

“Uso de geotecnologias na análise de sustentabilidade no meio rural: estudo de caso no Corredor Ecológico Cerrado-Pantanal”

Luiz Armando Steinle Camargo ¹
Wilson Cabral de Sousa Júnior ¹
Fabiano Morelli ¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA / Divisão de Engenharia de Infra Estrutura – IEI
Caixa Postal 12228-900 – São José dos Campos - SP, Brasil
{camargo, wilsonjr, fmorelli}@ita.br

Abstract. This paper describes the use of GIS and Remote Sensing on sustainability analysis of land use. We work in a case involving the land use on the context of Cerrado-Pantanal Ecological Corridor, around the Parque Nacional das Emas. Land use mapping and participative diagnostics, taking into account the users's perspectives, were used to generate a hazards-reversibility framework in order to determine the best practices matrix. The results pointed out the impact, related to hazards, of the inefficient land use. Furthermore, they can subsidize the decision making process in way to get sustainability on rural issues.

Keywords: remote sensing, sustainability, land use.

1. Introdução

No meio rural, boa parte dos problemas de gestão de recursos naturais é resultado do uso indiscriminado de agrotóxicos, do desmatamento de florestas ripárias e de técnicas de manejo inadequadas. Essas práticas, comuns no modelo agrícola convencional, geram uma série de impactos negativos ao meio ambiente, como a perda de biodiversidade, erosão, assoreamento, perda de solo, contaminação da fauna, flora e humana, entre outros.

Vários países que incorporam na gestão pública elementos para o desenvolvimento sustentável, além do comprometimento social no uso da terra de modo geral, vêm desenvolvendo métodos de avaliação e planejamento do uso do solo com o objetivo de melhorar as atividades econômicas de suas áreas agrícolas. Essas metodologias de auxílio aos gestores do uso do solo visam um planejamento das iniciativas a partir da elaboração de diretrizes, estratégias e metas para a ocupação e uso do solo, produzindo diferentes alternativas para um desenvolvimento rural sustentável.

Tradicionalmente, os gestores e planejadores do uso da terra utilizam as “Ferramentas de Avaliação da Terra da FAO” ou outros métodos similares. Estas metodologias de avaliação são aplicadas para fornecerem as informações necessárias sobre a sustentabilidade da terra, auxiliando-os nas tomadas de decisões sobre o planejamento do uso da terra para a agricultura. Estas ferramentas se baseiam nos princípios de sustentabilidade, isto é, consideram a avaliação pelo propósito econômico de uso da terra, as conseqüências sociais para a população local e as conseqüências (benéficas ou adversas) para o meio ambiente (FAO, 1976).

Segundo Smith (1999), de modo geral essas ferramentas não têm conduzido a uma análise adequada de sustentabilidade do uso da terra. Os métodos seguidos não têm provido informações suficientes para avaliar adequadamente a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, principalmente aqueles métodos que não consideram a sustentabilidade agrícola como sendo um conceito físico-sócio-econômico combinado e que não avaliam a questão multidimensional e multi-escalar da natureza agrícola.

Na Austrália, uma das ferramentas criadas para melhorar os processos de avaliação e planejamento do uso da terra é o TIM (*Threat Identification Model*). O modelo foi

desenvolvido para auxiliar os gestores de planejamento do uso do solo na identificação das “melhores práticas” de manejo e tem sido utilizado para subsidiar iniciativas de perspectiva de sustentabilidade.

Este modelo, desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Melbourne (Smith, McDonald, Thwaites, 2000), foi testado com êxito numa localidade australiana, na sub-bacia hidrográfica do rio Crystal Creek, região costeira no norte da Austrália. onde pôde identificar as fontes insustentáveis causadoras de danos ambientais na região, provenientes da mudança ocorrida no sistema agrícola de atividades de pastoreio em pastagens nativas e de pequenos pomares, para a monocultura da cana de açúcar.

Neste caso, a aplicação do modelo TIM permitiu ampliar o escopo de análise, apontando usos potenciais bem diferentes do padrão recente adotado e identificando os fatores causadores dos danos ambientais surgidos naquela localidade, apontando ainda, a necessidade da realização de um idôneo planejamento, baseado em dados científicos e de conhecimento local, como sendo cruciais para o desenvolvimento sustentável agrícola desta bacia (Smith, McDonald, Thwaites, 2000).

O modelo TIM é baseado na identificação de fontes de insustentabilidade no meio rural, estabelecida por meio de matrizes de riscos e vulnerabilidades ambientais. Essas matrizes proporcionam o estabelecimento do relacionamento (benéfico ou adverso) das práticas de manejo com as ameaças ambientais, que são classificadas quanto sua capacidade de reversibilidade (reversíveis ou irreversíveis).

O TIM também utiliza técnicas de suporte à tomada de decisão e de Geotecnologias, por exemplo, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e o Sistema de Posicionamento Global (GPS), como ferramentas de suporte para as gerações de informações que subsidiem a gestão territorial local. Para Silva (2003) e Câmara (1998) o emprego de geotecnologias possibilitam a geração, avaliação e gerenciamento de uma quantidade maior de informações, que são analisadas nessas metodologias.

As principais vantagens do modelo em relação às metodologias da FAO são que: (i) Sua aplicação pode ser realizada *ex ante* a implementação das práticas de manejo, permitindo um direcionamento adequado do uso da terra, identificando e prevenido problemas ambientais graves ou irreversíveis; (ii) Ele remove a necessidade de definir indicadores e critérios de avaliação de sustentabilidade; (iii) Ele utiliza nosso conhecimento das causas e efeitos da degradação do solo e quanto diferentes práticas de uso do solo influenciam nisso; (iv) Ele liga estes conhecimentos para definir as opções de manejo do solo (Smith, McDonald, Thwaites, 2000).

Dessa forma, o objetivo principal do TIM não é o de classificar o uso da terra como sustentável ou insustentável, mas o de determinar aqueles aspectos de manejo do solo que podem causar prováveis perdas irreversíveis ou de longo-tempo na produtividade da terra ou na integridade ambiental.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi a adequação da metodologia TIM, para a promoção de metodologias de auxílio aos gestores do uso do solo, com a utilização de técnicas de suporte à tomada de decisão e de Geotecnologias (SIG), com aplicação num estudo de caso.

3. Método

3.1. Localização e características da área de estudo

A área de estudo, região do município de Costa Rica-MS, está localizada na divisa dos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, no âmbito do Corredor Ecológico Cerrado-Pantanal, onde um dos vetores é o Parque Nacional das Emas (PNE), GO. O parque encontra-se em área de grande pressão pela ampliação da fronteira de exploração econômica, que tem gerado impactos significativos na região ao colocar em risco a conservação dos recursos naturais em patamares mínimos sustentáveis.

A atividade econômica predominante na região é a agroindústria, com destaque para o plantio de soja, algodão e milho. Destaca-se também a pecuária extensiva. Apesar do grande volume em investimentos na agricultura, a região apresenta um quadro crítico quanto à infraestrutura rodoviária, já que a região praticamente não possui estradas asfaltadas, prejudicando o escoamento da produção, bem como o transporte local.

3.2. Metodologia

A metodologia utilizada foi adaptada do modelo TIM, pelo qual, por meio da identificação das principais práticas adotadas, em cada propriedade da área de estudo, e seu relacionamento com os danos ambientais, elabora-se matrizes de risco e reversibilidade. A partir do cruzamento dessas matrizes, e de conhecimentos especialistas, estabelece-se as melhores práticas, associadas às características naturais e sócio-econômicas da região. Para o cumprimento do objetivo foi necessária a realização das seguintes etapas:

3.2.1. Coleta de Dados

A primeira etapa de todo este processo foi a construção de uma base cartográfica da região de interesse em um Sistema de Informações Geográficas. A seguir são apresentados os estágios de desenvolvimento desta etapa:

- **Levantamento de dados secundários** – Informações existentes sobre a região, de interesse para o projeto, quais sejam, cartas topográficas, imagens de satélite (**Figura 1**), mapeamento de uso do solo, mapas pedológicos e informações sobre atividades econômicas;

- **Atualização da base geográfica** - As cartas topográficas editadas pelo IBGE em escala 1:100.000 (**Tabela 1**) foram utilizadas para extrair as curvas de nível e pontos cotados que serviram para gerar o Modelo Numérico de Terreno(MNT), após sua validação neste estudo. Para melhorar a definição ou resolução deste modelo foi utilizada uma seqüência de pontos amostrais com auxílio de um sistema DGPS (Differential Global Positioning System). A partir de imagens de satélite, foi gerado um mapa de uso e ocupação regional, com informações temáticas discriminando classes de uso e cobertura da terra: Floresta, Pastagem, Campo Aberto / Plantação, Solo nu, Urbano e Água.

O modelo incorpora ainda outras informações porventura existentes (dados cadastrais, sistema viário e atualização topográfica).

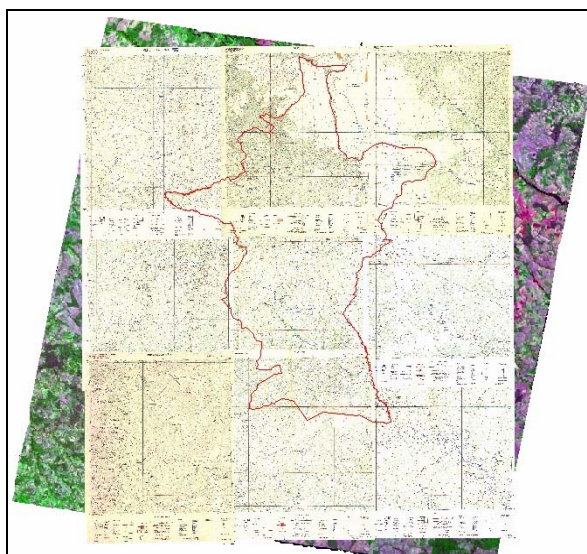


Figura 1- Sobreposição de Imagem de Satélite, Cartas Topográficas e Limites Municipais.

Tabela 1 - Lista de cartas IBGE (1:100. 000) que cobrem o município.

Mir	Folha	Nome carta	Tipo
2403	SE-22-Y-A- I	SERRA DO TAQUARI	Topográfica
2404	SE-22-Y-A- II	BAUS	Topográfica
2405	SE-22-Y-A-III	PARQUE NACIONAL DAS EMAS	Topográfica
2440	SE-22-Y-A- IV	FIGUEIRAO	Topográfica
2441	SE-22-Y-A- V	COSTA RICA	Topográfica
2442	SE-22-Y-A- VI	CABECEIRAS DO APORE	Topográfica
2478	SE-22-Y-C- II	PARAISO	Topográfica
2479	SE-22-Y-C-III	ALTO SUCURIU	Topográfica

3.2.2. Planejamento de campo e coleta de dados por aplicação de questionário

Como planejamento de campo, um plano amostral para coleta de dados de uso e manejo da terra foi definido para cada uma das fazendas que serão amostradas. Nesta etapa, para a coleta de dados, foi aplicado um questionário, em forma de entrevista, aos gestores locais, onde foram colhidas informações que permitiram identificar as principais práticas de manejo e as ameaças ambientais para a sustentabilidade ou degradação da região. As informações requisitadas dizem respeito aos atributos do solo, atributos climáticos, atributos da vegetação e de manejo adotado pelo responsável de cada propriedade. Todas as informações foram armazenadas num Banco de Dados que foi utilizado para o desenvolvimento do estudo.

O questionário foi aplicado a 19 propriedades dentre as mapeadas e passíveis de visitação. A **Figura 2** mostra o mapa das propriedades onde foram aplicados os questionários (região azul).   possível observar o Parque Nacional das Emas e os limites de algumas fazendas da região (contorno amarelo).

Na **Tabela 2** são apresentadas as propriedades nas quais foram aplicados os questionários:

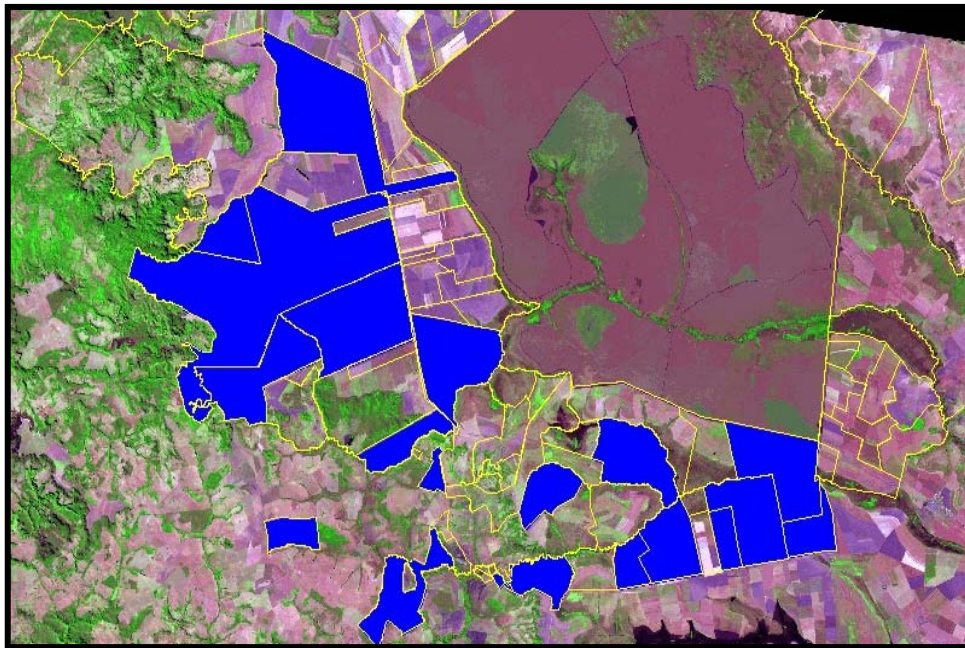


Figura 2 - Mapa das propriedades onde foram aplicados os questionários.

Tabela 2- Fazendas visitadas

Fazenda	Tamanho (ha)	Fazenda	Tamanho (ha)
Planalto	17035	Bacuri	2800
São Paulo	8300	Santo Antônio	83
Jatobá	4000	Santa Maria I e II e Invernadinha	3600
Santa Bárbara	2000	Romagna	3500
Furnas do Indaiá	1000	Nhanduti	1520
das Schlatter XIII	6000	Nova	1500
Paraná	4840	Santo Antônio do Pontal	3800
Brasão	900	Sucuriú	3100
Nossa Senhora Aparecida	78	Nova II	200
Agropecuária Dois Amigos	4000		

3.2.3. Resultados

Com os dados coletados nas etapas anteriores foi possível gerar um Banco de Dados com diversas informações sobre as propriedades.

Os dados analisados nesse estudo foram: Propriedades, Principais cultivos, Produtividade das propriedades e Práticas Agrícolas. As práticas agrícolas foram classificadas em adequadas ou desfavoráveis, dependendo de suas características e do conhecimento científico dos danos por elas causados. A **Tabela 3** apresenta os resultados da produtividade das propriedades em relação as suas principais culturas.

Dentre as principais práticas identificadas na região, foram selecionadas aquelas que possuem uma maior relação direta com as ameaças ao meio ambiente., sendo agrupadas e classificadas em Prática: Desfavorável (PD), Condicional (PC), Neutra (PN), Favorável (PF) e Essencial (PE), conforme apresentado na **Tabela 4**. Quanto maior o relacionamento com uma ameaça, mais desfavorável é a prática. Por exemplo, a prática de controle químico de plantas, doenças e pragas, por causar inúmeros danos ao meio ambiente e aos seres vivos, foi

considerada desfavorável, pois na região existem técnicas, como agricultura de precisão e controle biológico, que podem diminuir o uso de defensivos considerados perigosos.

Tabela 3 - Produtividade Média

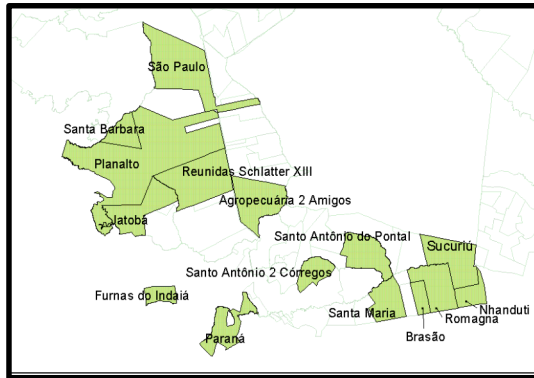
FAZENDAS	SOJA	ALGODAO	MILHO
São Paulo	58	280	120
Planalto	60	300	150
St Bárbara	50	130	-
Jatobá	57	-	132
Furnas Indaiá	53	285	132
Reunidas ScXII	60	315	137
Sta Maria	58	280	145
Paraná	45	-	-
Romagna	50	-	130
Brasão	57	-	148
Sucuriú	45	-	115
StA Pontal	43	-	122
Agropec2amigos	58	300	-
Média	53 sacas	270 arrobas	133 sacas

Tabela 4 - Classificação das práticas identificadas

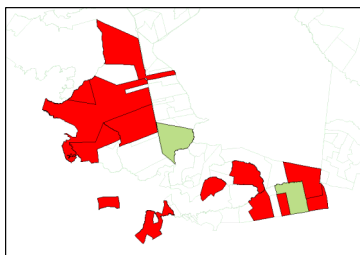
PRÁTICA DESFAVORÁVEL-PD	ÍNDICE	GRUPO
SUBSOLAGEM	PD	PREPARO DO SOLO
NIVELAMENTO DO SUBSOLO	PD	DRENAGEM SUPERFICIAL
ARAÇÃO E REPLANTIO	PD	ROTAÇÃO
CONTROLE DE PLANTAS, DOENÇAS E PRAGAS	PD	CONTROLE QUÍMICO
PRÁTICA CONDICIONAL-PC		
ARAGEM	PC	PREPARO DO SOLO
CURVA DE NÍVEL	PC	DRENAGEM SUPERFICIAL
DRENAGEM PROFUNDA	PC	DRENAGEM SUPERFICIAL
ROTAÇÃO COM A PECUÁRIA	PC	ROTAÇÃO
PRÁTICA NEUTRA-PN		
SAFRINHA	PN	ROTAÇÃO
PRÁTICA FAVORÁVEL-PF		
DRENAGEM RASA	PF	DRENAGEM SUPERFICIAL
ÁREA DE POUSSO	PF	ROTAÇÃO
CONTROLE DE PLANTAS, DOENÇAS E PRAGAS	PF	CONTROLE BIOLÓGICO
PRÁTICA ESSENCIAL-PE		
COBERTURA VEGETAL	PE	PREPARO DO SOLO
DIRETO	PE	PREPARO DO SOLO
CONTROLE DE PLANTAS, DOENÇAS E PRAGAS	PE	MANEJO INTEGRADO

Os dados coletados alimentaram um modelo de SIG, onde foram possíveis a realização das seguintes consultas por propriedades, utilizando os resultados da **tabela 4**, análises e resultados:

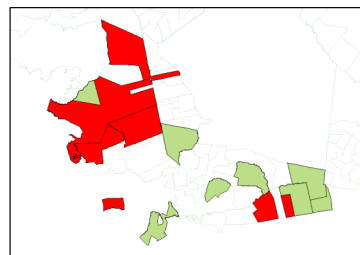
Nos mapas a seguir, as propriedades em vermelho representam as propriedades selecionadas (**Figura 3**).



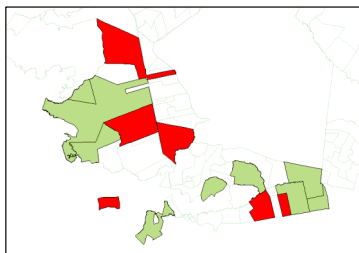
Propriedades analisadas



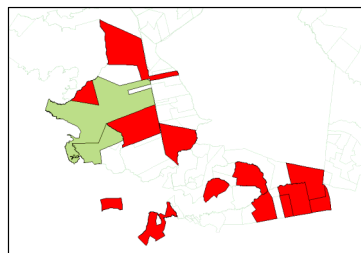
- PRÁTICAS ADEQUADAS -
Propriedades que Adotam Práticas
Essenciais ou Favoráveis e Neutras
(Total: 13 propriedades)



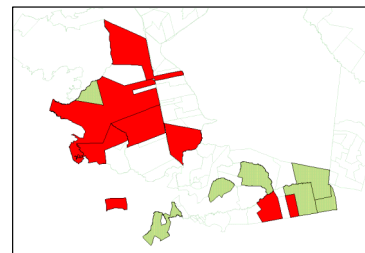
Propriedades com Práticas Adequadas e Acima da
Média de Produtividade de Grãos
(Total: 7 propriedades)
- SOJA, MILHO, ALGODÃO -



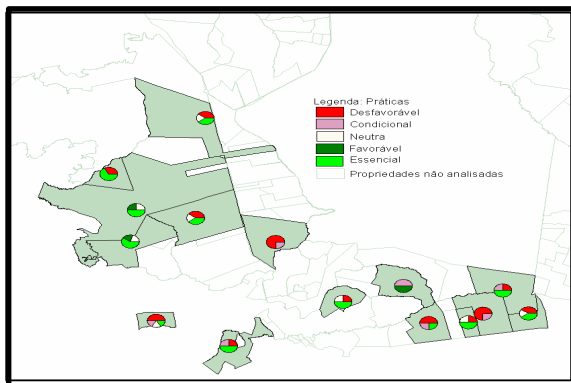
Todas as Propriedades com Pelo
Menos uma Cultura de
Rendimento Acima da Média
(Total: 8 propriedades)



Propriedades que estão Acima da
Média de Produtividade e que
Adotam Práticas Desfavoráveis
(Total: 6 propriedades)



Propriedades que estão Acima
da Média de Produtividade e
que Adotam Práticas
Desfavoráveis
(Total: 6 Propriedades)



ESTATÍSTICA DAS PRÁTICAS POR
PROPRIIDADE

Figura 3 – Resultados das consultas aplicadas na área de estudo

4. Considerações finais

A atividade de coleta de dados propiciou uma melhor observação e aprendizado das particularidades da região de estudo, principalmente das atividades sócio-econômicas e ambientais.

As análises dos resultados evidenciaram que existem propriedades que adotam tanto práticas “adequadas” quanto práticas “desfavoráveis” e que estão acima da média de produtividade da região, em 50% dos casos. A Fazenda Romagna, com “práticas proibitivas”, não atingiu a média em nenhuma cultura. Cabe observar que esta propriedade está situada na área de nascentes da região, sendo área de interesse de estudo para futuras análises do modelo. Das 15 propriedades analisadas, 13 adotam práticas adequadas ou desfavoráveis.

Foi possível concluir que existe a necessidade da inclusão de mais parâmetros e variáveis para uma maior eficiência e precisão da análise, o que ocorrerá com a execução completa do modelo.

Com a inclusão da análise dos atributos do solo, clima e vegetação, além da geração das planilhas de relacionamento e reversibilidade entre práticas e ameaças, pretende-se elaborar, com apoio de SIG, mapas temáticos como: mapas de ameaças e atributos da terra; mapas de ameaças secundárias potenciais. Cabe ressaltar que os resultados espaciais do TIM são gerados a partir das análises de todas as matrizes geradas em cada uma das etapas, sendo que estas também são partes constituintes dos resultados do modelo. A identificação das práticas relacionadas com os riscos provenientes das atividades identificadas, atestam a viabilidade do modelo, finalizando a etapa de coleta de dados e gerando pré-requisitos para a sua efetiva validação.

Referências

- Câmara, G., Medeiros, J.S. **Princípios Básicos em Geoprocessamento**. In: Assad, E. D. (org.). Sistema de Informações Geográficas. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa CPAC, 1998. p.3-11.
- Food and Agriculture Organization, FAO. **A Framework for Land Evaluation**. FAO Soils Bulletin No. 32. FAO: Rome, 1976.
- Smith, C. S., McDonald, G.T., Thwaites, R.N. **TIM: Assessing the sustainability of agricultural land management**. Journal of Environmental Management 60, 2000. p. 267-288.
- Smith, C.S. **Assessing agricultural land management sustainability**- 1999. 400p. Tese de Doutorado (DGSP-SLFS) – University of Queensland, Queensland, Australia. 1999.
- Silva, A. B. **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2003. 240p.