

Metodologia para a avaliação ambiental de bacias hidrográficas com uso de sistemas de suporte à decisão espacial e do indicador pegada ecológica

Raul Rigoto Monteiro ¹
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo ²
Margareth Simões Penello Meirelles ^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Geomática
Departamento de Sistemas e Computação - Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua São Francisco Xavier, 524 Bloco D 5028 - 010 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
raulrigoto@hotmail.com

² EMBRAPA Solos
Rua Jardim Botânico, 1024 - 22460-010 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
(efidalgo, margareth)@cnps.embrapa.br

Abstract. In the current environmental context is huge the demand for consistent information that supports the territorial planning, allowing environmental assessments thereby subsidizing public and private sectors. This demand can be satisfied with the integration of information into a system, with properties and processing functions, allowing its use in integrated environment. Thus, this thesis proposes a methodology for environmental assessment of watersheds that operates from the choice of indicators and definition of the weights of its contribution to the implementation of assessments and spatialisation of results in a GIS environment. This methodology is composed of two distinct phases: assessment of environmental vulnerability of the basin by the use of spatial decision support systems, and assessing the sustainability of the basin through the calculation of Ecological Footprint. In the first phase are adopted decision support systems, knowledge bases, GIS and a tool that integrates these results allowing the generation of assessments, analysis and / or prospective scenarios. In the second stage, the sustainability of the basin is pictured from the calculation of the ecological footprint, which consists in accounting the area that a population needs to produce the resources consumed and absorb the waste generated. The comparison between the most vulnerable and less sustainable, can guide restoration projects and environmental conservation.

Palavras-chave: geographical information systems spatial decision support systems, ecological footprint, watersheds, sustainability, sistemas de informação geográfica, sistemas de suporte à decisão espacial, pegada ecológica, bacias hidrográficas, sustentabilidade.

1. Introdução

O crescente aumento da preocupação com a conservação dos bens naturais levam à criação de métodos de gestão sustentável do espaço geográfico. Buscam-se metodologias que sintetizem a complexidade ambiental ordenando, agrupando e analisando os dados disponíveis pelas instituições detentoras da informação.

Nesta perspectiva, os Sistemas de Suporte à Decisão Espacial (SSDE), que integram bases de conhecimento e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), apresentam-se como instrumentos aptos a colaborar de modo que os resultados de várias ações possam ser simulados e comparados com situações existentes, permitindo ao usuário avaliar questões hipotéticas, sendo esta uma importante ferramenta para a gestão de bacias.

Propostas para a medição da sustentabilidade seguem a lógica de avaliação dos processos de produção como sistemas alimentados por fluxos de entradas e saídas, sendo um exemplo, a pegada ecológica (Ecological Footprint). Este indicador se baseia na relação entre demanda humana e natureza, se apresentando como um instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. Segundo Wackernagel e Rees (1996) ela utiliza áreas produtivas de terra e água necessárias para produzir os recursos e assimilar os resíduos gerados por um indivíduo, uma cidade ou uma nação, sob um determinado estilo de vida, aonde quer que esteja localizada. Em outras palavras, a pegada ecológica contrasta o consumo

dos recursos pelas atividades humanas (pegada) com a capacidade de suporte da natureza (biocapacidade) e mostra se seus impactos no ambiente global são sustentáveis em longo prazo (balanço ecológico). Ela também possibilita que se estabeleçam referências (benchmarks), sendo assim possível comparar indivíduos, cidades e nações.

No contexto de mudança de paradigma do desenvolvimento socioeconômico e dos padrões de consumo, o Estado do Mato Grosso pode ser colocado como uma região desafiadora. Alvo de vários impactos decorrentes do modelo de desenvolvimento que privilegiou durante um bom tempo o PIB em detrimento da conservação dos recursos naturais, agora clama por maiores cuidados com o meio ambiente.

Este trabalho visa propor uma metodologia para subsidiar a identificação de áreas de maior vulnerabilidade ambiental através de SSDE, bem como avaliar a sustentabilidade com base no cálculo da pegada ecológica, ambos aplicados à bacia hidrográfica do rio Xingu no Mato Grosso. O trabalho visa ainda contribuir para o avanço de estudos utilizando o indicador pegada ecológica, apontando as principais vantagens e limitações metodológicas para seu uso em bacias hidrográficas.

2. Metodologia de trabalho

2.1. Área de estudo

A bacia do rio Xingu, com seus 511 mil km², está situada entre os estados do Pará e do Mato Grosso. Entretanto, devido ao fato dos dados disponíveis para a geração de cenários abrangerem apenas o território mato-grossense, a parte da bacia que compete ao estado do Pará não foi analisada. Sendo assim, a área de estudo abrange 176.447 km² da bacia, e restringe-se a região dos formadores do Xingu. Esta região abriga o Parque Indígena do Xingu, o primeiro parque indígena do Brasil, sendo a principal fonte de água e alimentos para uma população de cerca de 4.500 índios que vivem no Parque, segundo o ISA (2003). Segundo Monteiro et al. (2009), da área original de floresta nas áreas indígenas, apenas 3,8% havia sido desflorestada até 2005, o que contrasta com as demais áreas da bacia que totalizam 40,94%. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

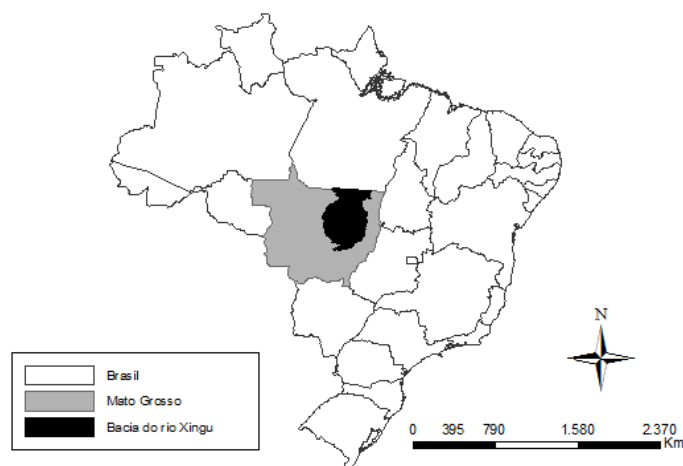


Figura 1. Mapa de localização da bacia do rio Xingu – MT.

2.2. Material e métodos

Para a construção do SSDE criou-se um ambiente (framework) que se utiliza dos seguintes sistemas computacionais: Criterium Decision Plus (CDP 3.0) – sistema de suporte à decisão usado para calcular os pesos atribuídos a cada critério; NetWeaver, versão 16.3.2 – ambiente computacional para geração da base de conhecimento através de redes de dependência; Ecosystem Management Decision Support System (EMDS), versão 3.1 –

ambiente computacional para gerar a análise ambiental e ArcGis, versão 9.1 – sistema de informação geográfica para disponibilização da informação espacial.

Segundo Meirelles et al. (2005), a metodologia para o uso do SSDE consiste em cinco etapas: i) definição das variáveis a serem observadas; ii) espacialização das variáveis; iii) cálculo dos pesos a serem atribuídos a cada critério; iv) elaboração das redes de dependência e definição das funções associadas a cada critério, através da atribuição dos valores da função de pertinência fuzzy para cada variável; e v) execução e avaliação final em ambiente SIG.

Para a análise espacial da vulnerabilidade ambiental da bacia do rio Xingu foi necessário estabelecer uma unidade de área homogênea. Essa área é uma área mínima que pode ser delimitada e identificada em campo, e ainda, para a qual possam ser associados valores de cada uma das variáveis selecionadas. Neste caso, adotou-se como área homogênea as sub-bacias hidrográficas que compõem a bacia hidrográfica do rio Xingu no estado de Mato Grosso, sendo elas: Alto Xingu, Médio Xingu, Ronuro, Manissuá-Miçu e Suiá-Miçu.

Os dados utilizados para caracterizar as variáveis foram adquiridos de diferentes fontes. Para as variáveis “distância média da hidrografia”, “erodibilidade do solo”, “percentual de áreas úmidas”, “densidade de estradas” e “ocorrência de áreas de garimpo”, foram reunidos da base cartográfica produzida pela Secretaria de Planejamento do Estado do Mato Grosso (SEPLAN-MT) para o Zoneamento Sócio-econômico-Ecológico (ZSEE) de 2004, na escala de 1:250.000 os mapas de hidrografia, pedológico, viário e de ocorrência de garimpo. Para a variável “declividade” foram obtidos dados da missão SRTM para a região do Xingu, com resolução de 90 metros. A variável “percentual de remanescentes de vegetação” utilizou dados do mapeamento da vegetação elaborado por ARVOR et al. (2008), o qual utilizou dados do sensor MODIS do satélite Terra do ano de 2006, com resolução espacial de 250 metros. Os dados sobre a variável “percentual de terras indígenas e de unidades de conservação” são provenientes do Sistema Compartilhado de Informações Ambientais, Siscom (MMA/IBAMA, 2008). Para a variável “densidade de captadores de água” foi usado o cadastro de usuários dos recursos hídricos para o ano de 2009, disponibilizado pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Mato Grosso - SEMA/MT. O cálculo da variável “uso e cobertura da Terra” foi feito com base no mapeamento de cobertura e uso do solo do PROBIO (2002) na escala de 1:250.000.

Estas dez variáveis selecionadas para a avaliação da vulnerabilidade da bacia foram divididas em duas categorias: “Estado”, que regulam qualidade e o funcionamento dos processos ambientais, e, “Pressão”, que correspondem às atividades humanas que afetam o ambiente. Posteriormente, estas categorias nortearam a criação das três redes de dependência a serem avaliadas no EMDS: Estado, Pressão, e, Vulnerabilidade.

Para o cálculo da pegada ecológica e da biocapacidade, seguiu-se a metodologia proposta por National Footprint Accounts Guidebook (2008), porém com algumas adaptações pertinentes à realidade deste trabalho, que tem a sua área de estudo em escala regional e não nacional. As variáveis utilizadas para o cálculo da pegada ecológica são apresentadas na Tabela 1 e as variáveis para o cálculo da biocapacidade, na Tabela 2.

Tabela 1. Variáveis utilizadas para o cálculo da Pegada Ecológica

Fator		Consumo		Rendimento Médio Anual		Fator de Equivalência		Resultado Final
Cultura	=	ton/ano	/	ton/ha/ano	x	haG/ha	=	haG
Pastagem	=	ton/ano	/	ton/ha/ano	x	haG/ha	=	haG
Pesca	=	ton/ano	/	ton/ha/ano	x	haG/ha	=	haG
Floresta	=	m ³ /madeira/ano	/	m ³ madeira /ha/ano	x	haG/ha	=	haG
Área Urbana	=	ha	x	RMA cultura	x	haG/ha	=	haG

Tabela 2. Variáveis utilizadas para o cálculo da Biocapacidade

Fator		Área Ocupada		Rendimento Médio Anual		Fator de Equivalência		Resultado Final
Cultura	=	ha	x	ton/ha/ano	x	haG/ha	=	haG
Pastagem	=	ha	x	ton/ha/ano	x	haG/ha	=	haG
Pesca	=	ha	x	ton/ha/ano	x	haG/ha	=	haG
Floresta	=	ha	x	m ³ madeira /ha/ano	x	haG/ha	=	haG
Área Urbana	=	ha	x	RMA cultura	x	haG/ha	=	haG

Vale ressaltar que para o cálculo da biocapacidade, da soma do total da área dos usos, foram excluídas as áreas ocupadas por terras indígenas e unidades de conservação, uma vez que seu uso é regulamentado por leis específicas.

Os resultados dos cálculos são expressos em hectares globais (haG). Para isso, a metodologia de cálculo dos indicadores pegada ecológica e biocapacidade pressupõe a utilização dos chamados fatores de equivalência. O fator de equivalência dependerá do tipo de produção, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Fatores de equivalência

Área	haG/ha
Colheitas	2,1
Pastagens	0,5
Floresta	1,4
Pescas	0,4
Construção	2,2
Produção energia hidroelétrica	1,0
Combustíveis fósseis (floresta)	1,4

Fonte: WACKERNALGEL et. al. (2005)

Para se realizar o cálculo da pegada ecológica, dividiu-se a média de consumo per capita dos itens avaliados pelo seu rendimento, que por sua vez, é calculado pela divisão da produção total do determinado item pela área ocupada para sua produção. Para subsidiar estes cálculos, foram utilizados dados Censo Demográfico Nacional (IBGE, 2000); da Pesquisa de Orçamento Familiar – POF (IBGE, 2003) para o estado do Mato Grosso para se obter o consumo médio per capita dos itens produzidos; de pesquisas realizadas pelo IBGE: Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE, 2007), Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2008) e Produção da Extração Vegetal e Silvicultura (IBGE, 2008), para obtenção dos dados de produção dos itens de consumo utilizados. Em relação às áreas ocupadas para a produção destes itens, foram utilizadas as áreas das classes de uso do solo em escala 1:250.000 (PROBIO, 2002): agricultura, pecuária, área de influência urbana e água, este último para se obter a área absorvida pela produção pesqueira.

Uma vez que estes dados estavam disponíveis em nível municipal, os cálculos foram realizados primeiramente para cada município.

Com base nos dados disponíveis e na metodologia apresentada acima, foram calculadas a pegada ecológica e a biocapacidade para cada um dos municípios que compõe a bacia do rio Xingu. Posteriormente foi calculado o balanço ecológico para cada município, o qual consiste na comparação entre suas respectivas pegada ecológica e biocapacidade, a fim de se avaliar se a situação é de déficit ou superávit ecológico.

Em seguida foi realizada uma ponderação entre estes resultados municipais e a área que cada um dos municípios ocupava dentro de cada sub-bacia. Dessa forma, obteve-se um valor único para o indicador em cada uma das sub-bacias do rio Xingu.

Ao final os resultados para cada uma das cinco sub-bacias foram comparados para a indicação das áreas com prioridade para receber ações de recuperação e proteção ambiental, em um contexto de tomada de decisão.

3. Resultados e Discussão

As sub-bacias foram classificadas quanto aos resultados da vulnerabilidade ambiental realizada no EMDS e quanto a sua sustentabilidade, por meio do indicador pegada ecológica.

A avaliação da vulnerabilidade das sub-bacias foi realizada através do índice alcançado pelo SSDE em cada uma das três redes elaboradas no NetWeaver. Como resultados, foram gerados os mapas de Estado, Pressão e Vulnerabilidade Ambiental. Nestes, os valores calculados pelo EMDS variam entre -1 (valor falso para vulnerabilidade) e +1 (valor verdadeiro), intervalo compatível com as funções *fuzzy* utilizadas. A seguir são apresentados os resultados de cada uma das redes (Tabelas 4 a 6).

Tabela 4: Resultado da vulnerabilidade ambiental considerando apenas as variáveis de Estado.

Sub-bacia	ESTADO	Declividade	Distância média dos cursos d'água	Erodibilidade	Percentual de áreas úmidas	Percentual de remanescentes	Percentual de UCs e TIs
Ronuro	-0,413	28	892	1	5,89	70	18,58
Alto Xingu	-0,185	35	724	2	7,43	85	25,7
Suiá-Miçu	0,226	23	646	3	5,31	30	18,43
Manissauá-Miçu	-0,302	27	767	2	2,34	70	15,13
Médio Xingu	0,115	42	529	4	2,73	85	24,07

Nesta apresentação tabular dos resultados do SSDE relativos às variáveis de Estado, podemos perceber que a sub-bacia Suiá-Miçu obteve o pior índice de vulnerabilidade ambiental (0,226), alavancado principalmente pelo resultado das generalizações das variáveis “Percentual de remanescentes de vegetação” onde obteve o pior valor (30%) e “Percentual de UCs e TIs” (18,43%). Em contrapartida, Ronuro foi a sub-bacia com o melhor índice (-0,413), tendo apresentado os melhores valores para “Erodibilidade” (1) e “Distância média dos cursos d'água” (892m).

Tabela 5: Resultado da vulnerabilidade ambiental considerando apenas as variáveis de Pressão.

Sub-bacia	PRESSÃO	Densidade de captadores	Densidade de estradas	Presença de garimpo	Uso do solo
Ronuro	-0,131	0,0016	0,78	1	4,11
Alto Xingu	0,389	0,0043	0,96	1	4,43
Suiá-Miçu	0,582	0,0039	0,77	0	4,89
Manissauá-Miçu	0,448	0,0052	0,56	1	4,74
Médio Xingu	0,106	0,0003	0,45	1	4,49

Em relação às variáveis de Pressão, o resultado também apontou a sub-bacia Suiá-Miçu como a mais vulnerável (0,582). Para este índice pesou, sobretudo, o resultado da

generalização para a variável “Uso do solo” (4,89), o mais alto entre as sub-bacias, além de ter sido essa a variável com o maior peso na fase de atribuição dos pesos no CDP. Pelo mesmo motivo, Ronuro foi mais uma vez a sub-bacia com o melhor índice (-0,131).

Tabela 6: Resultado da vulnerabilidade ambiental considerando conjuntamente as variáveis de Estado e Pressão.

Sub-bacia	VULNERABILIDADE
Ronuro	-0,272
Alto Xingu	0,102
Suiá-Miçu	0,404
Manissauá-Miçu	0,073
Médio Xingu	0,110

Os índices de vulnerabilidade ambiental da Tabela 6 são resultado da ponderação entre as redes “Estado” e “Pressão”, realizada pela rede “Vulnerabilidade” em decorrência da utilização do operador Union (U), que realiza a soma ponderada dos valores assumidos pelas variáveis antecedentes. Dessa forma, observou-se que a sub-bacia Suiá-Miçu obteve o pior índice de vulnerabilidade ambiental entre todas as observadas (0,404), enquanto a sub-bacia Ronuro o mais baixo (-0,272).

A Tabela7 apresenta os resultados de pegada ecológica, biocapacidade e balanço ecológico das sub-bacias.

Tabela 7: Resultado de pegada ecológica, biocapacidade e balanço ecológico das sub-bacias do rio Xingu.

Sub-bacia	Pegada Ecológica (haG)	Biocapacidade (haG)	Balanço ecológico (haG)
Suiá-Miçu	0.47	119.16	118.69
Médio Xingu	0.38	90.7	90.32
Manissauá-Miçu	0.23	123.52	123.29
Alto Xingu	0.18	122.37	122.19
Ronuro	0.16	216.96	216.8

De acordo com a tabela anterior, podemos observar que a sub-bacia do Suiá-Miçu (0,47) apresentou a maior PE e, portanto, condições de menor sustentabilidade na bacia, concordando com os resultados da análise do SSDE. Em seguida aparecem as sub-bacias Médio Xingu (0,38), Manissauá-Miçu (0,23), e Alto Xingu (0,18). Mais uma vez, a sub-bacia que apresentou os melhores resultados, neste caso a menor PE, foi Ronuro (0,16).

A tabela mostra ainda que a sub-bacia Médio Xingu obteve a menor biocapacidade dentro da bacia do rio Xingu (90,7 haG), enquanto a sub-bacia Ronuro (216,96 haG) apresentou o melhor resultado para este indicador.

Pode-se observar que todas as sub-bacias tiveram uma biocapacidade muito alta, o que conceitualmente significaria que todas, teriam uma capacidade bioprodutiva muito eficiente. Isso se reflete no resultado do balanço ecológico, considerando ainda que os resultados para a pegada ecológica são muito pequenos e variaram pouco quando comparados aos valores obtidos para a biocapacidade. Isso se deve ao fato da metodologia proposta para o cálculo da biocapacidade levar em consideração toda a área de vegetação como área bioprodutiva. Ao se efetuar este cálculo em regiões densamente vegetadas, como é o caso aqui, o resultado acaba indicando que o balanço é altamente favorável, tendo este sido alavancado pelo alto valor da biocapacidade.

Em resumo, áreas avaliadas pelo indicador pegada ecológica que se apresentem densamente vegetadas, tendem a apresentar um resultado de superávit ecológico que pode não ser sustentável e comprometer futuramente a qualidade ambiental da região.

Ao tomarmos como exemplo a sub-bacia Suiá-miçu, a qual apresentou o maior índice de vulnerabilidade entre as sub-bacias estudadas através do SSDE, temos uma pegada de 0,47 haG e uma biocapacidade de 119,16 haG. Como o indicador revela um valor per capita, isto significa que uma pessoa utiliza 0,47 haG para produzir tudo que consome anualmente, enquanto a capacidade bioprodutiva do Suiá-miçu é de 119,16 haG, ou seja, a pegada ecológica desta sub-bacia se torna mínima em relação ao que pode ser produzido. O problema metodológico preocupante aqui é que, para o cálculo da biocapacidade considerar toda a área vegetada – fundamental para a conservação da biodiversidade - como área produtiva, significaria considerar a possibilidade de utilizá-la, perder toda a área de vegetação da sub-bacia Suiá-miçu, que era de 2.298.088 ha em 2002.

Esta última fase do estudo visou comparar os resultados obtidos pelo SSDE com o resultado do balanço ecológico e da pegada ecológica. Neste segundo caso para se evitar a influência dos valores de biocapacidade, que mascararam os valores finais do balanço ecológico. O cálculo da pegada ecológica, embora a grande dificuldade de aquisição de dados para a área estudada, expressa melhor as pressões de uso existentes sobre as sub-bacias hidrográficas. A Tabela 8 apresenta o resultado final da classificação das sub-bacias do rio Xingu quanto a sua vulnerabilidade ambiental, através do índice obtido a partir do SSDE, quanto à pegada ecológica enquanto um indicador de pressão que retrata as demandas humanas sobre a área e ao balanço ecológico que avaliou a sustentabilidade ambiental.

Tabela 8: Classificação final das sub-bacias do rio Xingu quanto a Vulnerabilidade Ambiental e quanto a sua Pegada Ecológica e Balanço Ecológico.

	Vulnerabilidade Ambiental		Pegada Ecológica		Balanço Ecológico	
	Sub-bacia	Resultado	Sub-bacia	Resultado	Sub-bacia	Resultado
1	Suiá-Miçu	0.404	Suiá-Miçu	0.47 haG	Médio Xingu	90.32 haG
2	Médio Xingu	0.11	Médio Xingu	0.38 haG	Suiá-Miçu	118.69 haG
3	Alto Xingu	0.102	Manissauá-Miçu	0.23 haG	Alto Xingu	122.19 haG
4	Manissauá-Miçu	0.073	Alto Xingu	0.18 haG	Manissauá-Miçu	123.29 haG
5	Ronuro	-0.272	Ronuro	0.16 haG	Ronuro	216.80 haG

A comparação entre os resultados para vulnerabilidade e para sustentabilidade a partir do balanço ecológico indicou resultados diferentes em relação às sub-bacias que estariam em pior situação. O balanço ecológico indicou a sub-bacia Médio Xingu como a que tem a menor sustentabilidade e a sub-bacia Ronuro como a com o melhor resultado.

Na comparação entre a vulnerabilidade e a pegada ecológica, os resultados obtidos colocaram a sub-bacia do Suiá-Miçu como a que carece de maior atenção dentro da bacia do rio Xingu. A sub-bacia Médio Xingu apresentou valores que indicam também alta vulnerabilidade e baixa sustentabilidade em relação às outras duas sub-bacias. A sub-bacia Ronuro mais uma vez apresentou os melhores resultados do estudo.

Dessa forma temos, que a porção leste da bacia do rio Xingu, composta pelas sub-bacias Suiá-Miçu, Médio Xingu e Alto Xingu, apresenta maior vulnerabilidade que a sua porção oeste, uma vez que estiveram no topo da classificação nas três avaliações realizadas neste estudo. Assim, em um contexto de tomada de decisão para ações de recuperação e proteção ambiental, estas deveriam ser as áreas prioritárias indicadas por esta metodologia proposta.

4. Conclusões

A avaliação da vulnerabilidade ambiental em uma bacia hidrográfica através do uso SSDE se mostrou apropriada.

A pegada ecológica se mostrou um indicador espacializável, que permite comparação do nível de sustentabilidade entre diferentes regiões geográficas.

Em relação ao cálculo da pegada ecológica, ficou constatada a grande dificuldade de obtenção de dados para estudos em escalas mais detalhadas. Este fato acaba por subestimar os resultados do indicador, onde itens de consumo podem ser analisados apenas através de médias de consumo, como neste caso, ou nem serem avaliados.

Foi constada ainda uma limitação no cálculo da biocapacidade em áreas densamente vegetadas, onde os resultados se apresentam muito elevados em comparação com a pegada ecológica, o que resulta em um balanço ecológico altamente positivo, podendo distorcer os resultados de uma avaliação.

A integração das duas metodologias apoiadas por técnicas de suporte à decisão e cálculo espacializado da pegada ecológica podem subsidiar os tomadores de decisão, uma vez que oferecem resultados passíveis de comparação no processo de a avaliação ambiental.

Agradecimentos

O estudo foi realizado como parte da dissertação de mestrado de Raul Rigoto Monteiro, bolsista CNPq, com recursos do Projeto Recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Promoção de Boas Práticas Agropecuárias na Bacia do Rio Xingu, com recursos CNPq e desenvolvido pela Embrapa, aos quais os autores agradecem.

Agradecimentos também são devidos a Damien Arvor, ISA, SEPLAN/MT e SEMA/MT pela cessão de dados.

Referências Bibliográficas

WACKERNAGEL, M; REES, W.E. Our Ecological footprint: Reducing Human Impact on the earth. Philadelphia: New Society Publishers, 1996.

MONTEIRO, R. R.; FIDALGO, E. C. C.; MEIRELLES, M. S. P.; PEDREIRA, B. C. C. G.; CASTANHEIRA, M.; SKORUPA, L.. Dinâmica do desflorestamento e uso das terras na região dos formadores do rio Xingu. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR) 25-30 abril 2009, Natal. São José dos Campos: INPE, 2009, p. 6005-6012. DVD, On-line. ISBN : 978-85-17-00044-7. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.17.11/doc/6005-6012.pdf>. [Acesso em: 25/07/2009].

MEIRELLES, M. S. P. ; DIAS, Thatyana Carla de Souza ; BUENO, Maria Do Carmo Dias ; COUTINHO, Heitor Luis da Costa ; LEITE, Álvaro A S . Sistema de Suporte a Decisão para Gestão de Bacias Hidrográficas. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos hídricos, 2005, João Pessoa. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos hídricos, 2005.

Sistema Compartilhado de Informações Ambientais (SISCOM). Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 29.out.2008.

ARVOR, D. ; MEIRELLES, M. S. P. ; MARTORANO, L. G. ; JONATHAN, Milton ; DUBREUIL, V. ; HERLIN, Isabelle ; BERROIR, J. . Séries temporais de EVI/MODIS na identificação da dinâmica da Soja em Sistema Plantio Direto no Mato Grosso, Brasil. In: 'XVIIth RBMCSA', 2008, Rio de Janeiro. 'XVIIth RBMCSA', 2008c. p. 4-4.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL DE MATO GROSSO/CONSÓRCIO DE ENGENHEIROS CONSULTORES – SEPLAN-MT/CNEC. Memória Técnica de Pedologia. In: Diagnóstico Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso. Parte 2: Sistematização de Informações Temáticas. CNEC. Nível Compilatório. DESS-PD-RT-002. Cuiabá-MT, 2000.

National Footprint Guidebook, 2008. Disponível em: <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/methodology/>. [Acesso em: 05/06/2010].