



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

OSCAR DOMINGOS BERGAMASCHI MACHADO

**TÉCNICAS DE GEOTECNOLOGIA NA AVALIAÇÃO NA ÁREA ERODIDA NA
BACIA HIDROGRÁFICA DOIS CÓRREGOS, SELVIRIA - MS**

ILHA SOLTEIRA
2013



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

OSCAR DOMINGOS BERGAMASCHI MACHADO

**TÉCNICAS DE GEOTECNOLOGIA NA AVALIAÇÃO NA ÁREA ERODIDA NA
BACIA HIDROGRÁFICA DOIS CÓRREGOS, SELVIRIA - MS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira - UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia, Área de concentração Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Ricardo A. Ferreira Rodrigues

Orientador

Prof. Dr. Hélio Ricardo Silva

Co-orientador

ILHA SOLTEIRA
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- M149t Machado, Oscar Domingos Bergamaschi.
Técnicas de geotecnologia na avaliação na área erodida na bacia hidrográfica dois Córregos, Selviria - MS / Oscar Domingos Bergamashi Machado. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2013
49 f. : il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Agronomia, 2013
- Orientador: Ricardo A. Ferreira Rodrigues
Co-orientador: Hélio Ricardo Silva
Inclui bibliografia
1. Erosão. 2. Bacia hidrográfica. 3. Sensoriamento remoto.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DE ÁREA ERODIDA NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO DOIS CÔRREGOS, SELVÍRIA-MS

AUTOR: OSCAR DOMINGOS BERGAMASCHI MACHADO

ORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. HELIO RICARDO SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. HELIO RICARDO SILVA

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ARTUR PANTOJA MARQUES

Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. GILBERTO COLODRO

Instituto Federal Goiano

Data da realização: 27 de fevereiro de 2013.

Aos meus pais, Paulo Rondon e Marineide, pela minha
vida e ensinamentos.

Dedico

Aos meus filhos Ana Luiza e Felipe, razões
da minha vida e jornada,
Ofereço

Agradecimentos

A Deus por sempre iluminar meu caminho.

Aos meus pais Paulo Rondon Rodrigues Machado e Marineide Bergamaschi Machado, por serem o princípio de tudo aquilo que eu sou, pela vida, pelos ensinamentos e por infinitos motivos indescritíveis e impossíveis de serem escritos.

Ao meu irmão, Luan Paulo Bergamaschi Machado, por ser sempre parceiro da vida, mais do que amigo... Obrigada, Irmão!

Aos meus filhos Ana Luiza e Felipe, que são a minha motivação.

A minha esposa Kelly Cristine Gomes Gonçalves que sempre me apoiou e incentivou em todas as minhas jornadas Amo você Kelly, TUDO.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues e meu co-orientador Prof. Dr. Helio Ricardo Silva, pela paciência e compreensão.

Aos professores Artur Pantoja Marques e Antonio M. G.Tomaselli pelo auxílio na execução de partes determinantes deste trabalho.

A Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (AGRAER/MS) pelo fornecimento das fotografias aéreas e mapas temáticos que foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço a Fundação Municipal do Meio Ambiente e Turismo da Prefeitura Municipal de Selvíria-MS nas pessoas do Genualdo Neves de Queiroz, Engenheiro Ambiental Adilson Silva Bahia e dos Engenheiros Agrônomos Cícero Rogério Henrique Laluci e Daiane Aparecida Nascimento, pelo importante apoio nos trabalhos de campo.

Aos companheiros do Laboratório de Geoprocessamento: Gustavo Palla, Heloisa Bueno de SOUZA pela amizade e ajuda nos trabalhos, pois dificilmente conseguiria concluir as várias etapas do trabalho.

A Todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

Foi realizado a análise de características multitemporais em uma erosão na bacia hidrográfica do rio Dois Córregos com a utilização de imagens de satélites do ano de 2011, fotografias aéreas do ano de 1965 e técnicas de topografia. Para realizar esta pesquisa foram utilizadas as ferramentas de geotecnologias denominadas sistemas de informações geográficas, sistemas de posicionamento global e sensoriamento remoto. A área erodida na bacia hidrográfica do rio Dois Córregos foi escolhida devido ao grande volume de solo depositado ao longo do rio e até mesmo no reservatório da Usina Hidrelétrica de Jupia, podendo ser observado facilmente através de imagens de satélites ou até mesmo em expedições a campo. A bacia hidrográfica do rio Dois Córregos encontra-se sobre o Aquífero Guarani, que possui uma área de 52.985,39 ha e desempenha um papel importante na disponibilização de água doce superficial para o reservatório da Usina Hidrelétrica de Jupia. O objetivo deste trabalho foi realizar a análise de técnicas ligadas a geotecnologias da área erodida na microbacia hidrográfica do rio Dois Córregos com ferramentas de baixo custo e obtendo resultados que possam ajudar a recuperar esta área.

Palavras Chave: Microbacia Dois Córregos. Imagem de satélite. Erosão.

ABSTRACT

A study was conducted in an environmental multitemporal erosion in the watershed of the river Dois Córregos using satellite images of the year 2011, aerial photographs of 1965 and topographic techniques. To conduct this research we used the geotools called geographic information systems, global positioning systems and remote sensing. An eroded area in the watershed of the river Dois Córregos was chosen owing to the large volume of soil deposited along the river and even there reservoir Hydropower Plant Jupia and can be observed easily through satellite images or even in field expeditions. The watershed of Dois Córregos is located over the Guarani Aquifer, which has an area of 52,985.39 hectare and plays an important role in providing fresh water to the reservoir surface of Hydropower Plant Jupia. The objective of this study was the techniques analysis linked to the geotechnologies of a eroded area in the watershed of the river Dois Córregos using low-costs tools and getting results that can help recover this area.

Keywords: Dois Córregos Watershed. Satellite image. Erosion.

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Perímetro, área e volume estimados da erosão e aumento relativo (%) da erosão na microbacia hidrográfica Dois Córrego entre os anos de 1965 e 2011.....	41
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Localização da área de estudo.	21
Figura 2 -Fluxograma das etapas de execução da pesquisa.	22
Figura 3 -Imagem sem equalização (A) e Imagem com equalização (B)	24
Figura 4 -Imagem CBERS-2B/CCD (A), imagem CBERS-2B/HRC (B) e mosaico das imagens fusionadas (C).....	26
Figura 5 -Tela programa Civil 3d – Autodesk: Dados Erosão 1965.	29
Figura 6 -Tela programa Civil 3d – Autodesk: Dados Erosão 2011.	30
Figura 7 -Mapa de declividade no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 1965.	31
Figura 8 -Mapa de declividade no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 2011.	32
Figura 9 - Mapa de Geologia no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 1965.	33
Figura 10 -Mapa de Geologia no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 2011.	34
Figura 11 -Mapa de Geomorfologia no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 1965.	35
Figura 12 -Mapa de Geomorfologia no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 2011.	36
Figura 13 -Mapa de Classes de Solo no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 1965.	37
Figura 14 -Mapa de Classes de Solo no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 2011.	38
Figura 15 -Mapa de Uso e Ocupação do Solo no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 1965.	39
Figura 16 -Mapa de Uso e Ocupação do Solo no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 2011.	40
Figura 17 -Área erodida na bacia hidrográfica dois córregos em 1965, Selviria – MS.	41

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Bacia Hidrográfica	12
2.2	Erosão	13
2.3	Geoprocessamento	13
2.4	Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	14
2.5	Sensoriamento Remoto	15
2.5.1	Fotografias Aéreas	15
2.5.1.1	<i>Estereoscopia</i>	16
2.5.2	<i>Satélite de Sensoriamento Remoto Terrestre (Landsat)</i>	16
2.5.3	<i>Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS)</i>	17
2.5.3.1	Aplicações do Satélite CBERS 2	18
2.6	Uso do Solo	19
2.7	Geologia	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Área de Estudo	20
3.2	Método	22
3.2.1	<i>Coleta de dados de Campo</i>	22
3.2.2	<i>Processamento dos dados nos laboratórios de Topografia e Geoprocessamento</i>	23
3.2.3	<i>Fotografia Aérea de 1965</i>	26
3.2.4	<i>Estereoscopia - Fototriangulação</i>	26
3.2.5	<i>Uso e ocupação do solo</i>	28
3.2.6	<i>Geologia, Geomorfologia e Classes de Solo</i>	28
3.2.7	<i>Área e Volume da erosão em 1965</i>	28
3.2.8	<i>Área e Volume da erosão em 2011</i>	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5	CONSIDERAÇÕES GERAIS	42
	REFERÊNCIAS	43
	ANEXOS	47

1 INTRODUÇÃO

A utilização de imagens de satélite e fotografias aéreas associadas a técnicas de topografia para extração de informações da superfície terrestre de maneira relativamente precisa, rápida e econômica, tem mostrado que o sensoriamento remoto é um importante sistema de aquisição de informações para as diversas áreas de conhecimento (BLASCHKE et al., 2005). Sabe-se que há uma grande variabilidade de técnicas disponíveis de baixo custo para avaliar situações ambientais, cabendo apenas identificar o emprego adequado a cada situação. Em regiões de fronteira agrícola como no cerrado, a identificação, quantificação e qualificação do histórico de áreas erodidas tornam-se de suma importância na busca de meios sustentáveis da exploração agrícola visando o desenvolvimento da região. As técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto possibilitam o estudo da dinâmica espaço-temporal da erodibilidade de uma região (SANTOS et al., 2005).

As imagens de satélite constituem-se em importante ferramenta permitindo análises das mudanças ocorridas no uso do solo, ou seja, na forma como o espaço está sendo utilizado pelo Homem (SILVA et al, 2005).

O INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – oferece imagens gratuitas que podem ser utilizadas com as técnicas de geoprocessamento para o monitoramento da evolução espacial e temporal das modificações na cobertura vegetal. Desde a década de 70 o INPE juntamente com o IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – avaliam as áreas desflorestadas (SANTOS et al., 2009).

O Programa CBERS - China-Brazil Earth Resources Satellite – é o programa gerenciado pelo INPE a oferecer um sistema completo de sensoriamento remoto competitivo e compatível com as necessidades atuais, sendo uma importante ferramenta de monitoramento do território brasileiro (AMARAL, 2007).

Com a necessidade constante de atualização de registros de monitoramento da superfície terrestre, esse trabalho teve como objetivo propor uma metodologia de utilização do sensoriamento remoto orbital e sub-orbital e dados coletados a campo com GPS de navegação para a identificação e quantificação da área erodida no município de Selvíria, (MS).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bacia Hidrográfica

O Brasil é dotado de redes hidrográficas de grande representatividade e de grande importância para os diversos usos, é portanto fundamental a preservação da qualidade da água, assim adotou-se o estudo de bacias hidrográficas para melhor entendimento do dinamismo entre Homem e natureza (SOUZA, 2012).

Entende-se por bacia hidrográfica toda a área de captação natural da água da chuva que escoar superficialmente para um corpo de água ou seu contribuinte. Os limites da bacia hidrográfica são definidos pelo relevo, considerando-se como divisores de águas as áreas mais elevadas. O corpo de água principal, que dá o nome à bacia, recebe contribuição dos seus afluentes, sendo que cada um deles pode apresentar vários contribuintes menores, alimentados direta ou indiretamente por nascentes. Assim, em uma bacia existem várias sub-bacias ou áreas de drenagem de cada contribuinte. Estas são as unidades fundamentais para a conservação e o manejo, uma vez que a característica ambiental de uma bacia reflete a somatório ou as relações de causa e efeito da dinâmica natural e ação humana ocorridas no conjunto das sub-bacias nela contidas. A bacia hidrográfica serve como unidade básica para gestão dos recursos hídricos e até para gestão ambiental como um todo, uma vez que os elementos físicos naturais estão interligados pelo ciclo da água (SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE - SEMA, RS 2010).

2.2 Erosão

Erosão é o desgaste do solo e das rochas e seu transporte, em geral feito pela água da chuva, pelo vento ou, ainda, pela ação do gelo, quando expande o material no qual se infiltra a água congelada. A erosão destrói as estruturas (areias, argilas, óxidos e húmus) que compõem o solo. Estas são transportadas para as partes mais baixas dos relevos e em geral vão assorear os cursos d'água (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS-ABRH, 2012).

O processo de erosão tende a ser minimizado de acordo com as adaptações das práticas de conservação do solo a ser utilizadas. Em solos cobertos pela vegetação o processo de erosão é muito pequeno, tendendo a ser inexistente mesmo sendo considerado um processo natural e importante para a formação de relevos. Quando o Homem utiliza o solo para fins agrícolas, o mesmo fica exposto, tornando a erosão mais severa. (SOUZA, 2004).

2.3 Geoprocessamento

Para a organização da sociedade a obtenção de informações sobre a distribuição geográfica de fenômenos e objetos é de fundamental importância.

O desenvolvimento da informática na segunda metade do século XX, possibilitou o armazenamento e o processamento de informações em ambientes computacionais implicando assim numa prática denominada de geoprocessamento que foi conceituada por Silva (1992) como “ramo do processamento de dados que opera transformações nos dados contidos em uma base de dados referenciada territorialmente (georreferenciada), usando recursos analíticos, gráficos e lógicos para obtenção e transformação das informações desejadas”.

O geoprocessamento termo que engloba o sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas e sistemas de posicionamento global é uma forma de atender as necessidades referentes a coleta, monitoramento, caracterização e planejamento de decisões relativas ao espaço geográfico, abrindo perspectivas diferenciadas aos profissionais que atuam com o meio ambiente (OLSZEWSKI, 2004).

As técnicas de geoprocessamento estão sendo cada vez mais utilizadas na identificação e compreensão das modificações geradas pelo Homem ou pela natureza, no meio ambiente. (BLASCHKE et al., 2005).

2.4 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

O SIG pode ser definido como um modelo matemático dinâmico construído com um banco de dados digital para facilitar a atualização e aplicação dos dados georreferenciados com infinitas camadas de informações para o planejamento e otimização de uma determinada tarefa. Podendo ser aplicado na integração de dados provenientes de diversas fontes, como imagens digitais de satélites, mapas digitais de uso e tipo de solo, topográfico, hidrologias, vegetação, floras e faunas, cartas climatológicas, censos socioeconômicos e outros. (LIU, 2007)

As principais funções de um SIG são a produção de mapas, suporte para análises espacial de fenômenos e também como um banco de dados geográficos com a função de armazenamento e recuperação de dados espaciais. (SPRING, 2012).

Dentre os formatos de armazenamento de dados digital, existe a matricial ou *raster* e o formato vetorial. O formato *raster* é utilizado para armazenar imagens, como fotografias e imagens de satélite. O modelo vetorial representa a realidade por meio de pontos, linhas e polígonos (SOUZA, 2012).

Dentre os diversos SIG's tem-se o Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas – SPRING, desenvolvido e fornecido gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Este software é capaz de processar dados geográficos sobrepondo diversas camadas de informações facilitando a compreensão e interpretação das informações de diferentes fontes.

Os trabalhos utilizando o SPRING seguem uma sequência que tem início com a criação do Banco de Dados (BD) e em seguida a criação de um Projeto e dentro deste, são definidas as Categorias e suas respectivas Classes temáticas e finalmente os Planos de Informação (PI's).

A partir desta sequência este SIG tem a capacidade de integrar em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano de ruas, imagens de satélites, redes e modelos numéricos de terrenos. Assim o SPRING permite combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, além de ferramentas para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados (CAMARA, et al., 1996).

2.5 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto é a denominação dada para a obtenção de informações a distância através de sensores capazes de captar e registrar a energia refletida ou emitida por uma superfície. Medindo assim a radiação eletromagnética refletida ou emitida dos alvos da superfície terrestre também possibilitando o tratamento e a disponibilização dessas informações numa forma passível de ser interpretada. (MOREIRA, 2001).

O Sensoriamento Remoto vem sendo usado nas pesquisas dos processos erosivos através da interpretação de fotos aéreas e imagens de satélite para a detecção de feições. (VRIELING, 2006). Para gerenciar esses dados existem ferramentas que armazenam, recuperam, manipulam, analisam e exibem os resultados. Essas atividades são realizadas pelos Sistemas de Informação Geográfica – SIG's (RICHARDS, 2006).

2.5.1 Fotografias Aéreas

As fotografias aéreas, obtidas através de plataformas sub-orbitais como o avião e os veículos aéreos não tripulados (VANTS), contribuem para a visualização detalhada da ocupação territorial e da cobertura vegetal, permitindo assim uma avaliação multitemporal e possibilitando uma projeção dos limites de ocupação. (POLZ; PINHEIRO, 2002).

Fotografias aéreas e fotogrametria são ferramentas bastante utilizadas para a medição e quantificação de processos erosivos como consta em Araújo (2011), que avaliou o desencadeamento de erosões lineares no município de São Pedro, SP.

2.5.1.1 Estereoscopia

A estereoscopia é uma habilidade relacionada com a visão binocular, característica da maioria dos animais. A visão binocular é um dos processos que permitem a percepção de profundidade e está presente em todas as pessoas que podem ver com os dois olhos simultaneamente. Além da percepção estereoscópica, a profundidade pode ser inferida monoscopicamente, isto é, usando apenas um olho, através de vários métodos (tamanho relativo dos objetos, oclusão parcial do objeto, sombras, variação na acomodação do olho, para focalizar objetos a distâncias diferentes e perspectiva de linhas paralelas ou perpendiculares) (TOMMASELLI, 2006).

A percepção monoscópica (usando apenas um olho) dá uma informação apenas aproximada da distância dos objetos. A visão estereoscópica, por outro lado, permite uma percepção de profundidade mais precisa e completa (TOMMASELLI, 2006).

De acordo com Moffit e Mikhail (1980) a estereoscópica, ou visão sólida, é o fenômeno natural que permite a uma pessoa olhar simultaneamente para duas fotografias que foram tomadas de dois pontos de vista diferentes, olhando cada foto com um olho e ver a imagem tridimensional da cena. A visão estereoscópica do par de fotografias permite a sensação de visualizar a cena original.

A percepção de profundidade obtida por visão estereoscópica é fundamental na Fotogrametria, pois permite a visualização do estereomodelo, formado por um par de fotografias com superposição longitudinal.

2.5.2 Satélite de Sensoriamento Remoto Terrestre (Landsat)

A série Landsat (Land Remote Sensing Satellite), iniciou em 1972 com o lançamento do satélite ERTS-1. Ela teve sequência com os Landsat 2, 3, 4 e, sobretudo com o Landsat 5 e 7. O principal objetivo do sistema Landsat foi o mapeamento multiespectral em média resolução da superfície da Terra. Esse foi e é de longe o sistema orbital mais utilizado na Embrapa Monitoramento por Satélite no mapeamento da dinâmica espaço temporal do uso das terras e em todas as aplicações decorrentes. A antena do INPE em Cuiabá recebe de forma contínua imagens de todo o território nacional, desde os anos setenta, e isso constitui um enorme e único acervo de dados sobre o país. (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION-NASA, 2006).

2.5.3 Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS)

A busca por meios mais eficazes e econômicos para observar a Terra, motivou o Homem a desenvolver tecnologias para construir satélites de sensoriamento remoto. Mas os altos custos dessa tecnologia tornam os países em desenvolvimento dependentes das imagens fornecidas por equipamentos de outras nações. Para reverter esse contexto, os governos do Brasil e da China assinaram em 06 de Julho de 1988 um acordo de parceria envolvendo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST) para o desenvolvimento de satélites avançados de sensoriamento remoto, denominado Programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE, 2007).

O primeiro satélite desenvolvido, CBERS-1, foi lançado com grande sucesso pelo foguete chinês Longa Marcha 4B, do Centro de Lançamento de Taiyuan em 14 de outubro de 1999. O segundo satélite da série, CBERS-2, foi lançado também com sucesso, no dia 21 de outubro de 2003, partindo do Centro de Lançamento de Taiyuan, na China (INPE, 2007). Com isto, o Brasil ingressou no seleto grupo de países detentores da tecnologia de sensoriamento remoto.

O satélite CBERS 2 é composto por dois módulos. O módulo "carga útil" acomoda os sistemas ópticos (CCD – Câmera Imageadora de Alta Resolução, IRMSS – Imageador por Varredura de Média Resolução, WFI – Câmera Imageadora de Amplo Campo de Visada e HRC – HighResolutionCamera) usadas para observação da terra e o repetidor para o sistema Brasileiro de coleta de dados ambientais, e o módulo "serviço" que contém os equipamentos que asseguram o suprimento de energia, os controles, as telecomunicações e demais funções necessárias à operação do satélite.

O satélite situa-se em uma órbita hélio-síncrona a uma altitude de 778 km, perfazendo cerca de 14 revoluções por dia. Dentre as 14 revoluções diariamente registradas, 4 delas se dão dentro do campo de alcance da estação receptora de Cuiabá, sendo 2 diurnas e 2 noturnas. Em condições normais de funcionamento de todos os equipamentos de bordo do satélite, pelo menos 1 órbita diária fornecerá imagens sobre o território brasileiro. Com as câmeras CCD e IRMSS, que possuem campos de visada de 113 e 120 Km respectivamente, uma cobertura completa do globo terrestre se dá a cada 26 dias (INPE, 2007).

Segundo INPE (2007), depois da criação do satélite CBERS 2, obteve uma poderosa ferramenta para monitorar o território Brasileiro com satélites próprios de sensoriamento

remoto, buscando consolidar uma importante autonomia neste segmento. Com a união de recursos financeiros e tecnológicos entre o Brasil e a China, num investimento superior a US\$ 300 milhões, foi criado um sistema de responsabilidades divididas (30% brasileiro e 70% chinês), tem como intuito a implantação de um sistema completo de sensoriamento remoto de nível internacional.

A união entre os dois países é um esforço bilateral para derrubar as barreiras que impedem o desenvolvimento e a transferência de tecnologias sensíveis impostas pelos países desenvolvidos. A parceria conjunta rompeu os padrões que restringiam os acordos internacionais à transferência de tecnologia e o intercâmbio entre pesquisadores de nacionalidades diferentes (FONSECA, 1999).

2.5.3.1 Aplicações do Satélite CBERS 2

As imagens de satélite são geralmente usadas para definição e caracterização das diferentes feições sobre a superfície terrestre, considerando-se que cada um dos componentes naturais, contidos em uma imagem, possui um comportamento espectral específico nos diferentes comprimentos de onda.

Suas imagens são usadas em importantes campos, como o controle do desmatamento e queimadas na Amazônia Legal, o monitoramento de recursos hídricos, áreas agrícolas, crescimento urbano, ocupação do solo, e em inúmeras outras aplicações.

Os avanços tecnológicos da cartografia automatizada, dos sistemas de gerenciamento de banco de dados e do processamento digital de imagens, aliados ao desenvolvimento da computação, permitiram produzir um conjunto distinto de ferramentas para a captura automática de dados relacionados com a superfície terrestre para o gerenciamento, análise e apresentação das informações geradas. A ligação técnica e conceitual do desenvolvimento destas ferramentas resultou no desenvolvimento de uma enorme variedade de métodos de processamento de dados geográficos. O desenvolvimento e aplicação dessas ferramentas à gestão ambiental têm, por isso, sido alvo de inúmeros estudos e pesquisas, com destaque para a aplicação das geotecnologias, que incluem os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) e o Sensoriamento Remoto e se encontram num estágio avançado de desenvolvimento, permitindo grande acessibilidade de recursos, a custos relativamente baixos (MARTINS, 2005).

A família de satélites de sensoriamento remoto CBERS trouxe significativos avanços científicos ao Brasil. Essa significância é atestada pelos mais de 15.000 usuários de mais de

1.500 instituições cadastrados como usuários ativos do CBERS, e também nas mais de 300.000 imagens do CBERS distribuídas à razão aproximada de 250 por dia (INPE, 2007).

Também é fundamental para grandes projetos nacionais estratégicos, como o PRODES, de avaliação do desflorestamento na Amazônia, o DETER, de avaliação do desflorestamento em tempo real, e o monitoramento das áreas canavieiras por meio do programa CANASAT (INPE, 2007).

Além disso destina-se à observação de fenômenos ou objetos em escala municipal ou regional englobando aplicações em Vegetação, Agricultura, Meio ambiente, Água, Cartografia, Geologia e solos, e Educação (INPE, 2007).

2.6 Uso do Solo

Para a confecção de qualquer trabalho na área de geologia e geomorfologia temos que conhecer as condições de uso e ocupação do solo.

A cobertura vegetal é uma importante proteção do solo contra os processos erosivos, pois reduz as taxas de perda do solo através de sua densidade, da possibilidade de reduzir a energia cinética da chuva, pela interceptação de suas copas, e de formar húmus, importante para a estabilidade e o teor de agregados dos solos (CUNHA ; GUERRA, 2003).

Volket al. em 2004 analisaram a erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal, concluindo que de forma geral foi observado que solos que mantiveram por 5,5 anos a cobertura vegetal teve menor efeito da erosão no solo analisado.

Uma forma para avaliação da cobertura do solo é através Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), usado para estimativa de vegetação e interpretação de imagens voltadas para a questão do desflorestamento. Essa técnica foi desenvolvida com o intuito de poder estimar a proporção de cada componente da mistura (Solo, Sombra e Vegetação) dentro de cada pixel, pois dependendo da resolução espacial, teremos vários alvos irradiando a energia eletromagnética em um mesmo pixel. Então em síntese, o MLME serve para identificar qual das 3 frações é mais representativa dentro de cada pixel (FERREIRA, 2003).

2.7 Geologia

O conhecimento das rochas que compõem o substrato do município torna mais compreensível os trabalhos de reconhecimento dos solos, pois o tipo de rocha (material de origem) determina o tipo de solo.

A Formação Adamantina (Ka) é formada por bancos métricos de arenitos, predominantemente finos a muito finos, incluindo com menos frequência termos mais grosseiros de cores róseas e acastanhadas, onde se intercalam camadas de siltitos, lamitos e arenitos lamíticos. Ocorrem também cimento calcítico e fosfático, concreções carbonáticas e lentes conglomeráticas intraformacionais. Os arenitos apresentam-se maciços ou estruturados com estratificações cruzadas, de porte variado, e plano-paralelas horizontais. As fácies lamíticas ocorrem em camadas maciças ou em níveis plano-paralelos incipientes, contendo frequentemente níveis com marcas de ondas, microestratificação cruzada e gretas de contração.

O registro geológico mais recente é representado pelos sedimentos das planícies aluviais atuais das principais drenagens e por delgadas coberturas coluviais que ocorrem descontinuamente.

Hellmeister Junior et al. (2001) realizou um trabalho no município de São João de Iracema onde analisou solo com formação adamantina concluindo que o mapa de suscetibilidade à erosão revela que a maior parte dos terrenos de São João de Iracema foram classificados de alta a muito alta suscetibilidade.

Já Silva et al. (2007) fizeram a análise do uso e ocupação do solo na microbacia Dom Tomaz no município de Três Lagoas – MS, com a mesma formação Adamantina e observou por imagens de satélite gerando mapas, que houve assoreamento na microbacia, e que houve o decréscimo de mata nativa, em contrapartida com o aumento do pasto e outras classes de uso do solo que anteriormente não existiam, como vegetação rala e solo nu tornando o solo susceptível a erosão.

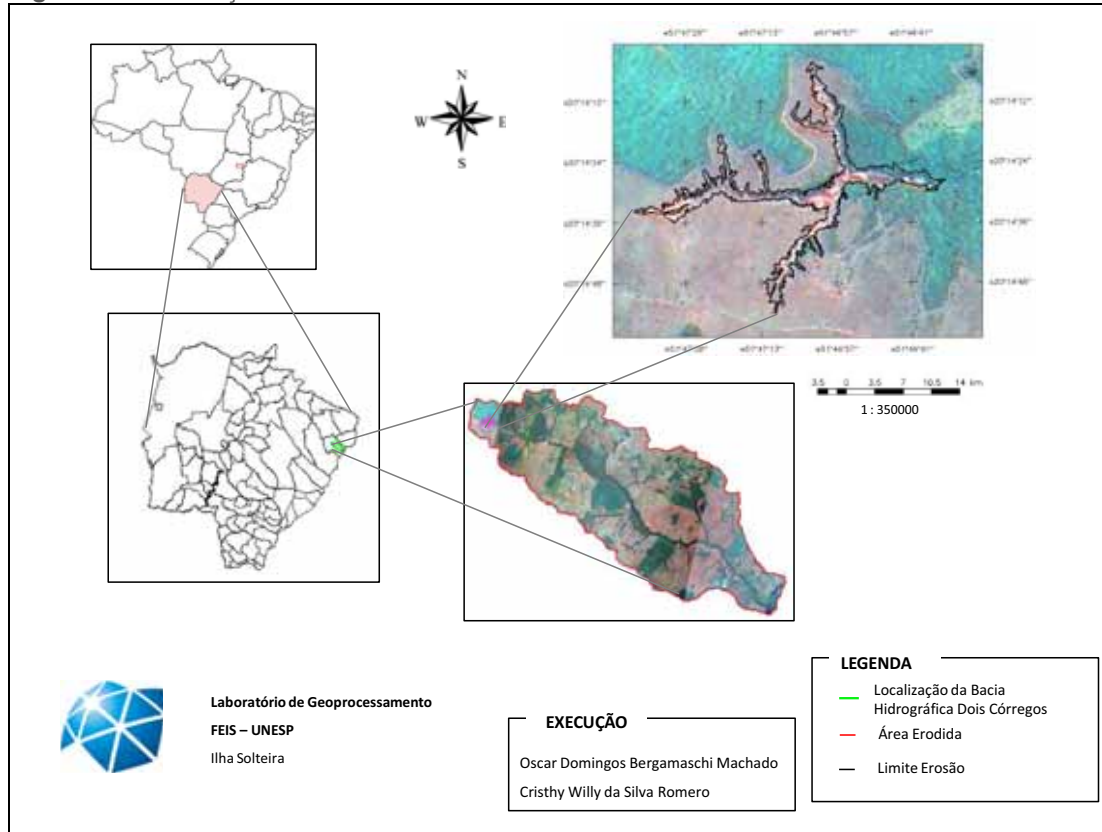
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A área de estudo está entre as coordenadas 51°58'12,84" Oeste e 20°38'37,52" Sul e 51°23'39,14" Oeste e 19°53'45,29" Sul, no interior da Micro Bacia Hidrográfica do Rio Dois

Córregos que é um afluente do Rio Paraná no Reservatório da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupiá), município de Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul.

Figura 1- Localização da área de estudo.



Fonte: Próprio autor.

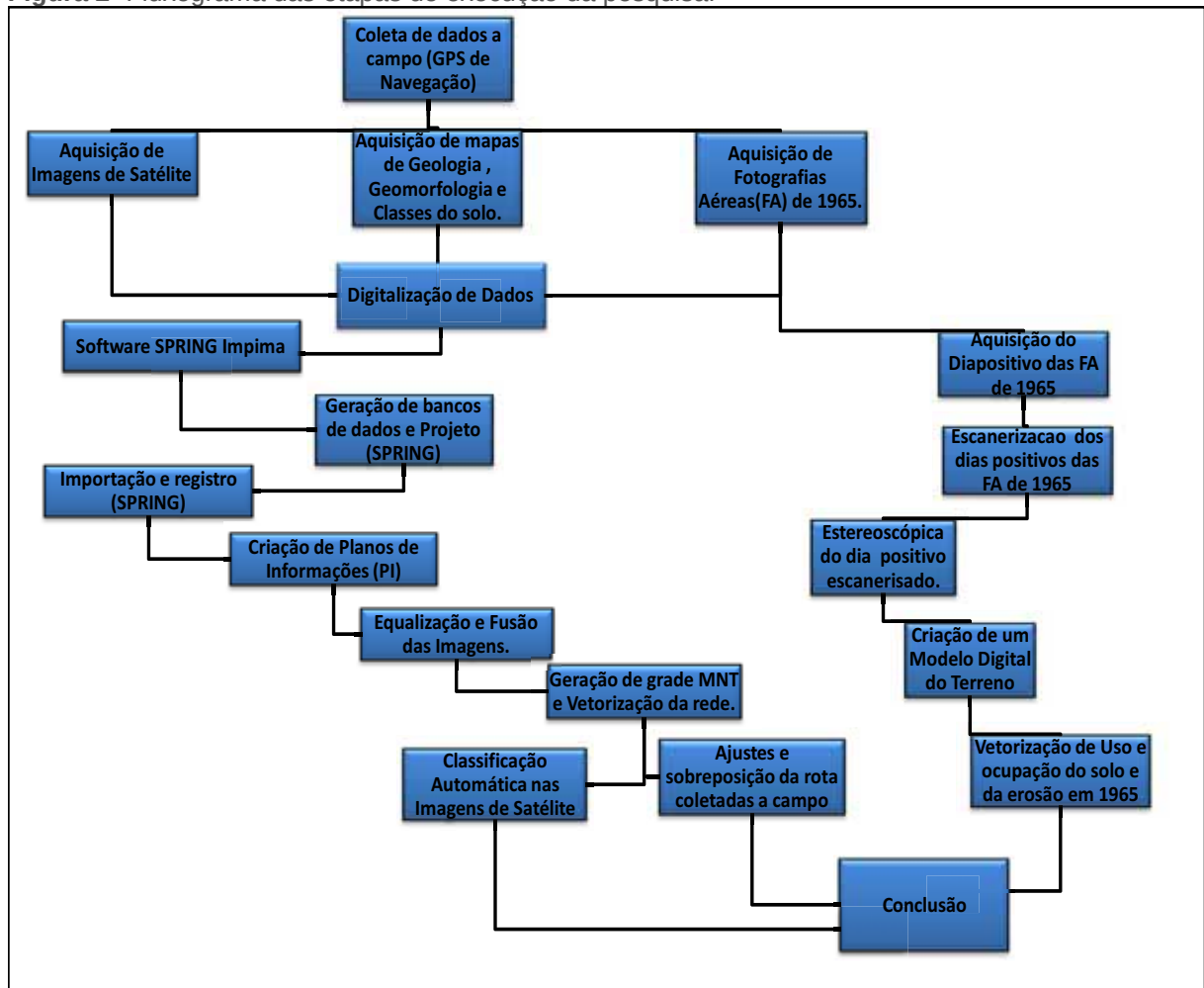
O relevo da região é caracterizado por moderadamente plano e ondulado. O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com temperatura e precipitação pluviométrica média anual de 23,5°C e 1370 mm, respectivamente, sendo o solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, A moderado. (HERNANDEZ et al., 1995 citado por FERNANDES, 2005).

A vegetação predominante é o Cerrado (gramíneo-lenhosa, arbórea densa e arbórea aberta). O Rio Paraná é, junto com seus afluentes, o principal rio da região. Há também faixas de Mata Atlântica, que se alternam perpendicularmente às margens do Rio Paraná com a vegetação do Cerrado.

3.2 Método

Para a execução desta pesquisa foram realizadas as etapas apresentadas no fluxograma na figura 2.

Figura 2- Fluxograma das etapas de execução da pesquisa.



Fonte: Próprio autor.

3.2.1 Coleta de dados de Campo

Para a coleta de dados no campo foram utilizados três GPS de navegação da marca Garmin modelo Etrex Cx, os quais tiveram a função de coletar as coordenadas da área erodida sendo coletadas as coordenadas geográficas do perímetro superior da erosão denominada de CRISTA, do perímetro inferior desta erosão denominada de PÉ e as coordenadas do centro da

erosão denominada de CENTRO enfrentando perigos e obstáculos como podem ser observados nas imagens em anexo.

3.2.2 Processamento dos dados nos laboratórios de Topografia e Geoprocessamento

Os dados armazenados nos três GPS's de navegação foram descarregados no Laboratório de Topografia da FEIS/UNESP utilizando o software MapSource versão 6.15.0. Estes dados contendo os trajetos percorridos foram salvos nos formatos GPX e DXF, possibilitando o manuseio no software TrackMaker o qual foi utilizado para ajustes de sobreposição de linhas.

No laboratório de Geoprocessamento da FEIS/UNESP para auxiliar na avaliação da dimensão da erosão presente na bacia hidrográfica Dois Córregos também foi utilizado o software de Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) versão 5.1.6 desenvolvido e fornecido gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). (CAMARA, et. al., 1996).

Para a alimentação dos dados desta avaliação foram utilizadas as imagens de satélite Landsat TM 5 órbita 223 e ponto 074 obtida no dia 08 de setembro de 2011, Landsat TM 5 ortorectificada e imagens do satélite CBERS 2B do sensor CCD com a órbita 160 e ponto 123 do dia 30 de abril de 2009. Estas imagens foram convertidas da extensão TIFF para GRB utilizando o módulo Impima versão 5.1.6/INPE.

Do satélite CBERS 2B também foram utilizadas cinco imagens do sensor HRC. Estas imagens cobrem toda a bacia hidrográfica Dois Córregos da órbita 160 e ponto 123 sendo duas imagens do dia 13 de agosto de 2008, duas imagens do dia 25 de novembro de 2008 e uma imagem do dia 30 de abril de 2009.

Foram digitalizadas fotografias aéreas geradas pelo Exército Brasileiro no ano de 1965 que foram fornecidas pela Agencia de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural do Mato Grosso do Sul (AGRAER-MS), mapas de geologia, geomorfologia e classes do solo fornecidos pela AGRAER, abrangendo a área de estudo.

O estudo foi realizado a partir da construção de um banco de dados no software SPRING. Neste banco o projeto Dois Córregos foi criado, no sistema de projeção Universal Transverse Mercator (UTM) e DATUM de referência World Geodetic System (WGS84),

contendo categorias no modelo Imagem, Temático e na Modelagem Numérica de Terreno (MNT).

Na categoria Imagem foram criados os Planos de Informações (PIs) contendo as imagens dos satélites Landsat TM 5, CBERS sensores CCD e HRC, fotografias aéreas e na categoria Temático foram criados os PI's gerados a partir dos mapas de geologia, geomorfologia e classes dos solos e também os PI's contendo os trajetos gerados a campo com GPS de navegação.

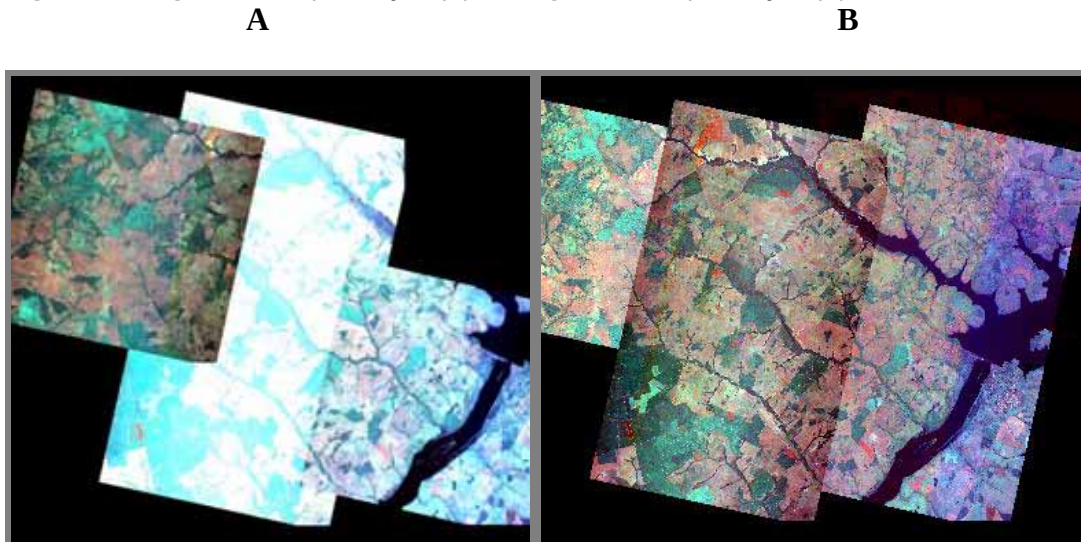
Para alimentar a categoria MNT foram utilizados dados gerados a partir de radar, obtidos de sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour, no projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), uma parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI). Estes dados estão disponíveis no site da EMBRAPA (<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/>).

Utilizando o comando no SPRING de importar Dados Vetoriais e Matriciais foi feita a importação da imagem SRTM SF-22-V-B. em seguida foi criada a grade numérica de declividade.

Para a conclusão do mapa de declividade foram feitas divisões das faixas de declividade com o comando de Fatiamento, criando assim 3 classes de níveis distintos de declividade 0-2°, 2-5° e 5-10° e sobrepondo a erosão do ano de 1965 e de 2011.

Para determinar o uso e ocupação do solo e dos processos erosivos foram utilizadas as técnicas de interpretação visual das fotografias aéreas e classificação automática das imagens de satélite conforme preconiza (VRIELING, 2006). As imagens de satélites passaram por um processo de equalização dos níveis de cinza igualando assim as medias e variâncias das imagens utilizando os cálculos dos parâmetros de ganho e offset mostrado na figura 3.

Figura 3- Imagem sem equalização (A) e Imagem com equalização (B)



Fonte: Souza (2012).

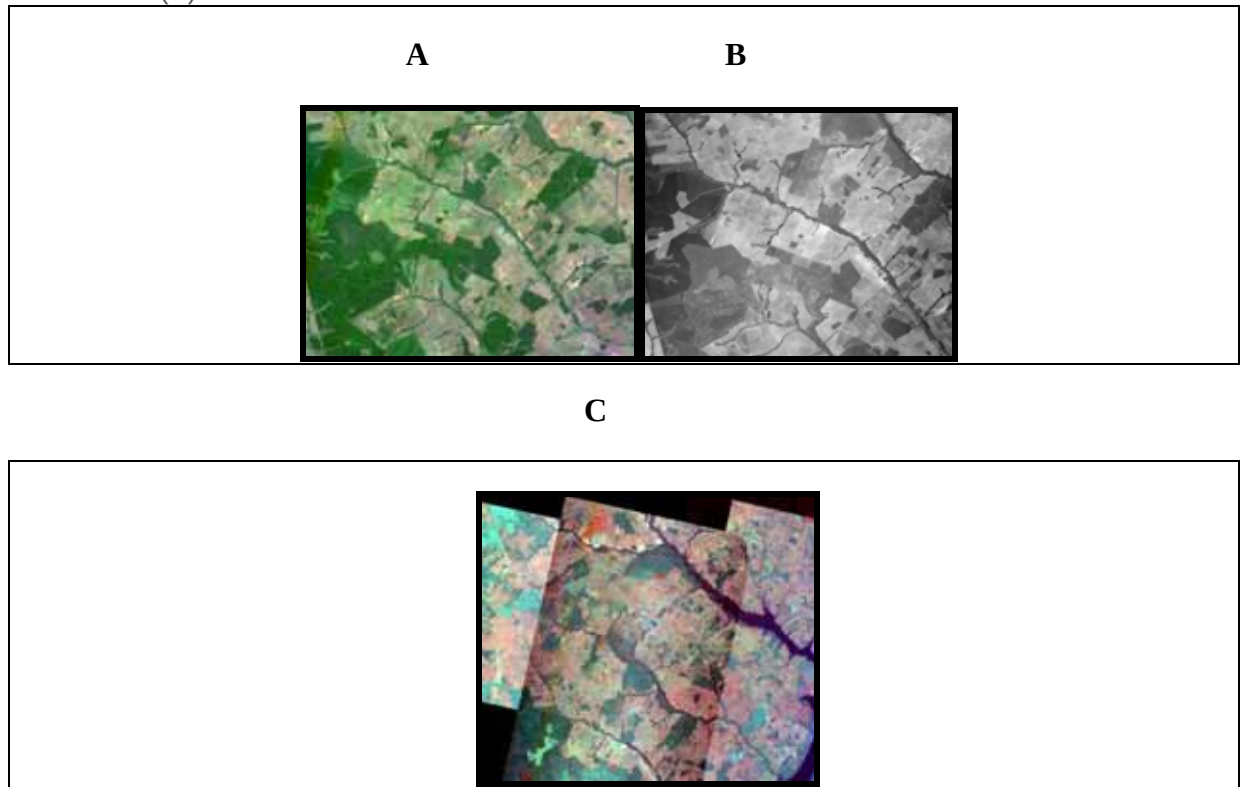
Em seguida as imagens multiespectrais do satélite CBERS 2B do sensor CCD com resolução espacial de 20 metros e do sensor HRC com resolução de 2,5 metros passaram pelo processo de fusão com o objetivo de possibilitar a integração da melhor resolução espacial da banda pancromática com a melhor resolução espectral das demais bandas, produzindo imagem colorida que reúne ambas as características.

No processo de fusão as bandas da imagem do sensor CCD foram recortadas com o mesmo retângulo envolvente das imagens do sensor HRC. Neste processo, os planos PI's foram criados com resolução espectral de 2,5 metros e retângulo envolvente idêntico ao da imagem HRC para cada banda do sensor CCD. Através da ferramenta Mosaico foram importadas as bandas da imagem do sensor CCD para os novos planos de informação. Sendo repetido para todas as imagens do sensor HRC. (Souza 2012)

Para concluir a técnica de fusão utilizou-se a ferramenta do SPRING de Transformação RGB para IHS (Intensidade-Matiz-Saturação). Nesta etapa a banda 1 da imagem reamostrada foi associada a cor B, a banda 2 reamostrada foi associada a cor G e a banda 3 reamostrada foi associada a cor R. Na sequência utilizou se a ferramenta Transformação porem com a função inversa, convertendo IHS para RGB, correspondendo o parâmetro da Intensidade (I), com a imagem HRC registrada, para o parâmetro Matiz (H) e Saturação (S) foram associadas as imagens H e S criadas anteriormente. E assim foi repetido este processo para todas as imagens HRC registradas. Obtendo como resultado imagens coloridas e com resolução espacial de 2,5 metros como mostra a figura 4.

Após o processo de fusão das imagens foi feito o mosaico com as imagens fusionadas. (Figura 4)

Figura 4- Imagem CBERS-2B/CCD (A), imagem CBERS-2B/HRC (B) e mosaico das imagens fusionadas (C)



Fonte: Souza (2012).

3.2.3 Fotografia Aérea de 1965

A partir das imagens de satélite fusionadas foi realizado o registro das fotografias aéreas de 1965 e seu mosaico em seguida foi feito a digitalização da área erodida em 1965 criando um respectivo PI e através da interpretação visual das fotografias aéreas gerando um polígono contornando a erosão denominada de Crista.

3.2.4 Estereoscopia - Fototriangulação

Foram inicialmente determinados valores aproximados para as coordenadas dos centros perspectivos (CP) das fotografias, bem como o ângulo de orientação das faixas, usando o Google Earth. A escala nominal das fotografias é de 1:60.000 tomadas com uma

câmara com distância focal de 150,895mm, o que resulta em uma altura de vôo de 9.053 m e em uma altitude de vôo de 9.453m.

As imagens foram digitalizadas em um scanner Vexcel, com tamanho de pixel de 15 micra.

No software Leica Photogrammetric Suite (LPS) foi inicialmente criado um projeto e inserido modelo de câmara com base no certificado de calibração fornecido pelo exército Brasileiro. As imagens foram importadas e foram fornecidos os parâmetros de orientação exterior aproximados (coordenadas do CP e ângulos de orientação). Foi realizada a etapa de orientação interior para as três imagens, medindo-se interativamente as coordenadas das marcas fiduciais, sendo que o software automaticamente calculou os parâmetros da transformação afim para cada imagem.

Fez-se então a medição interativa das coordenadas na imagem dos pontos de apoio (2 planialtimétricos e 2 altimétricos) e na sequência a medição automática de pontos de passagem (tiepoints) utilizando correlação de imagens. A distribuição dos pontos de controle é mostrada na figura 1a e dos pontos fotogramétricos na figura 1b.

Fez-se então o cálculo da fototriangulação pelo método dos feixes de raio (bundleadjustment) resultando nos parâmetros de orientação exterior ajustados bem como nas coordenadas de terreno dos pontos de passagem.

A etapa seguinte foi a geração de modelos digitais de terreno, para cada par. Foi utilizada a ferramenta Classic ATE (Automatic Terrain Extraction) da suíte LPS. Foi selecionado o modo de saída DEM, que gera uma imagem GeoTiff em 16bits, na qual cada célula armazena a altitude correspondente. O espaçamento entre pontos amostrais selecionado foi de 2m. Foram gerados dois modelos, correspondentes à área de superposição entre os 2 pares de fotografias. A geração de MDT foi realizada automaticamente por correlação de imagens, sendo que pontos com baixo coeficiente de correlação foram eliminados e suas altitudes interpoladas a partir dos vizinhos. Não foi realizada a edição dos MDT's, para a eliminação de vegetação, o que implica em dizer que o modelo gerado é, a rigor, um Modelo Digital de Superfície.

A partir dos MDT's, dos parâmetros de orientação exterior e das imagens digitalizadas foram geradas duas ortoimagens, correspondentes à área de superposição entre as imagens.

3.2.5 Uso e ocupação do solo.

Na criação das classes de uso e ocupação do solo no entorno da área erodida da microbacia hidrográfica Dois Córregos através das fotografias aéreas do ano de 1965, foi gerado na categoria Temático o PI delimitando as classes de Vegetação Natural, Pastagem e Cerrado através do processo de fotointerpretação das fotografias aéreas digitalizadas utilizando as funções de Edição Vetorial em seguida sobrepondo o PI contendo a classe área erodida em 1965 e assim facilitando a interpretação.

Para a criação das classes de uso e ocupação do solo com as imagens de satélites de 2011 foi gerado na categoria temático o PI delimitando as classes Vegetação Natural, Pastagem, Eucalipto e Solo Exposto, utilizado a classificação automática pelo classificador *Battacharya* implementado no SPRING em seguida sobrepondo o PI contendo a classe área erodida em 2011 e assim facilitando a interpretação.

3.2.6 Geologia, Geomorfologia e Classes de Solo.

Na criação da classe geológica, geomorfológicas e classes do solo no entorno da área erodida da bacia hidrográfica Dois Córregos, foram gerados na categoria Temático PI's contendo as respectivas classes através do processo de interpretação visual do mapa de geologia, geomorfologia e das classes do solo do Mato Grosso do Sul em seguida sobrepondo o PI contendo a classe área erodida em 1965 e 2011 assim facilitando a interpretação.

3.2.7 Área e Volume da erosão em 1965.

Através dos pontos tridimensionais (3D), gerados a partir da restituição fotogramétrica das fotografias aéreas da época foi gerado um Modelo Digital do Terreno (MICROSOFT DEPLOYMENT TOOLKIT- MDT, 1965), possibilitando o cálculo da área e do volume da erosão.

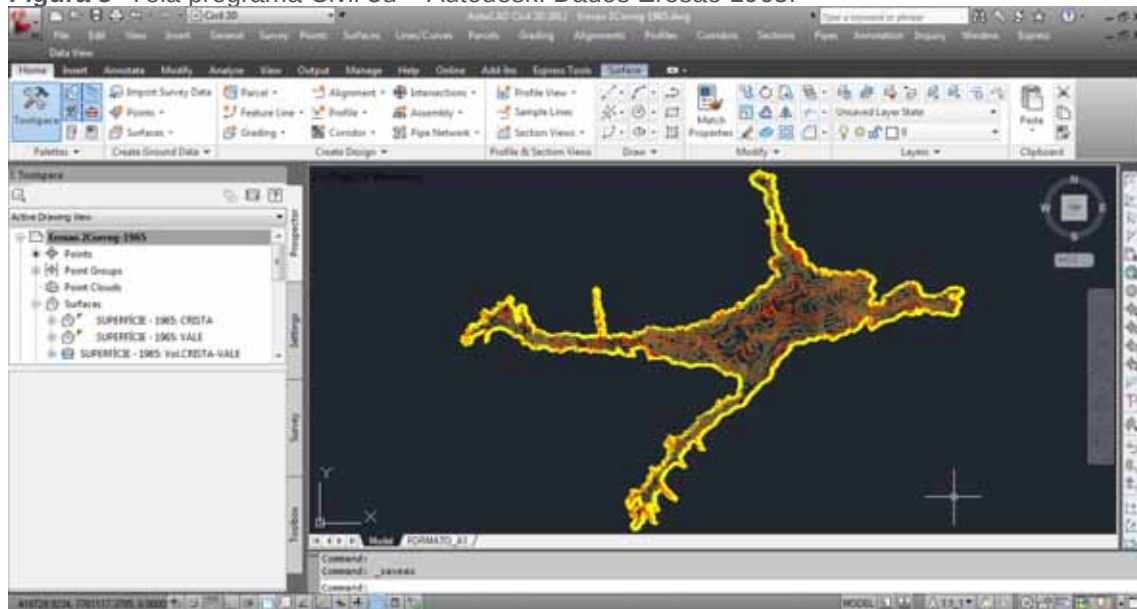
Para calcular a área e o volume da erosão foram usados os programas de topografia Topo Evn 6.0 da Métrica e Civil 3d da Autodesk (Figura 5), disponíveis no Laboratório de Topografia FEIS/UNESP.

A rotina basicamente consistiu de:

- Inserção dos pontos do MDT da área;

- Geração de triangulação dos pontos e superfície natural;
- Inserção da linha limite de borda (crista) da erosão;

Figura 5- Tela programa Civil 3d – Autodesk: Dados Erosão 1965.



Fonte:

Fonte: Marques (2013).

- Geração da superfície da cratera da erosão feita partir da interseção da superfície natural com o limite de borda (crista) da erosão, denominada de: SUPERFÍCIE – 1965: VALE;
- Geração da superfície da crista da erosão a partir dos pontos da linha limite de borda (crista) da erosão, denominada de: SUPERFÍCIE – 1965: CRISTA;
- Geração da superfície resultante da interseção das anteriores CRISTA – VALE, denominada de: SUPERFÍCIE – 1965: CRISTA-VALE;
- Geração do volume resultante da interseção das anteriores CRISTA – VALE, denominada de: SUPERFÍCIE – 1965: Vol. CRISTA-VALE.

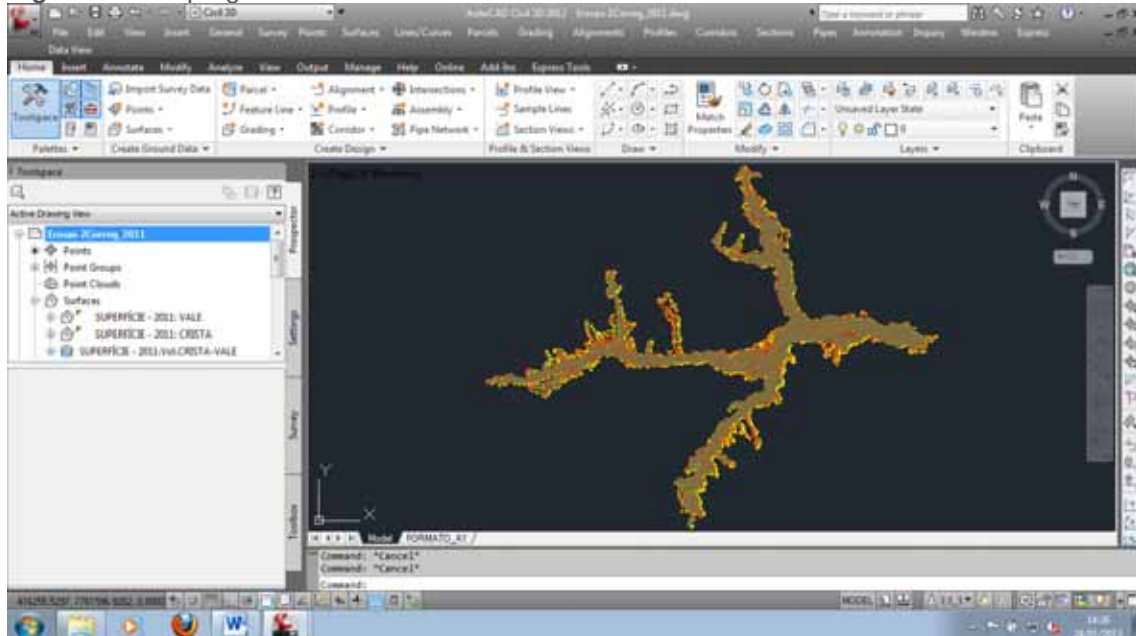
3.2.8 Área e Volume da erosão em 2011.

Com os dados do GPS de navegação do levantados em campo foi gerado um Modelo Digital. (MICROSOFT DEPLOYMENT TOOLKIT- MDT,2011). Para calcular a área e o volume da erosão foram usados os programas de topografia Topo Evn 6.0 da Métrica e Civil 3d da Autodesk (Figura 6), disponíveis no Laboratório de Topografia FEIS/UNESP.

A rotina consistiu de:

- Inserção dos pontos GPS das linhas de Borda, Pé e Centro da erosão;
- Geração de triangulação dos pontos e superfície natural;
- Inserção da linha limite de borda (crista) da erosão;

Figura 6- Tela programa Civil 3d – Autodesk: Dados Erosão 2011.



Fonte:

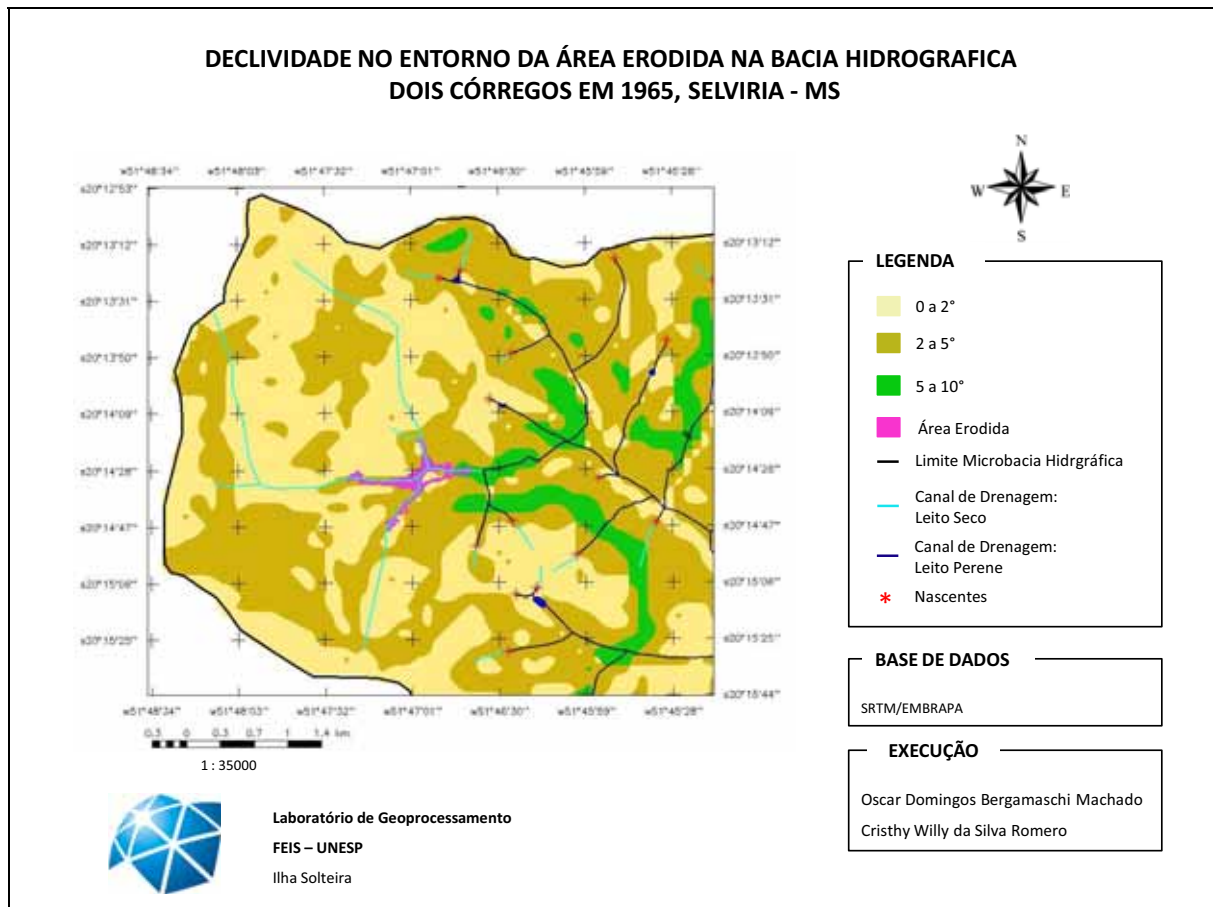
Fonte: Marques (2013).

- Geração da superfície do vale (cratera) da erosão a partir da interseção da superfície natural com o limite de borda (crista) da erosão, denominada de: SUPERFÍCIE – 2011: VALE;
- Geração da superfície da crista da erosão a partir dos pontos da linha limite de borda (crista) da erosão, denominada de: SUPERFÍCIE – 2011: CRISTA;
- Geração da superfície resultante da interseção das anteriores CRISTA – VALE, denominada de: SUPERFÍCIE – 2011: CRISTA-VALE;
- Geração do volume resultante da interseção das anteriores CRISTA – VALE, denominada de: SUPERFÍCIE – 2011: Vol. CRISTA-VALE.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

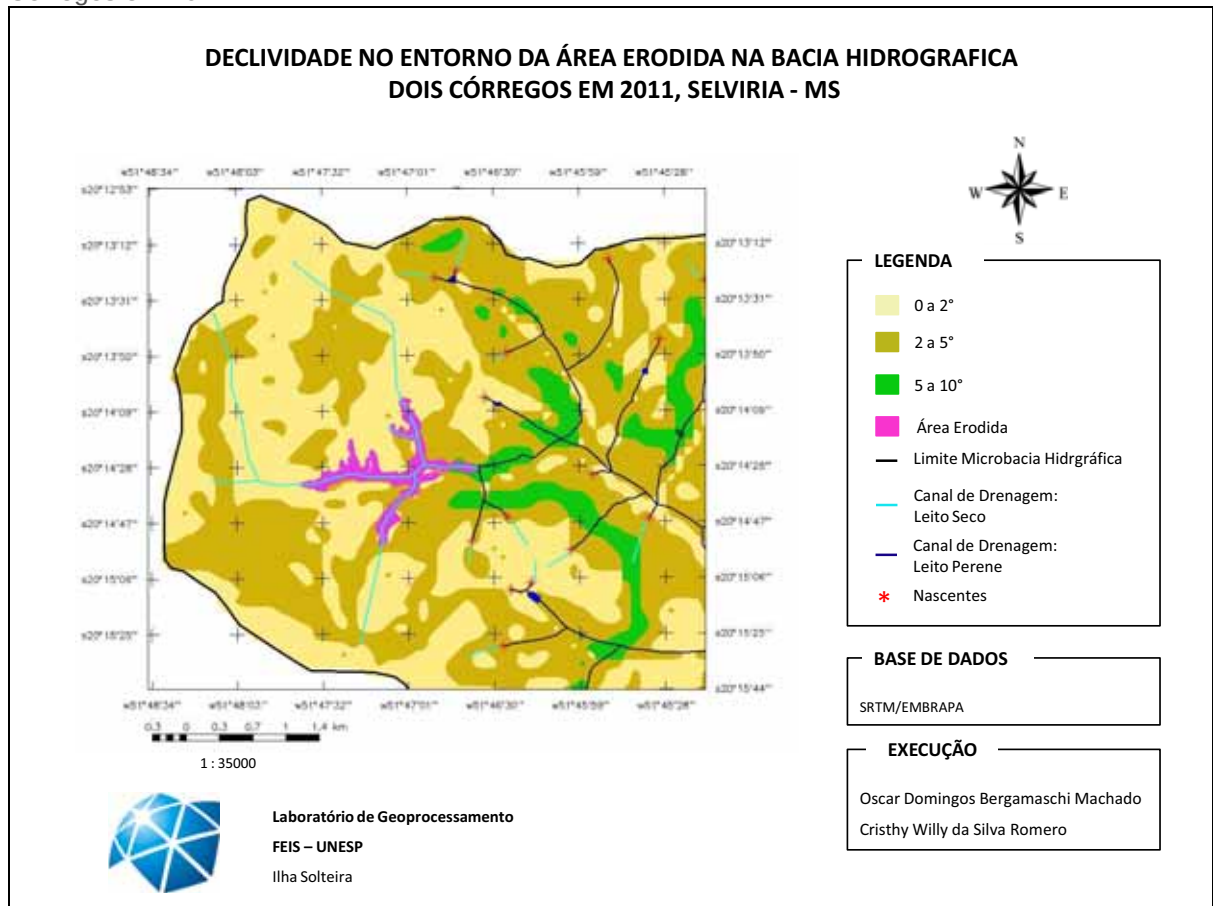
Avaliando o mapa de declividade do solo na área de estudo em 1965, foi identificado que o terreno é de baixa declividade contendo sua maior parte nas classes de 0 a 2° e 2 a 5° como mostra a figura 7.

Figura 7- Mapa de declividade no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 1965.



Fonte: Souza (2011).

Figura 8- Mapa de declividade no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 2011.



Fonte: Souza (2011).

Nos mapas de geologia do solo no entorno da área erodida no ano de 1965 e no ano de 2011 (Figuras 9 e 10), identificou-se apenas a classe Ka (Formação Adamantina), que está contida dentro do Grupo Bauru, formada de 65×10^6 a 141×10^6 anos atrás, no Período Cretáceo, da Era Mesozóica segundo o mapa de geologia do solo do estado do Mato Grosso do Sul. Silva et al. (2007) realizaram um trabalho avaliando o uso e ocupação do solo em uma formação adamantina (Ka), observando a erosão e o assoreamento causado pela ausência de cobertura sobre esse solo.

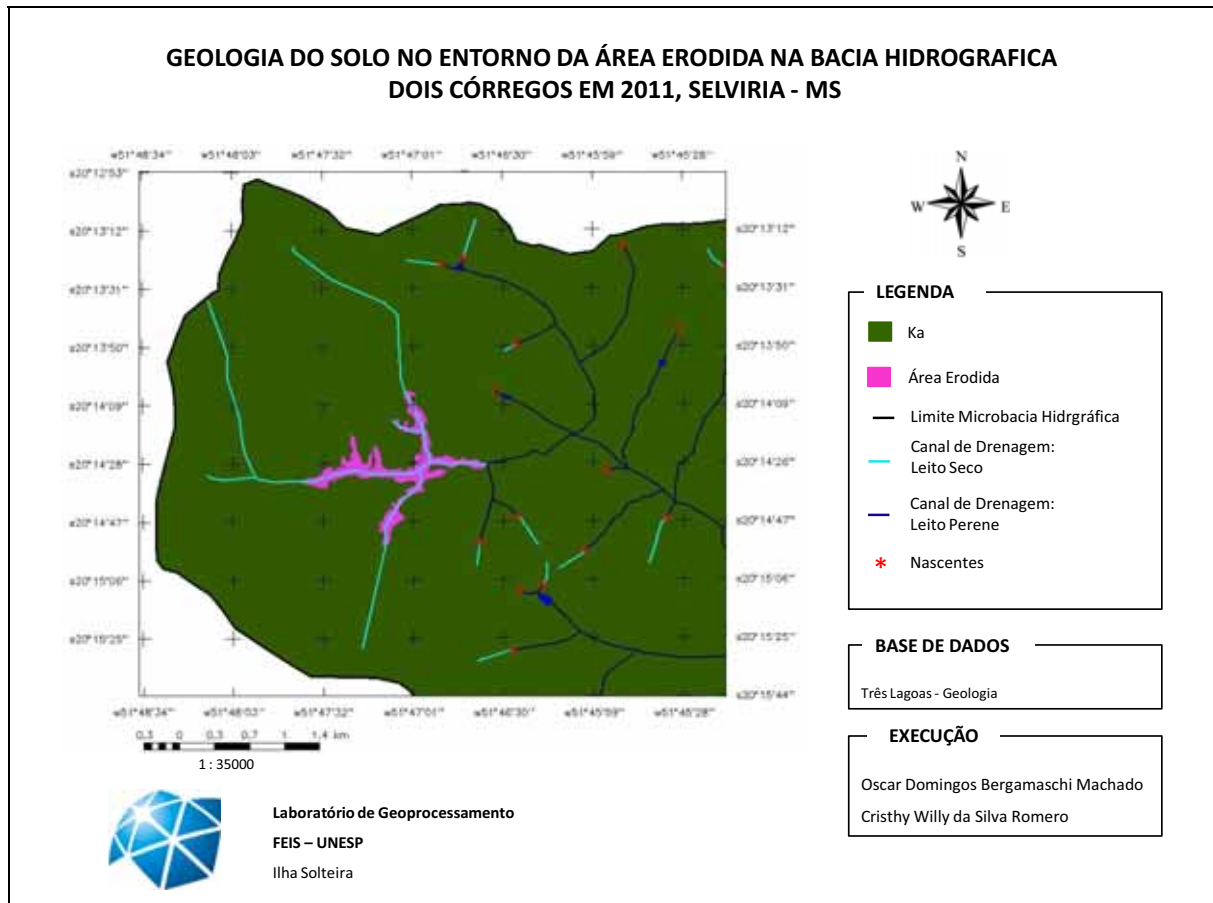
Solos Ka, de acordo com a comparação feita através do Mapa de Geologia do solo do Estado do Mato Grosso do Sul por meio de suas características físicas, são compostos por Arenitos finos da cor creme, siltos e argilitos creme arroxeados com presença de bolas de argilas. Sendo que a desagregação destas rochas formou extensos e espessos areiões.

Figura 9- Mapa de Geologia no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 1965.



Fonte: Souza (2011).

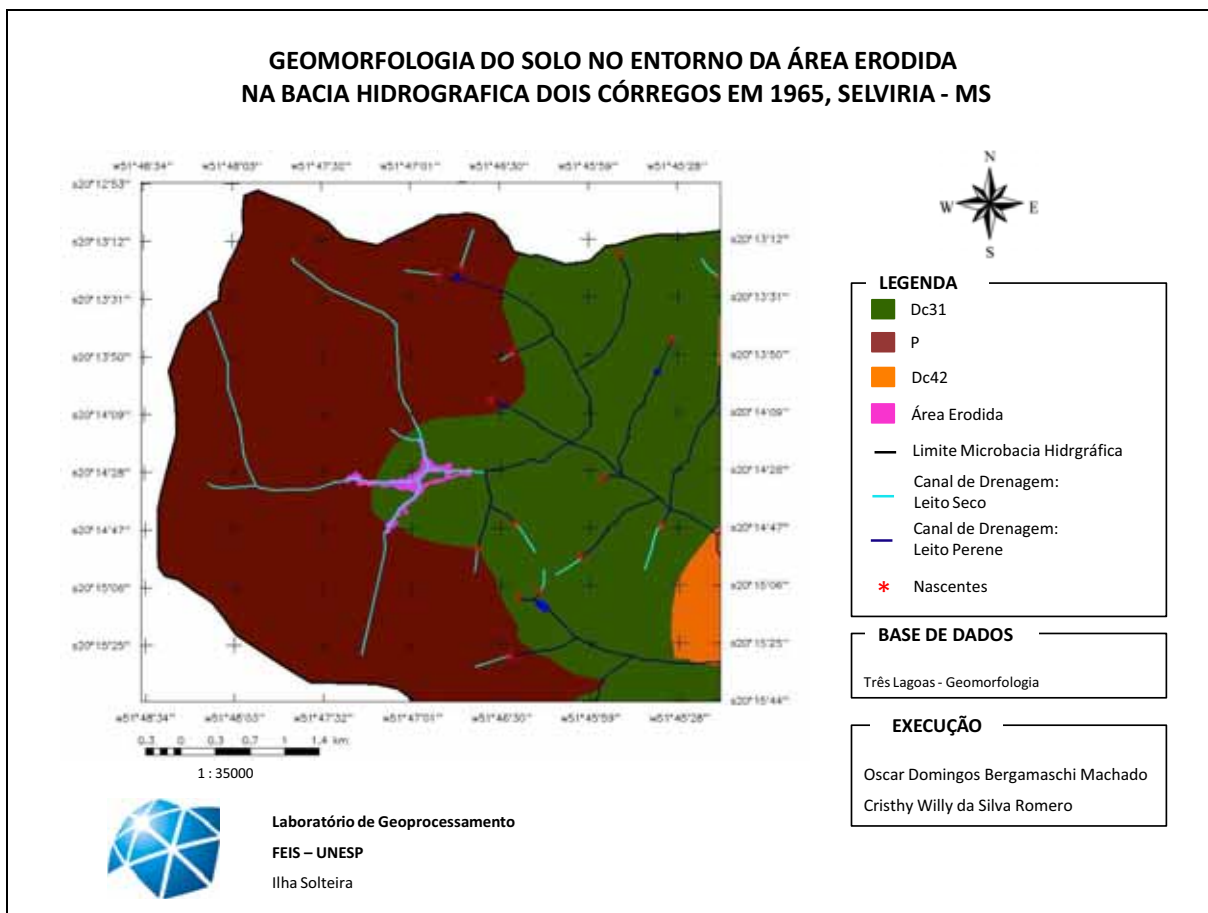
Figura 10- Mapa de Geologia no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 2011.



Fonte: Souza (2011).

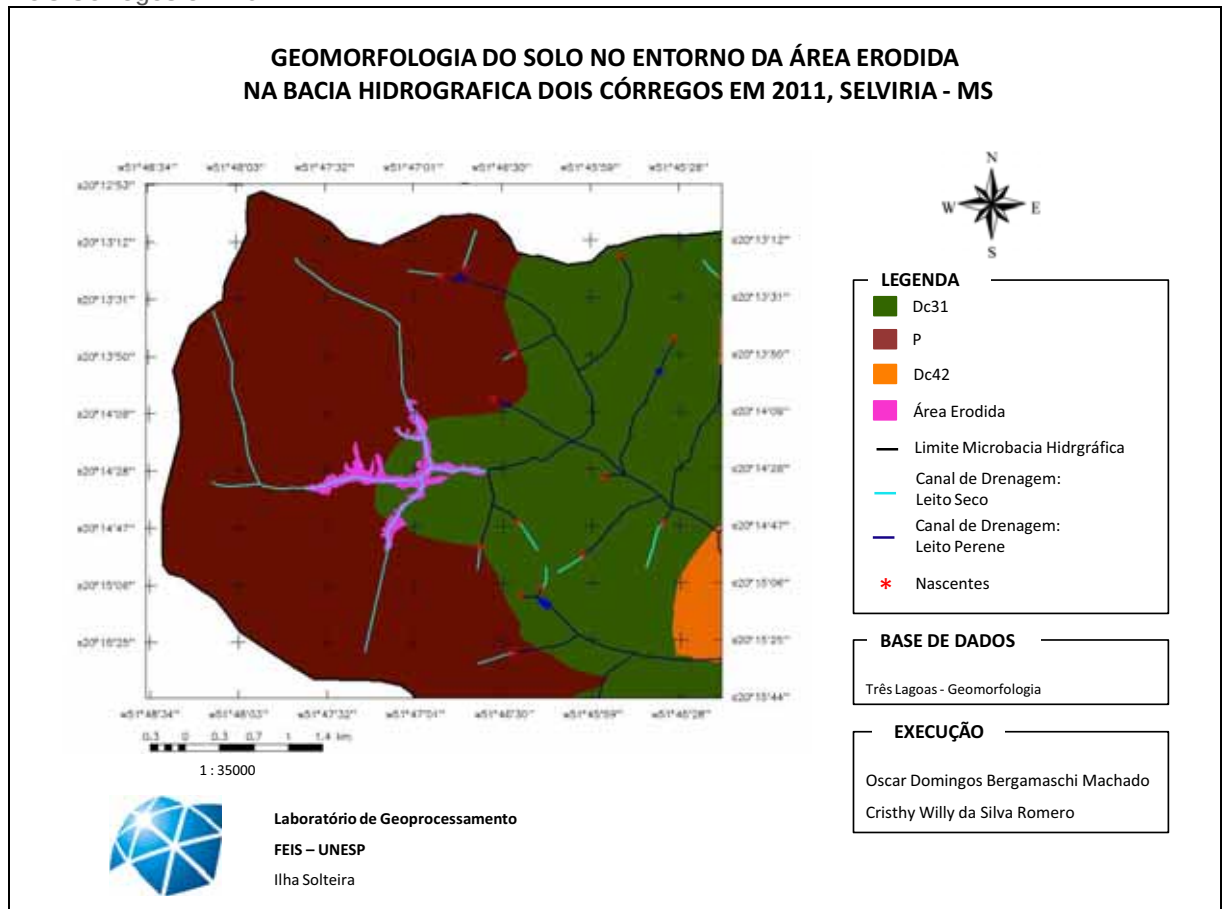
Segundo os mapas de geomorfologia do solo a erosão no ano de 1965 ficou quase em sua totalidade dentro da classe Dc31 (Figura 11), confirmando o relevo elaborado pela ação fluvial, com topos colinosos estando dentro de uma faixa de densidade de drenagem Moderada. Constatou-se também que a possibilidade da erosão ter iniciado sobre a classe Dc31 é muito grande, pois apenas dois pontos nas extremidades invadiram a classe P. Já comparando com a figura 12 observa-se que o aumento da área erodida ficou predominantemente sobre o solo classificado geomorfologicamente como P, que por sua vez é um solo de relevo plano elaborado por várias fases de retomadas erosivas.

Figura 11- Mapa de Geomorfologia no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 1965.



Fonte: Souza (2011).

Figura 12- Mapa de Geomorfologia no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 2011.

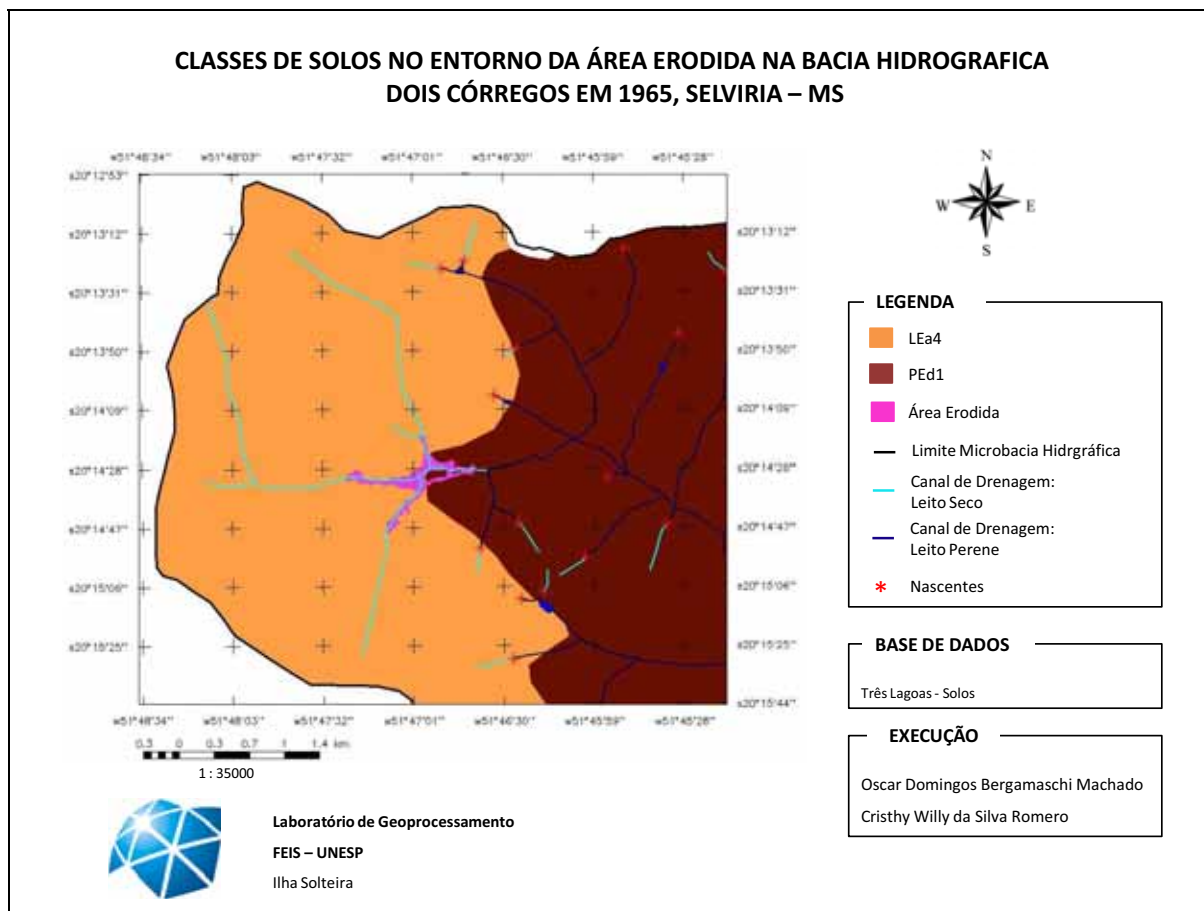


Fonte: Souza (2012).

Comparando as figuras 13 e 14, as classes de solo observadas no entorno da área erodida em 1965 e 2011, nota-se que a erosão se encontra sobre duas classes de solo, sendo uma o PEd1 um Argissolo Vermelho Escuro distrófico com textura argilosa de relevo suave ondulado e o outro um LEa4 um Latossolo Vermelho Escuro Álico de textura média e relevo plano respectivamente.

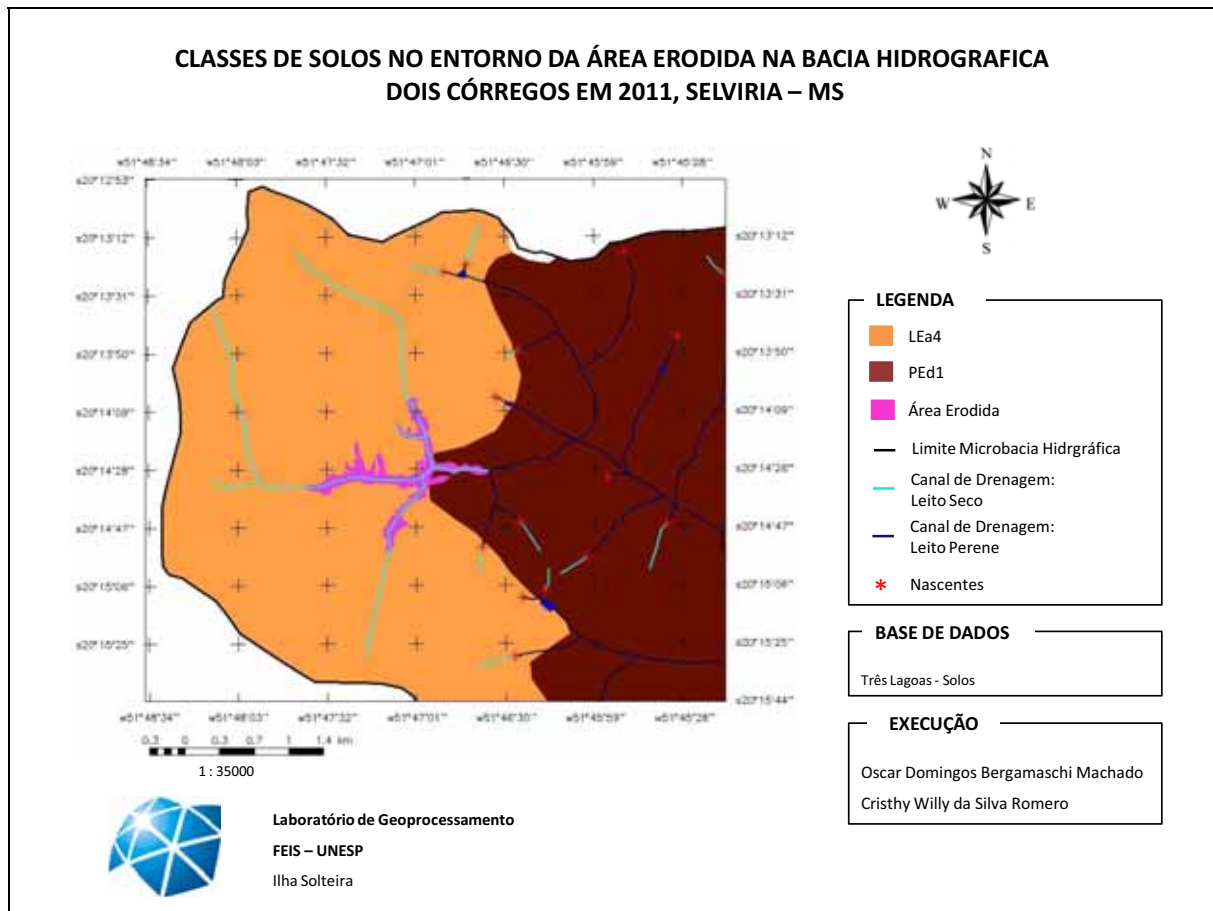
Ainda de acordo com as figuras 13 e 14 observa-se que a evolução da erosão se tornou mais expressiva ao longo desses anos na classe LEa4, visualizando que a erosão avançou no sentido de seus leitos secos devido a uma facilidade de expansão ocasionados pelos agregados característicos desse solo.

Figura 13- Mapa de Classes de Solo no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 1965.



Fonte: Souza (2012).

Figura 14- Mapa de Classes de Solo no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 2011.



Fonte: Souza (2011).

Para a avaliação do uso e ocupação do solo no ano de 1965 observa-se que todo o entorno da erosão era composto por pastagem exceto por uma pequena faixa a nordeste da mesma em que foi identificada Floresta Latifoliada semi-decidual (COMISSÃO DE SOLOS, 1960) (Figura 15).

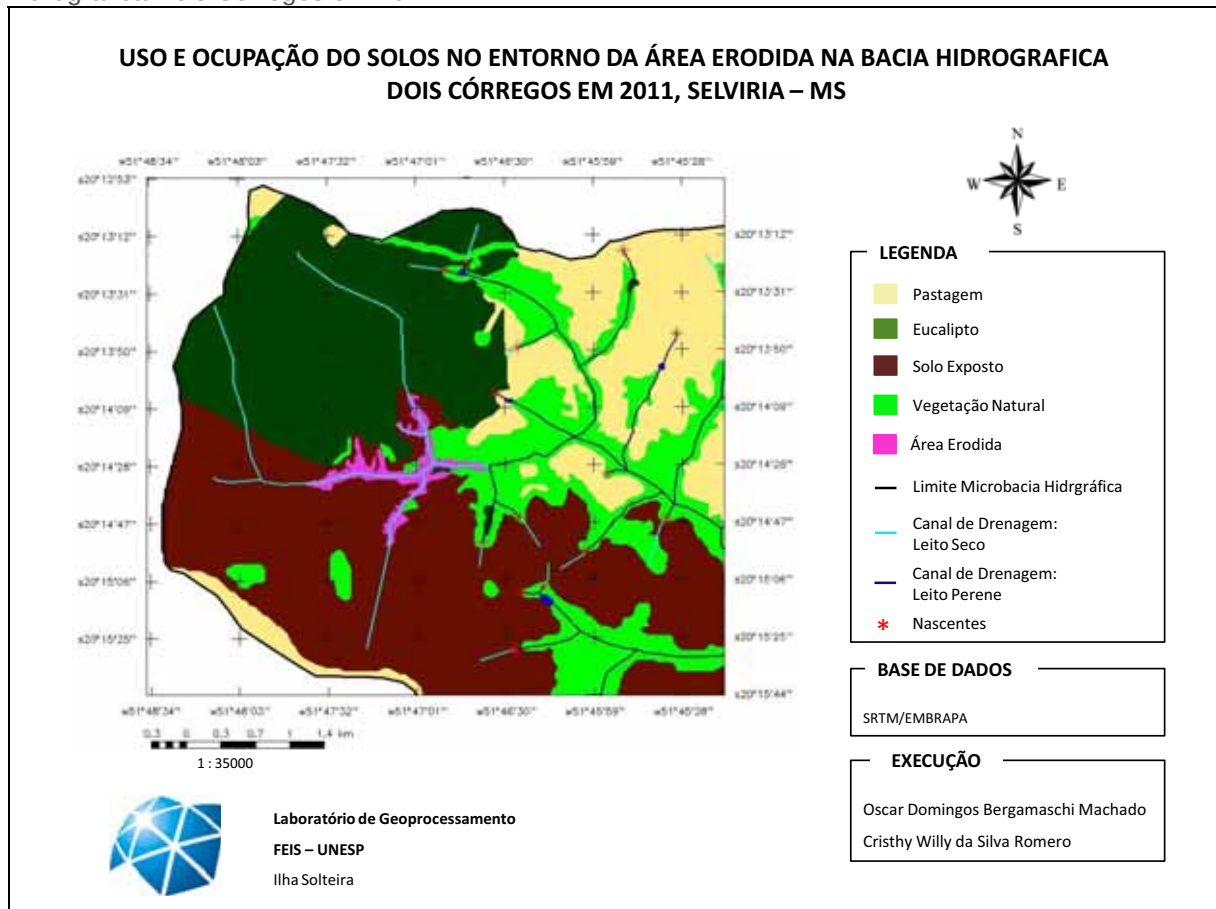
Na figura 16, no mapa de uso e ocupação do solo no ano de 2011, pode ser observado que no entorno da erosão houve uma evolução na cobertura vegetal representada pela classe Vegetação Natural, porém grande parte da pastagem observada em 1965 está classificada como solo exposto e o restante foi utilizada para o plantio de eucalipto.

Figura 15- Mapa de Uso e Ocupação do Solo no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 1965.



Fonte: Souza (2012).

Figura 16- Mapa de Uso e Ocupação do Solo no entorno da área erodida no entorno da microbacia hidrográfica Dois Córregos em 2011.



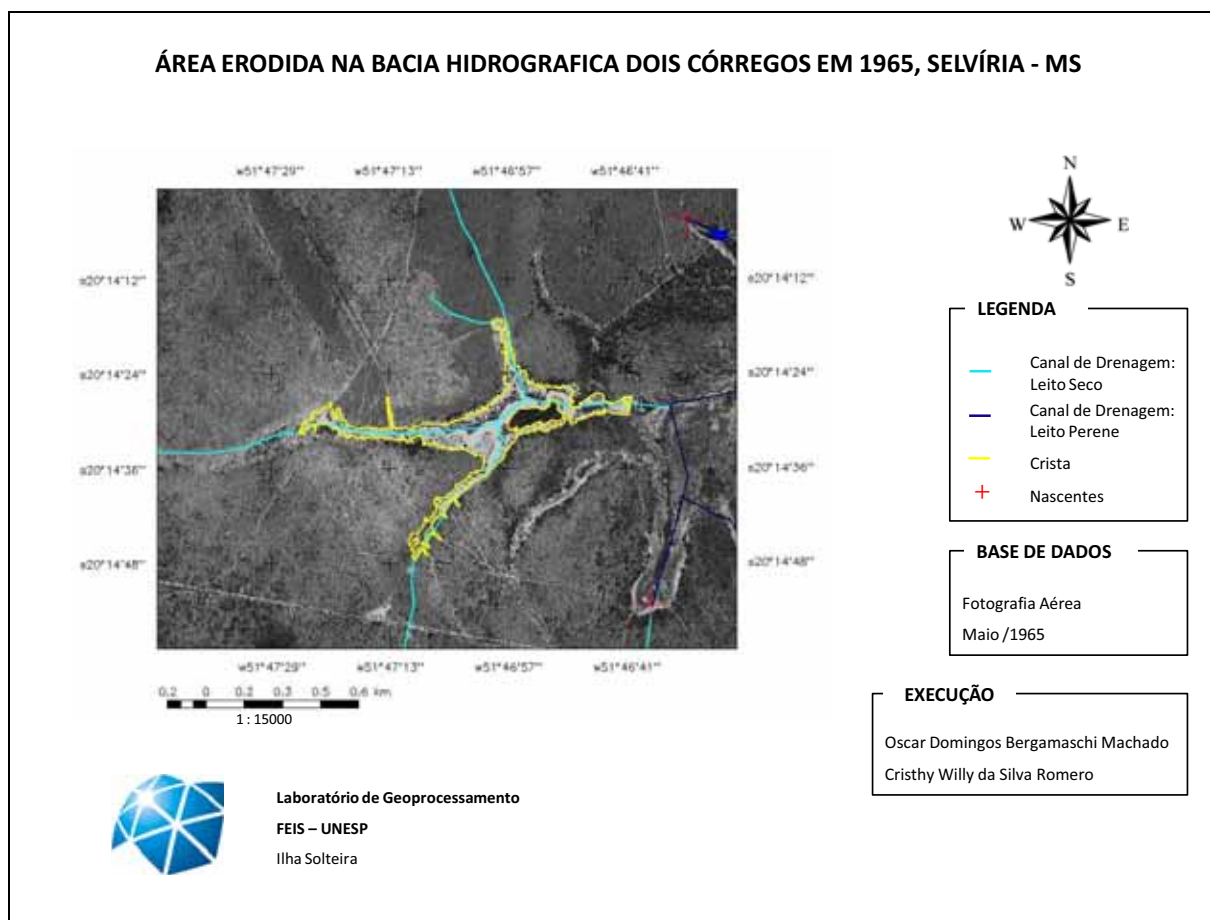
Fonte: Souza (2012).

Com os resultados da digitalização da borda da erosão e da estereoscopia feita com os diapositivos das fotografias aéreas de 1965, foi realizado o cálculo estimado de área e volume. Na tabela 1 podemos ter uma estimativa da evolução da erosão no ano de 1965 para 2011.

De acordo com os resultados obtidos temos uma estimativa de aumento de 10.688,41m no perímetro da erosão na microbacia hidrográfica Dois córregos como mostra a tabela 1 e consequentemente um aumento de 13,2 ha de sua área em uma visão tridimensional.

A área da crista no ano de 1965 apresentou valores maiores do que a área do vale tanto em 2D como em 3D, sendo justificado pela presença de uma área não erodida de aproximadamente 13.520,00m² localizada no interior da erosão como pode ser visualizado na Figura 17.

Figura 17- Área erodida na bacia hidrográfica dois córregos em 1965, Selvíria – MS.



Fonte: Próprio Autor.

Tabela 1- Perímetro, área e volume estimados da erosão e aumento relativo (%) da erosão na microbacia hidrográfica Dois Córrego entre os anos de 1965 e 2011.

	Erosão 1965	Erosão 2011	Erosão 1965/2011	%
Perímetro da Borda	6.296,84 m	16.985,25 m	10688,41m	269%
Área Crista 2D	158.153,96 m ²	281.833,32 m ²	123.679,36 m ²	176%
Área Crista 3D	158.715,60 m ²	284.921,49 m ²	126.205,89 m ²	175%
Área do Vale 2D	151.256,00 m ²	281.198,15 m ²	129.942,15 m ²	186%
Área do Vale 3D	153.034,56 m ²	371.003,84 m ²	217.969,28 m ²	242%
Volume	344.559,08 m ³	1.913.788,28 m ³	1.569.229,2 m ³	555%

Fonte: próprio autor.

A tabela acima nos apresenta a dimensão do aumento do volume da área erodida em aproximadamente 555%, mostrando a evolução da mesma devido a omissão do manejo adequado referente ao uso e ocupação do solo.

A ausência de conservação do solo traduzida nas altas taxas de perdas por erosão não tem implicações apenas para o produtor rural com a queda na produtividade, mas também na vida de toda a sociedade que paga para usar a água que pode ou não estar tendo sua qualidade deteriorada em função das práticas de conservação do solo adotadas em áreas agrícolas.

A cobertura vegetal reduz a quantidade de energia cinética que chega ao solo durante uma chuva. Outro fator importante é a redução dos processos erosivos nas formas de escoamento superficial e transporte de sedimentos. Guerra (1998) salienta que, em áreas com menos de 70% de cobertura vegetal, a perda de solos e água aumenta substancialmente. As práticas de conservação dos solos também atuam nos processos erosivos e nas perdas de solos (RUHOFF et al., 2006).

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os métodos utilizados para avaliar a erosão e a área em seu entorno na microbacia hidrográfica Dois córregos mostrou-se eficiente e de baixo custo.

Através do estudo da geologia, geomorfologia e classes de solo no entorno da área erodida foi identificado características favoráveis ao aumento do processo erosivo.

Com o estudo de uso e ocupação do solo foi concluído que houve um pequeno aumento de vegetação por regeneração natural ao longo dos anos, porém há muito que fazer para estacionar este processo erosivo.

Através dos cálculos de perímetro, área e volume de solo da erosão em 1965 e 2011, obteve-se um volume de solo erodido da ordem de 2 milhões de metros cúbicos e depositado no leito do Rio Dois Córregos e em sua foz.

A erosão estudada está evoluindo constantemente causando sérios danos ambientais e necessitando de medidas emergenciais para estacionar seu avanço.

Sugere-se que haja pesquisas voltadas a metodologias e aplicação do controle deste processo erosivo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS- ABRH. Você sabe como se forma uma erosão? São Paulo: [s.n], 2011. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/>>. Acesso em: 23 dez 2012.

AMARAL, M. V. F. **Dinâmica da estrutura da paisagem e mapeamento dos estádios sucessionais de reservas de floresta nativa, em um projeto de produção florestal**. 2007. 145 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)– Faculdade de Engenharia Florestal Universidade Federal de Viçosa -UFV, Viçosa, 2007.

ARAUJO, T. P. de. **Estudo do desencadeamento das erosões lineares concentradas em uma área do município de São Pedro/SP -- São Carlos**. 2011. 181 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo –USP, São Carlos, 2011.

BLASCHKE, T.; GLASSER, C.; LANG, S. Processamento de imagens num ambiente integrado sig/sensoriamento remoto – tendências e conseqüências. In: BLASCHKE, T.; KUX,H. (Org.). **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores métodosavanzados**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 286 p.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensingand GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, Kidlington, v. 20, n. 3, p. 395-403, May-Jun 1996.

COMISSÃO DE SOLOS. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro:Serviço Nacional de Pesquisa Agrônômica. 1960. (Boletim, 12).

FERREIRA,M. E. **Análise do modelo linear de mistura espectral na discriminação de fitofisionomias do Parque Nacional de Brasília (bioma Cerrado)**. 2003. 5 f. Dissertação(Mestrado)- Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/posg/mest/Mest172/>>. Acesso em: 7 jun. 2008.

FERNANDES, A. R. Estudos de modos de aplicação de adubação potássica para os cultivares de algodoeiro IAC 24 e deltaopal na região de Selvíria-MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador, Congresso Brasileiro de Algodão. Campina Grande: [s.n.], 2005. 5 p.

FONSECA, I. M. **História da era espacial e o Brasil na conquista do espaço**. São Paulo, São Paulo: [s.n.], 1999. (Parcerias Estratégicas, 7).

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. ...

HELLMEISTER JUNIOR, Z.; STEFANI, F. L.; AGENA, S. S.; CANIL, K.; GONZAGA, M.L. Diretrizes para o controle da erosão No Município de São João de Iracema, SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO GOIÂNIA (GO), 7., 2001, Goiania. Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Goiania: [s.n.], GO. 2001. 9 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS- INPE. **Programa CBERS**. São José dos Campos: [s.n.], 1988. Disponível em: <<<http://www.inpe.br/programas/cbers/portugues/index.html>>> . Acesso em: 12 maio 2007.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2006. 908 p.

MARTINS, A. K. E. et al. Mapeamento de unidades geomofológicas na Fazenda Lago Verde, planície do Araguaia, município de Lagoa da Confusão, estado do Tocantins. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia . **Anais ...** Goiânia: INPE, 2005. p. 1831-1838.

MOFFITT, F. H.; MIKHAIL, E. M. **Phogogrammetry**. [S.1.], Lugar de Publicação: Harper&Row, 1980. 648 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 208 p.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2003. 294 p.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION- NASA. **Satellite analysis**. Estados Unidos da América: [s.n.], 2006. Disponível em: <www.nasa.gov>. Acesso em: 12 maio 2006.

OLSZEWSKI, N. **Ambientes na Bacia Hidrográfica do Rio Preto, com ênfase à porção do médio Rio Preto**. 2004. 107 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG,

POLZ, J. A.; PINHEIRO, A. Metodologia para seleção de áreas pra implantação de aterro sanitário. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2º, 2001, Itajaí . **Anais...** Itajaí: UINIVALI, 2002. p 10.

RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote sensing digital imageanalysis: anintroduction**. 4. ed. Berlin: Springer, 2006. 439 p.

ROCHA, C. H. B.; BRITO FILHO, L. F. de; XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento aplicado à seleção de locais para implantação de aterros sanitários. In: SILVA, J. X. da; ZAIDAN, R. T.(Org.). **Geoprocessamento e análise ambiental**: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 259-299.

RUHOF, A. L. et al. Avaliação dos processos erosivos através da equação universal de perdas de solos, implementada com algoritmos em legal. **Geomática**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p.9-17, 2006.

SANTOS, J. P; VERONESE, E. S. M.; MACHADO, O. D. B. Análise multitemporal do desmatamento no assentamento Vale Verde, Gurupi, TO através do uso de imagens do sensor CCD do satélite CBERS2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal [s.n.], 2009. P 2863-2869.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL- SEMA – RS. **O que é bacia hidrográfica?** Porto Alegre: [s.n.], 2012. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

SILVA, J. dos S.V. da.; ABDON, M. M.; MIRANDA, J. I.; SILVA, M. P. da. Proposta para quantificar os remanescentes da vegetação do Pantanal Brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Inpe, 2205. 1CD-ROM.

SILVA, J. X. da. Geoprocessamento e análise ambiental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 54, n 30, p. 47-61, 1992.

SILVA, L. C. do N.; FERNANDES, A. L. V.; OLIVEIRA, W. de. Análise do uso e ocupação do solo na microbacia dom tomaz no município de Três Lagoas – MS. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 1., 2007, Taubaté. **Anais...** Taubaté: [s.n.], 2007. p. 325.- 330.

SOUZA, B. H. **Avaliação multitemporal do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica dois córregos (Selvíria-MS)**. 2012. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Júlio Mesquita Filho- UNESP, Ilha Solteira , 2012.

SOUZA, M. N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. 2004. 371 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2004.

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. Camara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J.; Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

TOMMASELLI, A. M. G. **Fotogrametria básica**: estereoscopia e paralaxe. Presidente Prudente[s.n.], . 2006. 57p.

VRIELING, A. Satellite remote sensing for water erosion assessment: a review. **Catena**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 2-18, January 2006.

ANEXOS.

Imagens dos perigos e obstaculos encontrados no trabalho de campo

Imagens da Sucuri encontrada na erosao estudada



Fonte: Rodrigues (2012).



Fonte: Rodrigues (2012).

Imagens dos obstáculos encontrados no trabalho de campo.



Fonte: Rodrigues (2012).



Fonte: Rodrigues (2012).