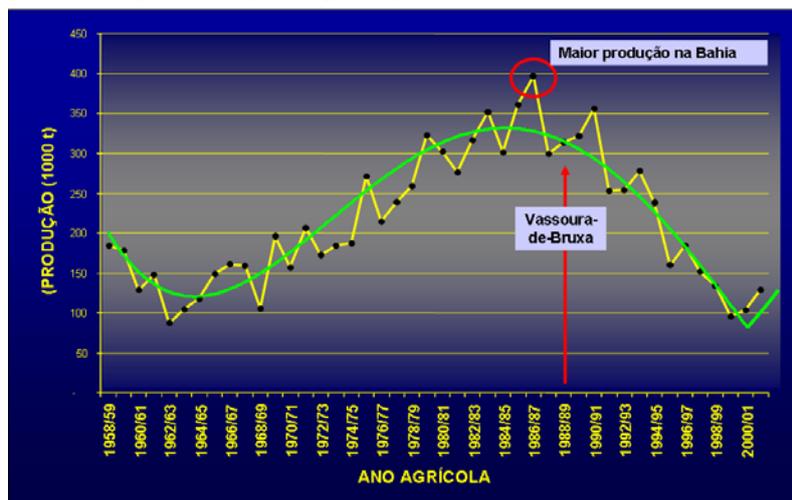
De acordo com o Recenseamento da População de 2000 (IBGE, 2002), a população residente nos doze municípios abrangidos pela área da Bacia do Rio Cachoeira (587 764 habitantes) distribui-se fundamentalmente pelos centros urbanos. Ilhéus e Itabuna são as duas maiores cidades da região e concentram cerca de 53% da população. Embora esta concentração se verifique desde os anos 1970, foi nos últimos quinze anos que se verificou o maior surto de crescimento populacional destas cidades, responsável pela expansão de favelas, pelo aumento das situações de desemprego ou de subemprego e pelo aumento das disparidades sociais. Em termos gerais a população da Bacia do Rio Cachoeira registou, entre 1990 e 2000, um ligeiro crescimento (0,03% por ano). Contudo, quase todos os municípios (com excepção de Itabuna e de Itapetinga) registaram um decréscimo da população, essencialmente da população rural (-3.8% por ano).

Fig. 1. Localização da Bacia do Rio Cachoeira, Bahia, Brasil



As dinâmicas de mudança do território na Bacia do Rio Cachoeira, identificadas através da análise dos dados sócio-económicos são relacionadas fundamentalmente com a produção de cacau. Na verdade, a forte dependência relativamente a esta cultura faz com que as fases cíclicas de ascensão e queda da cacaucultura baiana tenham uma influência muito significativa sobre as mudanças no território, quer do ponto de vista biofísico quer do ponto de vista sócio-económico. Em consequência da crise do cacau dos anos 1990 (Araújo *et al.*, 1998), verificou-se uma conversão das explorações agrícolas que se traduziu pelo derrube das árvores, aumento da actividade pecuária (que se tornou significativamente mais rentável) e das áreas de pastagem.

Fig. 2. Evolução da produção de cacau na Bahia, Brasil



Fonte: CEPLAC (s.d.)

A libertação de mão-de-obra gerou fluxos migratórios em direcção às pequenas vilas e cidades, principalmente para Ilhéus e Itabuna, contribuindo para a expansão desordenada dos perímetros urbanos, e a constituição de cinturões de favelas. Para além disso, verificou-se o aumento da erosão das camadas férteis do solo, originando o assoreamento dos cursos de água, e um aumento da frequência e intensidade dos fenómenos de cheia (Silva e Mendonça, 1998). No entanto, nos últimos 3-5 anos, os preços do cacau no mercado internacional subiram, e grande número de plantações foi reestruturado, utilizando plantas clonadas resistentes à “Vassoura-de-Bruxa”. Assim, é previsível que nos próximos anos haja um impacto significativo da produção de cacau, nas áreas mais adequadas a esta cultura.

## **A CONSTRUÇÃO DO MODELO DE PRESSÃO SOBRE OS RECURSOS NATURAIS**

No quadro do projecto ECOMAN, a análise integrada das dimensões biofísicas e sócio-económicas tem por objectivo a construção de um Sistema Espacial de Apoio à Decisão com a finalidade de construir cenários de mudança da ocupação do território e definição de estratégias de desenvolvimento local sustentável, para serem utilizados pelos gestores do território.

### **1. Dados utilizados e metodologia**

O Sistema Espacial de Apoio à Decisão encontra-se a ser desenvolvido e integra tecnologia SIG, de processamento de imagens, bases de dados e modelação. Um passo importante no desenvolvimento desta ferramenta corresponde à identificação das pressões de origem sócio-económica existentes na Bacia do Rio Cachoeira. Esta identificação foi realizada com base na análise da bibliografia e dados estatísticos disponíveis para a região (Censo Agropecuário 1995-96; Censo Demográfico 1990, 2000; Estatísticas dos Municípios Baianos 2002; Anuário Estatístico da Bahia 1993, 1996, 1997, 1998, 2000), bem como na interpretação de imagens de satélite LANDSAT 5 TM, para 1988<sup>3</sup>, e LANDSAT 7<sup>4</sup> para 2001 e 2002, que permitiram identificar a ocupação do solo da Bacia do Rio Cachoeira e as principais mudanças ocorridas entre 1988 e 2001. A informação cartográfica, em formato digital, que alimentou o modelo foi recolhida na Malha Municipal Digital do Brasil e no Banco de Dados da Bacia do Rio Cachoeira de 1999.

Com base nesta informação foi possível proceder à modelação espacial das pressões de origem sócio-económica recorrendo a tecnologia SIG (*ArcGIS 8.3* com as extensões *Spatial Analyst* e *Hydro Tools*). A metodologia seguida para a construção do modelo de pressão sobre os recursos naturais foi estruturada em quatro fases: Num primeiro momento foram identificados os factores de pressão mais adequados e seleccionados aqueles para os quais se dispunha de informação. Num segundo momento foram definidas as superfícies de pressão correspondente a cada um dos factores utilizados. Posteriormente procedeu-se à ponderação de cada um dos factores de pressão. Por fim, procedeu-se à normalização das superfícies de pressão de todos os factores, obtendo-se o modelo final de pressão sobre os recursos naturais da Bacia do Rio Cachoeira. Este modelo foi aplicado posteriormente como base para a distribuição diferenciada de indicadores sócio-económicos no interior de cada município da Bacia do Rio Cachoeira.

### **2. Factores de pressão: selecção e ponderações**

Os factores de pressão seleccionados para a construção do modelo foram os seguintes: rede viária, áreas urbanas, declive, fontes de poluição, explorações agrícolas e pecuárias, e altitude. De acordo com a informação disponível e o conhecimento adquirido da região, estes factores foram considerados como os mais adequados para representarem as pressões de origem sócio-económica sobre os recursos naturais da Bacia do Rio Cachoeira. Eles podem, assim, ser considerados como representativos de ameaças aos recursos naturais existentes na região, resultando de: altas densidades demográficas (contribuindo para esta ameaça a proximidade às estradas e caminhos e os próprios perímetros urbanos); acessibilidade fácil (estradas, declives suaves e baixas altitudes são os factores que mais contribuem para facilitar a acessibilidade); poluição dos solos e da água (fontes de poluição proveniente de efluentes domésticos, industriais e agro-industriais).

#### **2.1. Centros Urbanos**

Os recursos naturais que se encontram junto aos centros populacionais estão sob constante pressão. A concentração de população requer mais terra para construção de habitações, mais área cultivada, maior uso da floresta para extracção de madeira, lenha, frutos, etc. Para além disso, junto aos centros urbanos, o risco de poluição das águas e dos solos é muito grande. Para a introdução deste factor de pressão no modelo foi possível dispor dos perímetros urbanos dos aglomerados populacionais da Bacia do Rio Cachoeira. A população da Bacia do Rio Cachoeira concentra-se (83%) fundamentalmente nas vilas e cidades, que correspondem na ordem administrativa brasileira às sedes dos distritos e dos municípios, respectivamente. No entanto, a população residente nos centros urbanos exerce uma pressão sobre os recursos naturais que não é apenas localizada nas áreas de tecido urbano contínuo, mas que se faz sentir até áreas progressivamente mais afastadas. Considera-se, assim, que cada aglomerado populacional afecta directamente a sua área de influência, verificando-se que à medida que nos afastamos do perímetro urbano decresce o seu impacto potencial, pelo que foi necessário criar classes com amplitudes diferenciadas que aumentam de forma irregular em função da distância.

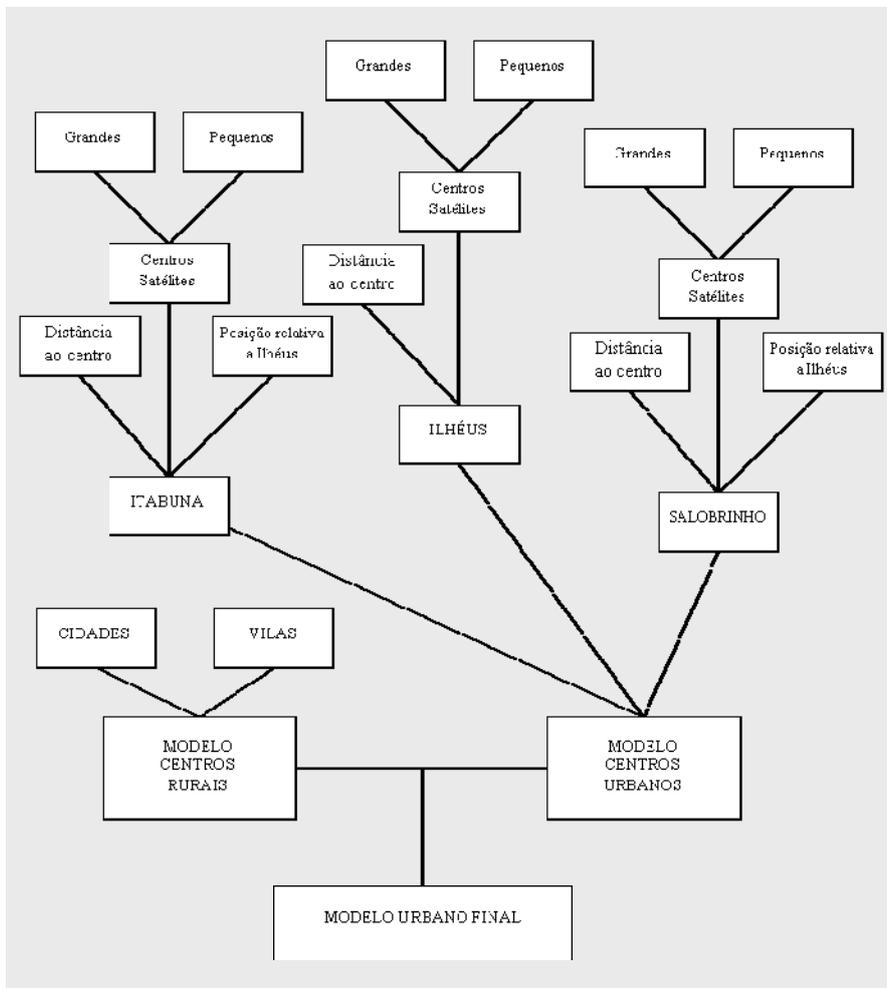
Este factor de pressão foi introduzido no modelo diferenciando a influência exercida por três grandes conjuntos de centros urbanos: as cidades de Ilhéus e de Itabuna no sector jusante da bacia (conjuntamente com as suas áreas de expansão recente, como é o caso do Salobrinho, que cresceu por influência da instalação da Universidade Estadual a meio caminho entre estes dois pólos urbanos); as restantes cidades, que se distribuem pela Bacia do Rio Cachoeira (e cuja dimensão é significativamente menor); e todas as vilas da área (Fig. 3).

<sup>3</sup> Cena 216, ponto 70, 22/08/1988.

<sup>4</sup> De forma a eliminar nuvens e sombras foram combinadas duas imagens de 2001 e 2002: Cena 216, ponto 70, 12/04/2001 e 17/05/2002.

No conjunto formado pela aglomeração Ilhéus-Itabuna (designado por modelo urbano) foram distinguidas as áreas de influência de cada um dos centros urbanos de acordo com a distância, a dimensão física dos aglomerados, e o afastamento relativamente a Ilhéus e Itabuna. Neste modelo considerou-se que a influência de Itabuna era 1,2 vezes maior do que a de Ilhéus e 1,4 vezes maior do que a da área do Salobrinho. As restantes cidades e vilas da Bacia do Rio Cachoeira foram analisadas conjuntamente (num modelo rural), considerando-se que as áreas de influência das cidades atingiam uma distância maior (3000m) do que a das vilas (2000m). Nestes modelos urbano e rural foi calculada a média de cada *pixel* com os dez *pixels* envolventes. A integração destes dois modelos foi feita atribuindo um peso duas vezes maior à componente urbana do que à componente rural.

Fig. 3. Estrutura do modelo de pressão urbana



## 2.2. Estradas e caminhos

A pressão exercida pelas estradas e caminhos sobre os recursos naturais traduz-se essencialmente na tendência para o aumento da colonização das áreas adjacentes, quer a partir da implantação de núcleos habitacionais, que pela dinâmica de crescimento podem dar lugar a novos aglomerados populacionais, quer (e no caso Bacia do Rio Cachoeira isso é muito visível) pela ocupação das margens de estradas com habitações provisórias, em geral de construção muito precária, por parte de uma população rural sem terra que procura ser incluída nos planos de assentamento desenvolvidos no âmbito do processo de reforma agrária. Para além disso, as vias de comunicação proporcionam ainda a expansão das actividades agrícolas e pecuárias, dado facilitarem a acessibilidade aos mercados.

A inclusão deste factor de pressão no modelo foi realizada após a sua diferenciação de acordo com as características das vias: estradas federais (que fazem a ligação da região com outras áreas do Brasil); estradas asfaltadas; e estradas de terra batida. O modelo de pressão exercido pelas estradas foi concebido distinguindo a influência das estradas asfaltadas (2 vezes mais) e das estradas de terra batida. Para além disso, considerou-se que as estradas asfaltadas integradas na rede viária federal terão uma influência duas vezes maior do que as restantes estradas asfaltadas. No entanto, a distância a que se faz sentir a influência dos diferentes tipos de estradas identificados foi também diferenciada. Assim, enquanto as estradas de terra batida influenciam até aos 2000m, definiu-se que para as estradas asfaltadas federais essa influência se faria sentir até 8000m, enquanto que as restantes estradas asfaltadas influenciariam até uma menor distância mas a sua influência seria muito mais elevada nas áreas imediatamente adjacentes. Posteriormente, foi calculada a média de cada *pixel* com os dez *pixels* envolventes.

### 2.3. Explorações agrícolas e agro-pecuárias

As explorações agrícolas, pecuárias e agro-pecuárias são responsáveis por pressões relacionadas com a extracção de água, esgotamento da fertilidade dos solos, utilização de fertilizantes, e mudanças de uso do solo, que frequentemente conduzem à diminuição da área florestal. Para além disso, as actividades pecuárias são responsáveis pela emissão de efluentes que contribuem para a contaminação de solos e dos cursos de água. Partiu-se do princípio (com base no trabalho de campo e da análise da bibliografia e dados estatísticos sobre a região) que são as actividades pecuárias as que maior pressão exercem na região, sendo a actividade agrícola relativamente residual.

Para se incluir este factor de pressão no modelo foi necessário proceder à identificação das explorações de acordo com a sua actividade dominante. De seguida construiu-se um “Índice de Pecuária”, atribuindo as seguintes ponderações por cada animal quantificado: bovinos 1; suínos 0,33; ovinos 0,65; caprinos 0,15; e equinos 1. Este índice foi modelado com o objectivo de se obter a densidade da distribuição dos animais, ponderada de acordo com a actividade dominante das explorações (agrícola 1,8; pecuária, 2; e agro-pecuária, 1). Esta informação foi combinada com a carga animal por exploração, com a posição relativa das explorações e com a categoria de uso do solo pastagem. Posteriormente, foi calculada a média de cada *pixel* com os dez *pixels* envolventes.

### 2.4. Fontes de poluição

Foi possível aceder à localização das fontes de poluição relacionadas com os efluentes urbanos, com as actividades agro-pecuárias e com as actividades industriais e integrá-las no modelo de pressão sobre os recursos naturais da Bacia do Rio Cachoeira. Estas fontes de poluição encontram-se todas relacionadas com deposição de efluentes em cursos de água. O modelo foi construído atribuindo uma ponderação a cada um dos tipos de efluentes (doméstico industrial e agro-industrial) e identificando a distância afectada ao longo dos rios. Posteriormente, foi calculada a média de cada *pixel* com os dez *pixels* envolventes.

### 2.5. Altitude

As áreas de maior altitude, principalmente quando combinadas com as áreas de maior declive, são limitantes das actividades humanas. Assim, de acordo com os conhecimentos adquiridos na região, o factor altitude foi introduzido no modelo a partir da reclassificação do Modelo Digital de Terreno da Bacia do Rio Cachoeira. Foram identificadas cinco classes de altitude e considerou-se que as áreas acima de 650m não exerciam nenhum tipo de pressão pelo que ficaram fora do modelo de pressão.

### 2.6. Declives

As vertentes de declive forte são uma barreira, mais ou menos eficaz, à expansão de determinadas actividades, pela sua menor aptidão agrícola, pecuária e urbana. Pelo contrário, as áreas planas potenciam uma utilização mais intensa, e portanto uma maior pressão sobre os recursos naturais. O factor declive foi introduzido no modelo a partir da reclassificação do Modelo Digital de Terreno da Bacia do Rio Cachoeira. Foram identificadas quatro classes de declive, representando os declives mais fracos as maiores pressões.

## 3. Construção do modelo global

Num segundo passo foi necessário estabelecer ponderações dos factores utilizados, dado que alguns exercem pressões claramente mais significativas. Este processo de atribuição de um determinado peso a cada um dos factores foi realizado com base em dois métodos de ponderação: um baseado na atribuição directa de ponderações, estabelecidas pelos autores de acordo com o conhecimento de campo adquirido durante as duas campanhas de trabalho de campo efectuadas em 2002 e 2003; e um segundo método que atribuiu as ponderações de acordo com o processo de comparação par-a-par desenvolvido por Saaty (1990 e 2001) no quadro do Processo Analítico Hierárquico. Este método implicou a recolha de informação junto de informadores privilegiados (investigadores locais e técnicos com responsabilidades na gestão do território) que indicaram as posições relativas de cada um destes factores. A consulta a estes informadores privilegiados permitiu a construção de uma matriz de comparação par-a-par dos pesos relativos de cada um dos factores com todos os outros. A partir desta matriz, os pesos absolutos de cada um dos factores de pressão foram estimados (Malczewski, 1999), sendo a razão de consistência (a consistência dos julgamentos efectuados pelos informadores) obtida para estes pesos absolutos de 0,07, ou seja, inferior ao 0,1 recomendado por Saaty (1990 e 2001). Estes dois métodos de ponderação dos factores de pressão foram confrontados e apresentam-se os resultados obtidos. A ponderação obtida através da comparação par-a-par dos factores de pressão atribuiu um peso maior à influência das estradas, do que a ponderação directa, que salienta fundamentalmente a influência das áreas urbanas (Quadro 1).

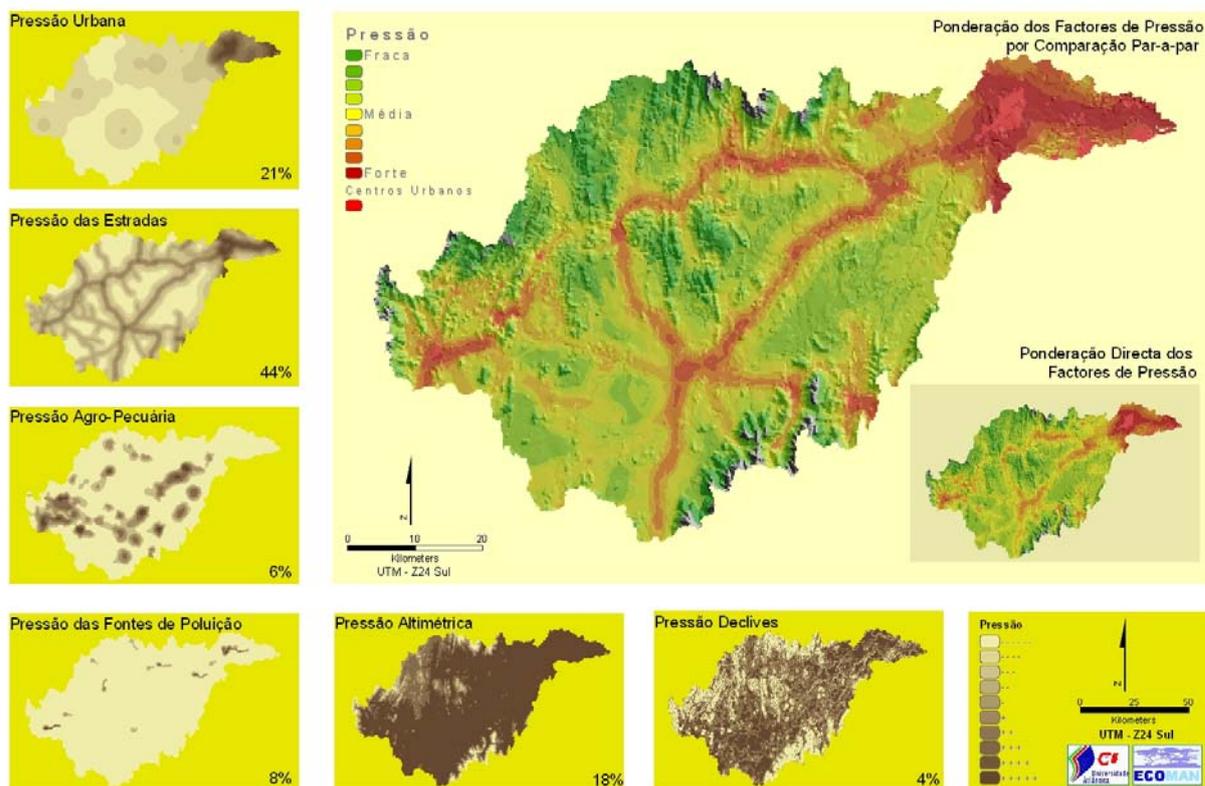
Quadro 1. Coeficientes de ponderação de cada factor de pressão

Factores de Pressão	Método de Ponderação	
	Directa	Comparação par-a-par
Centros Urbanos	34%	21%
Estradas e caminhos	23%	44%
Explorações agrícolas e agro-pecuárias	11%	6%
Fontes de poluição	11%	8%
Altitude	11%	18%
Declives	8%	4%

Esta última ponderação parece ser, de acordo com o conhecimento adquirido da região analisada, a que mais se adequa à realidade. Na verdade, embora as estradas tenham uma influência muito grande enquanto percussoras da instalação de aglomerados populacionais, e portanto de aumento da pressão sobre os recursos naturais da Bacia do Rio Cachoeira, verifica-se, no campo, que esta influência não é contínua ao longo das vias de comunicação, como deixa antever o modelo. Pelo contrário, verifica-se que é em alguns pontos, principalmente junto aos cruzamentos, na passagem de estradas asfaltadas para estradas de terra batida, e nos sectores terminais, que se observa uma maior densidade de construção. Assim, o modelo que resultou da ponderação directa dos factores de pressão, e que reforça a influência exercida pelas vilas e cidades da Bacia do Rio Cachoeira, parece ser aquele que melhor retrata a situação da área estudada (Fig. 4).

**Fig. 4. Modelo de Pressão Sobre os Recursos Naturais**

Bacia do Rio Cachoeira - 2000/02



#### A APLICAÇÃO DO MODELO NA BACIA DO RIO CACHOEIRA

Uma das grandes utilidades do modelo de pressão desenvolvido consiste na sua aplicação como factor de distribuição, dentro dos municípios, de um conjunto de fenómenos sócio-económicos. Assim, foi seleccionado um conjunto de variáveis sócio-económicas para testar a aplicabilidade do modelo de pressão. Pretendeu-se, deste modo, integrar um número significativo de condicionantes biofísicas e antrópicas para a obtenção de uma distribuição diferenciada destes fenómenos ao longo do território de cada município. Como resultado de diversas operações de análise em ambiente SIG obtiveram-se mapas coropleto relativamente a: Distribuição da População Residente; distribuição do Produto Interno Bruto Municipal e Distribuição da População Agrícola. Estes temas têm sido constantemente cartografados fazendo recurso às unidades administrativas como unidade de análise. Neste caso pretendeu-se compreender, através da aplicação do modelo de pressão a forma como elas potencialmente se distribuem no interior de cada unidade de análise, obtendo-se um detalhe maior.

Considerando que a cartografia permite fazer uma visualização e análise espacial dos diferentes tipos de fenómenos, e que há a necessidade de focalizar os diferentes instrumentos de gestão do território nas áreas onde ocorrem as maiores pressões por parte das actividades humanas, então este tipo de representação cartográfica, que contribui para aumentar o nível de desagregação espacial dos fenómenos apresenta-se como um contributo importante para todos os decisores e gestores que têm de uma intervenção sobre o território.

Os mapas que se apresentam de seguida, e que constituem um dos produtos finais da aplicação deste tipo de modelo, reflectem a metodologia relativa à sua elaboração. Estes mapas apresentam procedimentos inovadores na sua elaboração, nomeadamente através da aplicação dos modelos de pressão para a obtenção de melhores representações de variáveis sócio-económicas. Este nível de integração permite potenciar as capacidades de análise dos SIG. Pode considerar-se como

o maior contributo deste estudo ao nível dos SIG, já que, a princípio, ficaria a impressão de que para obter representações de densidades seriam necessários apenas os meios convencionais.

O resultado é uma representação cartográfica em formato de densidade, desagregado ao limite do pixel, que se pode aplicar a qualquer variável mediante a adaptação do modelo de pressão. Esta adaptação depende das características da variável sócio-económica considerada, tal como é exposto nos próximos parágrafos.

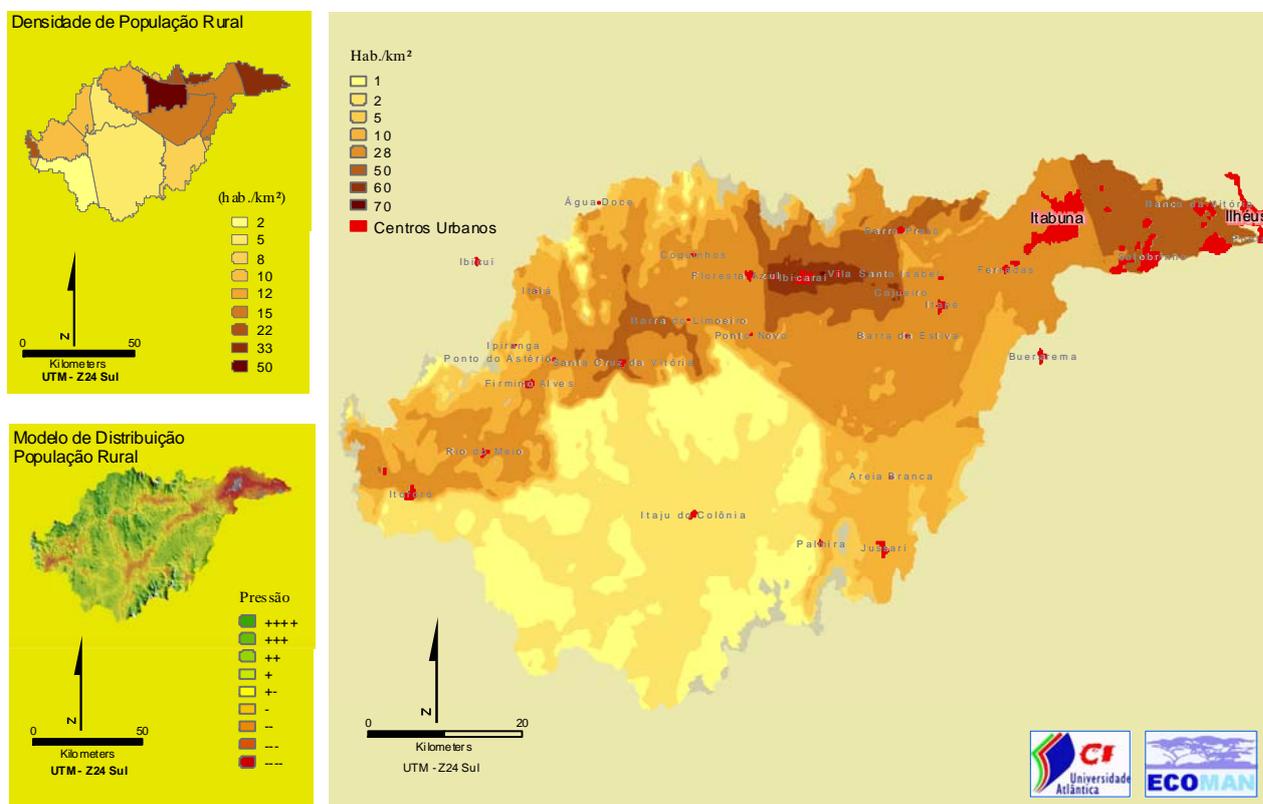
Para proceder à referida adaptação deste modelo enquanto factor de distribuição adoptaram-se as ponderações propostas no Modelo de Ponderação Directa (Quadro 1). Do ponto de vista metodológico os procedimentos adoptados para este modelo permitem aferir a validade de todo o processo, tornando-se extrapoláveis para o caso da ponderação par-a-par. A realização do mesmo exercício para o caso da ponderação par-a-par traria um nível de comparação ao estudo, que deste modo se perde. Contudo, não se avançou com esta perspectiva comparada da informação dadas as características eminentemente técnicas deste artigo, em que os resultados são analisados enquanto contributos para o aperfeiçoamento da metodologia.

### 1. Distribuição da população

Tendo em consideração as limitações da base de dados alfanumérica e cartográfica disponíveis para a representação da densidade populacional, a distribuição proposta consistiu na elaboração de mapas de distribuição da população efectuados com o recurso ao cruzamento de informações provenientes essencialmente do modelo de pressão (aplicado apenas no exterior das áreas urbanas da Bacia do Rio Cachoeira) e das estatísticas demográficas ao nível do município.

Partindo da densidade de população residente fora das áreas urbanas de cada município (modelo discreto de representação espacial) foi desenvolvido um mapa que transmitisse a ideia de continuidade deste fenómeno. Para tal, foi necessário desenvolver uma forma de diferenciar a espacialização deste fenómeno. Ela surge com a aplicação do modelo de pressão apresentado anteriormente. Através do cruzamento destas duas cartas é possível obter uma forma de representação contínua, em que cada *pixel* pode assumir um valor diferente. Esta diferenciação no interior dos municípios não afecta a densidade global do fenómeno apresentado. Se um município tiver uma fraca densidade populacional, não é o facto de existirem elevados níveis de pressão que elevará o valor global dessa densidade. O que passará a existir é uma maior ou menor amplitude de valores de densidade populacional em função das diferenças de pressão observadas no interior de cada município (Fig. 5).

**Fig. 5. Distribuição da População Rural**  
**Bacia do Rio Cachoeira - 2000**



Para a distribuição da população foi considerada a População Residente por município e o Modelo de Pressão Sobre os

Recursos Naturais enquanto Modelo de Distribuição da População Residente nas áreas rurais através da seguinte fórmula:

$$([Pop.Res.Conc]/[ÁreaConc.]) * ([ModeloDistrib.]/[Sum.Mod.Distrib.p.conc]) * [ÁreaConcCachoeira]$$

[Pop.Res.Conc] – População residente por município

[ÁreaConc.] – Área do município (em km<sup>2</sup>)

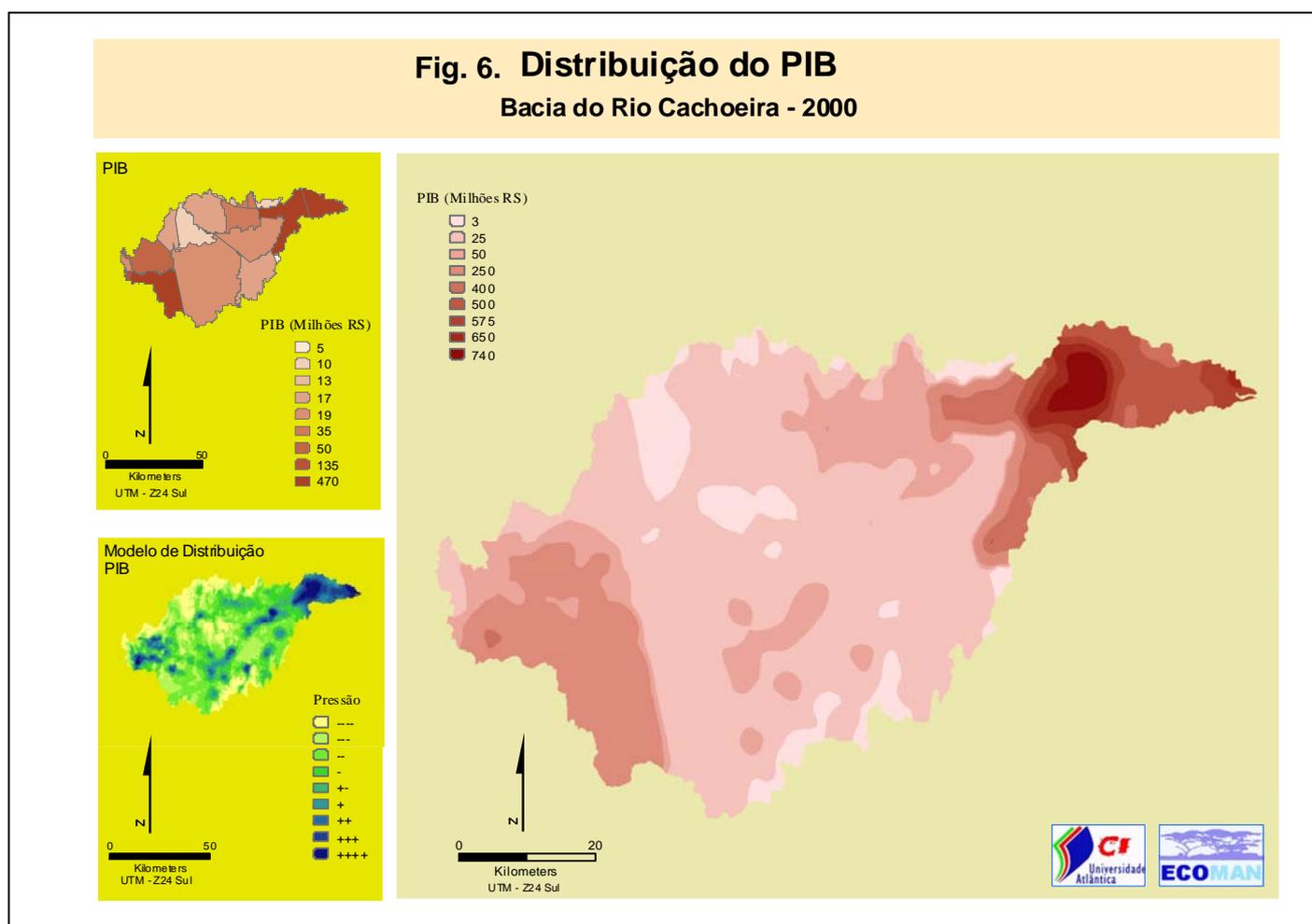
[ModeloDistrib] – Modelo de Pressão Sobre os Recursos Naturais na Bacia Hidrográfica da Cachoeira

[Sum.Mod.Distrib.p.conc] – Somatório do modelo de pressão por município

[ÁreaConcCachoeira] – Área do município integrada no interior da Bacia Hidrográfica da Cachoeira (km<sup>2</sup>)

## 2. Produto Interno Bruto Municipal

No que diz respeito ao PIB municipal foram desenvolvidos dois modelos: um com o valor do PIB total; outro com o PIB *per capita*. Contudo, o desenvolvimento do modelo de distribuição que está na base dos dois mapas de distribuição do PIB é comum. Para este modelo de distribuição foram tidas em consideração todas as variáveis do modelo de pressão sobre os recursos naturais, excepto o modelo de poluição, que foi excluído do cálculo deste Modelo de Distribuição - PIB. Partindo do Modelo de Distribuição - PIB foram desenvolvidos dois mapas de distribuição do PIB, que se justificam por apresentarem duas situações completamente diferentes: Um mapa de distribuição em que o PIB surge com valores equilibrados ao longo da Bacia da Cachoeira (Mapa de Distribuição do PIB municipal, *per capita*, Fig. 7); e outra distribuição em que existe uma dicotomia bastante vincada entre os municípios mais urbanos (eixo Ilhéus-Itabuna) e o restante território desta bacia hidrográfica (Mapa de Distribuição do PIB municipal, Fig. 6).



Deste modo, demonstra-se a utilidade da aplicação de um modelo de pressão para ponderar a mesma variável segundo duas abordagens diferenciadas: valor absoluto e o valor *per capita*. Para as referidas distribuições do PIB foi considerado o PIB e a população residente por município e o Modelo de Pressão - PIB através das seguintes fórmulas:

### PIB Municipal total

$$[PIB.Conc] * ([ModeloPressão-PIB]/[Sum.Mod.Pressão-PIB.p.conc]) * [ÁreaConcCachoeira]$$

### PIB municipal *per capita*

$$([\text{PIB.Conc}]/[\text{Pop.Conc.]}) * ([\text{Mod.Distrib-PIB}]/[\text{Sum.Mod.Distrib-PIB.p.conc}]) * [\text{ÁreaConcCachoeira}]$$

[PIB.Conc] – Produto Interno Bruto por município

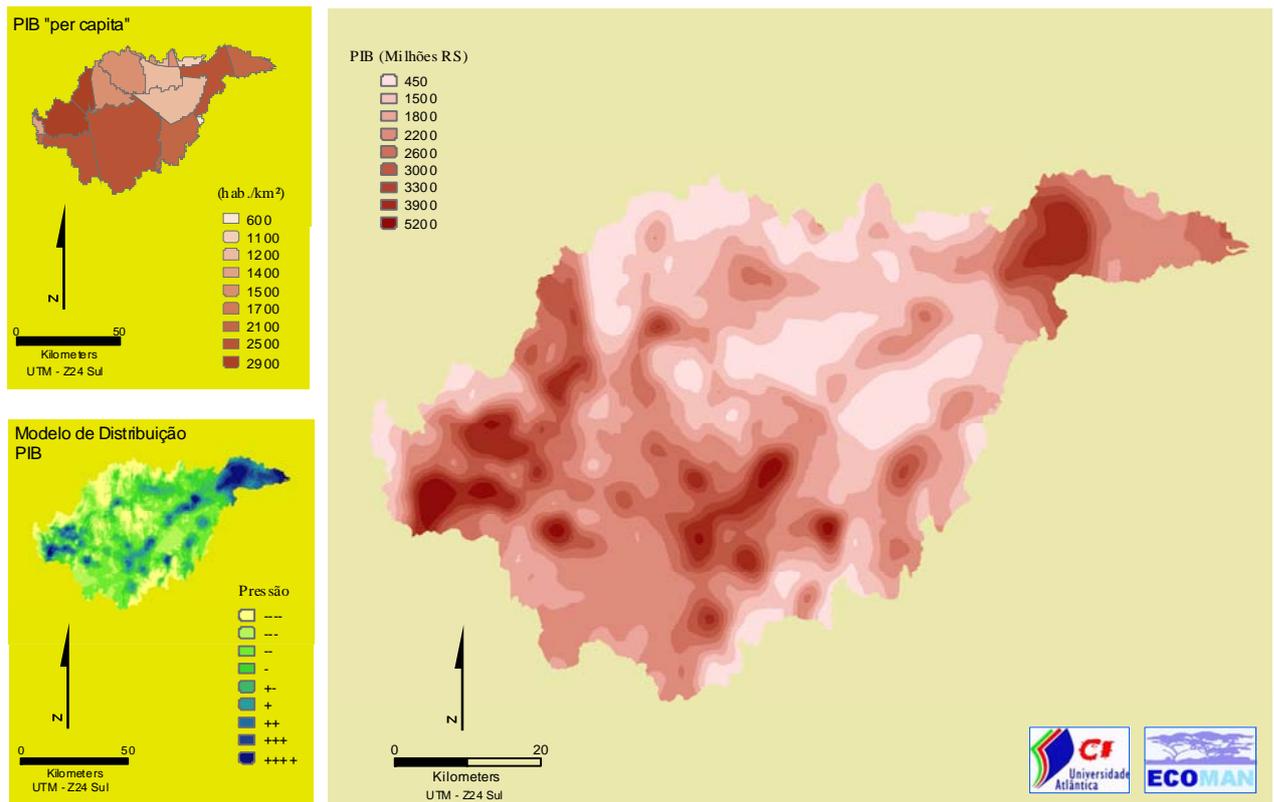
[Pop.Conc.] – População Residente do município

[Mod.Distrib-PIB] – Modelo de Distribuição do PIB

[Sum.Mod.Distrib-PIB.p.conc] – Somatório do Modelo de Distribuição – PIB por município

[ÁreaConcCachoeira] – Área do município integrada no interior da Bacia Hidrográfica da Cachoeira (km<sup>2</sup>)

**Fig. 7. Distribuição do PIB "per capita"**  
Bacia do Rio Cachoeira - 2000



### 3. População Agrícola 1996

Relativamente à distribuição da População Agrícola procedeu-se a algumas alterações no Modelo de Pressão. Em primeiro lugar desenvolveu-se uma classificação do mapa de uso do solo, destacando-se os usos agrícolas (relacionados fundamentalmente com as áreas de produção de cacau) e agro-pecuários [UsoSolo-Pop.Agric.]. As estradas foram incluídas após a exclusão da ponderação relativa às estradas federais. Assim, surgiu o modelo das Estradas e Caminhos para a População Agrícola [Estr.Cam.-Pop.Agric] resultante do cruzamento das estradas asfaltadas e dos caminhos. Também o Modelo Urbano sofreu algumas alterações significativas. Neste caso procedeu-se à retirada do peso relativo do eixo Ilhéus-Itabuna, enquanto factor condicionante da distribuição da população agrícola, o que deu origem ao “Modelo Urbano para a População Agrícola” [C.Urbanos-Pop.Agric.]. Por fim, o Modelo da Poluição não foi considerado enquanto factor condicionante da distribuição da população agrícola e assumiram-se os Modelos de Altitude e Declive tal como tinham sido considerados no MPRN. O Modelo de Distribuição adoptado foi elaborado a partir das relações abaixo assinalados: ( [C.Urbanos-Pop.Agric.] + [Estr.Cam.-Pop.Agric] + [Explor.Agric.&Agro-Pec.] + [Mod.Altitude] + [Mod.Declive] ) \* [UsoSolo-Pop.Agric.]

Depois de obtido o Modelo de Distribuição da População Agrícola procedeu-se à sua aplicação à População agrícola a partir da seguinte fórmula (Fig. 8):

$$([\text{Pop.Agric.Conc}]/[\text{ÁreaConc.}]) * ([\text{ModeloPressão}]/[\text{Sum.Mod.Press.p.conc}]) * [\text{ÁreaConcCachoeira}]$$

[Pop.Res.Conc] – População residente por município

[ÁreaConc.] – Área do município (em km<sup>2</sup>)

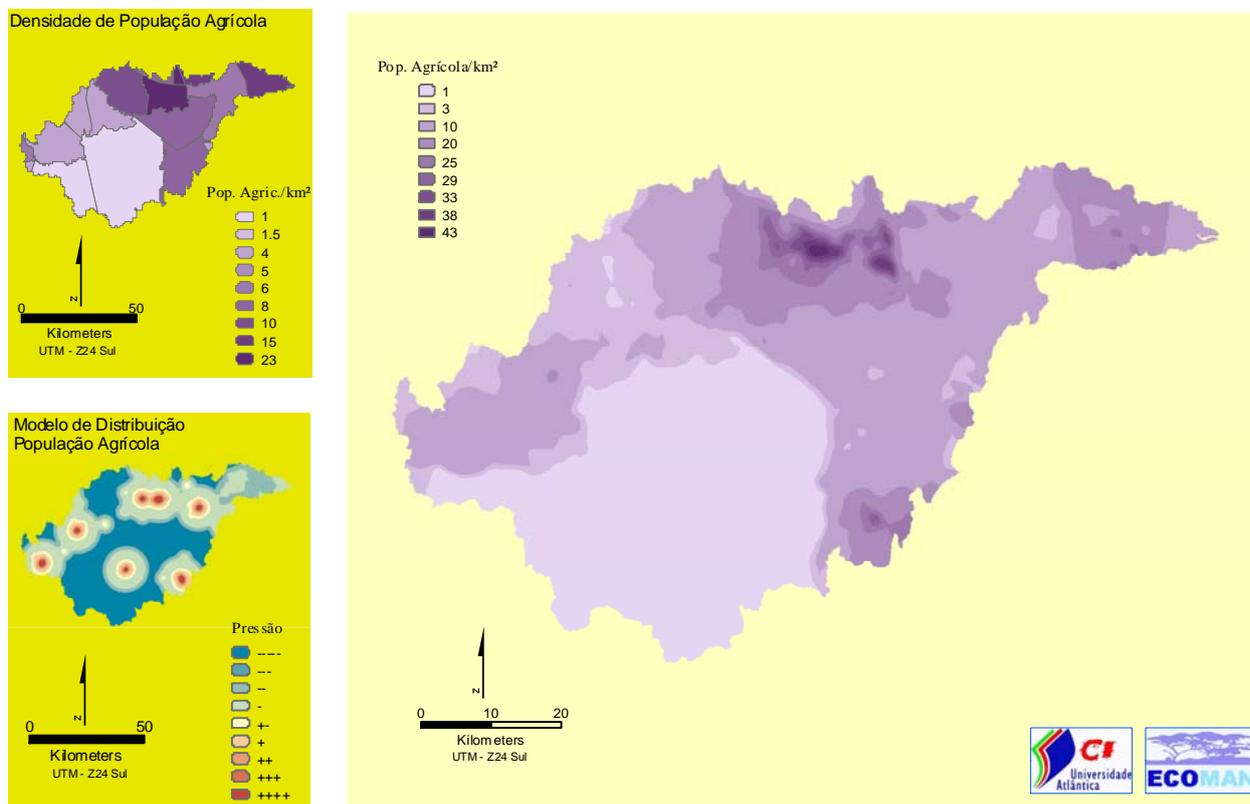
[ModeloPressão] – Modelo de Pressão

[Sum.Mod.Press.p.conc] – Somatório do modelo de pressão por município

[ÁreaConcCachoeira] – Área do município integrada no interior da Bacia Hidrográfica da Cachoeira (km<sup>2</sup>)

## Fig. 8. Distribuição da População Agrícola

Bacia do Rio Cachoeira - 1996



### CONCLUSÃO

A complexidade dos processos de transformação do *meio natural*, assim como a diversidade da intervenção Humana e suas consequências, tornam difícil a compreensão e controlo das variáveis que devem integrar um Modelo de Pressão Sobre os Recursos Naturais. O carácter integrador deste estudo constitui uma solução para os problemas levantados, no entanto surgem dificuldades acrescidas associadas à compreensão ou representação do comportamento das variáveis representativas da acção antrópica. Para que o funcionamento deste tipo de modelos seja otimizado, recorreu-se à modelação matemática e à análise multi-critério. O objectivo da aplicação desta metodologia é a avaliação dos factores mais importantes para a análise do custo/benefício de usar ou não os recursos naturais, ou, de o fazer em quantidades exageradas que possam gerar impactos económicos e também, impactos ambientais.

Através da metodologia proposta foi possível identificar áreas de maior pressão sobre os recursos naturais, nomeadamente a água e a floresta, para além de gerar informações que permitem a espacialização diferenciada de densidades de variáveis sócio-económicas. Os resultados obtidos são um importante contributo para a definição de prioridades no apoio à decisão. Partindo da Análise das Pressões (Modelos de Pressão) deve-se proceder à análise dos Impactos e à adopção de Respostas mais adequadas. Essas Respostas (opções de gestão dos recursos naturais) são passíveis de serem modeladas através da criação de novos mapas de Pressão que permitam criar cenários relativos à aplicação de novas políticas e novas opções de gestão dos recursos. Neste sentido, a metodologia proposta não se esgota na aplicação agora apresentada, porque através da sua adaptação é possível chegar ao desenvolvimento de modelos preditivos para a gestão dos recursos naturais.

### REFERENCES

1. Araújo, Q. R., Costa, L. M., Mendonça, E. S., Regazzi, A. J., Moura Filho, W. 1998. Alterações em propriedades químicas e biológicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo da região cacauceira da Bahia, Brasil. Sob diferentes coberturas vegetais. *Especiaria: Revista da UESC*, 1, pp. 83-108.

2. **Bright, C.** 2001. Chocolate Could Bring the Forest Back. *World Watch Magazine*, 146, pp. 17-28.
3. **Ceplac** s.d. Produção de Cacau em Amêndoas no Estado da Bahia. Disponível on-line [http://www.ceplac.gov.br/prod\\_cacau.htm](http://www.ceplac.gov.br/prod_cacau.htm). Último acesso em 20 de Maio de 2004.
4. **IBGE** 2002. *Censo Demográfico 2000*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília.
5. **Johns, N. D.** 1999. Conservation in Brazil's Chocolate Forest: The Unlikely Persistence of the Traditional Cocoa Agroecosystem. *Environmental Management* Vol. 23, No. 1, pp. 31-47
6. **Malczewski, J.** 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley and Sons, Inc., New York.
7. **Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B. & Kent, J.** 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853-858.
8. **Saaty, T. L.** 1990. *Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh
9. **Saaty, T. L.** 2001. The seven pillars of the analytic hierarchy process, in M. Koksalan and S. Zionts (eds.) *Multiple Criteria Decision Making in the New Millenium*. pp. 15-38.
10. **Silva L.F; Mendonça, J R.** 1998. Mata Atlântica do sudeste da Bahia: interação ambiental e deterioração do ecossistema. *Especiaria: Revista da UESC*, 2, pp. 153-176.

**Luís RODRIGUES**  
[lrodrigues@uatla.pt](mailto:lrodrigues@uatla.pt)

*Luís Rodrigues é Assistente da Universidade Atlântica, e Investigador no Centro de investigação da Universidade Atlântica. Concluiu a licenciatura em Geografia e Planeamento Regional, em 1994, e o Mestrado em Estudos da População e Ecologia Humana, em 1999, na Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa. As actividades de investigação desenvolvidas compreendem as seguintes áreas: Sistemas de Informação Geográfica, Cartografia e Estudos de Populações. Mais recentemente encontra-se envolvido na análise dos processos de tomada de decisão em relação aos recursos hídricos na Bacia do Mediterrâneo.*

**Nelson LOURENÇO**  
[nelson.lourenco@netcabo.pt](mailto:nelson.lourenco@netcabo.pt)

*Nelson Lourenço é Professor Catedrático da Universidade Nova de Lisboa, Director do Departamento de Sociologia da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, e Presidente da Comissão Científica do Departamento de Sociologia da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa. Doutorou-se em Sociologia, especialidade de Sociologia do Desenvolvimento e da Mudança Social, pela Universidade Nova de Lisboa, em 1987. Coordena o Projecto ECOMAN. A investigação que se encontra a desenvolver demonstra as preocupações com as mudanças sociais e o desenvolvimento. Nos últimos anos as áreas de investigação estão principalmente relacionadas com os campos de atitudes e inovação, o estudo da implementação de políticas e avaliação das consequências sócio-económicas bem como as causas das mudanças globais no ambiente. As actividades de investigação desenvolvidas compreendem as seguintes áreas: Desenvolvimento, Ambiente e Sustentabilidade.*

**Carlos Russo MACHADO**  
[cmachado@uatla.pt](mailto:cmachado@uatla.pt)

*Carlos Russo Machado é Assistente da Universidade Atlântica, e Investigador no Centro de investigação da Universidade Atlântica. Concluiu a licenciatura em Geografia, em 1989, e a Pós-Graduação em Geografia Física e Regional, em 1993, na Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. As actividades de investigação desenvolvidas compreendem as seguintes áreas: Geografia Física e Regional, Gestão Integrada de Recursos Naturais, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Sustentável. Mais recentemente encontra-se envolvido na análise dos mecanismos sociais relativos a processos de tomada de decisão em áreas rurais tropicais, especialmente, no Brasil e Costa Rica.*

**Maria do Rosário JORGE**  
[rosarioj@uatla.pt](mailto:rosarioj@uatla.pt)

*Maria do Rosário Jorge é Assistente da Universidade Atlântica, e Investigadora no Centro de investigação da Universidade Atlântica. Concluiu a licenciatura em Sociologia, em 1990, e o Mestrado em Sociologia, em 1996, na Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa. As actividades de investigação desenvolvidas compreendem as seguintes áreas: Desenvolvimento regional e rural, avaliação da implementação de políticas, análise das atitudes e comportamentos dos agricultores, gestão integrada de áreas costeiras e recursos naturais. A investigação que se encontra a desenvolver demonstra as preocupações com as mudanças sociais e a gestão de áreas costeiras na Índia.*

**José João JACINTO**  
[josej@iol.pt](mailto:josej@iol.pt)

*José João Jacinto é bolseiro do Centro de Investigação da Universidade Atlântica e encontra-se a terminar a licenciatura em Biologia, pela Universidade de Évora. Tem uma especialização em Sistemas de Informação Geográfica e Metodologias para a Aquisição de Informação, Universidade Atlântica.*

**Centro de Investigação da Universidade Atlântica**

Antiga Fábrica da Pólvora de Barcarena

2745-615 Barcarena

Portugal

Tel: +351 214398214

Fax: +351 214302573

URL: <http://www.tend-pt.org>

URL: <http://www.uatla.pt/ecomam>