

**Volume**

**3**

MANUAIS DO PROJETO

---

“Monitoramento e modelagem do Reservatório”

# Manual de Modelagem dos Riscos de Erosão

Versão 2.0  
Maio, 2003

ITAIPU BINACIONAL, 2003

# Manual de Modelagem

---

## **Instituto Agronômico do Paraná**

Eng. Agr. Dr. Celso de Castro Filho  
Eng. Agr. João Henrique Caviglione  
Tec. Agr. Antonio Carlos Costa  
Lab. Auro Sebastião da Silva  
Tec. Agr. Jorge Felix

## **Pedotechnologies Inc. e Agteca S.A.**

Eng. Dr. Thomas Arey Cochrane  
Eng. Agr. Dr. L. Darrell Norton

## **ITAIPU Binacional**

Eng. Simone Benassi Frederigi MAFA.CD  
Biólogo Hélio Martins Fontes Júnior MAFA.CD  
Eng. Químico Luiz Dalmi Marenda MAFA.CD  
Zoot. Fernão Carbonar MAF.CD  
Aux. Biociências Aparecido Soares MAFA.CD  
Téc. Biociências Vilmar Bolzon MAFA.CD  
Eng. Flor. Luíz Paulo Johansson MAFA.CD



---

Índice Geral

<b>Introdução</b>	<b>8</b>
Os objetivos principais da modelagem	8
Uso de SIG (GIS)	9
<i>Projeção Cartográfica</i>	9
<b>Modelagem com RUSLE</b>	<b>13</b>
Fator K – erodibilidade do solo	13
<i>Determinação do fator K pelo método de Wischmeier.</i>	15
<i>Determinação do fator K pelo método de Denardin.</i>	16
<i>Determinação do fator K empregando o método que usa o diâmetro médio geométrico das partículas do solo.</i>	17
<i>Mapa do Levantamento de Reconhecimento de solos do Mato Grosso do Sul</i>	20
<i>Compatibilização dos mapas de solos dos estados do MS e PR</i>	23
Fator LS – topografia	24
<i>Equações usadas para obter o fator L</i>	24
<i>O cálculo do fator S usando equações do RUSLE</i>	25
<i>Premissas e correções no fator LS para a bacia de ITAIPU</i>	25
Fator R – erosividade da Chuva	31
<i>Introdução</i>	31
<i>Estações pluviométricas</i>	32
Fator C - Cobertura vegetal	39
<i>Cálculo do fator C</i>	39
<i>Valores de cobertura calculados baseados nos dados do IBGE</i>	40
<i>Dados de cobertura da USGS usando o satélite AVHRR (resolução de 1 km)</i>	42
<i>Cobertura com o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) da USGS</i>	45
<i>Fator C calculado com base na imagem CBERS – WFI, NDVI.</i>	48
<i>Fator C calculado do satélite MODIS da NASA.</i>	49
<i>As imagens orbitais LandSat.</i>	50
<i>Determinação de áreas precisas e identificação de pequenas bacias de Usinas hidroelétricas na Bacia de Influência Direta de ITAIPU.</i>	53
<i>Análises de imagens multispectrais.</i>	56
<i>Classificação de imagens LandSat e CBERS-WFI da bacia de influencia direta a Itaipu</i>	63
<i>Banco de dados de cobertura geo-referenciado para definição do fator C.</i>	67
<i>Fotos Panorâmicas</i>	71
Fator P – Práticas conservacionistas	76
<i>Exemplos de cálculos de P</i>	77
<i>Estimativas do fator P para a bacia</i>	78
<b>Resultados da modelagem</b>	<b>84</b>
Potencial erosivo	84
Referências	115
<b>Anexos</b>	<b>116</b>
Anexo I – Lista de arquivos de SIG	116

---

## Índice de Figuras

Figura 1 - Localização dos fuso UTM, nas bacias do Rio Paraná e Bacia de influência direta ao Reservatório .....	11
Figura 2. Textura de solos (porcentagem de areia ( $f_d$ ), silte( $f_l$ ), e argila( $f_v$ )). .....	15
Figura 3. Fator K (solos) calculado usando mapa de solos do SOTER. ....	19
Figura 4. Parte do Mapa de Solos de Mato Grosso do Sul digitalizado.....	21
Figura 5. Mapa de solos do Mato Grosso do Sul totalmente digitalizado, sob a hidrografia e limite da Bacia de Influência Direta ao Reservatório. ....	21
Figura 6. Mapa de solos de MS sobreposto ao Mapa de solo do PR, na área da bacia de influência direta ao reservatório. ....	23
Figura 7. Possível correção para mapa topográfico. ....	26
Figura 8. Fatores de LS usando rampas de 100 metros e declividade calculada sem correção. ....	27
Figura 9. Fator LS calculado para a bacia com fator de correção de 5 e rampa de 100 metros. ....	27
Figura 10. Fator LS calculado com correção do DEM e com fator multiplicativo 10x. ....	28
Figura 11. Mapa de LS médio por município. ....	28
Figura 12. Mapa da bacia mostrando os municípios com os 20 maiores fatores LS. ....	30
Figura 13. Formato original dos dados dos postos pluviométricos.....	32
Figura 14. Formato da Base de dados necessário para os cálculos.....	33
Figura 15. Dados de precipitação de cada estação para cada ano.....	34
Figura 16. Estações pluviométricas na bacia de influencia direta ao Reservatório de Itaipu (em verde as com mais de 20 anos de dados). ....	35
Figura 17. Fator R calculado com dados da ANEEL para a bacia de ITAIPU.....	38
Figura 18. fator C calculado dos dados do IBGE.....	41
Figura 19. Fator C calculado com dados do IBGE com correções. ....	42
Figura 20. Classificação de cobertura da USGS. ....	43
Figura 21. Mapa do fator C calculado dos dados da USGS 1992.....	45
Figura 22. Valores de NDVI para os meses de abril e maio, 1992.....	46
Figura 23. Valores do NDVI para os meses de junho e julho, 1992.....	46
Figura 24. Valores do NDVI para os meses de agosto e setembro, 1992.....	46
Figura 25. Valores do NDVI para os meses de outubro e novembro, 1992. ....	47
Figura 26. Valores do NDVI para os meses de dezembro, 1992 e janeiro, 1993.....	47
Figura 27. Valores do NDVI para os meses de fevereiro e março, 1993. ....	47
Figura 28. Índice NDVI para a media de 1992-1993. ....	48
Figura 29. Imagem WFI (09/04/2000) com valores de cobertura NDVI aproximados para modelagem com RUSLE.....	49
Figura 30. Trabalhos com imagens de satélite do EOS, MODIS representado a área de estudos da bacia de influência direta a Itaipu utilizado para calculo do fator C de cobertura vegetal.....	50
Figura 31. Imagens sobreposta de uma região qualquer da cena 224/77 mostrando o erro do registro .....	52
Figura 32. Imagem Pancromática obtida pela transformação RGB para IHS.....	53
Figura 33. Usina de Melissa, bacia do Rio Piquiri. ....	54



Figura 34. Usina Mourão, bacia do Rio Ivai, município de Campo Mourão. ....	55
Figura 35. Usina do Rio dos Patos, bacia do Rio Ivai. ....	55
Figura 36. Usina de São João, bacia do Rio Ivinhema.....	55
Figura 37. Sistema de sensoriamento remoto ótico passivo para classificação de imagens...56	
Figura 38. Respostas espectrais para definir classes utilizando diferentes bandas. ....	57
Figura 39. Três tipos de classificadores utilizados para separar diferentes classes.....	58
Figura 40. Definição supervisionada de classes para classificar a imagem LandSat 222/76 .....	60
Figura 41. Imagem LandSat 224/77 do Reservatório em cor natural (bandas 3,2,1) .....	61
Figura 42. Combinação de bandas 4,5, e 6 (cor falsa) para distinguir vegetação.....	62
Figura 43. Banco de dados de fotos geo-referenciadas com GPS de cobertura no Mato Grosso do Sul.....	63
Figura 44. Classificação de imagens LandSat de 2002 utilizando o programa MultiSpec e uma classificação supervisionada. ....	64
Figura 45. Classificação melhorada da imagem WFI (CBERS) utilizando MultiSpec e classificação supervisionada. ....	65
Figura 46. Fator C médio para cada sub-bacia (com arado convencional e plantio direto)...66	
Figura 47. Classificação de imagem sob malha municipal. ....	67
Figura 48. Imagem de cobertura da USGS com pontos geo-referenciados.....	69
Figura 49. Imagem de cobertura WFI com pontos geo-referenciados visitados.....	70
Figura 50 - Foto panorâmica panora_001, no Paraguai, campo agrícola colhido. ....	72
Figura 51 - Foto panorâmica panora_002, no Paraguai, campo agrícola colhido em plantio direto. Ponto geo-referenciado no. 217. ....	72
Figura 52 - Foto panorâmica panora_003, Município de Londrina, área agrícola, antes ocupada por café.....	72
Figura 53 - Foto panorâmica panora_004, Município de Tamarana área agrícola, em aveia com pasto ao fundo e mata ciliar na rede hidrográfica. Ponto geo-referenciado no. 230. ....	73
Figura 54 - Foto panorâmica panora_005, Município de Mauá da Serra, no trevo. Ponto geo-referenciado no. 232.....	73
Figura 55 - Foto panorâmica panora_006, Plantio de aveia, com terraceamento. Ponto geo-referenciado no. 238.....	73
Figura 56 - Foto panorâmica panora_007, Município de Jardim Alegre, na barranca do rio Ivaí, mostrando área de pasto em relevo forte ondulado. Ponto geo-referenciado no. 241. ....	73
Figura 57 - Foto panorâmica panora_008, município de Ivaiporã, plantio de aveia. Ponto geo-referenciado no. 252.....	73
Figura 58 - Foto panorâmica panora_009, subestação de FURNAS no município de Manoel Ribas. Ponto geo-referenciado no. 253. ....	73
Figura 59 - Foto panorâmica panora_010, município de Manuel Ribas, Plantio de aveia com mata ciliar preservada e capão de eucalipto. Ponto geo-referenciado no. 254. ....	74
Figura 60 - Foto panorâmica panora_011, município de Guarapuava. Área de pasto com mata. Ponto geo-referenciado no. 269. ....	74
Figura 61 - Foto panorâmica panora_012, município de Guarapuava perfil de Terra Bruna. Ponto geo-referenciado no. 269.....	74
Figura 62 - Foto panorâmica panora_013, Estrada para Guairacá, município de Guarapuava. Área de plantio direto sem terraceamento. Ponto geo-referenciado no. 272.....	74
Figura 63 - Foto panorâmica panora_014, Estrada para Guairacá, município de Guarapuava. Área de mata, pasto e culturas anuais. Ponto geo-referenciado no. 275.....	74

Figura 64 - Foto panorâmica panora_015, Estrada para Guairacá, município de Guarapuava. Área de floresta de araucária, pasto e campo. Ponto geo-referenciado no. 276. ....	75
Figura 65 - Foto panorâmica panora_016, Estrada para Guairacá, município de Guarapuava. Área de mata, reflorestamento e campos de aveia. Ponto geo-referenciado no. 279. ....	75
Figura 66 - Foto panorâmica panora_017, Estrada para Guairacá, município de Guarapuava. Área de pasto. Ponto geo-referenciado no. 288. ....	75
Figura 67 - Foto panorâmica panora_018, município de Prudentópolis depois do trevo do Relógio. Ponto geo-referenciado no. 306. ....	75
Figura 68 - Foto panorâmica panora_019, estrada de Pato velho para Prudentópolis. Área de mata nativa e plantada e campos agrícolas. Ponto geo-referenciado no. 308.....	75
Figura 69 - Foto panorâmica panora_020, Município de Prudentópolis, erosão severa já aparecendo o subsolo. Ponto geo-referenciado no. 314. ....	76
Figura 70 - Foto panorâmica panora_021, campo agrícola (soja rebrotada) no município de Prudentópolis, no mesmo ponto do da foto anterior. Ponto geo-referenciado no. 315. ....	76
Figura 71 - Foto panorâmica panora_022, Município de Palmital, área de soja colhida e rebrotada em plantio de aveia. Ponto geo-referenciado no. 333.....	76
Figura 72. Resultados do fator P para Lavouras Temporárias do Paraná. ....	80
Figura 73. Resultados do Fator P para os municípios do Paraná (usando práticas para Lavouras temporárias unicamente, P para pastagem =1).....	81
Figura 74. Fator P para as lavouras temporais nos municípios da bacia de influência a Itaipu. ....	82
Figura 75. Fator P para o Município onde fator P =1 para pastagens e outros tipos de uso do solo.....	83
Figura 76. Potencial erosivo por município calculado usando todos os fatores do RUSLE (R,K,LS,C e P). O fator de C foi estimado baseado na imagem a)USGS e b) NDVI do satélite CBERS e não inclui dados agrícolas como ser uso de plantio direto. Municípios em vermelho mostram um risco de perda de solos maior.....	85
Figura 77. Potencial erosivo na bacia de influencia direta ao Reservatório utilizando agricultura convencional.....	86
Figura 78. Potencial erosivo (T / ha / ano) da bacia de influencia ao Reservatorio simulando a utilização geral de plantio direto.....	87
Figura 79. Localização dos três municípios utilizados como exemplo no detalhamento conservacionista de bacia de influencia direta a Itaipu. ....	99

---

## Índice de Tabelas

Tabela 1. Códigos de permeabilidade .....	14
Tabela 2. Códigos para a Estrutura do solo .....	14
Tabela 3. Parâmetros e valores de K usando a fórmula do Wischmeier. ....	16
Tabela 4. Parâmetros e valores de K para solos utilizando a fórmula do Denardin.....	17
Tabela 5. Fator K médio para cada sub-bacia.....	19
Tabela 6. Áreas das unidade cartográficas do mapa de solos do Mato Grosso do Sul.....	22
Tabela 7. Ranking dos 20 maiores fatores de LS por município usando 100 metros de rampa e fator de correção de 5x. ....	29
Tabela 8. Fator LS médio para cada sub-bacia. ....	30
Tabela 9. Nove regiões e suas constantes para uso na equação R proposta por Rufino et al., 1993. ....	31
Tabela 10. Lista de estações pluviométricas e número de anos de dados.....	36
Tabela 11. Fator R médio para cada sub-bacia. ....	38
Tabela 12. Valores de C para cobertura obtida da imagem USGS 1992. ....	44
Tabela 13. Fatores de C utilizados para os valores de NDVI. ....	48
Tabela 14. Áreas das bacias e de usinas dentro da bacia de influencia direta a Itaipu. ....	54
Tabela 15. Amplitude e propósito de bandas do satélite LandSat. ....	59
Tabela 16. Exemplo de banco de dados geo-referenciado. ....	70
Tabela 17. Imagens do banco de dados geo-referenciados. ....	71
Tabela 18. Práticas Conservacionistas na Lavoura Temporária.....	78
Tabela 19. Informantes com declaração de conservação.....	79
Tabela 20. Fator P para lavoura temporária e para município baseado em áreas (ha) de práticas conservacionistas nas lavouras temporárias.....	80
Tabela 21. Fator P médio para cada sub-bacia. ....	83
Tabela 22. Fatores médios e potencial erosivo para cada sub-bacia (agricultura convencional) .....	87
Tabela 23. Fatores médios e potencial erosivo para cada sub-bacia (agricultura em plantio direto) .....	88
Tabela 24. Comparação de potencial erosivo com agricultura convencional vs. Plantio direto .....	88
Tabela 25. Fatores médios para cada município (fator C para plantio direto).....	93
Tabela 26. Mapas gerais da bacia (hidro, cidades, bacia, pontos, etc.) .....	116
Tabela 27. Mapas de Fatores R, K, LS, C e outros. ....	117

---

## INTRODUÇÃO

---

O propósito deste manual é documentar em uma forma lógica o desenvolvimento da metodologia de modelagem de riscos de erosão para a bacia de influência direta a Itaipu. Os modelos usados para esta modelagem são o RUSLE e o USLE. Uma descrição geral deste modelos e dos fatores do modelo é apresentada neste manual.

A modelagem é feita com uma série de mapas e dados de cobertura vegetal, clima, solos, e topografia. A aplicação destes mapas e dados para obter os fatores necessários para o funcionamento do modelo RUSLE / USLE também é detalhado no manual.

## Objetivos principais da modelagem

O objetivo principal de Itaipu deve ser a diminuição do aporte de sedimentos ao reservatório através da mudança de uso do solo (estabelecimento de praticas conservacionistas, etc.) e isto esta tudo relacionado a perda de solos na bacia. A modelagem permite a gente manter um conhecimento das perdas de solos atuais e ano a ano ir simulado novas possibilidades para o futuro. A seguinte lista mostra os objetivos e prioridades na parte de modelagem do projeto:

1. Estabelecer uma metodologia para determinar riscos de erosão na bacia (a modelagem com o RUSLE e SIG).
2. Identificar as regiões e municípios com o maior risco de erosão atual.
3. Simular diferentes uso do solo/praticas (ou seja fatores C e P) para determinar a melhor combinação para reduzir o aporte de sedimentos das regiões mais afetadas. Depois de ver a melhor forma de reduzir o aporte, sugerir que isto seja implementado.
4. Continuar a modelagem de situações reais a cada ano utilizando o uso de solos atual e o uso de praticas (com imagens de satélite, visitas a campo, verificação com resultados do monitoramento, etc. Obviamente, depois de estabelecida a metodologia, será fácil fazer simulações em toda a bacia e ir renovar a modelagem a cada ano.

5. Trabalhar no detalhamento da modelagem de erosão em áreas que serão determinadas como prioritárias. Sugerir projetos de conservação detalhados para estas áreas de alta importância.

#### Melhoramento e detalhamento dos dados da modelagem

Os fatores mais fixos da modelagem são os fatores de topografia e erodibilidade do solo. Ou seja, estes são os fatores que mudam pouco no decorrer do tempo. Mesmo assim, podemos melhorar cada um obtendo dados com resoluções mais detalhadas, especialmente para regiões de maior risco inicial ou áreas prioritárias.

O fator R climático pode mudar de ano a ano. Inicialmente foi determinado uma média histórica para toda a bacia. Mas no futuro será possível simular o fator climático ano a ano obtendo dados meteorológicos atualizados.

Os fatores que mudam muito seriam o de cobertura vegetal e práticas conservacionistas. Estes devem ser determinados cada ano para determinar o potencial erosivo atual daquele ano.

## **Uso de SIG (GIS)**

O Sistema de Informação Geográfica (GIS ou SIG) é uma ferramenta importante para a modelagem de grandes áreas. Ela permite o manejo de grandes quantidades de dados em forma espacial, ou seja pelo uso de mapas que podem ser sobrepostos um sobre o outro. Neste projeto utilizamos o SIG para gerenciar toda a informação e mapas e para facilitar a modelagem com RUSLE em toda a bacia de influência direta a Itaipu.. Os principais programas de SIG utilizados neste projeto são o Arc View, Erdas Imagine, Arc Info e Idrisi. O geo-referenciamento de todos os mapas está feita na projeção Albers Cônica Geográfica em SAD69. Um detalhamento destas projeções é feita na próxima seção.

## **Projeção Cartográfica**

Definir a projeção cartográfica é extremamente importante para o projeto, já que a projeção define como serão manejados e visualizados todos os mapas que possamos utilizar na modelagem. Para a definição de uma projeção cartográfica, é necessário definir com clareza alguns tópicos, tais como objetivos finais da projeção; propriedade cartográfica a ser mantida (já que são excludentes entre si); região geográfica de abrangência; necessidade de precisão e acurácia das medidas em relação às propriedades cartográficas. Os projetos que envolvam o Reservatório de ITAIPU possuem três regiões distintas: O Reservatório, seu entorno e municípios (provincias) limítrofes, denominada no Brasil como Bacia do Rio Paraná-3; área de influência direta ao Reservatório, é composta de toda bacia hidrográfica desde a última barragem (Rosana e Primavera no estado de São Paulo) até o Reservatório de ITAIPU, abrangendo parte do estado do Paraná e do Mato Grosso do Sul; a terceira região é a bacia do Rio Paraná completa até a Barragem.

A primeira área citada, onde se concentram os trabalhos de ITAIPU, encontra-se representada em UTM (Universal Transversal de Mercator - é uma projeção cilíndrica, secante, transversa ou seja o eixo do cilindro projetado está perpendicular ao eixo de rotação da terra), no fuso 21 (57°W), firmado no Datum denominado de “Astro Chuá”, com seu respectivo esferóide padrão internacional de 1924. Devido a possibilidade de se estender os fusos UTM em 0,5 graus além do limite (54° W), toda a região trabalhada é representada com tranqüilidade em um único fuso, que atende as exigências dos projetos ali desenvolvidos.

Na segunda área citada, não é possível de ser mapeada na projeção UTM, pois envolve dois fusos (22 - 51° W e 21- 57° W) e extrapola o limite de 0,5 graus para a extensão de qualquer um dos fusos. Devido aos cálculos geométricos realizados no SIG, necessários para a aplicação do modelo, é necessária a utilização de uma projeção cartográfica que apresente boa precisão geométrica em médias e grandes escalas. A projeção policônica possui aplicação mais recomendada para pequenas escalas e grandes regiões ou continentes.

A terceira área citada possui a maior extensão territorial e cobre vários estados da Federação (Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, e Mato Grosso do sul, o Distrito Federal). Para ser representada em UTM são necessários três fusos (23 – 45° W; 22 – 51° W; 21 – 57° W). A Figura 1 retrata a localização dos fusos da projeção UTM em relação as regiões citadas acima.

Outro fato a ser observado é a disposição geográfica das áreas, a primeira possui uma forma alongada e praticamente se encaixa no sentido Norte-Sul. A segunda área é alongada no sentido noroeste-sudeste; e finalmente a terceira possui seu maior sentido do nordeste para sudoeste

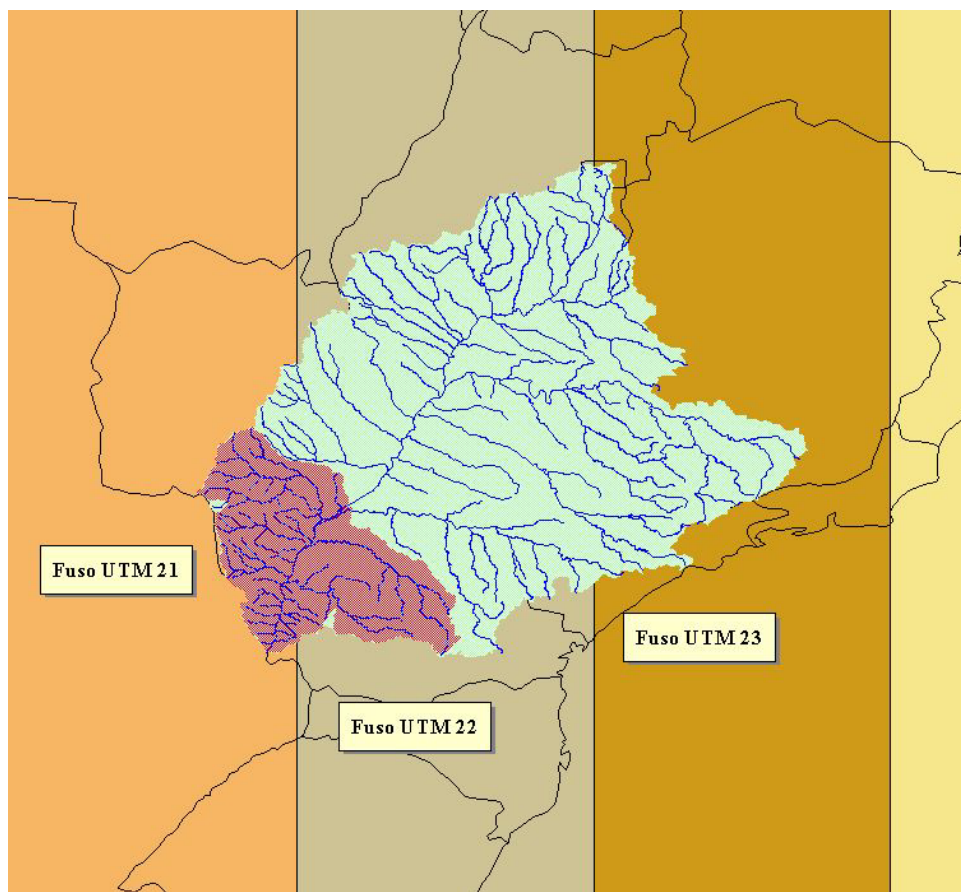


Figura 1 - Localização dos fuso UTM, nas bacias do Rio Paraná e Bacia de influência direta ao Reservatório

Numa reunião com a Prof. Dra. Arlete Meneghette (especialista de geo-processamento da USP) esclareceu alguns pontos na definição da projeção cartográfica. Pode-se afirmar que não existe projeção que cubra as três áreas sem prejuízo. A melhor opção para esta intenção foi de se conceber uma projeção com características próprias para a bacia como um todo. As características básicas desta projeção seriam: cônica, oblíqua ou eixo de rotação, e secante formando duas linhas de distorção zero em arco que “acompanhariam” o Rio Paraná.

No entanto, para o Projeto de Monitoramento de Aporte de Sedimentos ao Reservatório de ITAIPU, ficou estabelecido que a projeção será a Cônica Equivalente de Albers. (Albers Conic equal-area) utilizando-se o datum SAD-69<sup>1</sup>.

Para o projeto de monitoramento do aporte de sedimentos, devemos considerar os extremos da Bacia de influência direta ao Reservatório, que aproximadamente são estes:

Extremo Norte: 20° 51' 00" S (-20,85).

<sup>1</sup> O SAD-69 é a denominação genérica do datum sul-americano estabelecido em 1969 (South American Datum 1969). E considera a elipsóide da terra com as seguintes dimensões para os raios maior e raio menor: 6.378.160 m e 6.356.774,72 m.

Extremo Sul: 25° 31' 30" S (-25,675).  
 Extremo leste: 50° 40' 45" W (-50,6791666).  
 Extremo oeste: 56° 02' 30" W (-56,0416666).

A projeção de Albers requer como parâmetros de conversão primeiramente o paralelo e meridiano de origem (centro). Tomando-se o retângulo que circunscreve a área de estudo, seu centro geométrico aproximado é: **23° 15' 45" S (-23,2625); 53° 21' 45" W (-53,3625)**.

Também requer a definição de dois paralelos padrões<sup>2</sup>. Foram definidos os seguintes paralelos: **24° 28' 15" S (-24,470833); 22° 03' 15" S (-22,054166)**.

Ainda requer a definição de um deslocamento nos eixos das abscissas (X) e coordenadas (Y), para que os valores de coordenadas sejam todos positivos. Para estes valores foi determinado que o valor de **400.000 m** (400 km) é mais que suficiente para que os valores nos dois eixos sejam todos positivos. Em síntese os parâmetros são os seguintes:

Primeiro paralelo padrão:	<b>22° 03' 15" S (-22,054166)</b>
Segundo paralelo padrão:	<b>24° 28' 15" S (-24,470833)</b>
Meridiano central:	<b>53° 21' 45" W (-53,3625)</b>
Paralelo central:	<b>23° 15' 45" S (-23,2625)</b>
Deslocamento em X:	<b>400.000 m</b>
Deslocamento em Y:	<b>400.000 m</b>

No projeto serão utilizadas a projeção de Albers e a geométrica (WGS84) com latitude / longitude.

---

<sup>2</sup> Os dois paralelos padrões são as linhas de distorção zero, que geometricamente são as linhas secantes à superfície da terra.



---

**MODELAGEM COM RUSLE**

---

Para determinar áreas na bacia de Itaipu onde existe uma alta produção de sedimentos, foi determinado que o modelo RUSLE seria apropriado neste projeto. O modelo RUSLE usa o mesmo formato que a equação universal de perdas de solos que é basicamente a seguinte:

$$A = R K L S C P$$

Onde

A = perdas de solo por unidade de área

R = fator de potencial erosivo das chuvas

K = fator de erodibilidade do solo

L = fator de comprimento de rampa

S = fator de inclinação (declividade)

C = fator de cobertura e manejo do solo

P = fator de práticas conservacionistas (terraços, curvas de nível, etc.)

Depois da introdução da USLE, pesquisas adicionais foram realizadas e melhorias ao modelo original foram incorporadas como a RUSLE (Renard et al., 1997). Como a USLE, a RUSLE é um modelo estatístico global que fornece valores médios das perdas do solo sobre uma extensão de tempo, geralmente um ano. A RUSLE mantém ainda o mesmo formato que USLE, usando os fatores de R, de K, de L, de S, de C, e de P, mas melhorias substanciais foram feitas na maneira que estes fatores são determinados.

A seguir serão apresentadas as descrições de cada um destes fatores e os dados usados para obre-los para a bacia de Itaipu.

## **Fator K – Erodibilidade do Solo**

O cálculo do fator K, de erodibilidade do solo, foi realizado usando duas fórmulas generalizadas desenvolvidas para solos no mundo e uma para solos em certas regiões do Brasil. A primeira fórmula apresentada é a fórmula do Wischmeier que utiliza propriedades do solo como a permeabilidade (Tabela 1), estrutura (Tabela 2), matéria orgânica, e partículas primarias do solo (Figura 2). A segunda fórmula apresentada é a do Dr. José Eloir Denardin. Esta fórmula foi desenvolvida para as condições de algumas regiões do Brasil onde o teor de alumínio no solo e outras propriedades são utilizadas para definir a erodibilidade do solo. A terceira fórmula utilizada é uma fórmula generalizada utilizada no

RUSLE que é exclusivamente baseada nas partículas primárias do solo (silte, areia, e argila, ver Figura 2).

Tabela 1. Códigos de permeabilidade

<b>Textura</b>	<b>Condutividade hidráulica saturada (mm/h)</b>	<b>Código de permeabilidade</b>
Areia	> 6,096	1
Franco arenoso/areia franca	2,032 a 6,096	2
Franco/ silte franco /silte	0,508 a 2,032	3
Areia franco argilosa/argila franca	0,2032 a 0,508	4
Silte franco argiloso/areia argilosa	0,1016 a 0,2032	5
Silte argiloso/argila	< 0,1016	6

Tabela 2. Códigos para a Estrutura do solo

<b>Tipo de estrutura</b>	<b>Código da estrutura</b>
Granular muito fina (< 1 mm)	1
Granular fina (1 a 2 mm)	2
Granular média e grosseira (2 a 10 mm)	3
Em blocos, laminar ou massiva (> 10 mm)	4

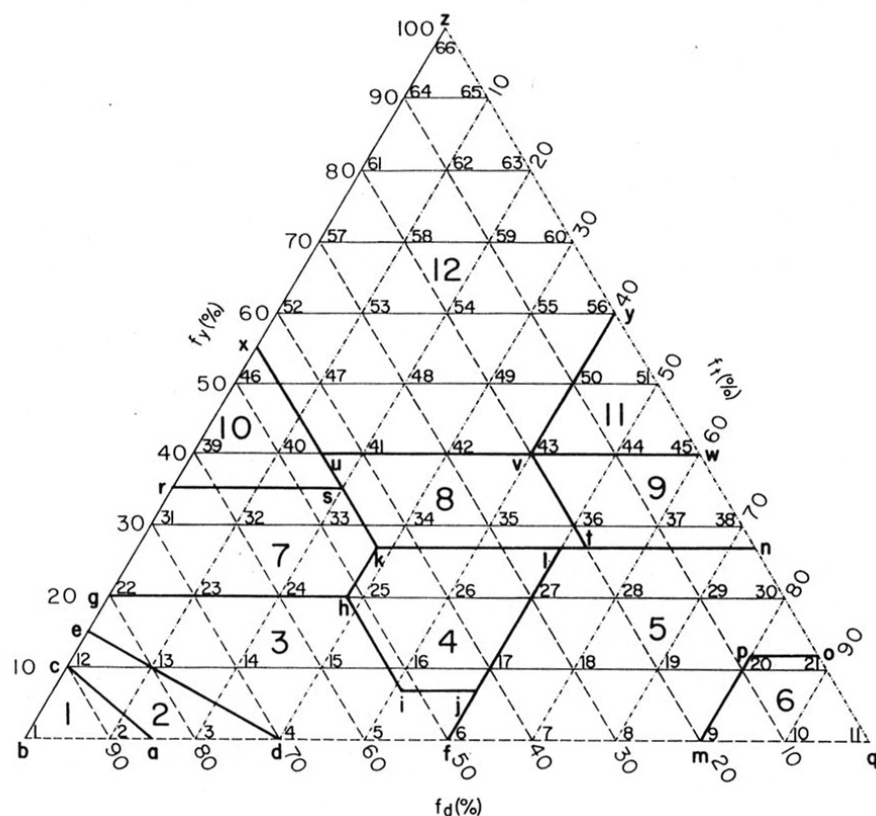


Figura 2. Textura de solos (porcentagem de areia ( $f_d$ ), silte( $f_s$ ), e argila( $f_y$ )).

1. areia
2. franco arenoso
3. areia franca
4. franco
5. silte franco
6. silte
7. areia franco argilosa
8. argila franca
9. silte franco argilosa
10. areia argilosa
11. silte argilosa
12. argila

### Determinação do fator K pelo método de Wischmeier.

A fórmula utilizada neste método para determinação do fator K é a seguinte:

$$K = \left[ 2.1 \cdot 10^{-4} (12 - OM) \cdot M^{1.14} + 3.25(s - 2) + 2.5(p - 3) \right] / 759$$

Unidades:  $t \ ha \ h \ ha^{-1} \ MJ^{-1} \ mm^{-1}$

Onde

- $M = (\% \text{ silte modificado ou } 0.002-0.1\text{mm}) \cdot (\% \text{ silte} + \% \text{ areia})$
- Percentagem de silte modificado (0.002-0.01 mm)
- Percentagem de areia modificada (0.1-2 mm)
- Percentagem de matéria orgânica (OM)
- Classe de estrutura (s), ver Tabela 2
- Classe de permeabilidade (p), ver Tabela 1

A Tabela 3 mostra o tipo de solo, os parâmetros usados, e o fator K de Wischmeier calculado para os solos da bacia de influência direta ao Reservatório.

Tabela 3. Parâmetros e valores de K usando a fórmula do Wischmeier.

Tipo de Solo	Parâmetros							
	areia grossa	areia fina	silte	argila	carb. Org.	Estrutura (s)	Permeab. (p)	K-Wisc
Latossolo vermelho - escuro distrófico	52	32	5	11	1,050	2	2	0,0086632
Latossolo roxo distrófico	10	5	18	67	3,550	3	6	0,0533983
Latossolo roxo distrófico e eutrófico	7	7	19	67	1,790	3	6	0,0735108
Latossolo vermelho - amarelo distrófico	25	12	20	45	2,740	3	6	0,0498913
Latossolo húmico distrófico								-0,018445
Latossolo bruno distrófico	5	5	12	78	2,500	3	6	0,0734579
Terra roxa estruturada distrófica e eutrófica	5	7	18	70	1,510	4	6	0,0835621
Terra roxa estruturada eutrófica	8	7	18	67	2,000	4	6	0,0754272
Terra roxa estruturada similar eutrófica	5	7	18	70		4	6	0,1015483
Terra Bruna estruturada distrófica	6	5	32	57		4	6	0,0864476
Terra Bruna estruturada distrófica e eutrófica	6	5	32	57	2,880	4	6	0,0583763
Podzólico vermelho - amarelo distrófico tb	55	34	2	9		1	1	-0,001356
podzólico vermelho - amarelo distrófico tbta (állico)	23	40	14	23	0,950	1	4	0,027239
podzólico vermelho - amarelo eutrófico tb	55	34	2	9	0,250	1	1	-0,001696
Podzólico bruno - acinzentado distrófico								-0,018445
Cambissolo distrófico tb	2	7	30	61	2,660	3	6	0,0587681
Cambissolo distrófico tbta						3	6	0,0141634
Cambissolo húmico tb	5	6	35	54	4,720	3	6	0,035057
Cambissolo húmico tbta	5	6	35	54		3	6	0,0787562
Solos gley distróficos	17	10	43	30	1,900	2	4	0,035577
Areias quartzosas distróficas	77	13	2	8	0,450	1	1	-0,002885
Solos litólicos distróficos	1	26	47	26	0,620	3	3	0,0414871
Solos litólicos distróficos e eutróficos	1	26	47	26		3	3	0,0451159
Solos litólicos eutróficos	6	17	44	33	16,900	3	4	-0,058143
Solos litólicos húmicos	39	23	19	19	3,760	2	2	0,0112122
Latossolo vermelho - escuro alíco	1	4	27	68	3,290	2	6	0,0518517

### Determinação do fator K pelo método de Denardin.

As seguintes equações foram estudadas e ajustadas para as condições brasileiras pelo Dr. José Eloir Denardin da EMBRAPA-Trigo em Passo Fundo, RS.

A fórmula para os solos do Brasil baseada no "Nomograma de Wischmeier" é:

$$K = 0,00608397P + 0,00834286MO - 0,00116162Al - 0,00037756Ar$$

Com  $R^2 = 0,8950$

onde:

K = fator erodibilidade do solo expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;

P = permeabilidade do perfil do solo codificada conforme Wischmeier & Smith (1978);

MO = teor de matéria orgânica do solo (carbono orgânico total multiplicado por 1,72), expresso em percentagem;

Al = teor de óxido de alumínio extraível por ácido sulfúrico, expresso em percentagem;

Ar = teor de partículas com diâmetro entre 0,5 e 2,00 mm, expresso em percentagem, determinados pelo método da pipeta.

A seguinte tabela com os valores e parâmetros de K foi montada:

Tabela 4. Parâmetros e valores de K para solos utilizando a fórmula do Denardin.

Tipo de Solo	Parâmetros				
	Permeabilidade	carbono orgânico	alumínio/s	areia grossa	Valor de K (Denardin)
Latossolo vermelho - escuro distrófico	2	1,050	0	52	0,0076
Latossolo roxo distrófico	6	3,550	42	10	0,0349
Latossolo roxo distrófico e eutrófico	6	1,790	3	7	0,0561
Latossolo vermelho - amarelo distrófico	6	2,740	75	25	-0,0207
Latossolo húmico distrófico					0,0000
Latossolo bruno distrófico	6	2,500	57	5	0,0043
Terra roxa estruturada distrófica e eutrófica	6	1,510	2	5	0,0540
Terra roxa estruturada eutrófica	6	2,000	0	8	0,0622
Terra roxa estruturada similar eutrófica	6			5	0,0346
Terra Bruna estruturada distrófica	6			6	0,0342
Terra Bruna estruturada distrófica e eutrófica	6	2,880	1	6	0,0744
Podzólico vermelho - amarelo distrófico tb	1			55	-0,0147
podzólico vermelho - amarelo distrófico tbta (álico)	4	0,950	19	23	0,0072
podzólico vermelho - amarelo eutrófico tb	1	0,250	0	55	-0,0111
Podzólico bruno - acinzentado distrófico					0,0000
Cambissolo distrófico tb	6	2,660	29	2	0,0402
Cambissolo distrófico tbta					0,0000
Cambissolo húmico tb	6	4,720	94	5	-0,0068
Cambissolo húmico tbta	6			5	0,0346
Solos gley distróficos	4	1,900	0	17	0,0452
Areias quartzosas distróficas	1	0,450	0	77	-0,0165
Solos litólicos distróficos	3	0,620	29	1	-0,0069
Solos litólicos distróficos e eutróficos	3			1	0,0179
Solos litólicos eutróficos	4	16,900	89	6	0,1612
Solos litólicos húmicos	2	3,760	78	39	-0,0392
Latossolo vermelho - escuro alico	6	3,290	77	1	-0,0061

### **Determinação do fator K empregando o método que usa o diâmetro médio geométrico das partículas do solo.**

Este método é limitado a solos com menos de 10% de fragmentos de pedras por peso (>2mm) o que é favorável para a bacia de influência direta a ITAIPU, já que os solos não contém fragmentos de pedras. A equação apresentada abaixo é baseada em uma relação com o tamanho da partícula média geométrica do solo.

$$K = 7.594 \left\{ 0.0034 + 0.0405 \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\log(Dg) + 1.659}{0.7101} \right)^2 \right] \right\}$$

onde

$$Dg(mm) = \exp(0.01 \sum f_i \ln m_i) \text{ com } r^2=0.983$$

Dg = diâmetro médio geométrico das partículas

f<sub>i</sub> = fração de tamanho de partícula primária em percentagem

m<sub>i</sub> = média aritmética dos limites do tamanho da partícula (Shirazi and Boersma, 1984)

Tendo em vista que pelos métodos de Wischmeier e de Denardin foram encontrados alguns valores negativos o método que usa o diâmetro médio geométrico das partículas do solo foi considerado como o mais adequado para o presente estudo. Um mapa do fator K usando a delineação do sistema SOTER foi utilizado para a modelagem. A Figura 3 mostra este mapa do fator K para os solos da bacia de influência direta a ITAIPU.

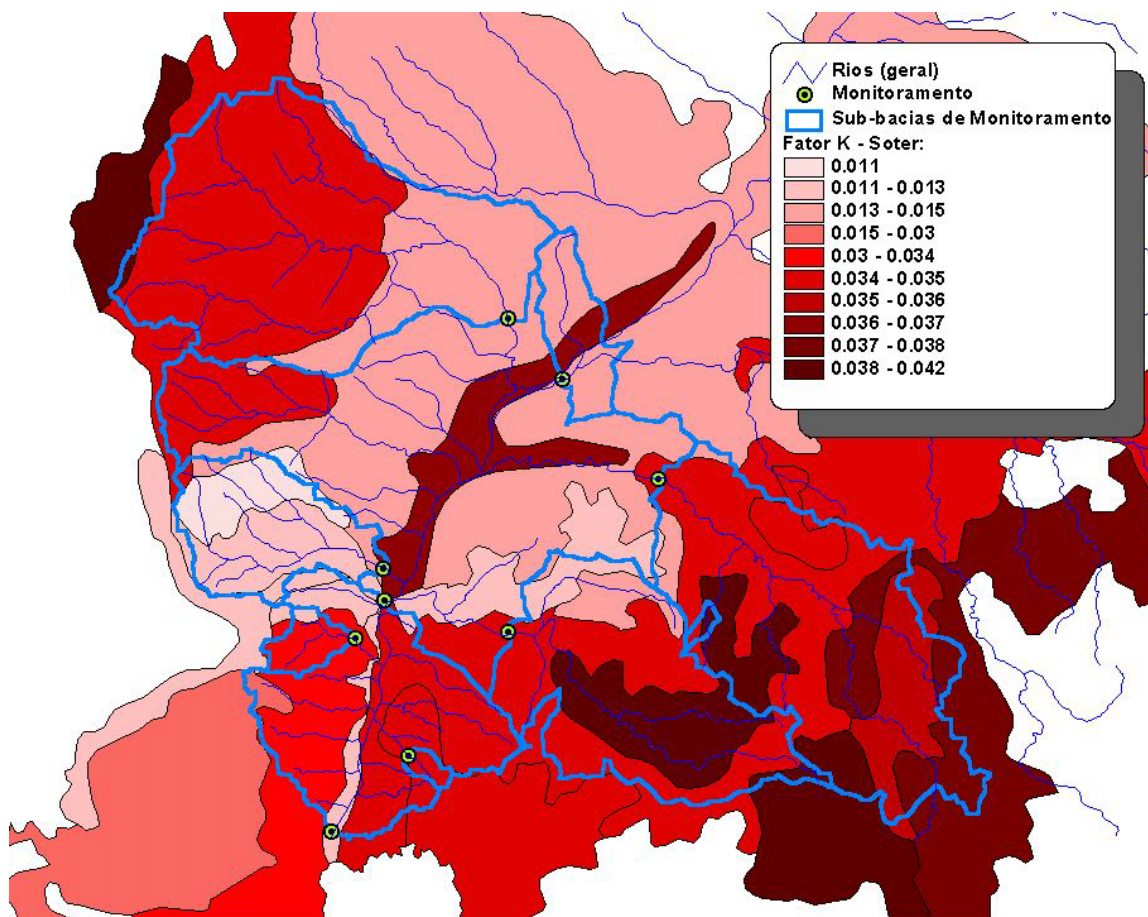


Figura 3. Fator K (solos) calculado usando mapa de solos do SOTER.

Valores médios para o fator K foram calculados para cada sub-bacia e são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Fator K médio para cada sub-bacia

Bacia	Min	Max	Amplitude	Media	Std
Carapa	0.0129	0.034	0.0211	0.0265	0.0101
Iguatemi	0.0107	0.0372	0.0266	0.0126	0.0032
Guaira	0.0107	0.0372	0.0266	0.0213	0.0103
Porto S.Jose	0.0146	0.0372	0.0227	0.0152	0.0039
Ivinhema	0.0146	0.0403	0.0258	0.0293	0.0094
Itaipu	0.0129	0.0372	0.0244	0.0307	0.0083
Ivai	0.0129	0.042	0.0292	0.0351	0.0061
Piquiri	0.0129	0.042	0.0292	0.0327	0.0095
S.Francisco Falso	0.035	0.035	0	0.035	0
Usina Melissa	0.035	0.0403	0.0054	0.0352	0.001
Usina Rio dos Patos	0.0362	0.042	0.0058	0.038	0.0008
Usina Mourao	0.0146	0.0403	0.0258	0.037	0.0032
Usina S. Joao	0.0352	0.0352	0	0.0352	0

## **Mapa do Levantamento de Reconhecimento de solos do Mato Grosso do Sul**

Através do contato com a EMBRAPA – CPAO, foi possível obtermos o mapa do Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado Do Mato Grosso do Sul. O mapa cobre somente uma área do sul do Estado e foi realizado na época em que o estado de Mato Grosso ainda não tinha sido dividido. A data do levantamento é de 1971. O mapa foi atualizado pela SEPLAN (Secretaria de Planejamento do Estado) e plotado na escala de 1:250.000.

O fato das cartas terem sido impressas na escala 1:250.000 não significa que foi melhorada a precisão das informações, pois somente foi realizada uma ampliação gráfica, e não um trabalho de detalhamento pedológico. A denominação dos mapas de solos definem o número de amostras, perfis, e observações por área mapeada, os mapas de reconhecimento apresentam uma área mínima mapeável (AMM) de 2,5 a 22,5 Km<sup>2</sup> com 0.8 ou 1 observação por AMM.

A Figura 4 ilustra parte das cartas do mapa de solos em que a digitalização foi completada. São as cartas de: Ponta Porã, Dourados, Loanda, Amambaí, Umuarama, Cel. Sapucaia. As outras cartas serão digitalizadas e unidas por meio de mosaico. Os polígonos também serão ajustados na região de transição das cartas para que a junção das cartas desapareça no mapa final da bacia. O trabalho foi finalizado no mês de fevereiro e o resultado final pode ser observado na Figura 5, com a hidrografia simplificada e o limite da Bacia de Influência Direta ao Reservatório.



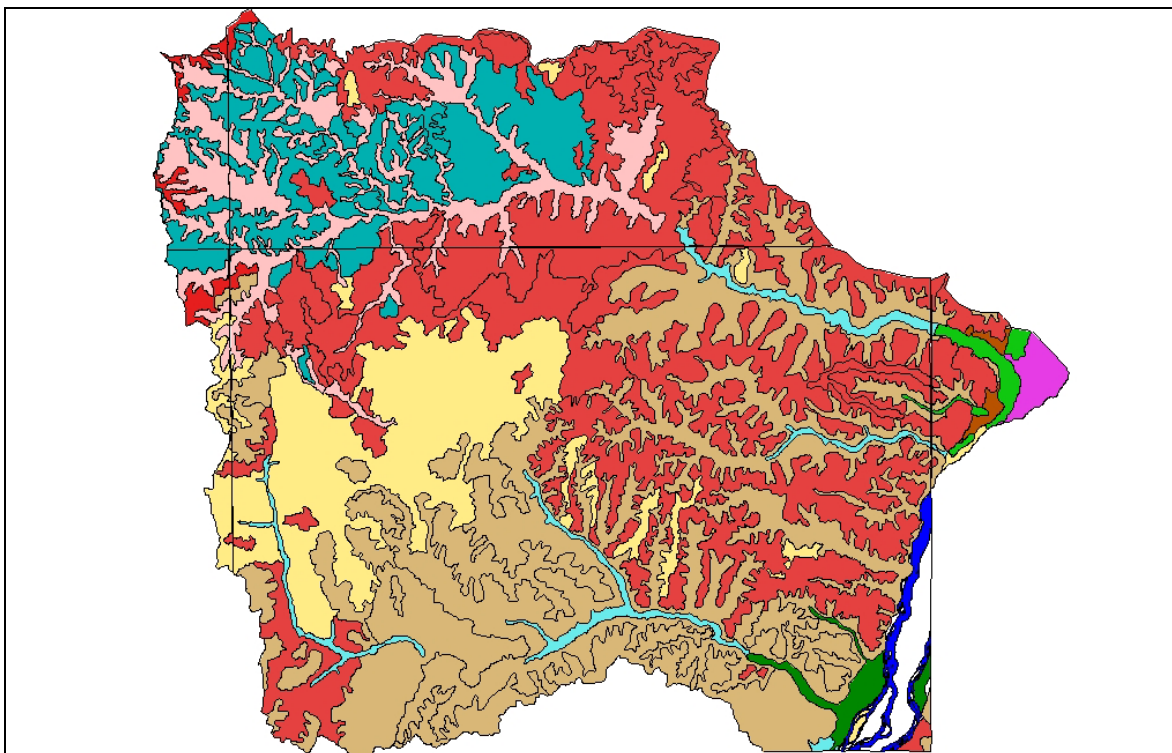


Figura 4. Parte do Mapa de Solos de Mato Grosso do Sul digitalizado.

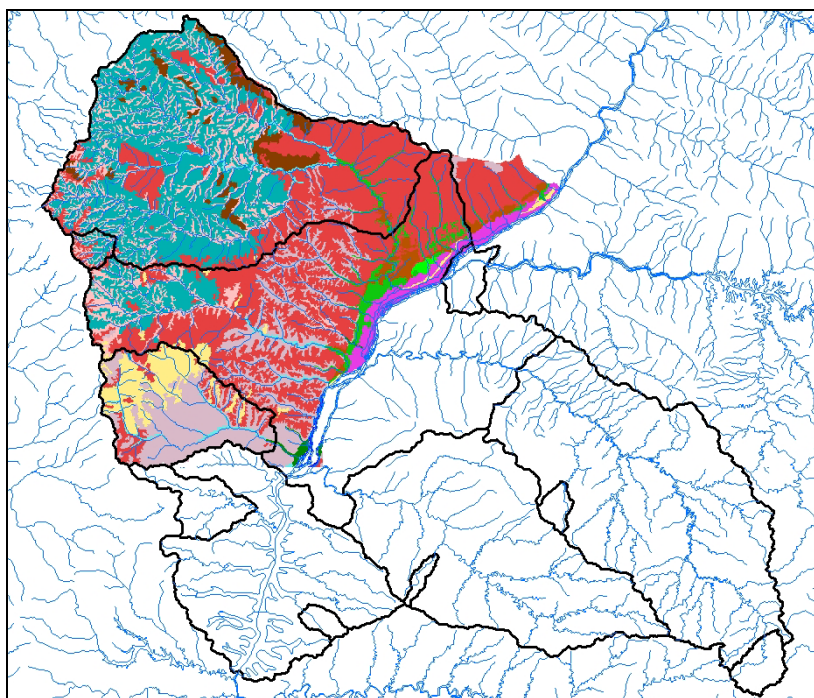


Figura 5. Mapa de solos do Mato Grosso do Sul totalmente digitalizado, sob a hidrografia e limite da Bacia de Influência Direta ao Reservatório.

As unidades cartográficas de solos encontradas no levantamento são as seguintes:

Associações Complexas	AC2, Ad,
Areia Quartzosa	AQa1,
Hidromórficos	HAQd1, HGPd5, HGPd7, HGPe7, Hod,
Latossolo vermelho escuro álico	LEa1, LEa11, LEa12, LEa15, LEa18, LEa2, LEa20, LEa22, LEa23, LEa3, LEa4, LEa6, LEa8, LEa9,
Latossolo Roxo álico	LRa1, LRa2,
Latossolo Roxo distrófico	LRd1, LRd4, LRd5, LRd7,
Latossolo Roxo Eutrófico	LRe1, LRe2, LRe3,
Podzólicos vermelho Amarelo	PE9, PEa, PEa3, PEa4; PVa11, PVa7, PVa9,
Planosol	PLa1, PLa2, PLa3, PLa4.

As unidades cartográficas estão de acordo com a classificação de solos vigente na época. A classificação atual é diferente em várias nomenclaturas. A Tabela 6 mostra as áreas representantes de cada unidade na área digitalizada.

Tabela 6. Áreas das unidade cartográficas do mapa de solos do Mato Grosso do Sul

Unidade Cartográfica	área (ha)	Unidade Cartográfica	área (ha)
AC2	187602.16	LRa1	1138033.66
Ad	2872.34	LRa2	408383.77
AQa1	283303.77	LRd1	2756.11
HAQd1	12441.62	LRd4	17044.16
HGPd5	42314.23	LRd5	3893.44
HGPd7	1294.93	LRd7	764496.75
HGPe7	40417.27	LRe1	50585.98
Hod	20033.69	LRe2	59299.33
LEa1	217494.36	LRe3	90741.99
LEa11	393936.99	PE9	1585.39
LEa12	172135.02	PEa	548703.42
LEa15	3063.18	PEa3	151227.79
LEa2	226368.43	PEa4	225535.34
LEa20	77589.90	PLa1	45860.72
LEa22	3635.55	PLa2	27418.40
LEa23	37501.68	PLa3	84747.93
LEa3	143879.15	PLa4	5402.49
LEa4	1040615.00	PVa11	17659.16
LEa6	20617.76	PVa7	50460.55
LEa8	152009.97	PVa9	28708.32
LEa9	20915.77		

## Compatibilização dos mapas de solos dos estados do MS e PR

As unidades Cartográficas encontradas no Mapa de solos do MS, na Bacia de Influência Direta ao Reservatório, são as seguintes: AC2; Ad; AQa1; HAQd1; HGPd5; HGPd7; HGPe7; HOd; LEa1; LEa11; LEa12; LEa15; LEa2; LEa20; LEa22; LEa23; LEa3; LEa4; LEa6; LEa8; LEa9; LRa1; LRa2; LRD1; LRd4; LRd5; LRd7; LRe1; LRe2; LRe3; PE9; Pea; PEa3; PEa4; PLa1; PLa2; PLa3; PLa4; PVa11; PVa7; PVa9, Totalizando 41 Unidades Cartográficas diferentes. No mapa de solos do Paraná são encontradas as seguintes Unidades Cartográficas na Bacia de Influência Direta ao Reservatório: Ad; Ae; Ca14; Ca19; Ca20; Ca21; Ca30; Ca32; Ca33; Ca35; Ca4; Ca9; Ce; HG1; HG2; HO; LBa1; LBa3; LBa4; LEa1; LEa11; LEa12; LEa13; LEa2; LEa3; LEa4; LEa5; LEd1; LEd2; LLe1; LLe2; LLa1; LLa2; LLa3; LLa4; LLa5; LRD1; LRd2; LRd3; LRd4; LRd5; LRd6; LRd7; LRd8; LRe1; LRe2; LRe3; PE2; PE3; PE5; PV10; PV2; PV3; PV4; PVa1; PVa11; PVa14; PVa2; PVa26; PVa27; PVa4; PVa5; Ra6; Ra9; Rd5; Rd6; Re10; Re11; Re13; Re3; Re4; Re5; Re6; Re7; Re8; Re9; TBa2; TBd1; TBd2; TBe1; TBSa2; TRa1; TRa2; TRd1; TRd2; TRd3; TRd4; TRd5; TRE1; TRE2; TRE3; TRE4; TRE5; TRE6; TRE7; TRE8; TRE9, que totalizam 97 Unidades Cartográficas diferentes. Embora possamos encontrar Unidades Cartográficas iguais nos dois mapas este fato não significa que sejam solos iguais. Pois são levantamentos diferentes e mesmos que os tipos de solos sejam os mesmos as suas unidades cartográficas são diferentes.

A Figura 6 a seguir simula o resultado final da compatibilização dos dois mapas. A escala a ser considerada após a união dos mapas deverá ser o de menor escala (Mapa de Solos do MS) A compatibilização das Unidades Cartográficas dos dois levantamentos, será baseada no tipo de solo e textura, para geração de um mapa do fator K.

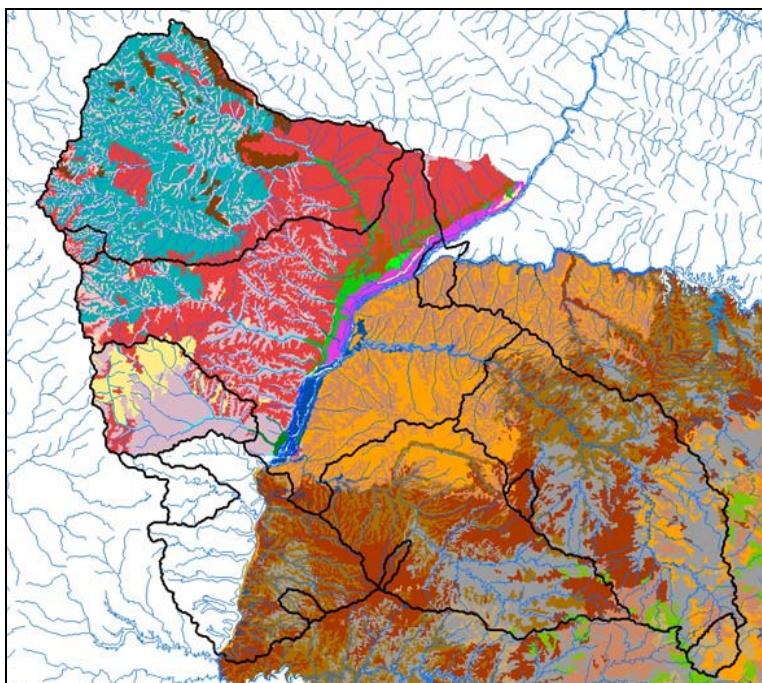


Figura 6. Mapa de solos de MS sobreposto ao Mapa de solo do PR, na área da bacia de influência direta ao reservatório.

## Fator LS – Topografia

O fator LS foi calculado usando as equações do modelo RUSLE com o modelo digital de elevação da USGS. O primeiro passo para fazer isto foi determinar a declividade ou “*slope*” do DEM da USGS. Para fazer isto, foi feita uma conversão de projeção para obter um mapa de células em metros. Uma extensão para o ArcView de conversão de projeções para formato GRID chamado “reproject.avl” foi utilizado para fazer esta conversão do mapa topográfico a coordenadas da projeção cônica de Alberts.

Como mencionado anteriormente, esta projeção possibilita o cálculo de “*slope*” ou declividade para determinar os parâmetros necessários para o cálculo do fator LS. É feita uma mudança de um grid de células de 0.0094 graus (na projeção latitude longitude) para células de aproximadamente 940 metros na projeção Alberts. O cálculo de “*slope*” foi feito com ArcView usando a extensão “Spatial Analyst” e a função “surface – derive slope” dentro dele. A forma de cálculo destes valores de declividade é a baseada no sistema D8 onde as oito células em volta da célula central de uma matriz de 3 por 3 células são utilizadas para calcular um valor de declividade para essa célula central.

Uma vez obtidos os valores de declividade do DEM, foi utilizada a função “map calculator” para calcular os valores de LS usando as equações apresentadas a seguir.

Importante: o ArcView 3.2 unicamente aceita valores de seno (*sin*) em radianos (*radians*). No cálculo de algumas das fórmulas do fator S tem que ser feita a conversão de gradiente (%) para radianos:

$$Rad = Grad \cdot \frac{\pi}{200}$$

### Equações usadas para obter o fator L

A equação do fator L é a seguinte:

$$L = (\gamma/72.6)^m$$

Onde  $\gamma$  é o comprimento da rampa. Para a primeira avaliação deste fator usou-se o valor de 100 metros (330 pés) para o comprimento da rampa. O parâmetro  $m$  representa a erosão em sulcos (por fluxo de água concentrada) dividido por erosão laminar (principalmente causada pela chuva) (Foster et al. 1977) e é calculada na seguinte forma:

$$m = \gamma/(1+\gamma)$$

onde o parâmetro  $\theta$  é calculado assim:

$$\theta = (\sin \theta / 0.0896) / [3.0 * (\sin \theta)^{0.8} + 0.56]$$

e onde  $\theta$  é o declive da rampa (%). (McCool et al. 1989)

## O cálculo do fator S usando equações do RUSLE

O fator S foi calculado usando as seguintes equações:

$$S = 10.8 \sin \theta + 0.03 \text{ para } \theta < 9\%$$

$$S = 16.8 \sin \theta - 0.50 \text{ para } \theta \geq 9\%$$

Estas equações são representadas no programa “*map calculator*” do Arc View como:

$$([slope\_percent(reprojected)] < 9) * ((([slope\_percent(reprojected)] * 3.14159 / 200) .Sin) * 10.8 + 0.03) + ([slope\_percent(reprojected)] \geq 9) * ((([slope\_percent(reprojected)] * 3.14159 / 200) .Sin) * 16.8 - 0.5)$$

Onde “*slope\_percent (reprojected)*” representa o mapa de declividade previamente calculado e reprojetoado a projeção Albers.

## Premissas e correções no fator LS para a bacia de ITAIPU

A maior premissa que foi feita para calcular valores para estes fatores para toda a bacia de ITAIPU foi que o valor médio do comprimento da rampa em toda a bacia era de 100 metros. Este valor está sendo melhorado para obter valores de rampa variáveis por região.

Outras possíveis correções foram pesquisadas. Uma delas é com respeito a origem dos dados do mapa DEM da USGS. Este mapa foi montado a base de vários outros mapas de topografia existentes na região. Por este motivo foi verificado se a compilação destes mapas teria algum efeito negativo na modelagem. Por meio de análises com um sistema de informação geográfico determinou-se que a bacia de influência direta a ITAIPU está localizada numa região onde foram utilizados duas escalas de mapas topográficos diferentes. A Figura 7 mostra a divisória destas fontes de dados e também mostra uma possível correção aos dados para homogeneizar estas áreas.

Após o estudo deste fato, determinou-se que esta correção não é necessária para obter valores de elevação e declividade para o uso na modelagem. A correção do DEM não ajuda na precisão dos dados.

Outro aspecto técnico que foi pesquisado, foi a degradação de valores de declividade por causa da resolução das células no mapa DEM da USGS. A resolução atualmente utilizada no projeto é de mais ou menos 1 km. A representação média de um valor de elevação numa área de 1 km reduz a possível declividade que pode ocorrer na região se a topografia verdadeira for bastante quebrada. Se a topografia for relativamente plana, o efeito é menor.

O efeito de topografia foi estudado utilizando vários fatores de correções. Por exemplo, a Figura 8 mostra os valores de LS calculados sem correção, a Figura 9 tem uma correção de 5x, e a Figura 10 tem uma correção de 10x que acentua a topografia demais.

Comparações com mapas de maior resolução topográfica determinou que uma correção multiplicativa de 5 para aumentar a declividade resultam em valores aceitáveis e apropriados do fator LS para a bacia de ITAIPU.

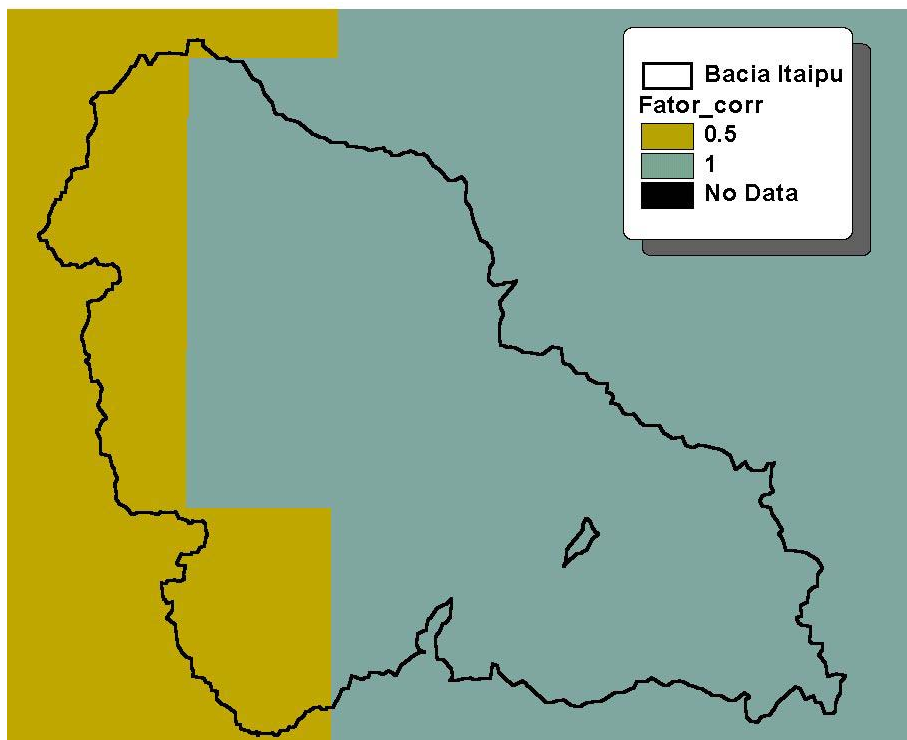


Figura 7. Possível correção para mapa topográfico.



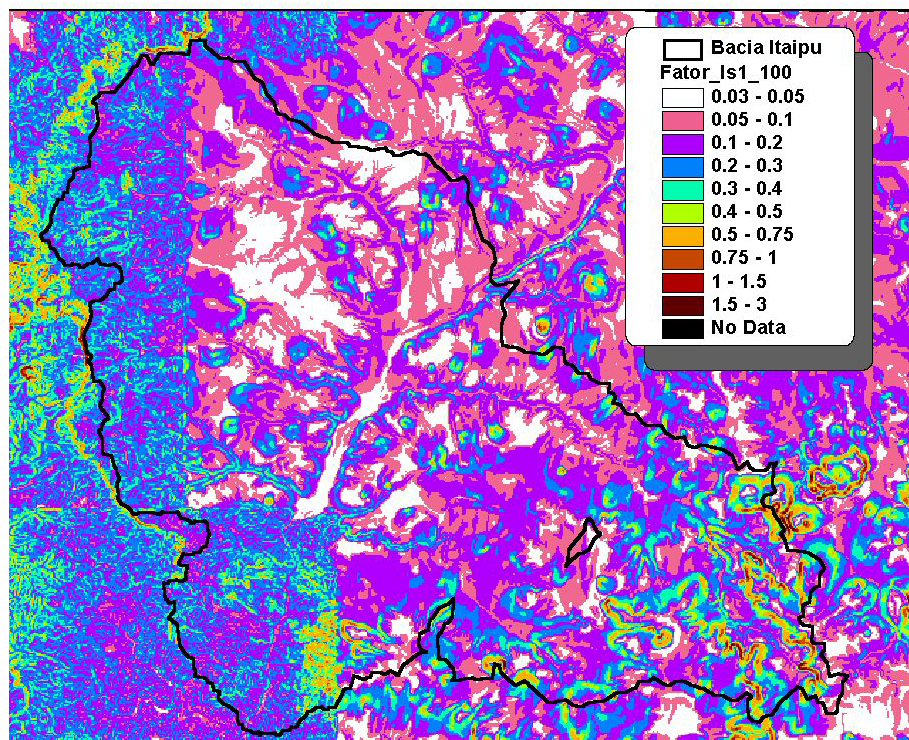


Figura 8. Fatores de LS usando rampas de 100 metros e declividade calculada sem correção.

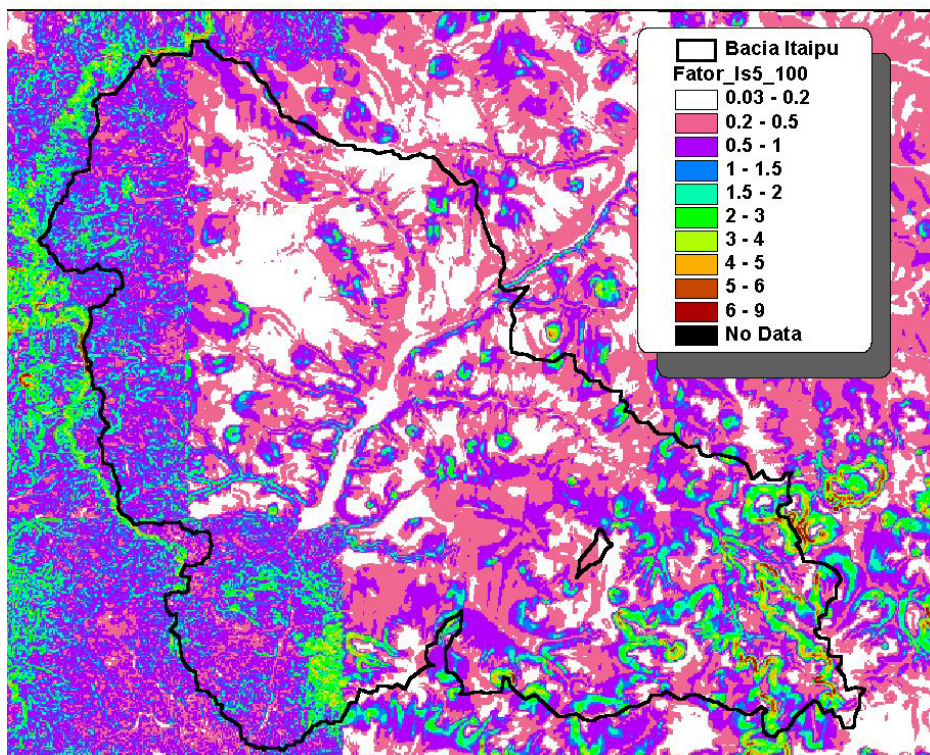


Figura 9. Fator LS calculado para a bacia com fator de correção de 5 e rampa de 100 metros.



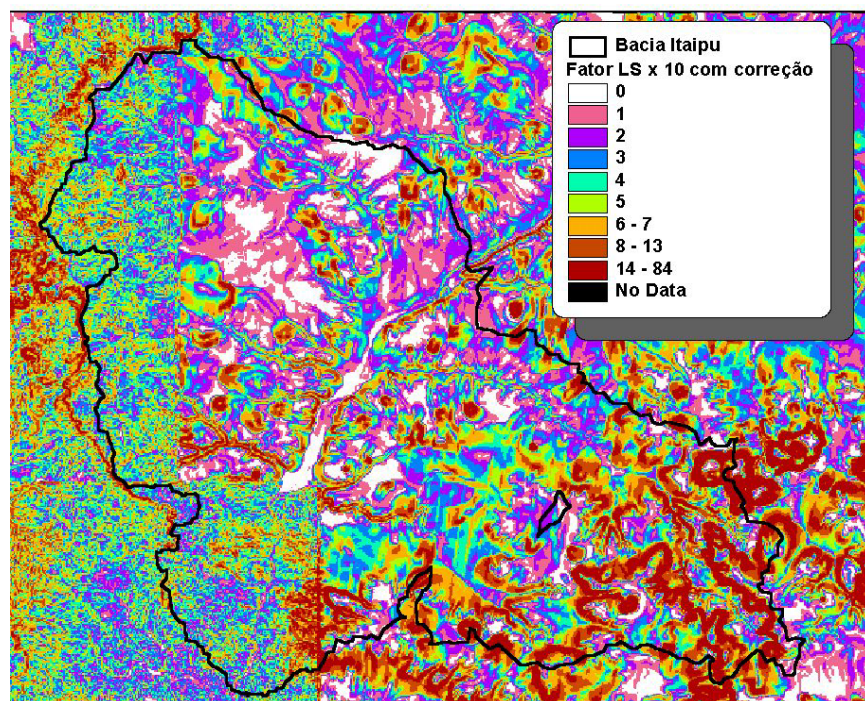


Figura 10. Fator LS calculado com correção do DEM e com fator multiplicativo 10x.

Usando os mapas do fator LS calculado (correção de 5x), foi calculado outro mapa que mostra o valor médio do fator LS para cada município da bacia de influência direta a ITAIPU.

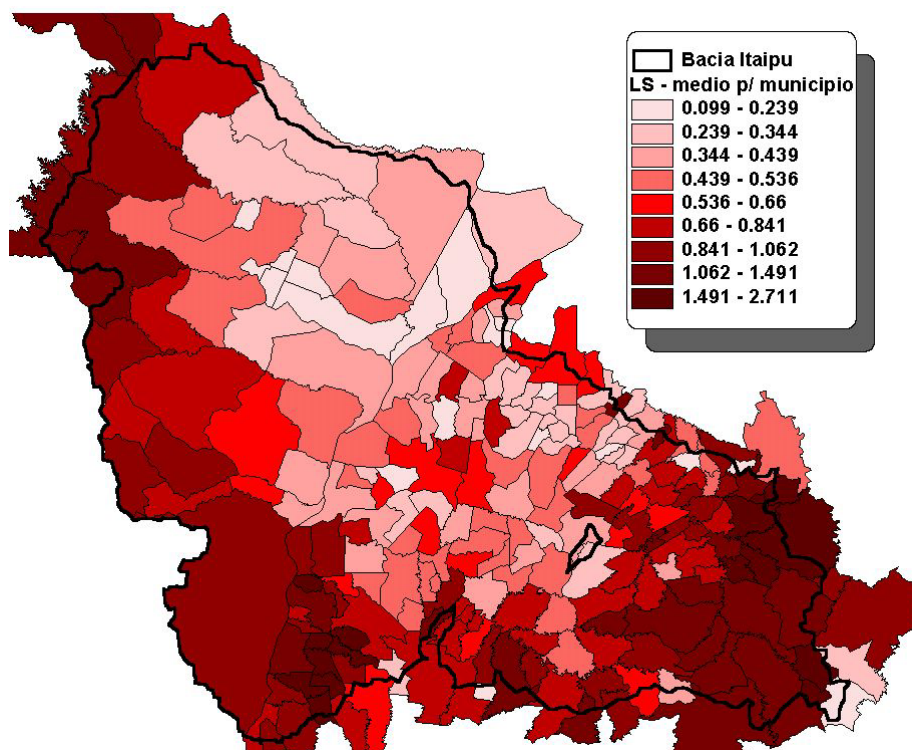


Figura 11. Mapa de LS médio por município.



Uma tabela do ranking da média do fator LS em cada município foi calculada usando o fator LS calculado com correção de 5x. (Tabela 7). Na Figura 12 pode se ver os 20 municípios que tem a pior topografia que é susceptível a erosão na bacia de ITAIPU.

Tabela 7. Ranking dos 20 maiores fatores de LS por município usando 100 metros de rampa e fator de correção de 5x.

<i>Ranking LS</i>	<i>Município</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Ampl.</i>	<i>Media</i>	<i>Std</i>
1	Diamante D'Oeste	0.4780	4.8714	4.3934	2.7114	0.8764
2	São José das Palmeiras	0.3044	4.7521	4.4478	2.7058	0.9765
3	Ramilândia	0.1020	4.6253	4.5233	2.1747	1.0601
4	Guamiranga	0.2138	6.7031	6.4893	2.1318	1.3219
5	Ouro Verde do Oeste	0.0565	5.2118	5.1553	1.9268	1.564
6	Ivaí	0.0676	8.104	8.0364	1.9178	2.0364
7	Medianeira	0.2778	4.778	4.5002	1.7983	0.8883
8	Faxinal	0.0463	6.7917	6.7455	1.7515	1.482
9	São Pedro do Iguaçu	0.2306	4.554	4.3234	1.7168	1.0675
10	Rosario do Ivaí	0.0654	7.3572	7.2919	1.6888	1.6648
11	Tamarana	0.0579	4.4668	4.4089	1.6311	1.1929
12	Ortigueira	0.0328	8.4412	8.4084	1.6217	1.6567
13	Mercedes	0.5952	3.2256	2.6304	1.609	0.6211
14	Rio Branco do Ivaí	0.0669	6.6346	6.5676	1.59	1.4181
15	Missal	0.305	4.749	4.444	1.5793	0.9558
16	Mau da Serra	0.0701	6.0961	6.026	1.5673	1.4259
17	Marechal Candido Rondon	0.1811	4.5116	4.3305	1.4914	0.8003
18	Sarandi	0.1568	3.0019	2.8451	1.4236	0.7982
19	Antônio João	0.1142	4.6564	4.5423	1.4119	0.8629
20	Grandes Rios	0.0699	5.1857	5.1158	1.3705	1.0549

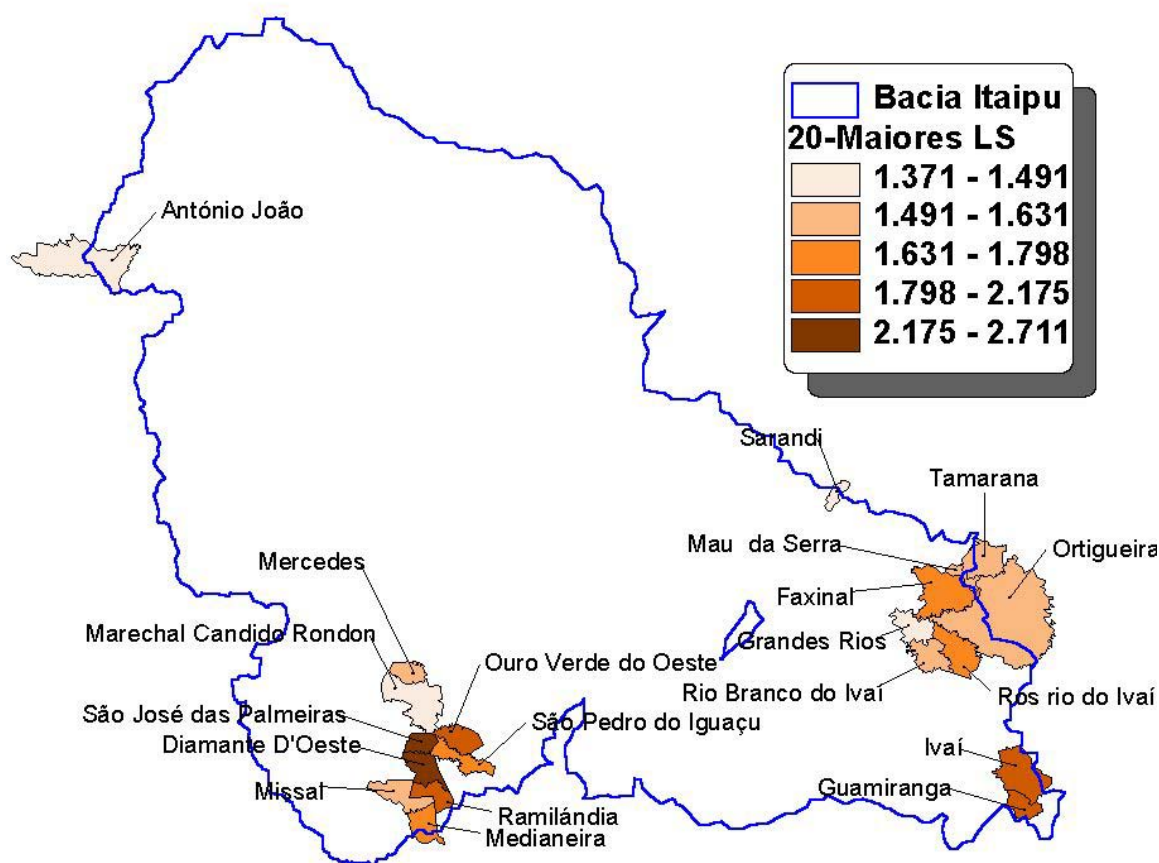


Figura 12. Mapa da bacia mostrando os municípios com os 20 maiores fatores LS.

Valores médios foram calculados para cada sub-bacia e são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Fator LS médio para cada sub-bacia.

Bacia	Min	Max	Amplitude	Media	Std
Carapa	0.1075	2.9796	2.872	0.8162	0.443
Iguatemi	0.03	3.7297	3.6997	0.8196	0.5136
Guaira	0.03	3.7449	3.7149	0.4644	0.4271
Porto S.Jose	0.0467	2.5299	2.4832	0.4263	0.382
Ivinhema	0.03	4.0548	4.0248	0.5308	0.4507
Itaipu	0.03	5.2118	5.1818	1.012	0.764
Ivaí	0.03	8.104	8.074	0.9593	1.0441
Piquiri	0.03	7.703	7.673	0.6361	0.6355
S.Francisco Falso	0.03	4.8714	4.8414	1.6773	1.2772
Usina Melissa	0.1104	4.0197	3.9094	1.0948	0.7464
Usina Rio dos Patos	0.03	6.1331	6.1031	1.2429	1.1525
Usina Mourao	0.0359	0.5971	0.5611	0.2654	0.1081
Usina S. Joao	0.2066	1.9934	1.7868	0.874	0.3243

## Fator R – Erosividade da Chuva

O fator de erosividade de chuva (fator R) utilizado na modelagem é apresentado na Figura 17. Este mapa foi desenvolvido utilizando-se informações de precipitação do Instituto Agronômico do Paraná e do Instituto Agronômico de Campinas no Estado de São Paulo e alguns dados da ANEEL. Os dados da ANEEL apesar de extensos estão incompletos no CD distribuído para avaliação da erosividade da chuva. Em muito melhoraria a precisão de cálculo do fator R se pudéssemos utilizar a extensa base de dados da ANEEL. Uma descrição dos postos da ANEEL e informações adicionais requeridas para melhorar o fator R são apresentadas a seguir.

### Introdução

O Fator R da equação universal de perda de solos; ou o potencial erosivo das chuvas ou simplesmente a erosividade trata-se da somatória da energia potencial (em MJoules) das chuvas de determinada intensidade ( $\text{mm} \cdot \text{hora}^{-1}$ ) em uma determinada área (ha) durante um período (ano) ou simplesmente expressa a atuação da precipitação ou chuva no processo de erosão. Sua unidade no sistema internacional de unidades é  $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ .

Vários métodos foram criado para estimar o fator R, utilizaremos o descrito por Rufino et al., 1993, que analisa as chuvas registradas pelo rede meteorológica do IAPAR, dividindo o estado do para em 9 regiões, propondo oito equações para a estimativa do fator R ( para a região que compreende o litoral não foi proposta nenhuma equação). A proposta é uma equação linear que determina a erosividade para um determinado mês do ano pela relação  $x = p^2/P$ . Onde  $p$  é a precipitação mensal e  $P$  é a precipitação anual o valor de  $x$  é substituído em uma equação tipo  $Y = a + bx$ , onde  $Y$  é o valor de R durante o mês em questão;  $a$  e  $b$  são valores determinados para cada uma das nove regiões (Tabela 9).

Tabela 9. Nove regiões e suas constantes para uso na equação R proposta por Rufino et al., 1993.

REGIÃO	“a”	“b”
1 (extremo oeste)	18,64	5,73
2 (sudoeste)	14,94	5,67
3 (parte do Norte)	22,05	4,21
4 (norte)	16,73	4,02
5 (centro)	19,55	4,94
6 (centro-sul)	10,96	4,78
7 (segundo planalto)	9,51	4,20
8 (primeiro planalto)	3,39	4,15

nota: a descrição geográfica é somente um indicativo de localização dentro do estado e seus limites não coincidem com as regiões.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	codiao	ano	mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	2252015	1975	8	0	777.7	777.7	777.7	777.7	777.7	777.7	777.7	777.7	777.7	777.7	777.7	777.7
3	2252015	1975	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.1	1	0
4	2252015	1975	10	0.8	0	10.4	16.4	29.9	27.2	0	24.6	0	0	17	26.7	0
5	2252015	1975	11	0.5	20.5	0	0	0	21	0	0	0	11.4	2.2	0	0
6	2252015	1975	12	9.7	10.8	1.5	4.5	0	1.8	0	12.8	0.1	0	0	0	0
7	2252015	1976	1	0	0.5	0	0	28.2	5.4	10.9	0.6	0.4	0	0	0	0
8	2252015	1976	2	12.3	43.9	13	0	0.8	26.9	0	0	0	0	0	0	0
9	2252015	1976	3	0	1.6	0.6	3.4	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0.4
10	2252015	1976	4	0	0	0	0	0	1.4	0	0	5.1	28.4	51.9	0	0
11	2252015	1976	5	0	0	0	0	0	0	0	1.2	7	32.8	3.6	0	0
12	2252015	1976	6	0	0	0	0	5	24.1	0	0	2.3	0	0	0	0
13	2252015	1976	7	0.6	0.5	11.7	0	0	0	1.2	35.7	6.2	0.9	0	0	0
14	2252015	1976	8	0	0	0	0	2.8	10.1	0	0	8.5	30	19.3	2.4	2.3
15	2252015	1976	9	0	0	0	0	3	19	48.3	28.5	0	0	0	0	8
16	2252015	1976	10	7.9	0	0	0	13.7	0	0	14.9	24.5	0	0	0	0

Figura 14. Formato da Base de dados necessário para os cálculos.

A Figura 15 mostra a primeira análise sobre o numero de informações disponível por ano. Baseado nas informações deste gráfico foi definido que o período homogêneo seria a partir de 1975 pois o numero de postos com informações aumenta cerca de 200 postos entre os anos de 1974 e 1975. Os postos com mais informações, apresentavam 27 anos de dados. Arbitrariamente, permitiu-se 25% (1/4) de falhas durante estes anos e o período mínimo obtido foi de 20 anos. Este valores impostos ao banco de dados revelaram que 310 estações possuíam estas características. Distribuídas da seguintes forma:

- 182 postos com 27 anos
- 38 postos com 26 anos
- 6 postos com 25 anos
- 15 postos com 24 anos
- 42 postos com 23 anos
- 14 postos com 22 anos
- 8 postos com 21 anos
- 5 postos com 20 anos

Os postos então selecionados foram “plotados” na Figura 16 onde é possível observar os postos que serão utilizados para a obtenção do mapa e os que foram rejeitados. A Tabela 10 detalha o período (em anos) com dados de cada estação.

Para obter os valores de R anuais médios, é necessário aplicar a equação para cada posto em todos os anos de dados. Para associar as constantes **a** e **b** da equação das regiões definidas por Rufino et al., 1993, com os postos trabalhados e utilizada a estação meteorológica mais próxima. Usando este método e os dados disponíveis na época foi gerado o primeiro mapa do fator R (Figura 17). Os novos valores de R foram calculados, no entretanto devido alguns dados apresentarem inconsistência (valores muito elevados para a época), estes devem ser revisados antes da elaboração do mapa de R mais detalhado.

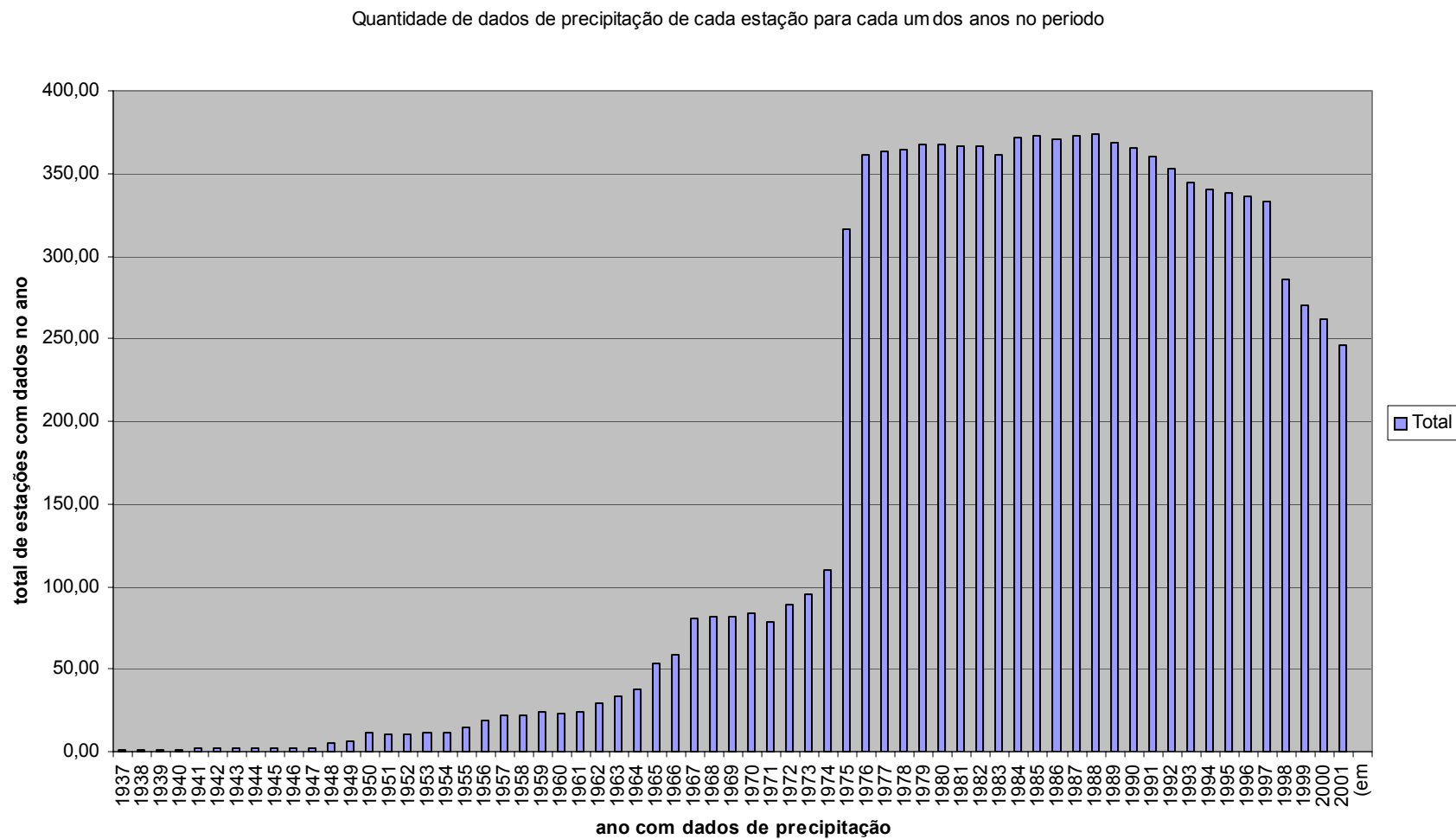


Figura 15. Dados de precipitação de cada estação para cada ano.



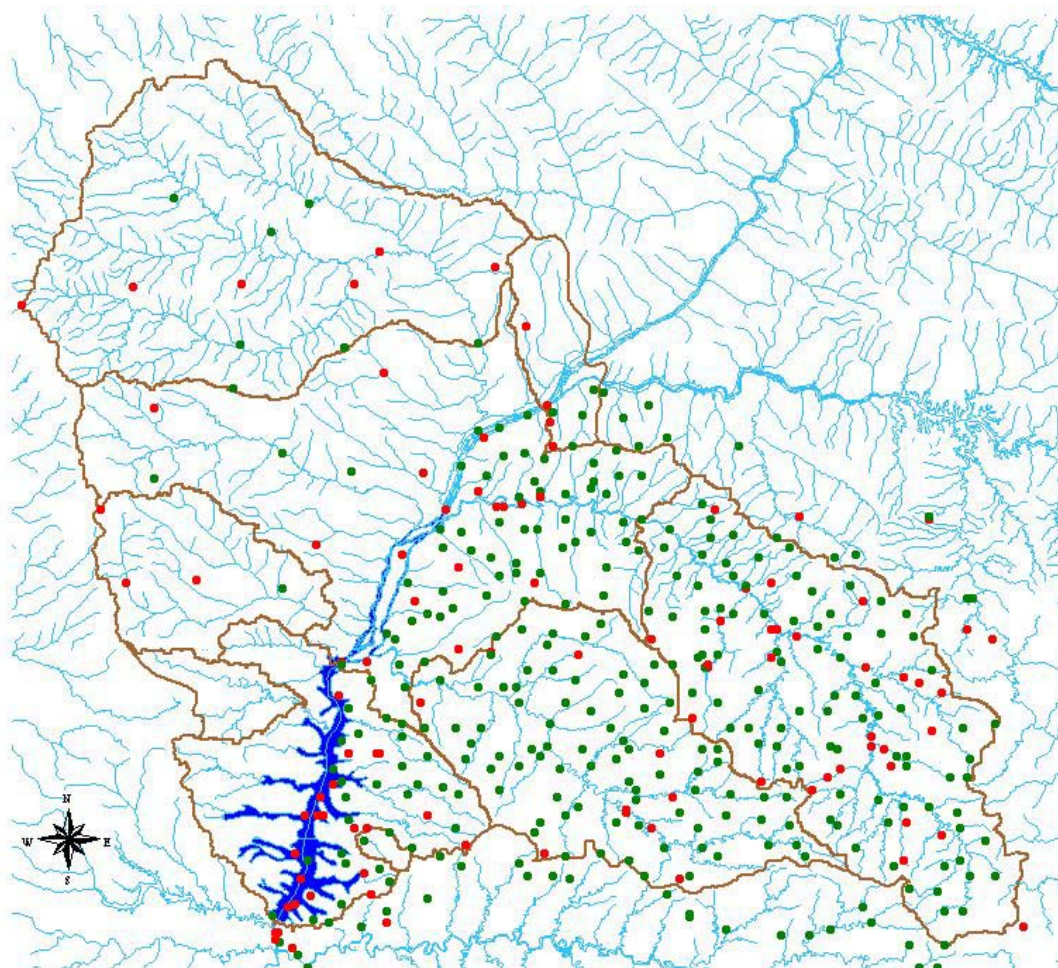


Figura 16. Estações pluviométricas na bacia de influencia direta ao Reservatório de Itaipu (em verde as com mais de 20 anos de dados).

Tabela 10. Lista de estações pluviométricas e número de anos de dados

<u>Estação</u>	<u>anos</u>						
2353000		2352030	16	2452024	21	2454014	23
2454021	1	2451031	16	2454009	21	2551041	23
2353036	2	2454002	16	2551036	21	2552004	23
2454022	2	2554010	16	2352049	21	2552020	23
2554024	2	2453006	16	2353011	21	2554000	23
2453002	5	2253016	17	2254000	22	2554021	23
2454028	5	2254004	17	2353015	22	2554022	23
2353043	6	2350038	17	2353030	22	2452013	23
2451016	6	2351066	17	2353039	22	2452025	23
2554016	6	2353018	17	2353046	22	2452032	23
2554019	6	2353021	17	2354003	22	2552016	23
2550059	7	2354004	17	2452039	22	2252014	24
2554027	7	2452043	17	2453044	22	2253000	24
2554030	7	2453015	17	2453045	22	2253006	24
2451024	8	2453018	17	2453046	22	2253007	24
2451025	8	2454017	17	2453049	22	2253009	24
2451037	8	2552018	17	2453051	22	2351021	24
2451042	8	2553017	17	2453053	22	2352054	24
2454008	8	2554015	17	2454019	22	2353040	24
2454025	8	2154006	18	2252021	23	2354002	24
2454035	8	2253014	18	2252026	23	2451033	24
2554017	8	2253015	18	2351019	23	2451040	24
2452022	9	2254005	18	2352012	23	2453038	24
2454007	9	2255002	18	2352063	23	2453043	24
2454024	9	2255003	18	2450051	23	2553023	24
2551042	9	2255004	18	2451041	23	2452031	24
2353024	10	2351018	18	2452020	23	2351003	25
2353045	10	2352027	18	2452021	23	2351017	25
2353054	10	2353037	18	2452023	23	2353042	25
2351028	11	2353048	18	2452026	23	2450042	25
2451011	11	2355001	18	2452028	23	2453004	25
2451013	11	2355002	18	2452030	23	2551002	25
2452027	12	2355003	18	2452034	23	2254003	26
2452055	12	2451009	18	2452036	23	2350015	26
2454020	12	2451030	18	2452037	23	2350016	26
2454027	12	2451048	18	2452038	23	2351008	26
2550061	13	2453005	18	2453011	23	2352026	26
2554028	13	2554026	18	2453029	23	2352035	26
2554029	13	2350039	19	2453031	23	2352042	26
2153003	14	2353035	19	2453032	23	2353014	26
2253012	14	2452051	19	2453033	23	2353016	26
2454010	14	2553034	19	2453034	23	2353019	26
2554007	14	2252028	20	2453035	23	2353020	26
2351005	15	2352011	20	2453039	23	2353022	26
2351025	15	2352059	20	2453040	23	2353025	26
2452017	15	2452018	20	2453041	23	2353027	26
2454031	15	2452049	20	2453042	23	2353028	26
2253008	16	2351013	21	2453059	23	2353031	26
2351010	16	2353013	21	2454001	23	2353032	26
		2353026	21	2454013	23	2353047	26



2354001	26	2352034	27	2451022	27	2453027	27
2452005	26	2352036	27	2451023	27	2453028	27
2452047	26	2352037	27	2451026	27	2453030	27
2453013	26	2352038	27	2451027	27	2453037	27
2453047	26	2352039	27	2451028	27	2453056	27
2453048	26	2352043	27	2451029	27	2454003	27
2453050	26	2352044	27	2451032	27	2454004	27
2453052	26	2352045	27	2451034	27	2454006	27
2550054	26	2352046	27	2451035	27	2454011	27
2551007	26	2352047	27	2451036	27	2454012	27
2551010	26	2352048	27	2451038	27	2454015	27
2551013	26	2352050	27	2451039	27	2454016	27
2551035	26	2352051	27	2451043	27	2454018	27
2552009	26	2352052	27	2451044	27	2550000	27
2552015	26	2352053	27	2451045	27	2550055	27
2552047	26	2352055	27	2451046	27	2550056	27
2553019	26	2352060	27	2451047	27	2550057	27
2553032	26	2352061	27	2451049	27	2551000	27
2553040	26	2353001	27	2451051	27	2551001	27
2553041	26	2353002	27	2452000	27	2551009	27
2154000	27	2353003	27	2452001	27	2551011	27
2154001	27	2353004	27	2452004	27	2551014	27
2155000	27	2353005	27	2452007	27	2551026	27
2252015	27	2353006	27	2452008	27	2551038	27
2252020	27	2353009	27	2452009	27	2551039	27
2252022	27	2353010	27	2452010	27	2551040	27
2252025	27	2353017	27	2452011	27	2551043	27
2252027	27	2353023	27	2452012	27	2552005	27
2253002	27	2353029	27	2452014	27	2552006	27
2253010	27	2353033	27	2452015	27	2552007	27
2253011	27	2353034	27	2452016	27	2552008	27
2253013	27	2353038	27	2452019	27	2552010	27
2254001	27	2353041	27	2452029	27	2552019	27
2351004	27	2353044	27	2452033	27	2553020	27
2351020	27	2354000	27	2452035	27	2553022	27
2351022	27	2355000	27	2452040	27	2553033	27
2351023	27	2450049	27	2452041	27	2553035	27
2351024	27	2450050	27	2452042	27	2554001	27
2351026	27	2450052	27	2452044	27	2554002	27
2351027	27	2451002	27	2452045	27	2554005	27
2351029	27	2451003	27	2452046	27	2554006	27
2351043	27	2451004	27	2453000	27	2554012	27
2351044	27	2451006	27	2453001	27	2554013	27
2352000	27	2451007	27	2453008	27	2554014	27
2352002	27	2451010	27	2453009	27	2554018	27
2352010	27	2451012	27	2453010	27	2554020	27
2352014	27	2451014	27	2453014	27	2554023	27
2352029	27	2451015	27	2453016	27	2554025	27
2352031	27	2451017	27	2453017	27	2554038	27
2352032	27	2451020	27	2453025	27		
2352033	27	2451021	27	2453026	27		

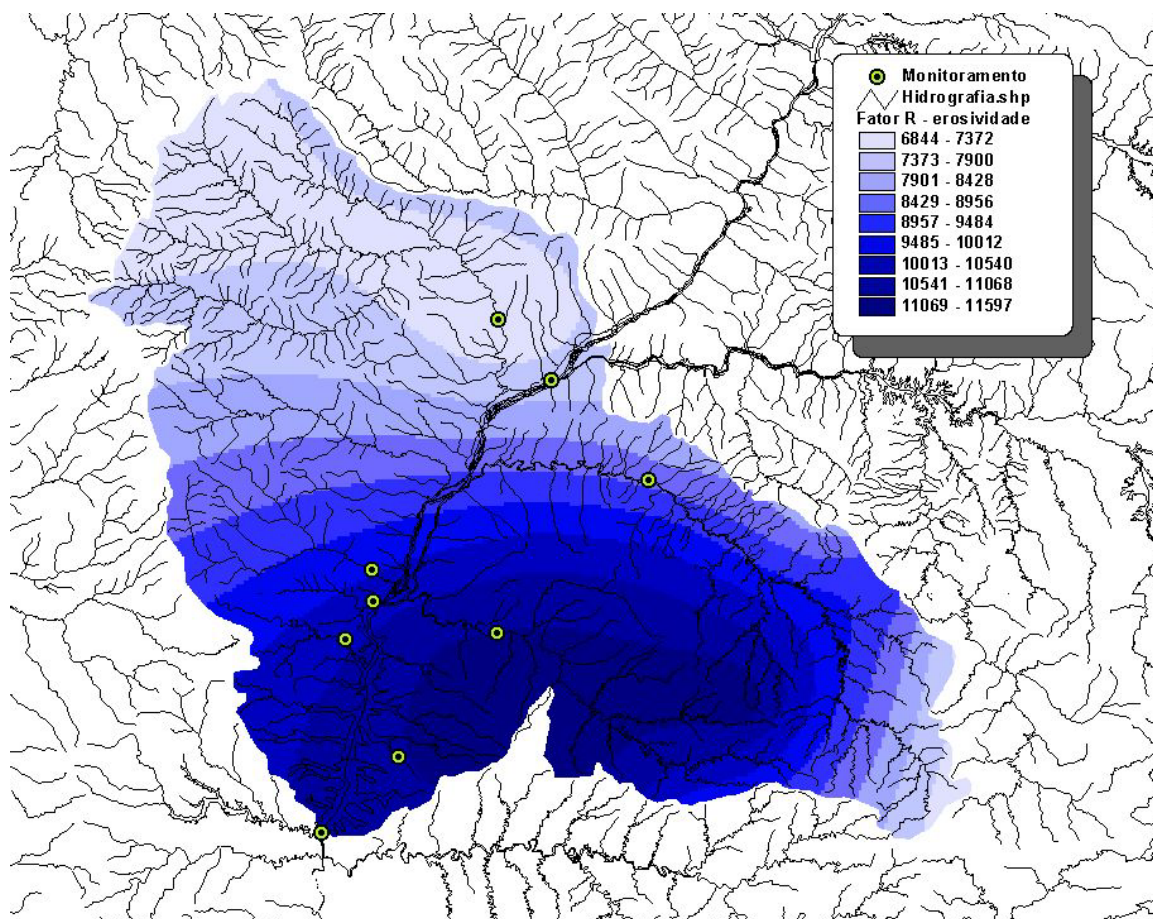


Figura 17. Fator R calculado com dados da ANEEL para a bacia de ITAIPU.

Valores médios do fator R para cada sub-bacia são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Fator R médio para cada sub-bacia.

Bacia	Min	Max	Amplitude	Media	Std
Carapa	9377	10441	1064	10002.6543	252.6459
Iguatemi	8415	9975	1560	9106.1885	350.4794
Guaira	6889	11154	4265	8621.7861	976.2373
Porto S.Jose	7456	8164	708	7740.1064	174.6002
Ivinhema	6889	7864	975	7346.1758	165.1259
Itaipu	9567	11593	2026	10707.4043	421.1721
Ivai	6991	11419	4428	9363.5	920.7393
Piquiri	9052	11597	2545	10935.9619	438.4868
S.Francisco Falso	10984	11177	193	11073.458	43.0944
Usina Melissa	11442	11564	122	11532.5996	31.9067
Usina Rio dos Patos	7049	7841	792	7442.7686	178.3948
Usina Mourao	10601	11204	603	10951.0186	137.1222
Usina S. Joao	7544	7801	257	7676.3696	98.2795

## Fator C - Cobertura Vegetal

O fator de cobertura é um dos fatores mais difíceis de estabelecer porque requer muitos dados, várias fontes de informação, e são dados que variam com o tempo. A cobertura também é um dos fatores mais importantes na determinação do potencial erosivo e também é parte da solução do problema. São apresentadas as seguinte formas de calcular o fator C:

1. Usando dados do censo agrícola de cada município do IBGE (1996 e 2000).
2. Usando as imagens da USGS 1992 de cobertura vegetal e NDVI.
3. Usando as imagens do satélite CBERS WFI, 2000.
4. Usando as imagens do satélite MODIS.
5. Usando as imagens do satélite LandSat

### Calculo do fator C

O fator de C é calculado no RUSLE para um ano com um valor fixo ou com valores mensalmente variáveis. No caso do valor fixo, um fator C de 0.15 representa uma cobertura ou sistema de cobertura que diminui a um total de 15% a erosão do que tivesse ocorrido em condições sem cobertura e obviamente mantendo todos os outros fatores (R,K,LS, e P) fixos. Similarmente, 0.5 reduz a erosão 50% comparado a condições sem cobertura (solo exposto).

O fator C para agricultura é calculado baseado em vários parâmetros secundários com ser: resíduos, produção, distância entre linhas de produção, etc, (estes podem ser vistos em mais detalhe no Manual do RUSLE). O fator C também pode ser calculado através dos efeitos das diferentes combinações de rotações de culturas anuais e tipos de manejo, que resultam na fração de perda de solo por decêndio (*FPS*) da RUSLE, conforme segue:

$$FPS = UA \ CC \ CR \ RS$$

Onde,

*UA* = sub-fator uso anterior,

*CC* = sub-fator cobertura pelo dossel,

*CR* = sub-fator efeito dos resíduos na superfície,

*RS* = sub-fator rugosidade superficial.

No Paraná podemos ter até três cultivos num ano num ponto específico (cultivo de verão, safrinha, e inverno) com por exemplo:

1) soja, milho safrinha, aveia

ou

2) milho, soja safrinha, adubo verde (nabo, ervilha...)

O fator C então é calculado para estas combinações. O plantio direto (PD), mesmo sendo uma prática conservacionista, também entra neste cálculo porque o PD tem relação a quantidade de resíduos, cobertura, etc.

Pode-se estimar que numa media (porque dependem de vários outros fatores) uma combinação como as de cima com uso de plantio direto darão um fator C na seguinte faixa: 0.10 ate 0.02 (o milho como principal cultivo adicionaria mais resíduos que a soja)

Sem plantio direto e sem adubos verdes ou aveias o fator vai ate 0.4

### Valores de cobertura calculados baseados nos dados do IBGE

O fator C foi calculado usando-se os dados do IBGE que contém descrições de diferentes tipos de cobertura em % por município. Estes foram os valores de C utilizados para cada tipo de cobertura:

- Lavoura Permanente - fator C utilizado: 0.01
- Lavoura Temporária - 0.4 (agricultura convencional)
- Lavoura em Descanso (pousio) - 0.001
- Pastagem Natural - 0.003
- Pastagem Plantada - 0.005
- Mata / floresta natural - 0.0001
- Mata / floresta modificada - 0.001
- Terra com potencial para agricultura ainda não utilizada- 0.002
- Terra inapropriada para agricultura - 0.003

Os valores do fator C para estes tipos de cobertura foram obtidos dos resultados de pesquisa da seguinte fonte:

*Haan, C.T., B.J. Barfield, and J.C. Hays, 1994. Design Hydrology and Sedimentology for Small Watersheds. pp. 242-243. American Press.*

Desta fonte foram computados os valores médios para os seguintes tipos de cobertura e outros:

- Dense forest - 0.0001
- Open forest - 0.001
- Grass - 0.003
- Orchards - 0.01
- Small Grain - 0.3
- Row Crops - 0.5

O Arc View foi utilizado para calcular e mapear os valores de C para cada município. A equação usada foi a seguinte (os valores utilizados são para variáveis em porcentagem) :

$$[Lav\_perm\_] * 0.0001 + [Lav\_temp\_] * 0.004 + [Lav\_desc\_] * 0.00001 + [Past\_nat\_] * 0.00005 + [Past\_plant] * 0.0001 + [Mat\_flor\_n] * 0.000001 + [Mat\_flor\_a] * 0.00001 + [Ter\_prod\_n] * 0.002 + [Ter\_inapr\_] * 0.003$$

Esta informação é boa para uma modelagem geral com um valor de potencial erosivo para cada município, mas para um detalhamento melhorado vamos ter que obter fatores para cada

tipo de cultivo (soja, milho, açúcar... etc.) e para vários tipos de rotações e usos de plantio direto.

Os mapas do fator C calculado são apresentados na Figura 18 onde mostra alguns municípios que não tinham dados e na Figura 19 onde foram completados os dados com aproximações baseadas nos municípios em volta.

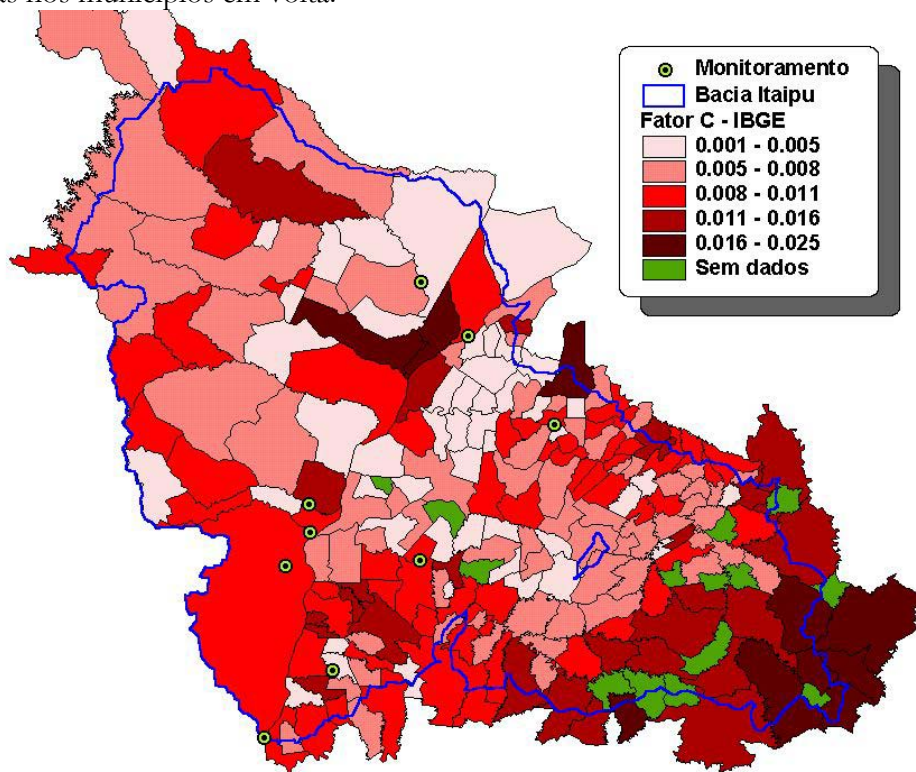


Figura 18. fator C calculado dos dados do IBGE.

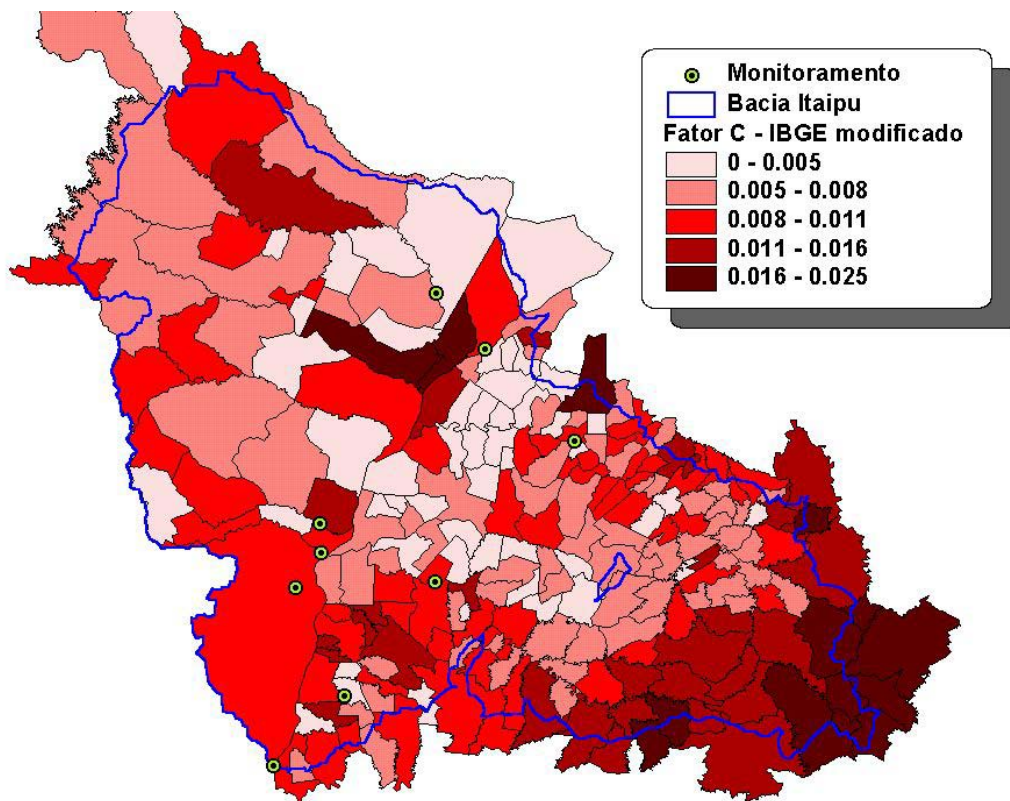


Figura 19. Fator C calculado com dados do IBGE com correções.

### Dados de cobertura da USGS usando o satélite AVHRR (resolução de 1 km)

Outra forma de obter o fator C é por meio de imagens orbitais. Um exemplo são as imagens obtidas da USGS. A Figura 20 mostra uma classificação de cobertura na bacia de ITAIPU de uma série de imagens dos satélites da NOAA. Estes dados e legenda foram compilados de informações obtidas da USGS para a região da bacia de ITAIPU usando Arc View e IDRISI.



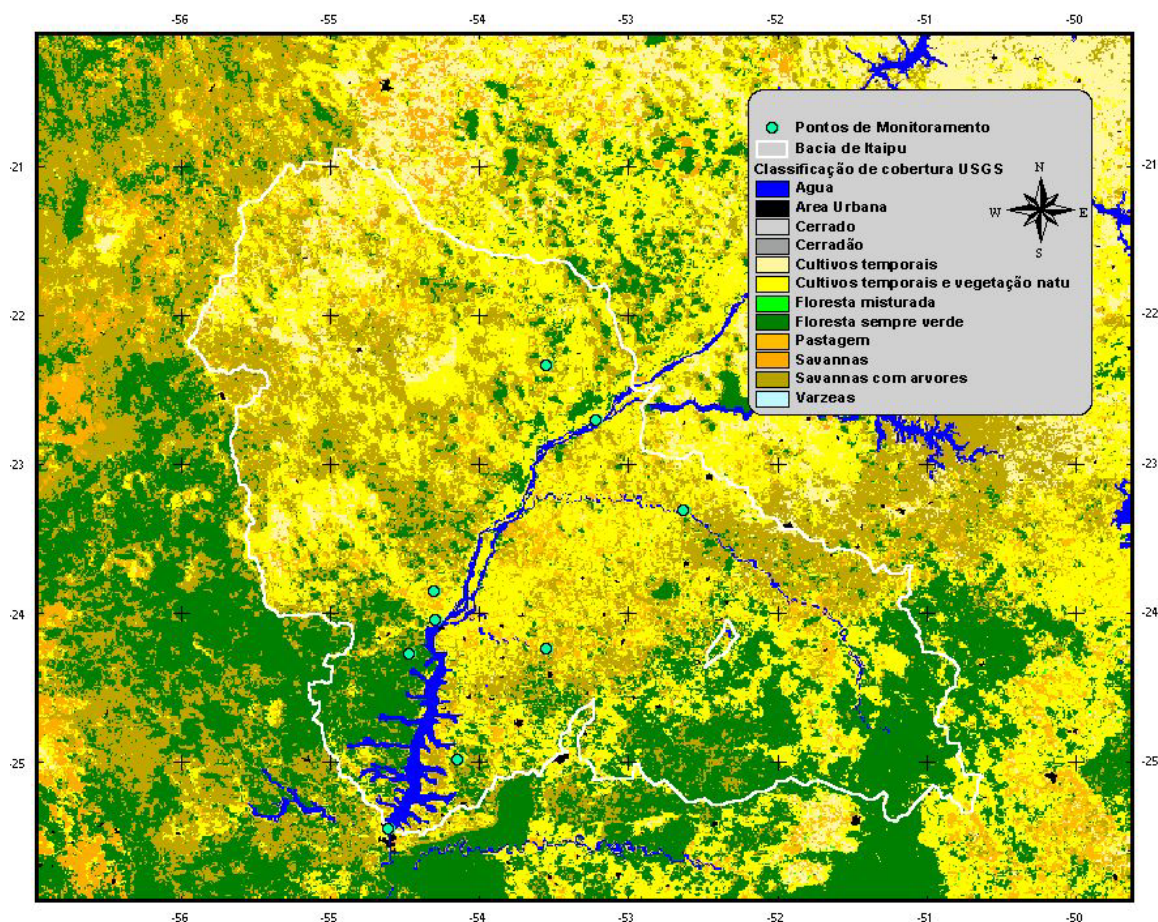


Figura 20. Classificação de cobertura da USGS.

A projeção original dos mapas de cobertura da USGS estavam em *Lambert Azimuthal Equal Área*. As dimensões destes mapas para toda América do Sul são:

Colunas: 6000

Linhas: 8000

Unidades: metros

Tamanho do pixel: 1000 metros

Radio da esfera: 6370997 m

Longitude de origem: 60 00 00 W

Latitude de origem: 15 00 00 S

False easting: 0.0

False northing: 0.0

XY corner coordinates (center of pixel) in projection units (meters):

Lower left: ( -3000000, -4899000)

Upper left: ( -3000000, 3100000)

Upper right: ( 2999000, 3100000)

Lower right: ( 2999000, -4899000)

Os Fatores de C para a imagem USGS 1992 foram calculados com base na cobertura classificada. A Tabela 12 mostra estes valores e a Figura 21 mostra um mapa com o fator C calculado com base na imagem do USGS.

Tabela 12. Valores de C para cobertura obtida da imagem USGS 1992.

Value	Count	Cobertura	Fator_c2
2	126278	Floresta sempre verde	0.0001
5	176	Floresta misturada	0.0010
6	100	Cerradão	0.0030
7	11	Cerrado	0.0040
8	135191	Savanas com árvores	0.0030
9	39137	Savanas	0.0040
10	20783	Pastagem	0.0050
11	153	Várzeas	0.0010
12	86109	Cultivos temporais	0.4000
13	1625	Área Urbana	0.0010
14	170271	Cultivos temporários e vegetação natural	0.1000
17	12663	Água	0.0001



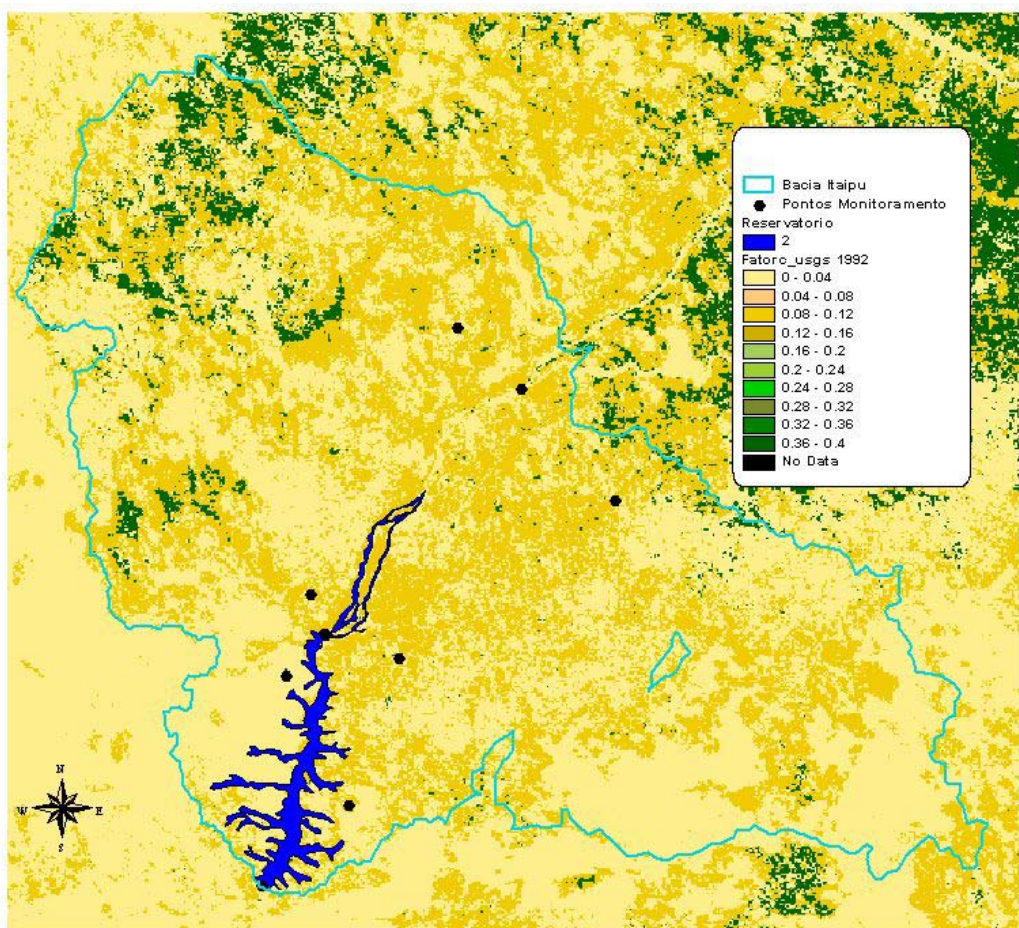


Figura 21. Mapa do fator C calculado dos dados da USGS 1992.

### Cobertura com o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) da USGS

Existem outras possibilidades para obter valores de cobertura. Uma destas formas é através do índice NVDI. O índice NVDI é um indicativo da atividade fotossintética da biomassa vegetal. Este índice baseia-se na diferença de valores de refletância do *near-infrared* (AVHRR Channel 2) com o canal visível (AVHRR – Advanced Very High Resolution Radiometer Channel 1) dividido pela refletância total indicado pela seguinte equação:

$$(NIR-VIS)/(NIR+VIS).$$

A amplitude varia de  $-1.0$  a  $1.0$  que depois é normalizado a valores de  $0-200$ . Valores maiores indicam vegetação verde e valores menores indicam regiões sem vegetação como água ou solo descoberto. As Figura 22 à Figura 28 mostram valores de NDVI médios para a bacia de ITAIPU. Estas figuras mostram valores a cada mês onde é possível verificar a mudança de vegetação no ano (inverno / verão). Estas informações podem ser muito úteis para a modelagem em tempo contínuo e para determinar a carência de cobertura vegetal em regiões e por mês.



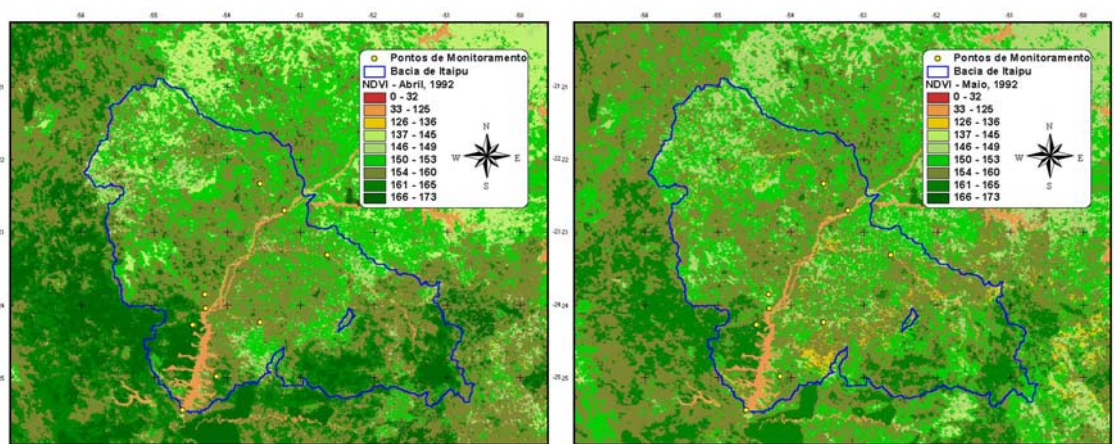


Figura 22. Valores de NDVI para os meses de abril e maio, 1992.

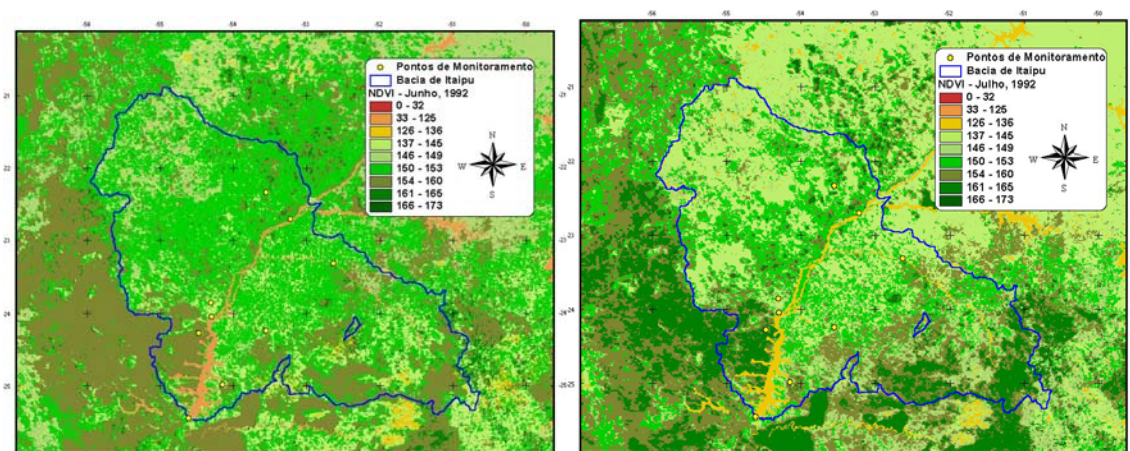


Figura 23. Valores do NDVI para os meses de junho e julho, 1992

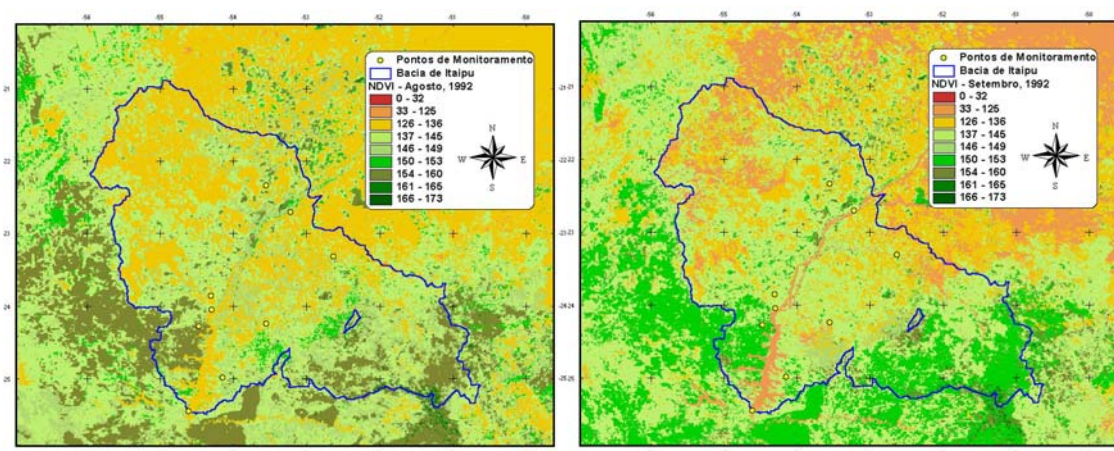


Figura 24. Valores do NDVI para os meses de agosto e setembro, 1992.



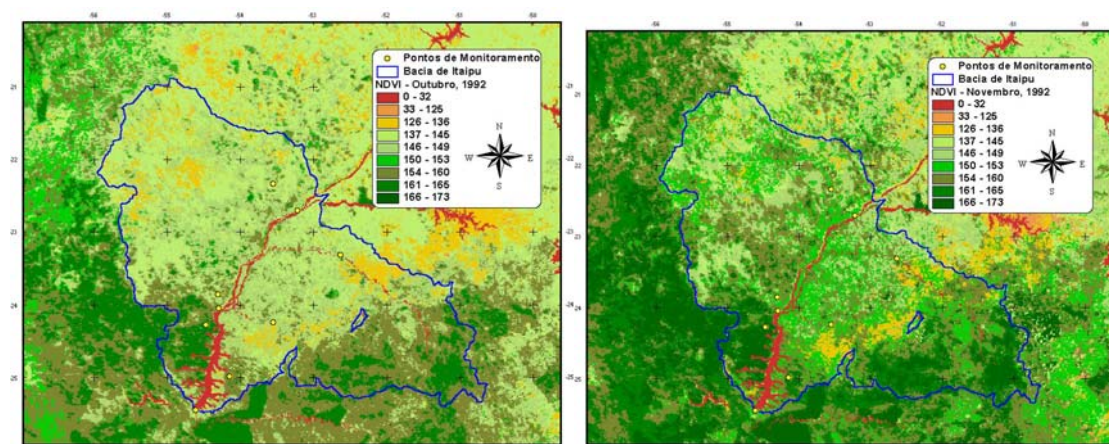


Figura 25. Valores do NDVI para os meses de outubro e novembro, 1992.

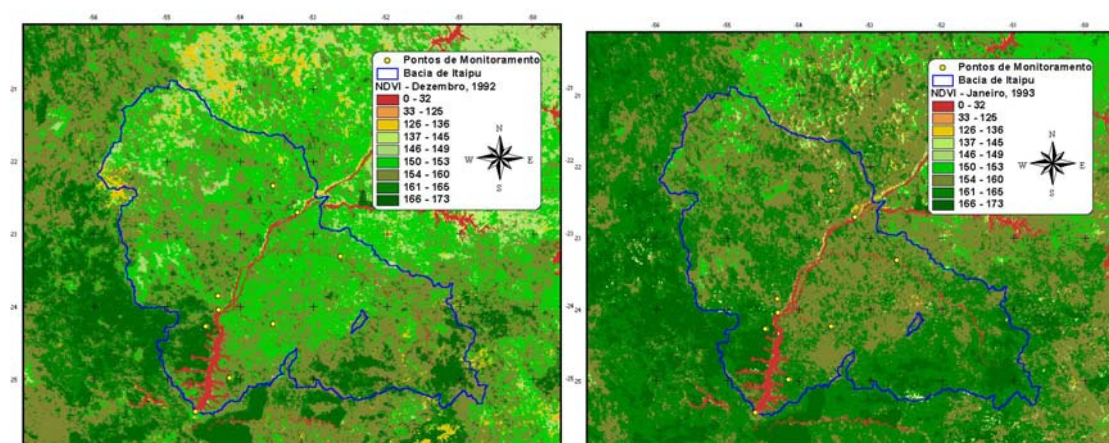


Figura 26. Valores do NDVI para os meses de dezembro, 1992 e janeiro, 1993.

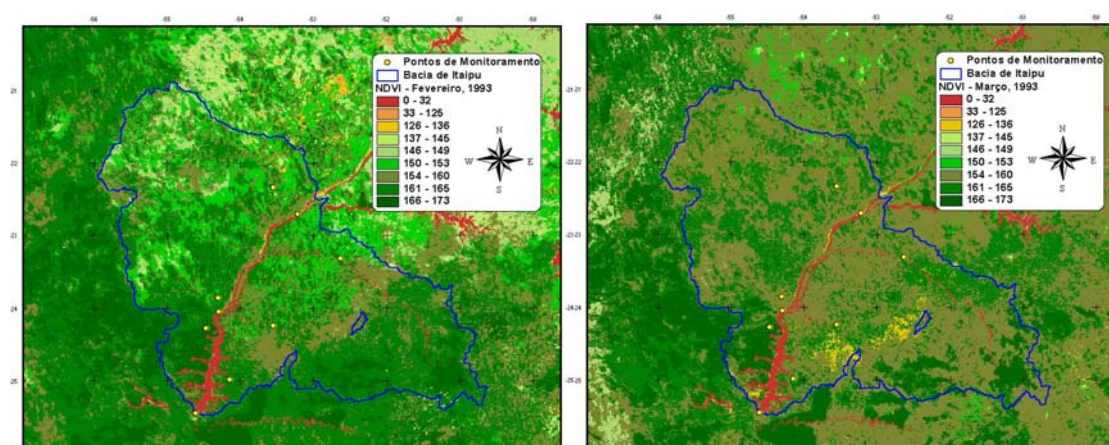


Figura 27. Valores do NDVI para os meses de fevereiro e março, 1993.

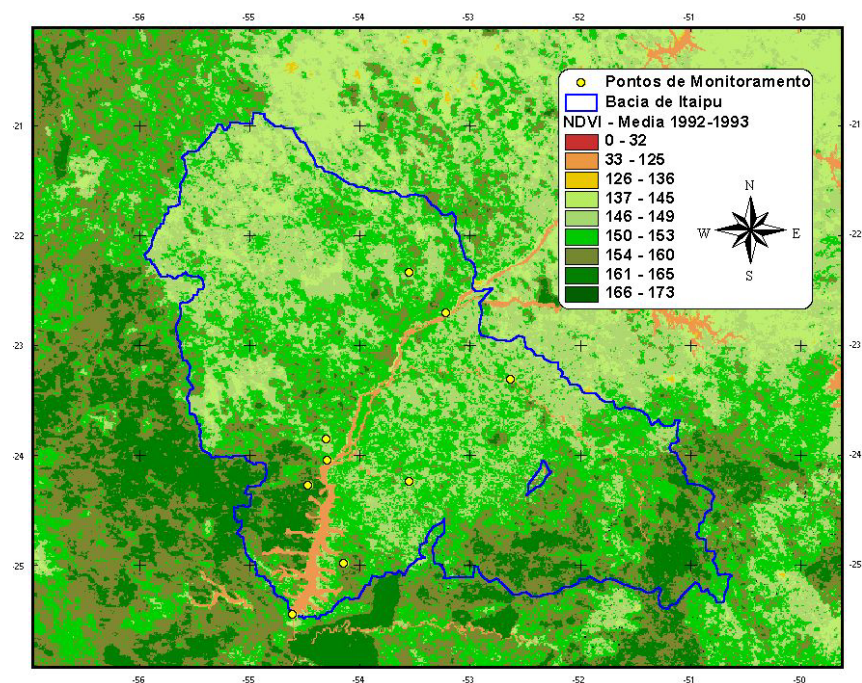


Figura 28. Índice NDVI para a média de 1992-1993.

### Fator C calculado com base na imagem CBERS – WFI, NDVI.

O valor de C foi estimado para os pixels da imagem CBERS – WFI usando o índice NDVI (Figura 29). A Tabela 13 mostra a relação entre os valores NDVI e valores estimados do fator C.

Tabela 13. Fatores de C utilizados para os valores de NDVI.

<i>Índice NDVI</i>	<i>Fator C</i>
0-27	0.0000
28-66	0.4000
67-94	0.3000
95-118	0.0100
119-141	0.0060
142-163	0.0050
164-184	0.0040
185-205	0.0030
206-226	0.0010
227-255	0.0001



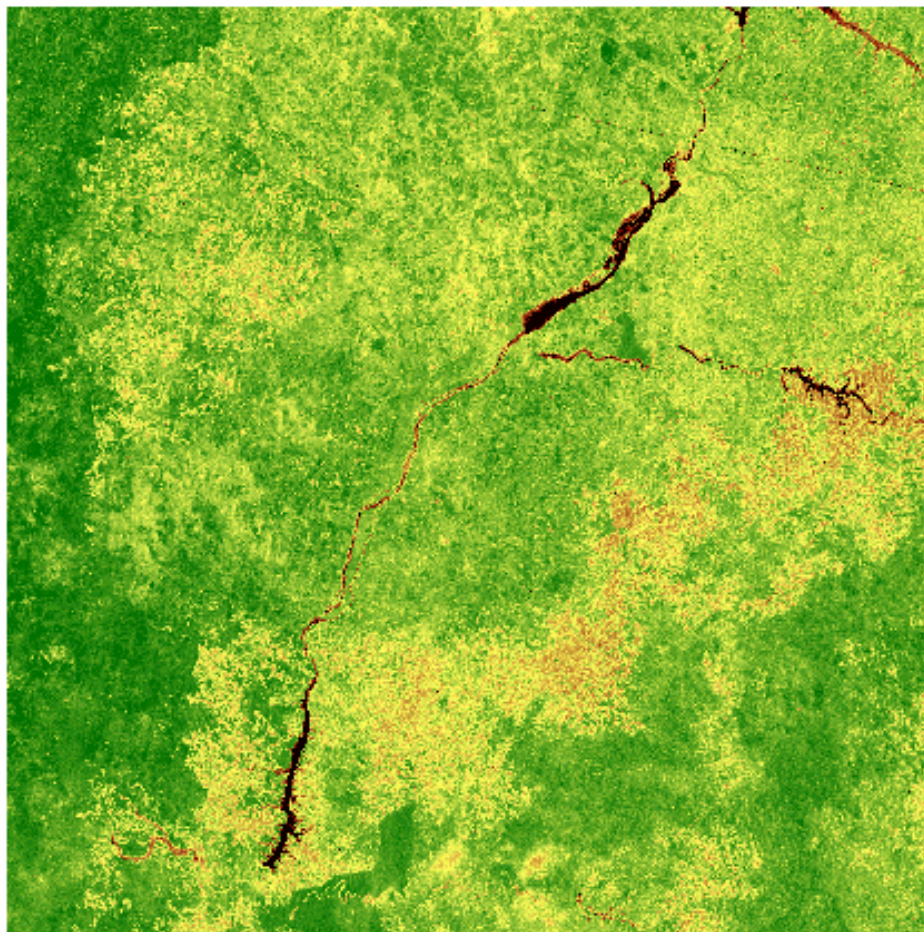


Figura 29. Imagem WFI (09/04/2000) com valores de cobertura NDVI aproximados para modelagem com RUSLE.

### **Fator C calculado do satélite MODIS da NASA.**

Foram obtidas imagens do satélite MODIS, EOS da NASA na resolução de 500 m para a continuação da melhoria do fator C de cobertura vegetal. Uma destas imagens é apresentada na Figura 30 demonstrando uma falsa composição das bandas vermelhas, infra-vermelhas, e azul para o dia 4 de março de 2001.

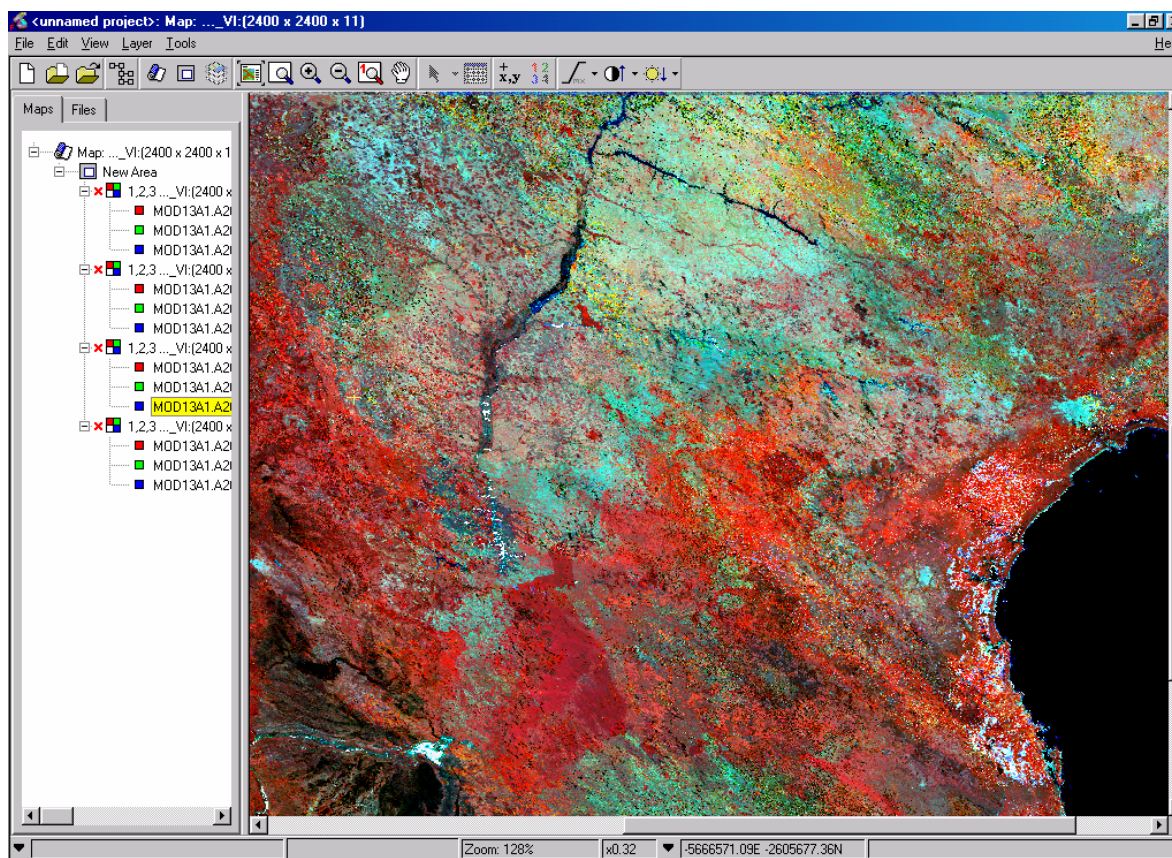


Figura 30. Trabalhos com imagens de satélite do EOS, MODIS representado a área de estudos da bacia de influência direta a Itaipu utilizado para calculo do fator C de cobertura vegetal.

O trabalho de processamento e classificação das imagens de satélite é um trabalho muito importante na modelagem. Com as imagens de satélite (LandSat ou CBERS-WFI) podemos quantificar e verificar o tipo de cobertura em toda a bacia de influencia direta ao Reservatório. Isto é muito importante porque sabendo a quantidade e tipo de cobertura presente na bacia podemos calcular o Fator C para determinar o potencial erosivo na bacia. Com um Fator C bem definido, podemos determinar as atuais regiões de alto risco de erosão. Obtendo a cobertura atual e de anos anteriores podemos ver o desenvolvimento das áreas agrícolas e determinar estratégias para diminuir o aporte de sedimentos ao Reservatório. A interpretação e classificação de imagens também podem ser utilizadas para simular possíveis aplicações de projetos conservacionistas. Por exemplo, podemos simular situações onde aplicamos praticas conservacionistas (plantio direto) a agricultura e ver a possível diminuição no aporte de sedimentos ao Reservatório.

### As imagens orbitais LandSat.

Foram adquiridas um sequência de 5 imagens orbitais LandSat do INPE e 4 da GEODECISION referente a datas do início do ano de 2002 (período de desenvolvimento das culturas), nos meses de fevereiro e março. Todas foram adquiridas com o nível de correção 1G, ou seja, com correção Radiométrica e Sistemática ou geométrica, com geo-referenciamento pelo controle de altitude e as efemérides do satélite no instante da aquisição das imagens.

As imagens adquiridas foram:

Cena (órbita/ponto)	data	Satélite	fornecedor
222/076	08 de Março de 2002	Landsat 7 ETM+	GEODECISION
222/077	08 de Março de 2002	Landsat 7 ETM+	GEODECISION
223/076	15 de Março de 2002	Landsat 7 ETM+	GEODECISION
223/077	15 de Março de 2002	Landsat 7 ETM+	GEODECISION
224/075	26 de Fevereiro de 2002	Landsat 5 TM	INPE
224/076	22 de Março de 2002	Landsat 7 ETM+	INPE
224/077	22 de Março de 2002	Landsat 7 ETM+	INPE
225/075	25 de Fevereiro de 2002	Landsat 7 ETM+	INPE
225/076	25 de Fevereiro de 2002	Landsat 7 ETM+	INPE

Todas as imagens foram adquiridas em formato GEOTIFF, porém, durante o pré-processamento<sup>3</sup> das imagens, foi constatado que as imagens providas do INPE possuíam um problema no formato do GEOTIFF de modo que nenhum dos softwares utilizados foi capaz de reconhecer o sistema de projeção cartográfica. O INPE foi consultado sobre este fato e foi informado que realmente as imagens em formato GEOTIFF apresentavam problemas na identificação da projeção. Foi sugerida a utilização do formato FAST FORMAT, mas o problema permaneceu. A solução final do problema veio da IMAGEM que comercializa o software ERDAS IMAGINE, que forneceu uma versão demonstrativa (30 dias), com a qual foi possível importar as imagens com a identificação da projeção cartográfica correta para continuação dos trabalhos.

As imagens foram adquiridas na projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) nos fusos respectivos em função das coordenadas, ou seja, fuso 21 e 22, no Datum SAD69 (**S**outh **A**mericam **D**atum – 1969). A utilização da projeção UTM permite, quando necessário uma extensão do fuso em até 30' (trinta minutos ou meio grau). No entanto a Bacia de influência direta ao reservatório encontra-se exatamente na região limítrofe entre dois fusos da projeção UTM e não é possível utilizar este recurso. A utilização das imagens em fusos diferentes colocará um ponto (qualquer) a uma distância de 600 km deste mesmo ponto representado no outro fuso. Desta forma não é possível estabelecer o mosaico sem que todas as imagens estejam na mesma projeção e fuso. O processo de mosaico é acompanhado do ajuste do registro geo-referenciado das imagens quando necessário. A seguir são relatados detalhes sobre as imagens adquiridas (fuso da projeção UTM e bandas).

---

<sup>3</sup> O pré-processamento consiste em primeiramente receber as imagens, verificar (visualmente) a integridade (presença de ruídos ou falhas) e consistência (se a imagem é da região esperada) das informações e das imagens, banda por banda, primeiros tratamentos de stretch, primeiras composições coloridas para orientar os trabalhos futuros de interpretação, verificação do registro de geo-referenciamento e definição de projeção, quando for o caso alteração de projeção e composição do mosaico.



Cena <sup>4</sup>	data	Satélite	fuso	bandas
222/076	08/03/02	7 ETM+	22	1, 2, 3, 4, 5, 6(h), 6(l), 7, 8.
222/077	08/03/02	7 ETM+	22	1, 2, 3, 4, 5, 6(h), 6(l), 7, 8.
223/076	15/03/02	7 ETM+	22	1, 2, 3, 4, 5, 6(h), 6(l), 7, 8.
223/077	15/03/02	7 ETM+	22	1, 2, 3, 4, 5, 6(h), 6(l), 7, 8.
224/075	26/02/02	5 TM	21	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.
224/076	22/03/02	7 ETM+	21	1, 2, 3, 4, 5, 6(h), 6(l), 7, 8.
224/077	22/02/02	7 ETM+	21	1, 2, 3, 4, 5, 6(h), 6(l), 7, 8.
225/075	25/02/02	7 ETM+	21	1, 2, 3, 4, 5, 6(h), 6(l), 7, 8.
225/076	25/02/02	7 ETM+	21	1, 2, 3, 4, 5, 6(h), 6(l), 7, 8.

Todas as imagens já sofreram a alteração de projeção para a projeção definida para o projeto (Cônica de Albers).

As Imagens orbitais adquiridas mostraram excelente registro de coordenadas, exceto a imagem adquirida do landsat 5 (sensor TM) que apresentou um deslocamento de mais de 1.600 metros e necessitou melhora do registro. Foi utilizado o software ERDAS IMAGINE. Varias opções foram testadas para manter as correções geométricas da imagem.

A Figura 31 mostra uma região qualquer da imagem 224/77 sobreposta à imagem retificada e a imagem com o registro original, esta composição colorida não visa identificar mas ressaltar os mesmos alvos em imagens com diferentes registros. A diferença (erro) nesta região é de 1.890 metros mas este erro já foi corrigido.

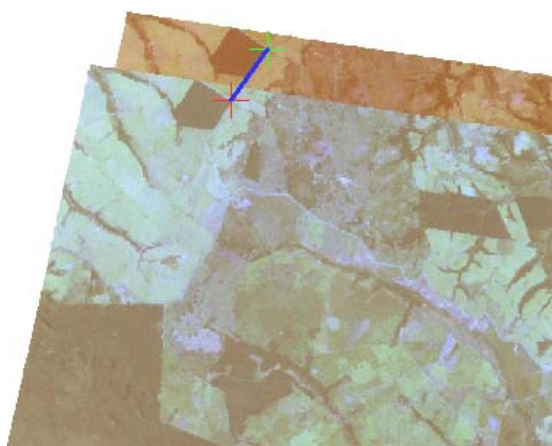


Figura 31. Imagens sobreposta de uma região qualquer da cena 224/77 mostrando o erro do registro

As imagens do landsat 7 possuem a banda Pancromática (banda 8) e a imagem do Landsat 5 não possui. Para compensar esta deficiência da banda pancromática está sendo gerada uma imagem pancromática pela técnica de transformação RGB para IHS, com o objetivo de

<sup>4</sup> A cena é identificada pela descrição de órbita/ponto.



completar o mosaico monocromático da bacia. Ou seja, a banda Pancromática está sendo gerada artificialmente. Estão sendo testadas as variações dos parâmetros para a imagem monocromática nos mesmos padrões de contraste das outras imagens. A Figura 32 mostra o primeiro resultado obtido pela transformação RGB para IHS da cena 224-77, sobre a barragem de ITAIPU, mostrando parte do lago, as instalações da ITAIPU e parte da cidade de Foz do Iguaçu. As manchas escuras são floresta e mata em recuperação; os corpos de água aparecem em cinza claro com textura homogênea, as cidades, edificações e solo exposto aparecem em tons muito claros e brilhantes. Esta imagens devem ser alteradas pois os corpos de água nas bandas pancromáticas devem aparecer totalmente negros ou em tons muito escuros.



Figura 32. Imagem Pancromática obtida pela transformação RGB para IHS.

### **Determinação de áreas precisas e identificação de pequenas bacias de Usinas hidroelétricas na Bacia de Influência Direta de ITAIPU.**

Um estudo realizado sobre as imagens históricas LandSat de 1990, além de revelar as áreas das bacias de amostragem e da bacia de influencia direta ao reservatório, também apontou a existência de quatro pequenas usinas. Assim com as barragens de Primavera e Rosana, estas não fazem parte da bacia de influencia, mas pela sua localização e área que possuem a montante permitem serem confundidas como integrantes da bacia de influência.

As quatro barragens encontram-se nos bancos de dados da ANEEL, e são: Usina de São João, na bacia do Rio Ivinhema, estado do Mato Grosso do Sul; Usinas do Rio dos Patos e do Mourão, ambas na bacia do rio Ivaí e a Usina de Melissa, na bacia do Rio Piquiri, sendo que as três últimas estão localizadas no estado do Paraná. A área de concentração destas usinas não ultrapassa a 2% da bacia de influência, como é possível observar na Tabela 14.

Tabela 14. Áreas das bacias e de usinas dentro da bacia de influencia direta a Itaipu.

<b>BACIA</b>	<b>AREA_HA</b>	<b>AREA_KM</b>	<b>Perc</b>
<b>S.Francisco Falso</b>	52.030,70	520,31	0,35%
<b>Porto S.Jose</b>	130.536,00	1.305,36	0,88%
<b>Carapá</b>	229.845,00	2.298,45	1,56%
<b>Iguatemi</b>	792.407,00	7.924,07	5,37%
<b>Itaipu</b>	1.592.020,00	15.920,20	10,79%
<b>Piquiri</b>	2.123.810,00	21.238,10	14,39%
<b>Ivaí</b>	2.665.430,00	26.654,30	18,06%
<b>Ivinhema</b>	3.136.840,00	31.368,40	21,26%
<b>Guaira</b>	4.032.100,00	40.321,00	27,33%
<b>Total da bacia de influência</b>	14.755.018,70	147.550,19	
<b>Usina Melissa</b>	32.894,60	328,95	0,22%
<b>Usina Mourão</b>	57.100,20	571,00	0,39%
<b>Usina S. João</b>	69.915,50	699,16	0,47%
<b>Usina Rio dos Patos</b>	119.380,00	1.193,80	0,81%
<b>Total</b>	279.290,30	2.792,91	1,89%

As figuras a seguir representam respectivamente as imagens orbitais das áreas de concentração das usinas acima descritas. Em todas as imagens a linha amarela delimita a área de concentração de cada usina. Na Figura 33 da Usina de Melissa, observa-se manchas rosas e avermelhadas. Trata-se de solo exposto ou plantações em estágios iniciais de desenvolvimento; as áreas em verde claro são possivelmente plantações em pleno desenvolvimento; em verde escuro aparecem as matas e regenerações de floresta. Esta interpretação pode ser usada em todas as figuras. Na Figura 34 é possível observar o reservatório da usina em azul, e a leste uma mudança da paisagem, apresentando um relevo mais acidentado e com mais pastagens (verde acinzentado). Na Figura 35, destacam-se as formações florestais nativas na região sudoeste da imagem em verde escuro e amarronzado. Na Figura 36, os diferentes tons de vermelho podem ser atribuídos ou a diferentes estádios de desenvolvimento das culturas e ou ao albedo diferente devido as características físicas e a umidade dos solos.



Figura 33. Usina de Melissa, bacia do Rio Piquiri.

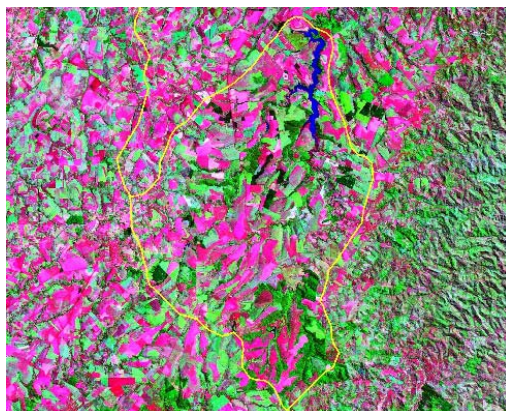


Figura 34. Usina Mourão, bacia do Rio Ivai, município de Campo Mourão.

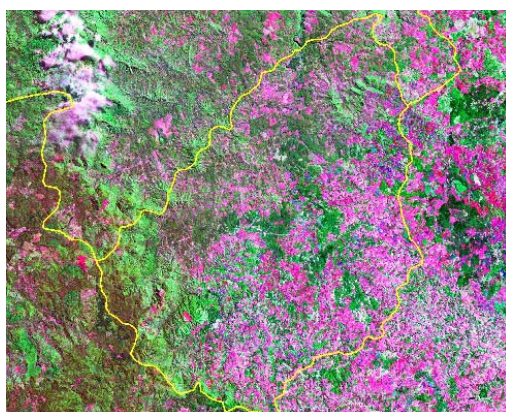


Figura 35. Usina do Rio dos Patos, bacia do Rio Ivai.



Figura 36. Usina de São João, bacia do Rio Ivinhema.

## Analises de imagens multispectrais.

A Figura 37 mostra o sistema de sensoriamento remoto ótico passivo (como o do LandSat). Neste sistema temos o sensor que fornece os dados (imagens LandSat) e o sistema de processamento destas imagens. O pré-processamento e a extração de informação são feitos com o programa MultiSpec (desenvolvido em Purdue Univ.) mas sempre precisam de intervenção humana e dados auxiliares como ser verificação de regiões com pontos de GPS.

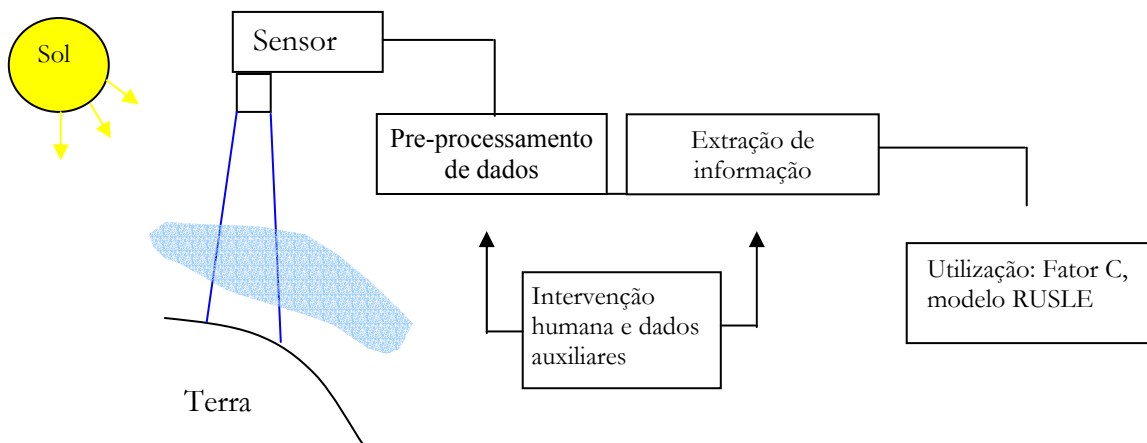


Figura 37. Sistema de sensoriamento remoto ótico passivo para classificação de imagens.

Normalmente um pré-processamento dos dados é feito para corrigir coisas como:

- Seleção de imagens (sem nuvens, datas apropriadas, etc.)
- Geo-referenciamento
- Correção de atmosfera

Depois é extraída a informação desejada da imagens, ou seja a classificação das bandas da imagem. Cada classe que queremos separar (ex. vegetação, solos, água, etc) tem uma resposta de refletância em cada banda espectral. Na Figura 38 podemos ver varias situações de respostas espectrais. Na maioria dos casos, quanto mais bandas temos melhor podemos definir a resposta espectral para as diferentes classes que queremos.

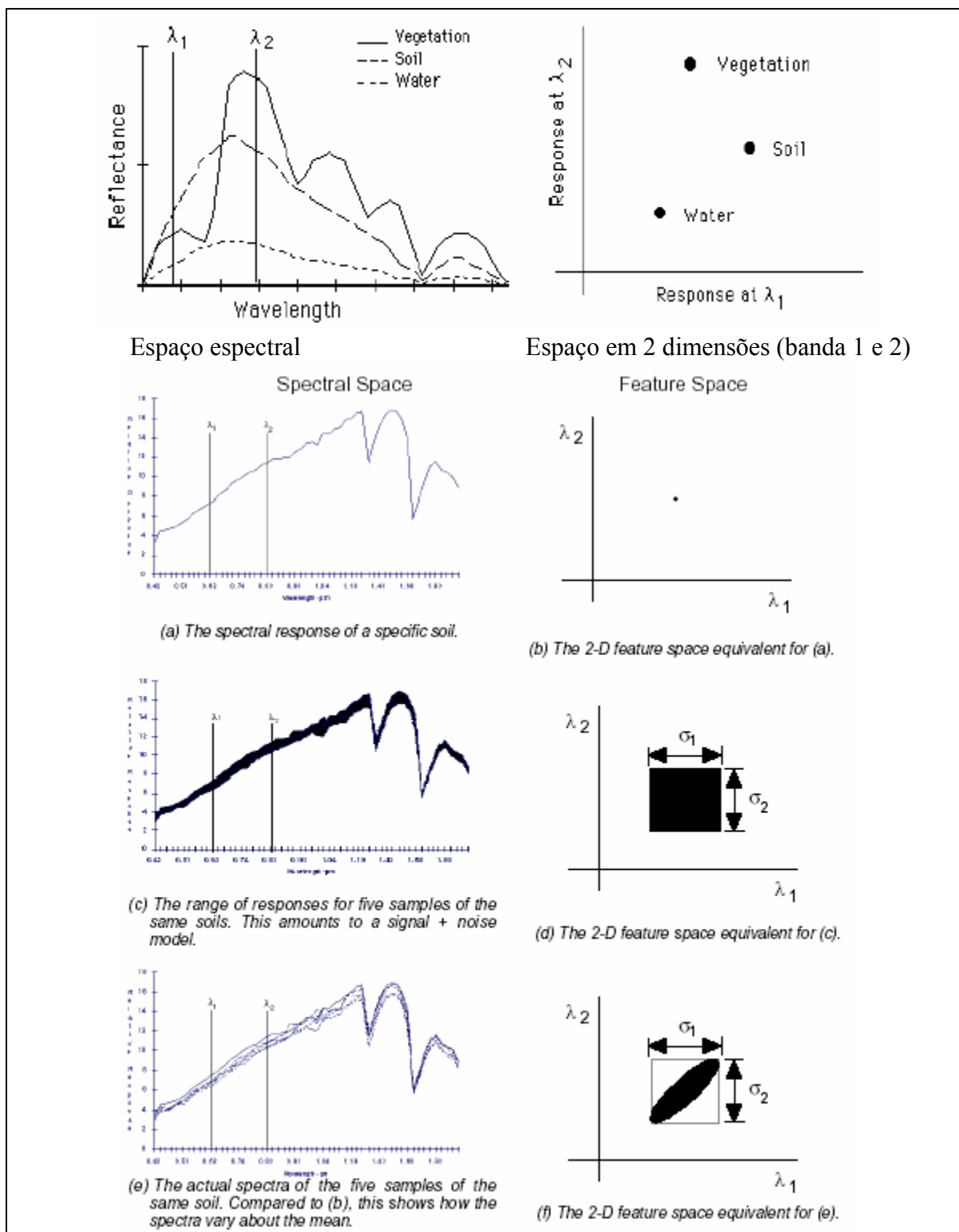


Figura 38. Respostas espectrais para definir classes utilizando diferentes bandas.

Como o espaço espectral é uma mistura de bandas, os programas de classificação utilizam várias equações matemáticas para definir a separação de cada classe que desejamos separar. A

figura mostra três tipos de classificadores: a) o paralelepípedo, b) o de distancia mínima, e o mais utilizado o Maximum Likelihood (mais provável).

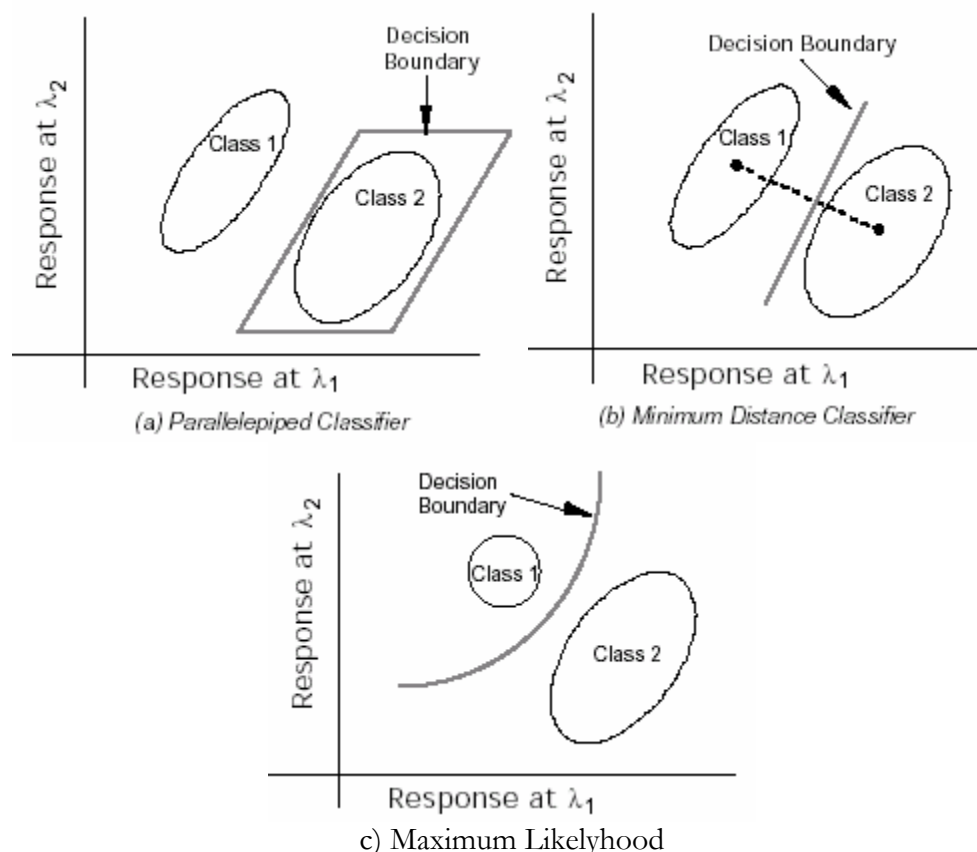


Figura 39. Três tipos de classificadores utilizados para separar diferentes classes.

Utilizando estes classificadores, existem duas formas gerais de classificação, a automática (Classificação não supervisionada - CLUSTERING) e a manual (Classificação supervisionada). Mesmo que este processo possa ser feito automaticamente, a intervenção humana é fundamental. A intervenção é feita tanto no pré-processamento como na classificação das imagens. Além disto dados ou mapas adicionais devem ser introduzidos para melhorar esta análise. Estes dados ou mapas incluem pontos de verificação terrestre (pontos de GPS), inteligência local, dados estatísticos e outras informações que descrevem o que tem num certo lugar.

A imagem multispectral que estamos usando no projeto são as imagens do LandSat ETM e TM. As imagens LandSat ETM tem as amplitudes de bandas e propósitos apresentados na Tabela 15.



Tabela 15. Amplitude e propósito de bandas do satélite LandSat.

Numero da banda	Amplitude da banda ( $\lambda$ )	Tamanho de Célula (m)	Propósito original da banda
1	.45 to .515	30	Solos / vegetação
2	.525 to .605	30	Vegetação – verde
3	.63 to .690	30	Absorção de clorofila maximo
4	.75 to .90	30	Vegetação e delimitação de terra/água
5	1.55 to 1.75	30	Stress de água das plantas; diferenciação de neve/nuvens
6	10.40 to 12.5	60	Banda termal
7	2.09 to 2.35	30	Banda hidrotermal
8 - pan	.52 to .90	15	Panacromica

Para classificar as imagens LandSat e CBERS-WFI utilizamos a classificação supervisionada no programa MultiSpec. O programa requer que sejam definidas áreas de treinamento correspondente as classes ou categorias que pretendemos definir. Para as nossas necessidades iniciais, definimos áreas com as seguintes classes:

- água
- floresta
- pastagens
- vegetação baixa ou mata baixa
- agri\_1 (agricultura com terra exposta)
- agri\_2 (agricultura com cultivos mínimos)
- agri\_3 (agricultura com cultivos médios)
- agri\_4 (agricultura densa)

Na Figura 40 podemos observar as definições ou áreas de treinamento destas classes para a classificação da imagem LandSat 224/76.





Figura 40. Definição supervisionada de classes para classificar a imagem LandSat 222/76

Na análise preliminar utilizamos as bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 6 ou seja todas menos a banda pancromática. Para facilitar a definição de áreas de treinamento, utilizamos diferentes combinações de bandas para melhorar a visibilidade das classes de interesse. Por exemplo, as seguintes três combinações de bandas foram utilizadas na classificação supervisionada das imagens LandSat.

1) Combinação de bandas para obter imagem com cores naturais:

Banda 3

Banda 2

Banda 1

Na Figura 41 podemos ver a região em volta ao reservatório em cores naturais. Com a cor natural podemos visualizar florestas, água, e terras agrícolas muito bem.



Figura 41. Imagem LandSat 224/77 do Reservatório em cor natural (bandas 3,2,1)

2) Combinação para cor falsa utilizada para diferenciar vegetação:

Banda 4

Banda 5

Banda 6

Com esta combinação de bandas podemos distinguir melhor a vegetação. A Figura 41 mostra a mesma imagem onde podemos distinguir melhor entre diferentes tipos de vegetação.



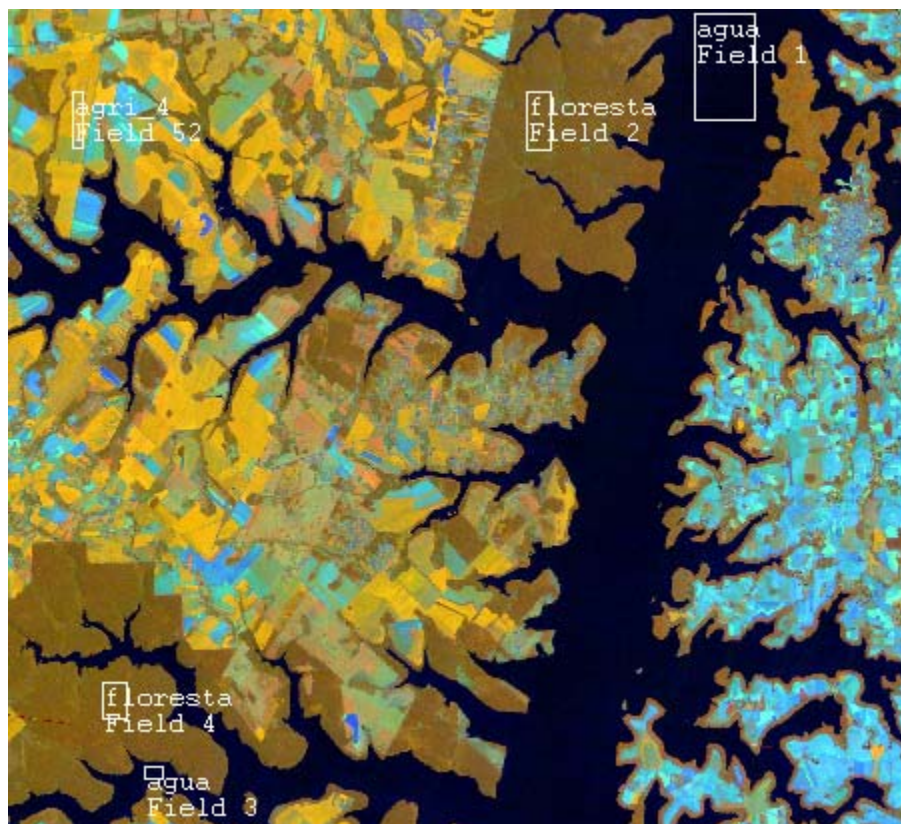


Figura 42. Combinação de bandas 4,5, e 6 (cor falsa) para distinguir vegetação.

3) Combinações de bandas para obter uma composição infravermelha (near infrared):

Banda 4 (NIR)

Banda 3

Banda 2

Com a composição infravermelha podemos distinguir mudanças morfológicas melhor que nas outras combinações.

Estas três combinações de bandas são utilizadas visualmente para definir as áreas de treinamento das classes. Também utilizamos um banco de dados de fotos geo-referenciados para obter uma verificação da classificação. As fotos na Figura 43 são um exemplo das fotos que utilizamos para verificar a classificação e ajudar na definição das áreas de treinamento.

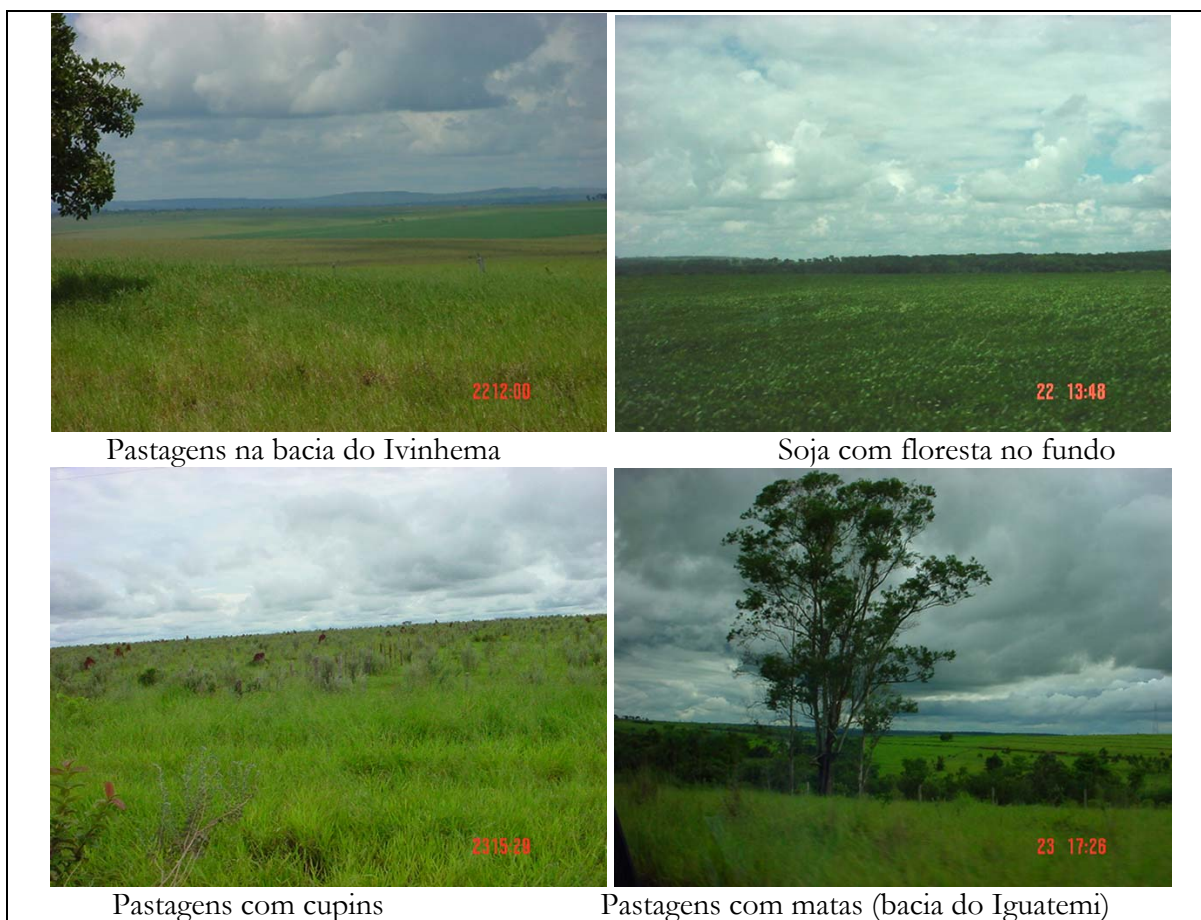


Figura 43. Banco de dados de fotos geo-referenciadas com GPS de cobertura no Mato Grosso do Sul.

### **Classificação de imagens LandSat e CBERS-WFI da bacia de influencia direta a Itaipu**

O resultado final da classificação das imagens é um mapa temático onde cada célula do mapa representa uma classe, ou seja um tipo de cobertura. No nosso caso fizemos uma classificação das imagens LandSat da bacia para identificar água, floresta, pastagens, mata baixa, e quatro tipos de agricultura. Esta classificação inicial resulto no mapa apresentado na Figura 44. Nessa figura podemos observar nitidamente as regiões predominantes de agricultura, florestas, matas, e pastagens numa resolução de 30 metros. Porém como as imagens são separadas (9 imagens em total) e cada uma foi classificada separadamente, ainda estamos no processo de juntar as imagens e fazer uma classificação geral de toda a bacia.

Uma imagem de toda a bacia que a gente tinha é a do CBERS-WFI com uma resolução de 250 metros. Foi feita uma nova classificação desta imagem utilizando as ferramentas do Multispec e a classificação supervisionada para obter um novo mapa temático de cobertura para utilizar no calculo do Fator C. Este mapa é apresentado na Figura 45.



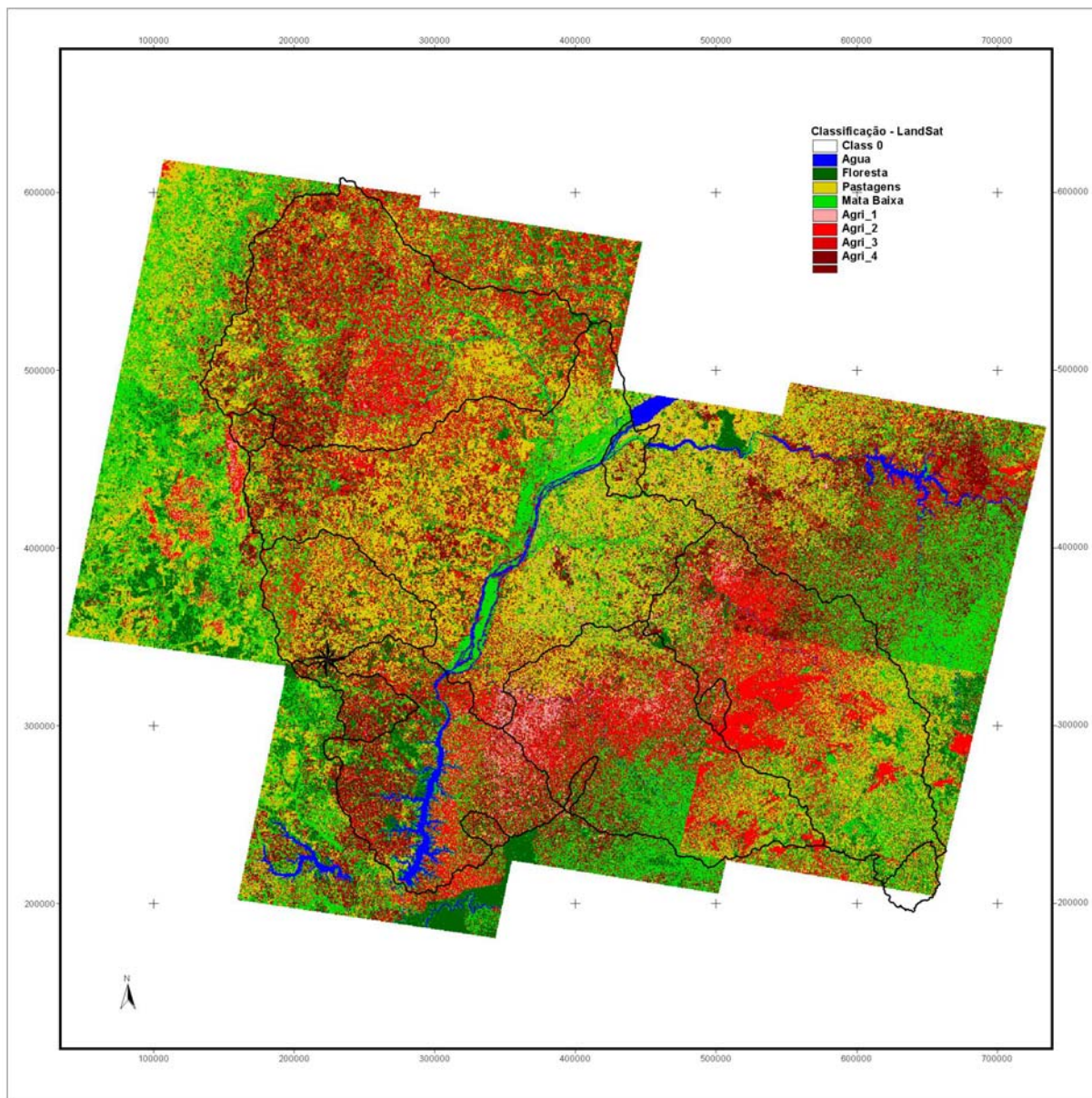


Figura 44. Classificação de imagens Landsat de 2002 utilizando o programa MultiSpec e uma classificação supervisionada.

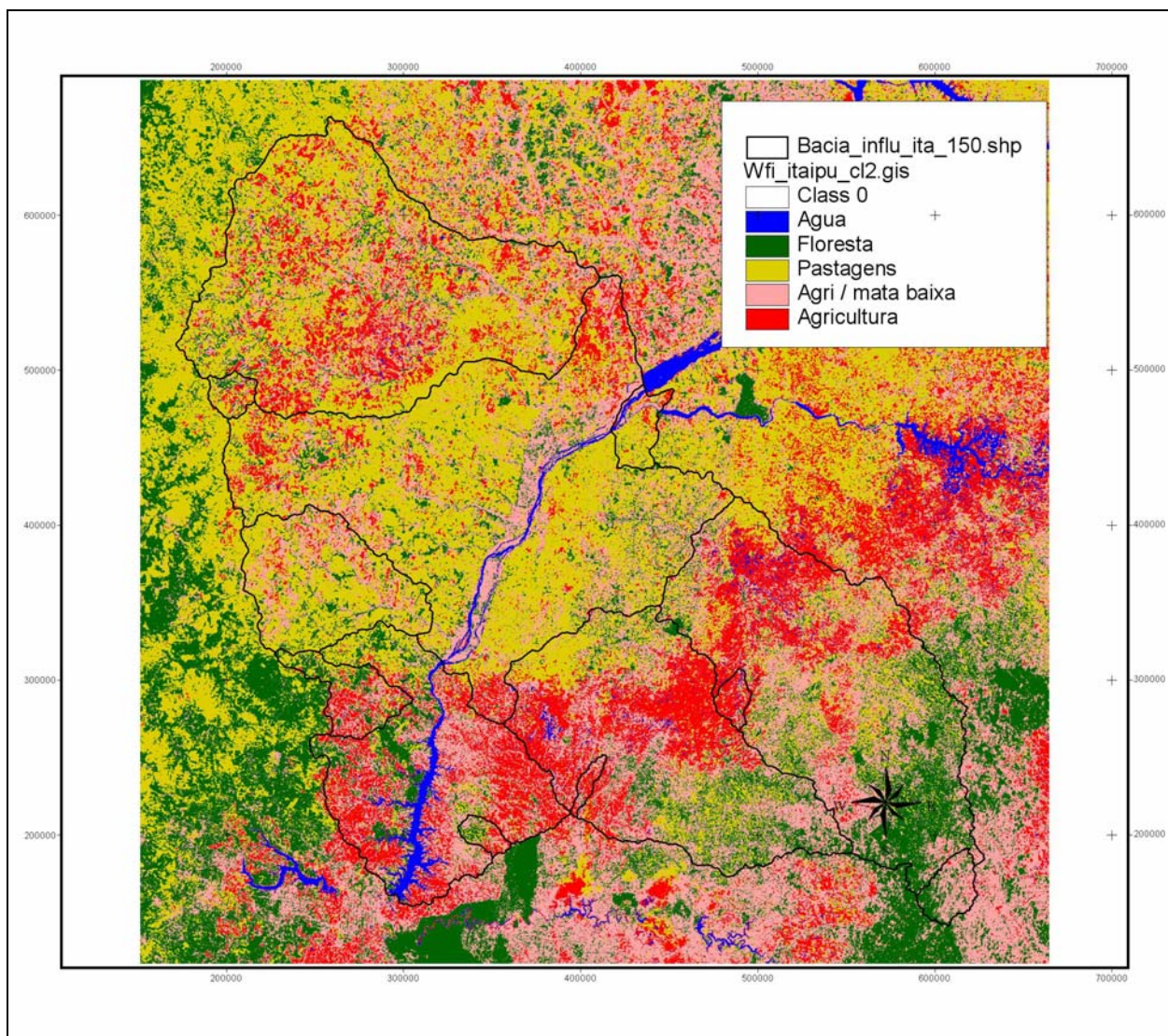


Figura 45. Classificação melhorada da imagem WFI (CBERS) utilizando MultiSpec e classificação supervisionada.

Utilizando a classificação melhorada da imagem WFI (do satélite CBERS) foram estimados dois valores de fator C para cada uma das classes assumindo 1) agricultura convencional e 2) agricultura com plantio direto. Estes fatores foram determinados para cada uma das células do mapa temático da classificação (Figura 45). Na Figura 46 apresentamos um sumário das médias dos fatores C para cada uma das sub-bacias na região utilizando agricultura convencional e plantio direto nas regiões de agricultura da bacia.



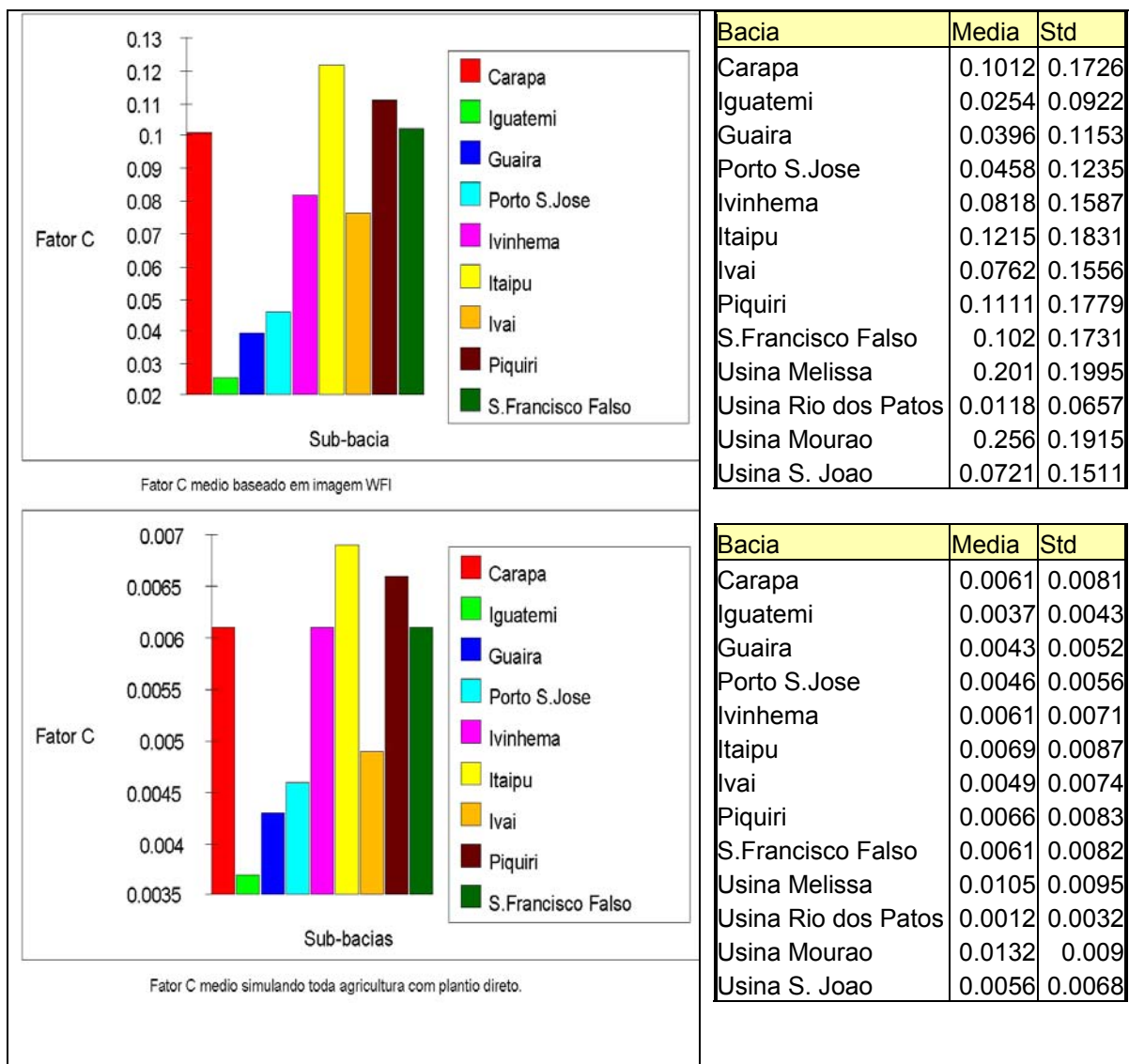


Figura 46. Fator C médio para cada sub-bacia (com arado convencional e plantio direto)

Na Figura 47 podemos observar a malha municipal encima da imagem classificada do WFI. As áreas em vermelho (agricultura) são as que estão sendo simuladas com plantio convencional e plantio direto. O resto das áreas (floresta, pastagem, etc) permanecem iguais.



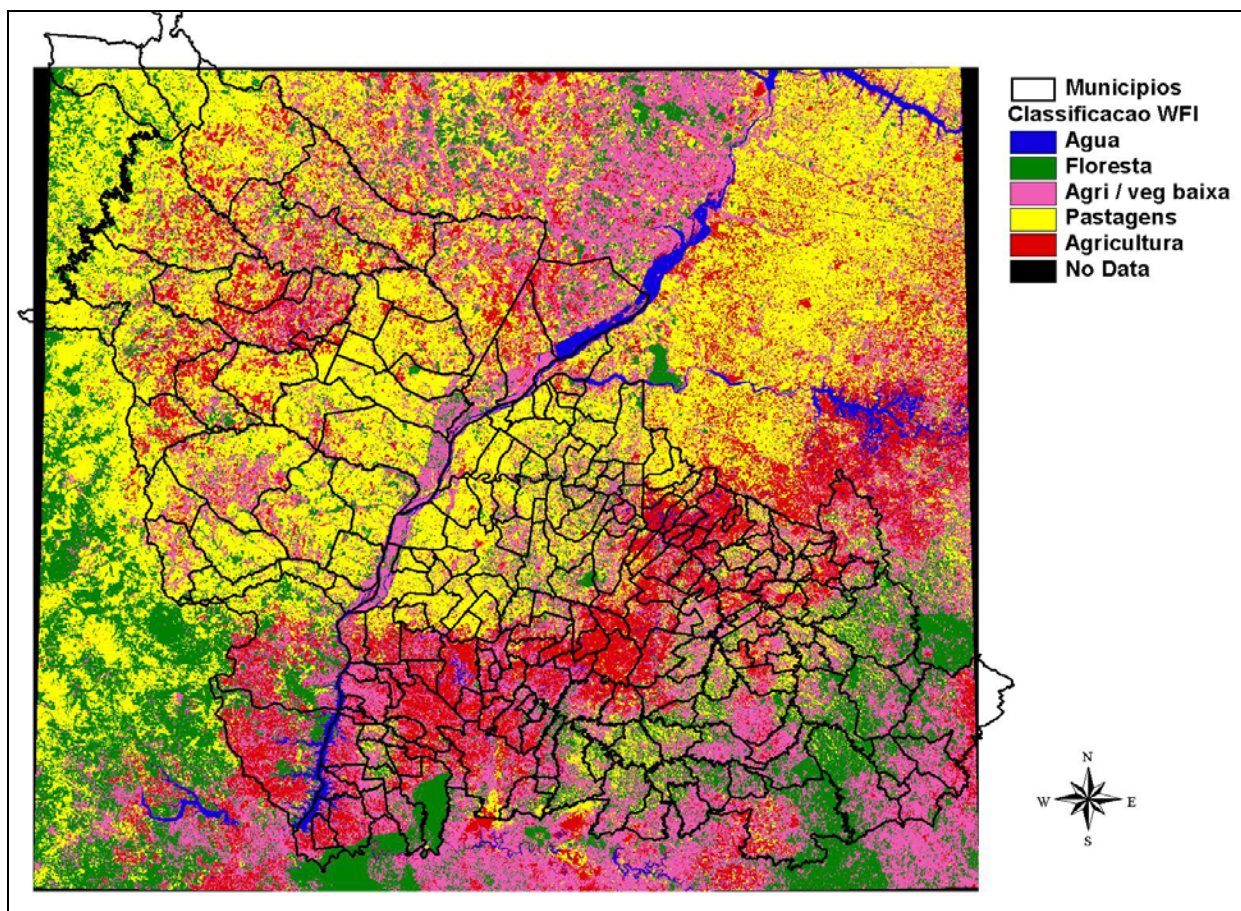


Figura 47. Classificação de imagem sob malha municipal.

### **Banco de dados de cobertura geo-referenciado para definição do fator C.**

Objetivo principal de desenvolver um banco de dados de cobertura geo-referenciado é para poder estabelecer padrões de cobertura vegetal para identificação posterior de coberturas vegetais nas imagens de satélite.

Através do uso do GPS, identifica-se uma área com vários padrões de cobertura em volta do ponto geo-referenciado. Esses padrões (por exemplo, mata, pasto, pasto com árvores, vales, culturas, etc), são descritos no campo e depois identificados nas imagens de satélite. Esses padrões na imagem do satélite serão após identificação, classificados e devidamente armazenados. No manuseio de novas imagens, esses padrões do banco de dados serão comparados para a identificação das diferentes coberturas, gerando portanto dados diretos para cálculo do fator C da RUSLE. Um refinamento posterior desse banco será a associação de práticas conservacionistas associadas a esses padrões identificados a campo, permitindo identificar as principais práticas conservacionistas utilizadas e gerar dados para a avaliação do fator P da RUSLE.

Este banco de dados, além de identificar as coberturas vegetais, também permite o registro a campo de outras situações de uso da terra para comparação com a imagens de satélite. Por exemplo, solo descoberto, voçorocas, rios e lagos, construções como uma cidade, etc.

Este banco de dados está sendo construídos aos poucos e já temos aproximadamente 500 pontos catalogados obtidos em seis viagens feitas pelo Estado do Paraná e Mato Grosso do Sul.

Pontos importantes quando geo-referenciando fotos a campo:

1. fotos paradas: procurar local representativo da área que está sendo estudada. Se houve um ponto em particular, por exemplo, os sites de monitoramento ficar por pelo menos 8-10 minutos no mesmo local sem movimentação para que o GPS possa fazer a média de leitura de dados daquele local em particular.
2. fotos em movimento: ter o cuidado de geo-referenciar de maneira rápida quando em movimentação. A descrição do lugar geo-referenciado quando em movimento deve consistir de um ponto de fácil identificação, mas que mostre, além disso, outros pontos adjacentes que possam ser comparados com outros lugares. Por exemplo, fotos de mata e pasto juntos: existem muitas maneiras desse tipo de paisagem se apresentar. Então é bom tirar vários pontos para se calibrar os padrões das fotos do satélite.
3. A trajetória dos pontos já amostrados na bacia de influência ao Reservatório para ver onde já passamos estão na Figura 48 e Figura 49. A partir desse mapa dos locais já referenciados podemos programar viagens para coletar outros pontos de GPS e imagens de interesse ao projeto onde ainda não passamos.
4. Anotações: cada foto geo-referenciada deve ser descrita em termos de conteúdo e número do ponto de GPS (landmark). A partir daí, monta-se uma planilha com os pontos mostrando as seguintes dados mostrados na Tabela 16 e Tabela 17.



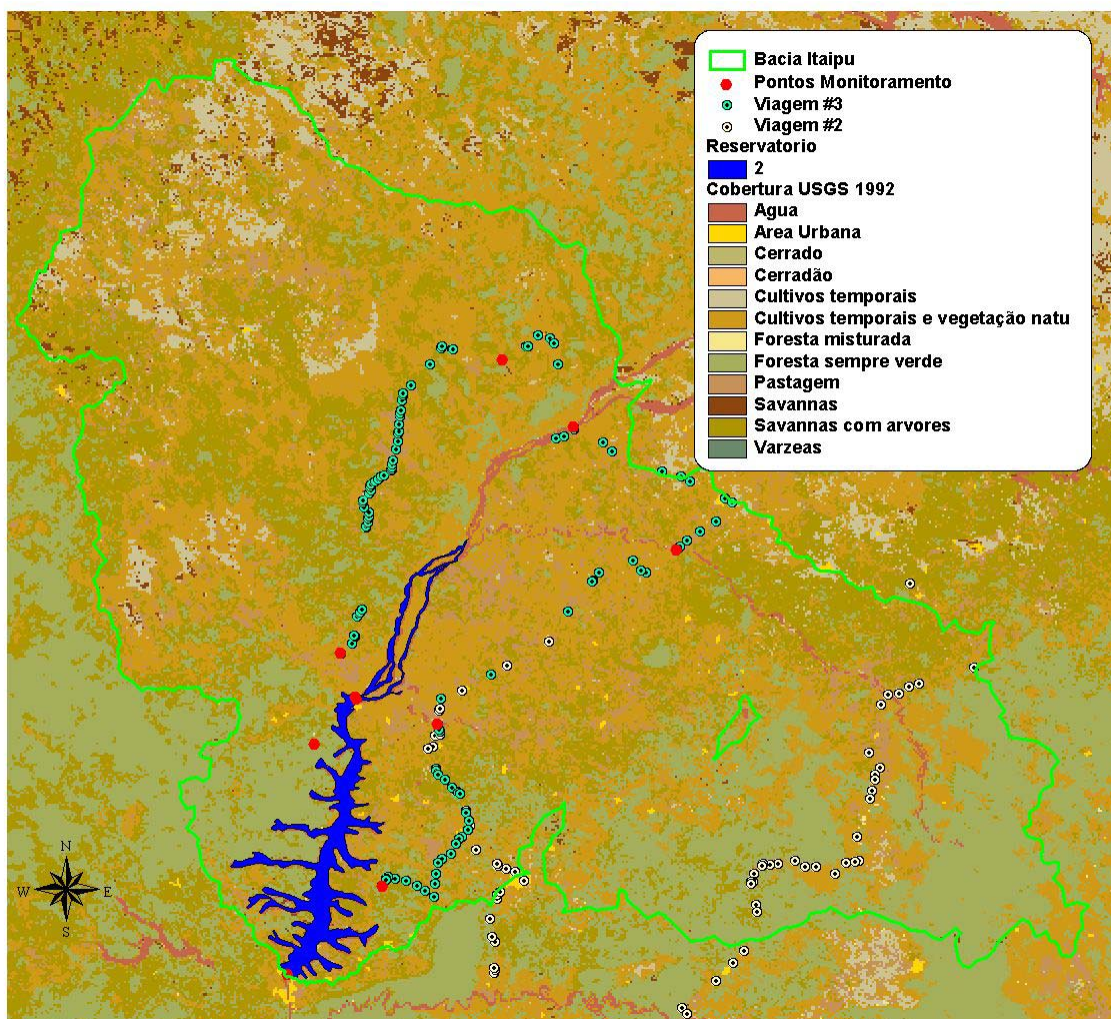


Figura 48. Imagem de cobertura da USGS com pontos geo-referenciados.



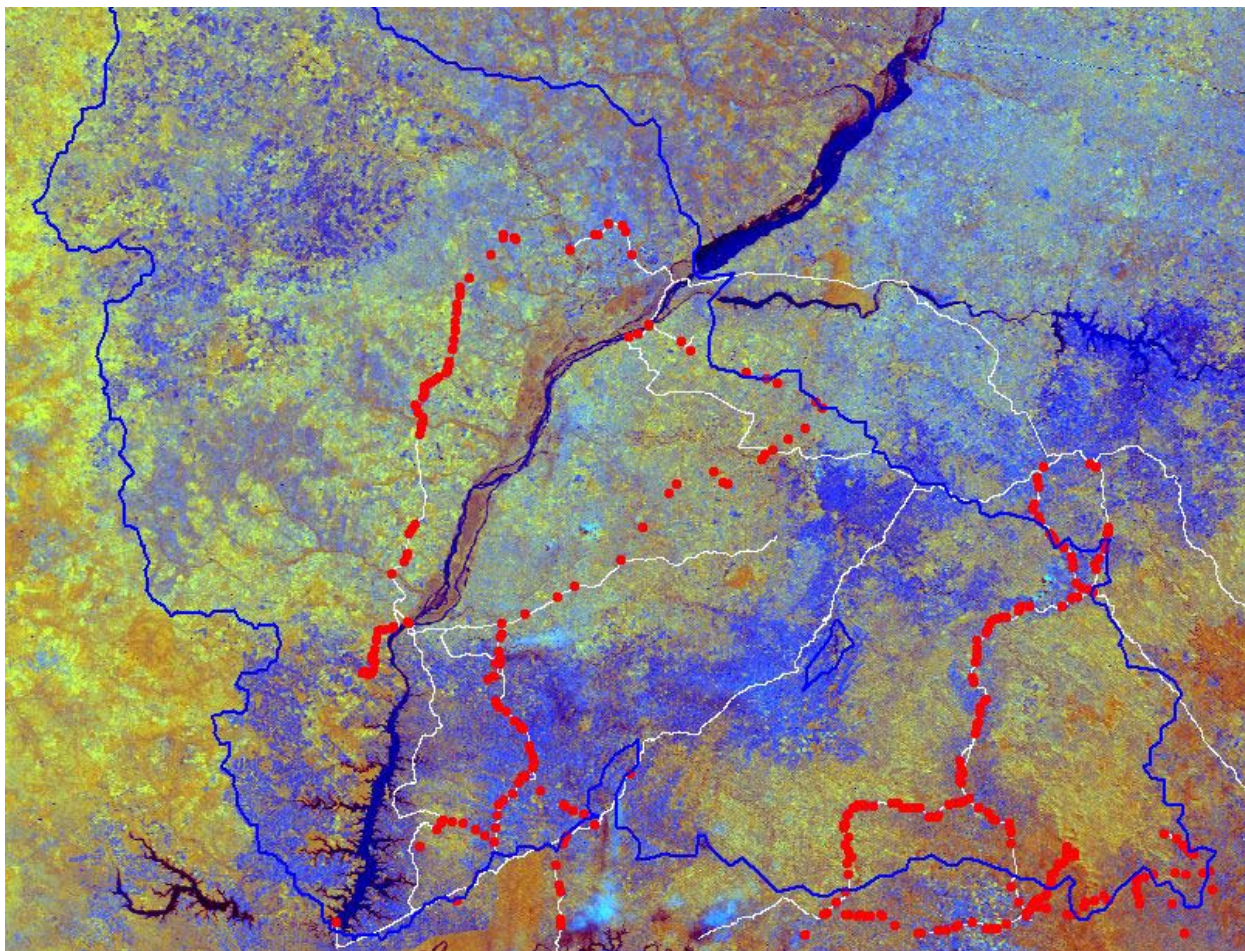








Figura 49. Imagem de cobertura WFI com pontos geo-referenciados visitados.

Tabela 16. Exemplo de banco de dados geo-referenciado.

Campo	Elevacao	Data	Descrição	lat	long
17	1105	12/19/2001	Cruzamento Br 445/376	-23.9087	-51.1941
18	645	12/19/2001	soja	-23.985	-51.4649
19	644	12/19/2001	soja	-23.4903	-51.5090
20	590	12/19/2001	soja	-24.0000	-51.5122
21	514	12/19/2001	Paisagem quebrada mista	-24.0363	-51.5663
22	396	12/19/2001	Pasto rio Ivaí	-24.0412	-51.6165

Tabela 17. Imagens do banco de dados geo-referenciados.

C17 (Cruzamento Br. 445.376)	
C18 (soja)	
C19 (soja)	
C20 (soja)	
C21 (Paisagem quebrada mista)	
C22 (Pasto rio Ivaí)	

### Fotos Panorâmicas

Com a viagem de instalação da bóia com os turbidímetros no Rio Carapá, foi dado início ao processo de montagem de fotos “panorâmicas”, em alguns pontos estratégicos. As fotos panorâmicas são utilizadas para melhor visualização da paisagem e permitem uma melhor compreensão da estrutura e composição dos elementos que compõe a paisagem no ponto em que foi tomada a foto.

A foto panorâmica é tomada com a câmara fotográfica montada em um tripé, e uma sequência de fotos com sobreposição lateral que permite união das fotos em software apropriado. Até o momento foram tomadas 22 fotos panorâmicas, com o número de fotos em função da paisagem, variando de três a doze fotos. Observou-se que os ajustes automáticos de brilho, contraste e saturação, no instante da foto, prejudicam o trabalho de composição da foto panorâmica com muitas fotos e principalmente com fotos próximas da direção ao sol.

As fotos panorâmicas são apresentadas nas figuras a seguir.



Figura 50 - Foto panorâmica panora\_001, no Paraguai, campo agrícola colhido.



Figura 51 - Foto panorâmica panora\_002, no Paraguai, campo agrícola colhido em plantio direto.  
Ponto geo-referenciado no. 217.



Figura 52 - Foto panorâmica panora\_003, Município de Londrina, área agrícola, antes ocupada por café.





Figura 53 - Foto panorâmica panora\_004, Município de Tamarana área agrícola, em aveia com pasto ao fundo e mata ciliar na rede hidrográfica. Ponto geo-referenciado no. 230.



Figura 54 - Foto panorâmica panora\_005, Município de Mauá da Serra, no trevo. Ponto geo-referenciado no. 232.



Figura 55 - Foto panorâmica panora\_006, Plantio de aveia, com terraceamento. Ponto geo-referenciado no. 238.



Figura 56 - Foto panorâmica panora\_007, Município de Jardim Alegre, na barranca do rio Ivaí, mostrando área de pasto em relevo forte ondulado. Ponto geo-referenciado no. 241.



Figura 57 - Foto panorâmica panora\_008, município de Ivaiporã, plantio de aveia. Ponto geo-referenciado no. 252.



Figura 58 - Foto panorâmica panora\_009, subestação de FURNAS no município de Manoel Ribas. Ponto geo-referenciado no. 253.





Figura 59 - Foto panorâmica panora\_010, município de Manuel Ribas, Plantio de aveia com mata ciliar preservada e capão de eucalipto. Ponto geo-referenciado no. 254.



Figura 60 - Foto panorâmica panora\_011, município de Guarapuava. Área de pasto com mata. Ponto geo-referenciado no. 269.



Figura 61 - Foto panorâmica panora\_012, município de Guarapuava perfil de Terra Bruna. Ponto geo-referenciado no. 269.



Figura 62 - Foto panorâmica panora\_013, Estrada para Guairacá, município de Guarapuava. Área de plantio direto sem terraceamento. Ponto geo-referenciado no. 272.



Figura 63 - Foto panorâmica panora\_014, Estrada para Guairacá, município de Guarapuava. Área de mata, pasto e culturas anuais. Ponto geo-referenciado no. 275.



Figura 64 - Foto panorâmica panora\_015, Estrada para Guairacá, município de Guarapuava. Área de floresta de araucária, pasto e campo. Ponto geo-referenciado no. 276.



Figura 65 - Foto panorâmica panora\_016, Estrada para Guairacá, município de Guarapuava. Área de mata, reflorestamento e campos de aveia. Ponto geo-referenciado no. 279.



Figura 66 - Foto panorâmica panora\_017, Estrada para Guairacá, município de Guarapuava. Área de pasto. Ponto geo-referenciado no. 288.



Figura 67 - Foto panorâmica panora\_018, município de Prudentópolis depois do trevo do Relógio. Ponto geo-referenciado no. 306.



Figura 68 - Foto panorâmica panora\_019, estrada de Pato velho para Prudentópolis. Área de mata nativa e plantada e campos agrícolas. Ponto geo-referenciado no. 308.





Figura 69 - Foto panorâmica panora\_020, Município de Prudentópolis, erosão severa já aparecendo o subsolo. Ponto geo-referenciado no. 314.



Figura 70 - Foto panorâmica panora\_021, campo agrícola (soja rebrotada) no município de Prudentópolis, no mesmo ponto da foto anterior. Ponto geo-referenciado no. 315.



Figura 71 - Foto panorâmica panora\_022, Município de Palmital, área de soja colhida e rebrotada em plantio de aveia. Ponto geo-referenciado no. 333.

É possível observar que em algumas panorâmicas, o conjunto de fotos que a compõe não sofreu correção de brilho e contraste e fica evidente a separação das fotos, em outras, esta correção foi realizada, mas provocou uma distorção acentuada no contraste da foto, apresentando regiões muito claras em oposição a regiões muito escuras. Desta forma fica evidente algumas limitações e restrições do uso e da montagem destas fotos panorâmicas.

## Fator P – Práticas Conservacionistas

As práticas conservacionistas representadas pelo fator P são aquelas que reduzem erosão através da modificação do fluxo de água, grade, ou direção de escoamento diminuindo a quantidade de escoamento de água. Para terras agrícolas, estas práticas se limitam a plantio em nível, cordões ou faixa filtro, terraços, e drenagem.

O fator P não considera plantio direto ou rotações ou similares tipos de plantios. Estas práticas conservacionistas são aplicáveis no fator C, precisamente no cálculo de cobertura do solo (cobertura por resíduos, etc).

## Exemplos de cálculos de P

### Plantio em Nível

Plantio em nível (contouring) é considerado parte do fator P. Na página 194-195 do livro do RUSLE (Renard et al., 1997) podemos ver o efeito de plantio em nível o qual depende de dois valores de declive:

sf = declive no canal (furrow) da linha de plantio

sl = declive do terreno

No caso de plantio morro a baixo sf=sl e o fator P para unicamente esta pratica seria 1 (ver equação 6-11 do Renard et al., 1997). No caso de plantio em Nível vai depender do declive, sf < sl e o fator P seria menor que um.

Na página 250 e 251 nas figuras 6-1 e 6-2 vemos o efeito de declive do terreno no escoamento (6-1) e declive do terreno no subfator Pg (valor P para unicamente o efeito de contouring - figura 6-2). Nesta figura (6-2) podemos ver que para declive de 0% o valor P = 1.0 e depois de 16% o valor P volta a ser um, ou seja plantio em nível já não faz nenhum efeito em reduzir erosão, mas isto também depende do tamanho do ridge (do morrinho do arado).

No caso de plantio direto o tamanho do morrinho (se é que tem) seria muito baixo, ou seja o efeito de plantio direto em nível seria no maximo de 0.8 a 1.0. No caso de plantio normal com grade fazendo morrinho de terra grandes (very high ridges) o efeito de plantio em nível seria muito maior 0.2 ate 1 dependendo do declive (0- 30 %).

### Terraço

No caso de terraceamento, o valor P é calculado fazendo uma mudança no comprimento da rampa. Isto é explicado nas páginas 213-214. Os estudos indicam que o efeito do terraço é melhor ate 110 pés, mas o efeito diminui depois de isto ate 300 pés onde o terraço já não tem utilidade (tabela 6-14). Se o terraço for pequeno (com as rampas do terraço menor que 0.9 de gradiente) podemos calcular a efetividade do terraço com as equações 6-43 ate 6-45.

Um valor normal do P para terraços que a gente tem usado é 0.5, também já utilizamos 0.4 (no Paraná tem muitos terraços grandes e não tem aberturas para água passar de um para o outro). Utilizamos esta valor para as simulações com SIG porque não podemos estar calculado o efeito de cada terraço e nem a mudança em comprimento de rampa. Para valores dependentes de comprimento de rampa e se estes terraços tem outlets (ou seja aberturas para a água passar de um para outro, ou terraços pequenos), a tabela 6-14 na página 238 mostra isto.

Para obter o resultado do efeito de terraço e plantio em nível basta multiplicar os dois números do P

### Faixa Filtro (cordões ou stripcropping)

O fator P para o cálculo do aporte de sedimentos além da faixa filtro ( $P_y$ ) é calculado por

$$P_y = g_f / g_p$$

onde  $g_f$  a carga de sedimentos que deixa a gleba e  $g_p$  a carga de sedimentos que potencialmente ocorreria na ausência da faixa filtro. Estas cargas são relativas e calculadas supondo que a faixa sob uso agrícola é produtora de sedimentos e que a faixa-filtro é retentora de sedimentos, com

alto grau de proteção sobre a superfície e alto grau de rugosidade à enxurrada, típicos de mata desenvolvida.

### Estimativas do fator P para a bacia

O fator P para a bacia foi calculado baseado em dados do IBGE. Em geral, o valor de P é somente aplicado às áreas de lavouras temporárias, já que o valor P é só para identificar práticas conservacionistas na agricultura (com valores  $P < 1$ ) que possam reduzir a erosão. As áreas de floresta e sem aproveitamento agrícola tem um valor de  $P = 1$ , ou seja não tem prática nenhuma. Mas, o fator de cobertura (fator C) para estas áreas de floresta faz que a erosão seja mínima.

A Tabela 18 mostra os valores estimados do Fator P para as práticas conservacionistas descritas nos estudos do IBGE. O IBGE categorizou práticas conservacionistas em 9 grupos apresentados na Tabela. Estes valores foram utilizados para determinar valores de P para as lavouras temporárias nos municípios de influência direta na bacia de Itaipu. Assumiu-se que as práticas conservacionistas são feitas em sua grande maioria nas lavouras temporárias. Portanto, assumiu-se que as áreas de pastagens não tinham ou tinham muito poucas práticas conservacionistas. Essa hipótese é verdadeira e pode ser constatada em viagens de campo. No caso de pastagens, exceto em áreas de solos arenosos, nem sempre o terraceamento ou outro tipo de prática conservacionista é necessária para diminuição do aporte de sedimentos.

Tabela 18. Práticas Conservacionistas na Lavoura Temporária.

<i>Prática Conservacionista*</i>	<i>Nome no banco de dados</i>	<i>Fator P estimado</i>
Não faz	PT1	1.0
Cultivo em curvas de nível	PT2	0.6
Terraceamento	PT3	0.5
Cultivo em curvas de nível e terraceamento	PT4	0.4
Outra	PT5	0.8
Cultivo em curvas de nível e outra	PT6	0.7
Terraceamento e outra	PT7	0.5
Cultivo em curvas de nível, terraceamento e outra	PT8	0.6
Ignorado	PT9	1.0

\*Categorias do censo agrícola do IBGE.



Municípios no Paraná sem dados do IBGE:

- Arapuá
- Cruzmaltina
- Ariranha do Ivaí
- Boa Esperança
- Boa Ventura de São Roque
- Campina do Simão
- Esperança Nova
- Goioxim
- Guamiranga
- Perobal
- Imbau
- Marquinho
- Quarto Centenário
- Rio Branco do Ivaí
- Tamarana

Foi calculado um Fator P para a Lavoura Temporária e outro para o município utilizando a percentagem da área da lavoura comparada com a área total do município (utilizando valor  $P=1$  para áreas em pastagem, floresta, etc.). Foi assumido que as práticas conservacionistas do IBGE são aplicáveis somente a Lavoura Temporária.

A Tabela 19 mostra como os dados foram organizados baseados em declarações de informantes nos municípios. Os dados de práticas conservacionistas do IBGE foram fornecidos da seguinte forma:

Tabela 19. Informantes com declaração de conservação

<i>Município</i>	<i>Totais</i>	<i>PT1</i>	<i>PT2</i>	<i>PT3</i>	<i>PT4</i>	<i>PT5</i>	<i>PT6</i>	<i>PT7</i>	<i>PT8</i>	<i>PT9</i>
ABATIA	898	11	9	7	9	1	1	0	0	0
ADRIANOPOLIS	484	18	4	2	0	0	1	1	0	0
AGUDOS DO SUL	662	12	11	0	3	3	0	0	0	0
ALMIRANTE TAMANDARE	808	19	10	5	5	6	1	1	1	0
ALTAMIRA DO PARANA	1566	9	8	1	2	6	0	0	0	0
ALTONIA	2599	26	19	19	19	3	0	1	0	0

Ou seja, os dados foram fornecidos para cada informante do censo agrícola (estabelecimentos agropecuário) nos municípios que faziam ou não diversos tipos de conservação (ver Tabela 19).

A principal assunção que tivemos que fazer para poder começar a calcular o fator P foi assumir que toda prática conservacionista foi localizada na lavoura temporária do estabelecimento. Portanto assumiu-se que a prática conservacionista utilizada pelo estabelecimento foi aplicada em 100% de sua área de lavoura temporária. Com esta assunção obteve-se resultados das áreas de lavoura temporária totalizadas por tipo de prática conservacionista segundo os municípios do Paraná (ver Tabela 20).

Tabela 20. Fator P para lavoura temporária e para município baseado em áreas (ha) de práticas conservacionistas nas lavouras temporárias.

Município	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PT6	PT7	PT8	PT9	AreaLav	AreaTot	Fat_P_la	Fat_P_mu
Abatia	847	2672	172	3593	33	26	0	0	0	7343	19948	0.55	0.83
Adrianópolis	1359	18	0	0	0	5	24	0	0	1406	44510	0.99	1.00
Agudos do Sul	1487	2680	0	28	23	0	0	0	0	4219	10256	0.74	0.89
Almirante Tamandaré	2728	502	56	44	634	1	40	5	0	4010	19155	0.90	0.98
Altamira do Paraná	4094	326	6	230	148	0	0	0	0	4804	40521	0.94	0.99
Altônia	1646	1709	1021	924	7	0	0	0	0	5307	46890	0.67	0.96

AreaLav = Áreas total da Lavoura Temporária no Município (ha)

AreaTot = Área total do município (ha)

Fat\_P\_la = Fator P calculado para lavoura temporária

Fat\_P\_um = Fator P calculado para o município

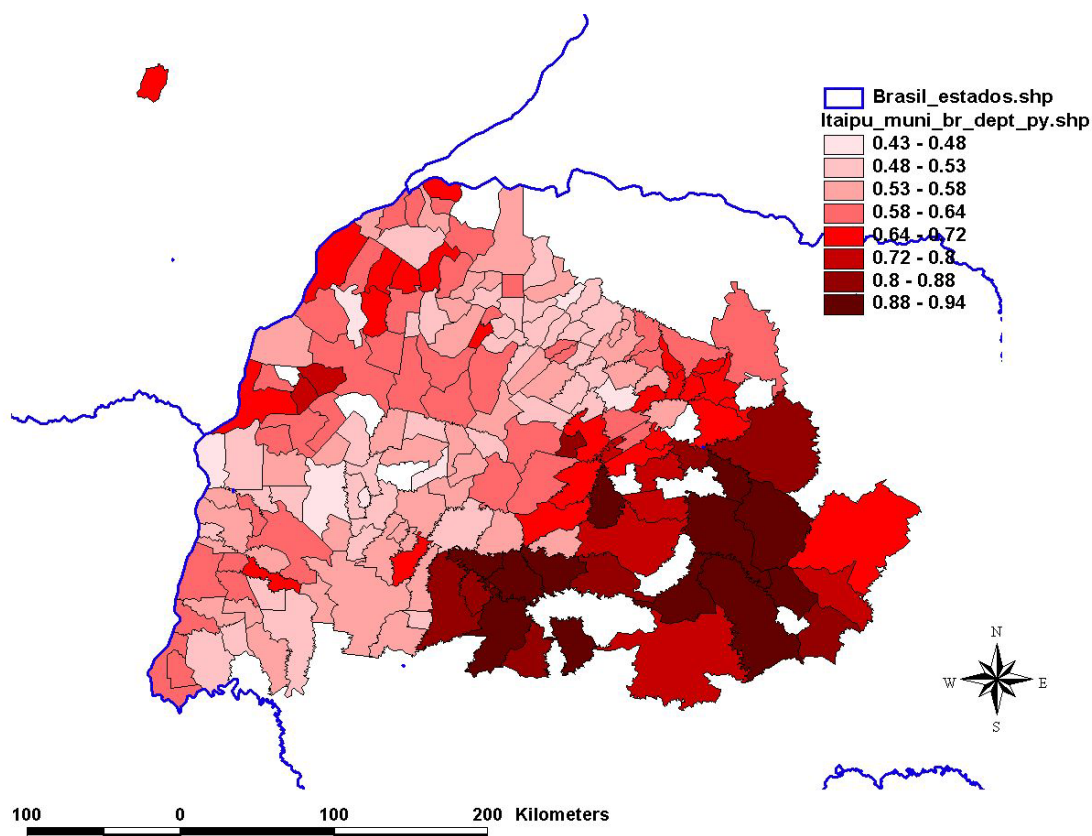


Figura 72. Resultados do fator P para Lavouras Temporárias do Paraná.

A Figura 72 mostra os resultados da estimativa do Fator P para cada município usando unicamente as Lavouras Temporárias como representativas do Município sem incluir áreas de pastagem. A Figura 73 mostra os resultados incluindo pastagem (com fator P =1).

Os valores do fator P mais elevados estão na parte mais alta da bacia no Paraná. Esta região coincide com a região que possui maiores áreas com cobertura florestal e, portanto, as práticas conservacionistas que constam no valor P do RUSLE não são aplicáveis nestas regiões resultando num valor de P=1.

O município que fica fora do Paraná na imagem é Douradina. Parece que tem um município desse nome no Paraná e no Mato Grosso do Sul. Para evitar estes problemas usamos o código dos municípios em vês do nome.

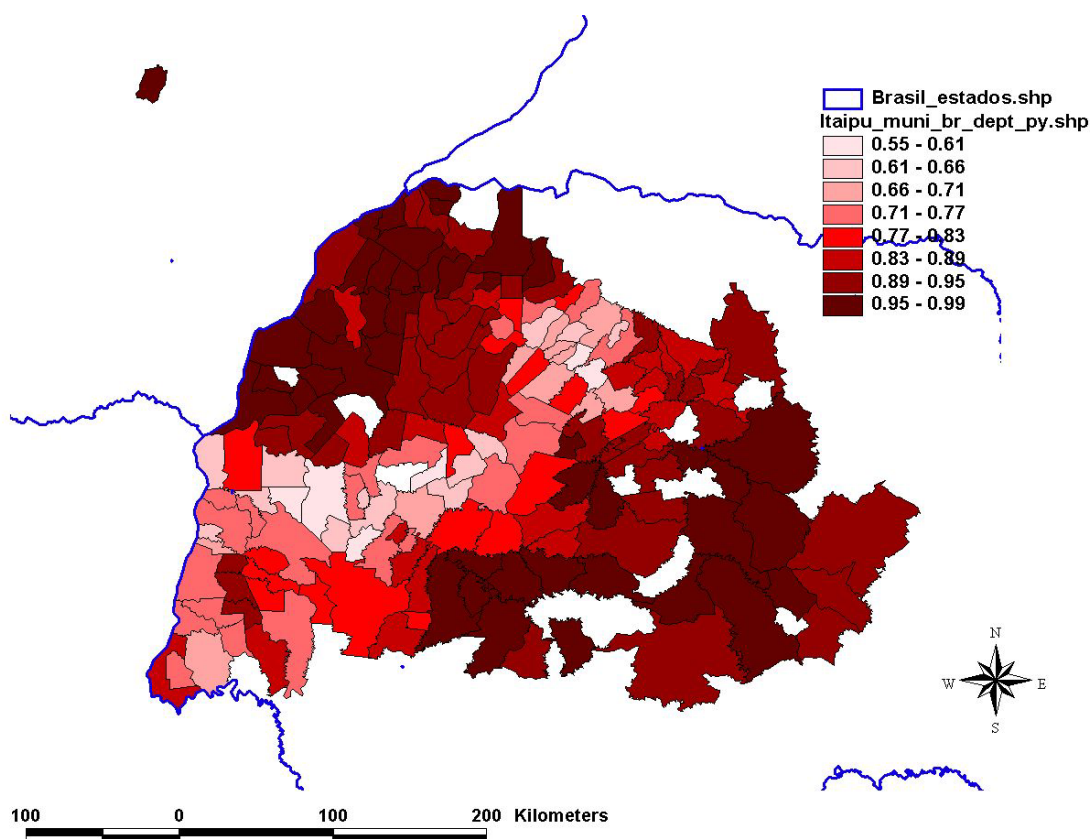


Figura 73. Resultados do Fator P para os municípios do Paraná (usando práticas para Lavouras temporárias unicamente, P para pastagem =1).

Na Figura 73 podemos ver as áreas de pastagem no arenito de Caiuá com fatores de P perto de 1 (porque não aplicamos um fator de P para terras em pastagem). De qualquer maneira esta

área não é crítica porque valores de potencial erosivo nesta região são baixos comparados as outras regiões (topografia plana, cobertura de pastagem, R baixa).

Similarmente, esta metodologia foi aplicada com os dados do IBGE para toda a bacia de influência a Itaipu. Os resultados são apresentados na Figura 74 e na Figura 75. Podemos observar claramente os municípios que não adotam medidas de conservação e que são possíveis fontes de erosão nos rios. Uma área interessante de se observar é a região da bacia do Ivaí (terras altas) e do piquiri.

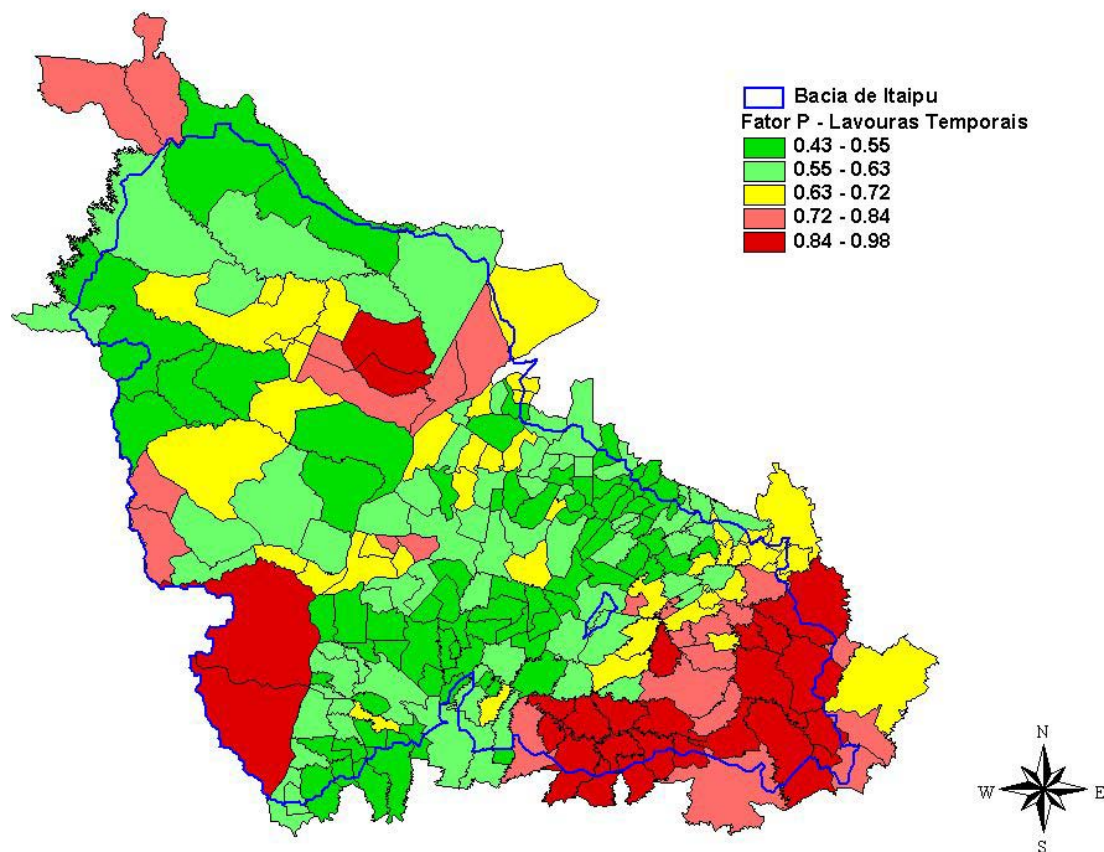


Figura 74. Fator P para as lavouras temporais nos municípios da bacia de influência a Itaipu.

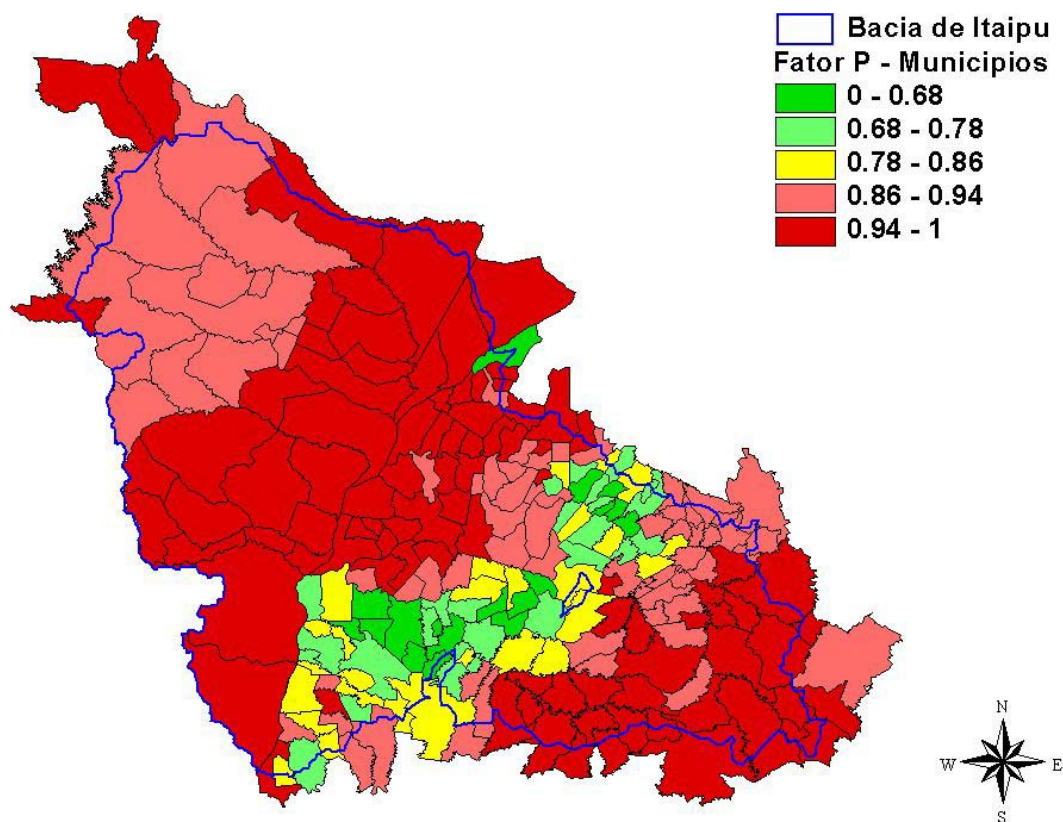


Figura 75. Fator P para o Município onde fator P = 1 para pastagens e outros tipos de uso do solo.

Na Tabela 21 apresentamos valores de Fatores P médios para cada sub-bacia.

Tabela 21. Fator P médio para cada sub-bacia.

Bacia	Min	Max	Amplitude	Media	Std
Carapa	0.99	1	0.01	0.99	0.0003
Iguatemi	0.98	1	0.02	0.9915	0.0039
Guaira	0.65	1	0.35	0.9628	0.0491
Porto S. Jose	0	1	1	0.7503	0.3995
Ivinhema	0.88	1	0.12	0.9308	0.0329
Itaipu	0.66	0.99	0.33	0.9022	0.0998
Ivai	0.59	1	0.41	0.903	0.0943
Piquiri	0.6	1	0.4	0.8532	0.1243
S. Francisco Falso	0.77	0.95	0.18	0.9087	0.0685
Usina Melissa	0.61	0.82	0.21	0.7474	0.0764
Usina Rio dos Patos	0.95	0.98	0.03	0.9757	0.0095
Usina Mourão	0.75	0.84	0.09	0.8177	0.0312
Usina S. João	0.9	0.9	0	0.9	0



**RESULTADOS DA MODELAGEM**

---

## Potencial Erosivo

Foram feitas varias estimativas do potencial erosivo utilizando imagens e dados das seguintes fontes:

- Satélite WFI – CBERS, dados de NDVI (índice de vegetação)
- Dados do IBGE de cobertura
- Dados da classificação de cobertura do USGS
- Satélite LandSat, imagens em MrSID de 1992.
- Satélite WFI – CBERS, classificação melhorada

Na Figura 76 mostramos duas das estimativas do potencial erosivo na bacia utilizando dados do USGS e do índice de vegetação do satélite do CBERS. Ambos cálculos de potencial erosivo na bacia foram similares, mostrando as regiões com maior potencial erosivo.

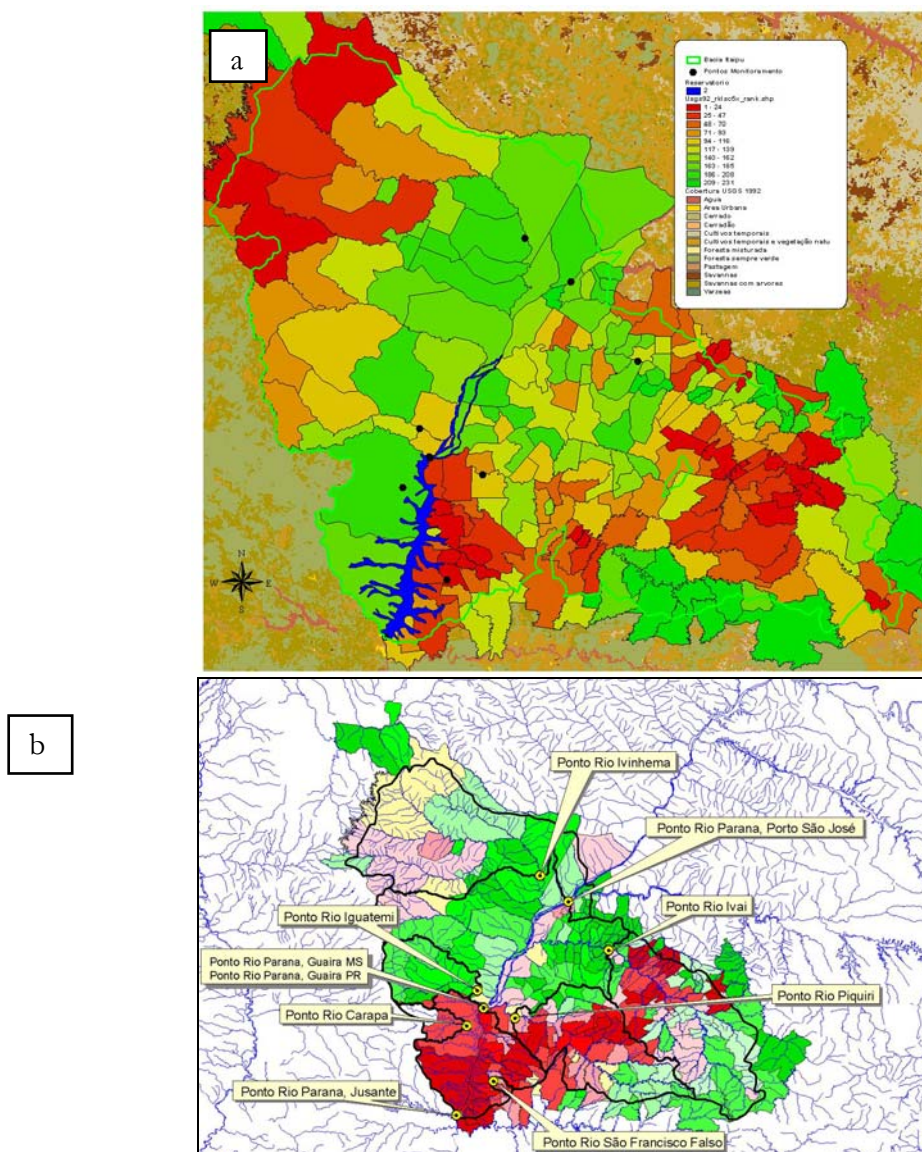


Figura 76. Potencial erosivo por município calculado usando todos os fatores do RUSLE (R,K,LS,C e P). O fator de C foi estimado baseado na imagem a)USGS e b) NDVI do satélite CBERS e não inclui dados agrícolas como ser uso de plantio direto. Municípios em vermelho mostram um risco de perda de solos maior.

Uma nova modelagem do potencial erosivo foi feito agora com a classificação melhorada da imagem WFI do satélite CBERS. Para propósitos comparativos simulamos duas situações diferentes na bacia:

- 1) onde toda a agricultura fosse com plantio convencional
- 2) onde toda a agricultura fosse com plantio direto.

Obviamente a diferença apresentada através da modelagem é grande. A diminuição de perdas de solos utilizando plantio direto é grande. Podemos ver isto nos resultados mostrados na

Figura 77 e Figura 78. Na primeira figura vemos a perda de solos nas terras agrícolas utilizando plantio convencional. Na segunda figura vemos a diminuição geral de perdas de solos quando mudamos a plantio direto. A mudança generalizada para este tipo de plantio (direto) diminuiria significativamente o aporte de sedimentos ao Reservatório. Podemos observar esta mudança drástica no potencial erosivo onde apresentamos medias de todos os fatores para cada sub-bacia para as condições com plantio convencional (Tabela 22) e direto (Tabela 23).

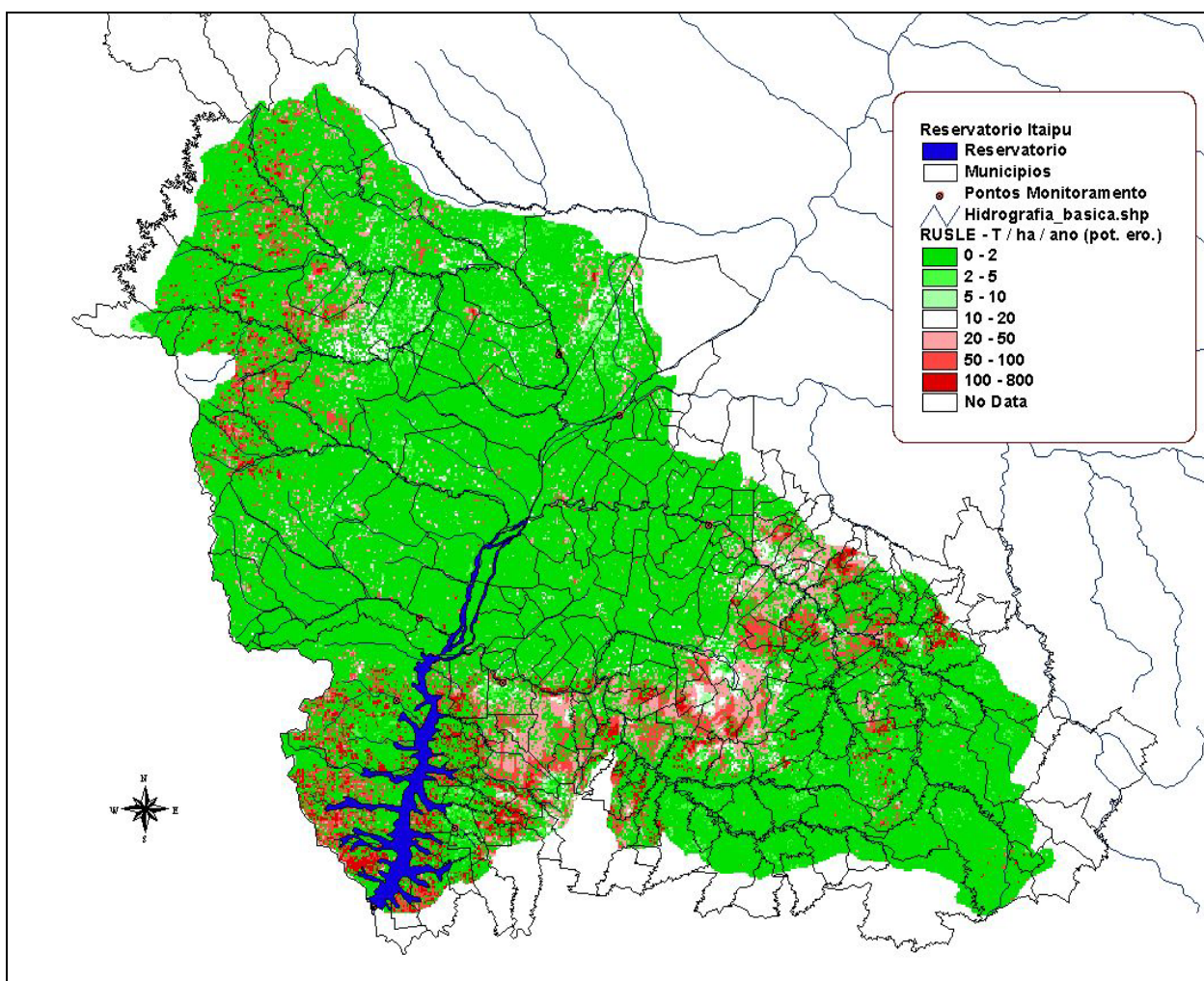


Figura 77. Potencial erosivo na bacia de influencia direta ao Reservatório utilizando agricultura convencional.



Tabela 22. Fatores médios e potencial erosivo para cada sub-bacia (agricultura convencional)

Bacia	Fator R	Fator K	Fator LS	Fator C	Fator P	Pot Ero
S.Francisco Falso	11073.46	0.035	1.6773	0.102	0.9087	60.25357
Itaipu	10707.4	0.0307	1.012	0.1215	0.9022	36.4655
Ivai	9363.5	0.0351	0.9593	0.0762	0.903	21.69414
Carapa	10002.65	0.0265	0.8162	0.1012	0.99	21.67571
Piquiri	10935.96	0.0327	0.6361	0.1111	0.8532	21.5623
Ivinhema	7346.176	0.0293	0.5308	0.0818	0.9308	8.699004
Guaira	8621.786	0.0213	0.4644	0.0396	0.9628	3.251624
Iguatemi	9106.189	0.0126	0.8196	0.0254	0.9915	2.368294
Porto S.Jose	7740.106	0.0152	0.4263	0.0458	0.7503	1.72348
Usina Melissa	11532.6	0.0352	1.0948	0.201	0.7474	66.76576
Usina Mourao	10951.02	0.037	0.2654	0.256	0.8177	22.51081
Usina S. Joao	7676.37	0.0352	0.874	0.0721	0.9	15.32455
Usina Rio dos Patos	7442.769	0.038	1.2429	0.0118	0.9757	4.047181

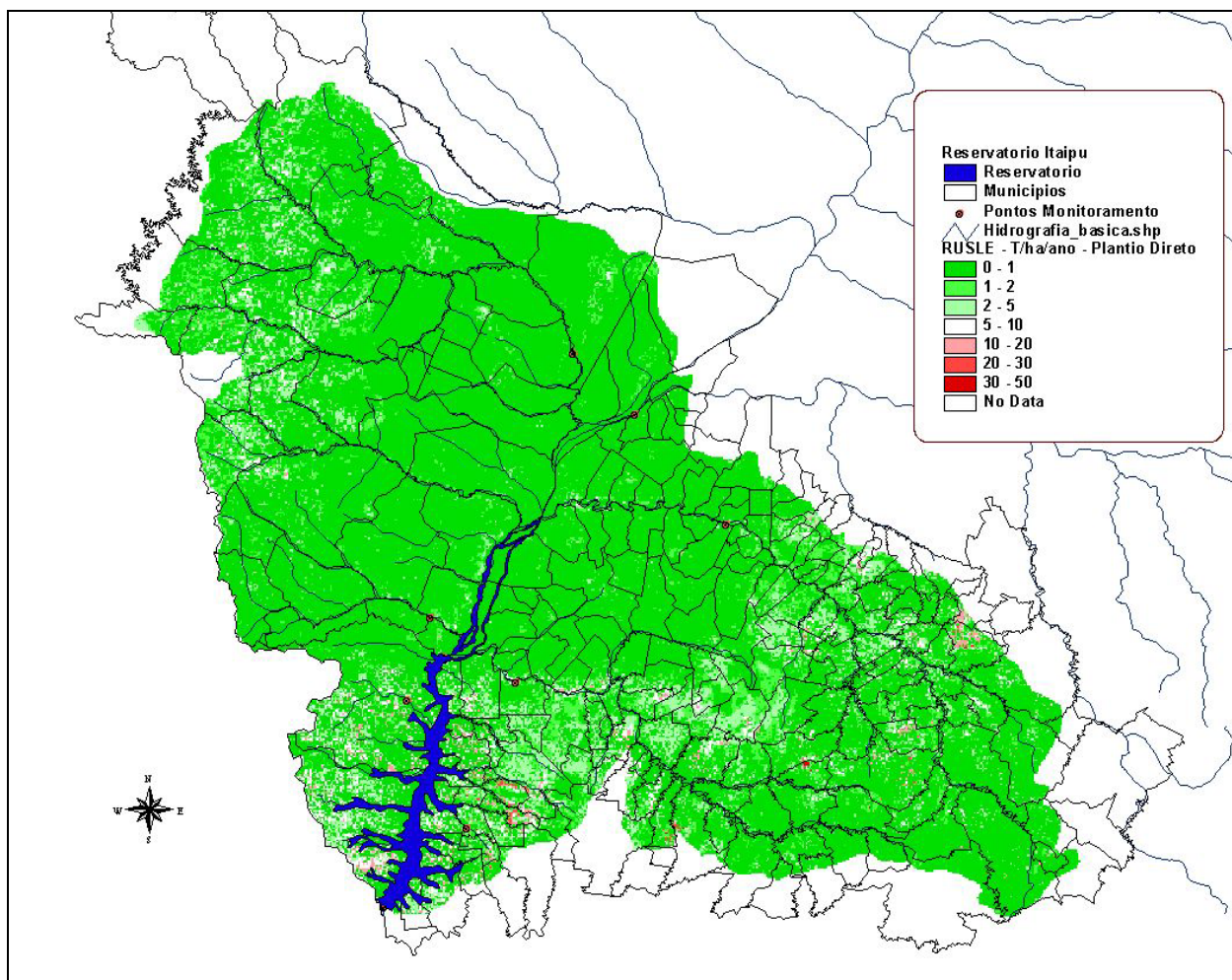


Figura 78. Potencial erosivo (T / ha / ano) da bacia de influência ao Reservatório simulando a utilização geral de plantio direto.

Tabela 23. Fatores médios e potencial erosivo para cada sub-bacia (agricultura em plantio direto)

Bacia	Fator R	Fator K	Fator LS	Fator C	Fator P	Pot Erro
S.Francisco Falso	11073.46	0.035	1.6773	0.0061	0.9087	3.6034
Itaipu	10707.4	0.0307	1.012	0.0069	0.9022	2.07088
Ivai	9363.5	0.0351	0.9593	0.0049	0.903	1.39503
Carapa	10002.65	0.0265	0.8162	0.0061	0.99	1.30654
Piquiri	10935.96	0.0327	0.6361	0.0066	0.8532	1.280929
Ivinhema	7346.176	0.0293	0.5308	0.0061	0.9308	0.648703
Guaira	8621.786	0.0213	0.4644	0.0043	0.9628	0.35308
Iguatemi	9106.189	0.0126	0.8196	0.0037	0.9915	0.344988
Porto S.Jose	7740.106	0.0152	0.4263	0.0046	0.7503	0.173101
Usina Melissa	11532.6	0.0352	1.0948	0.0105	0.7474	3.487764
Usina S. Joao	7676.37	0.0352	0.874	0.0056	0.9	1.190256
Usina Mourao	10951.02	0.037	0.2654	0.0132	0.8177	1.160714
Usina Rio dos Patos	7442.769	0.038	1.2429	0.0012	0.9757	0.411578

Na Tabela 24 mostramos uma comparação detalhada dos resultados (convencional vs. Direto) para cada um dos municípios da bacia.

Tabela 24. Comparação de potencial erosivo com agricultura convencional vs. Plantio direto

<b>Município</b>	<b>RUSLE (T / ha / ano)</b>	
	<b>Convencional</b>	<b>Plantio Direto</b>
Altamira do Paraná	0.4999	0.4999
Alto Parana (PY)	37.3112	1.9945
Alto Paraná	1.7494	0.3395
Alto Piquiri	14.6916	0.9655
Altônia	0.698	0.1525
Amambai	4.7747	0.4696
Amaporã	0.6198	0.1193
Anahy	5.2239	0.4246
Anastácio	0.1351	0.1351
Anaurilândia	6.2983	0.3704
Angélica	1.1188	0.1245
Antônio João	3.3724	1.1096
Apucarana	7.5256	0.9315
Aral Moreira	22.5967	1.6519
Arapuã	7.8564	0.6034
Araruna	15.2142	0.8981
Ariranha do Ivaí	11.8745	1.129
Assis Chateaubriand	28.3485	1.462
Barbosa Ferraz	12.923	1.1293
Batayporã	3.2285	0.212
Boa Esperança	38.749	1.9526



Boa Ventura de São Roque	6.8864	0.6687
Bom Sucesso	10.7031	0.8471
Borrazópolis	32.4197	1.9701
Braganey	28.2956	1.5593
Brasilândia do Sul	26.3225	1.5398
Caarapá	7.6701	0.6031
Cafelândia	38.2698	2.0618
Cafezal do Sul	0.891	0.2019
Califórnia	0.1941	0.1941
Cambira	8.054	0.5795
Campina da Lagoa	28.8657	1.65
Campina do Simão	1.1425	0.16
Campo Bonito	24.7663	1.4897
Campo Mourão	22.7186	1.2644
Cândido de Abreu	0.8043	0.3582
Canindeyu	22.1887	1.364
Cantagalo	1.9635	0.4523
Cascavel	25.3915	1.3314
Catanduvas	15.881	0.8685
Céu Azul	24.272	1.3045
Cianorte	3.1612	0.2547
Cidade Gaúcha	1.3022	0.2907
Corbélia	32.3942	1.7358
Coronel Sapucaia	2.6139	0.445
Corumbataí do Sul	1.6461	0.393
Cruzeiro do Oeste	0.9005	0.1974
Cruzmaltina	12.0096	1.048
Deodopolis	4.2244	0.3271
Diamante do Norte	3.7443	0.2815
Diamante do Sul	0.7092	0.7092
Diamante d'Oeste	17.4204	2.339
Dois Irmãos do Buriti	1.7728	0.3372
Douradina_MS	3.6484	0.2219
Douradina_PR	1.2231	0.1815
Dourados	11.1268	0.7519
Doutor Camargo	15.4671	0.7905
Eldorado	2.0408	0.4257
Engenheiro Beltrão	17.9809	0.9572
Entre Rios do Oeste	45.8072	2.4423
Esperança Nova	0.7427	0.158
Farol	23.0103	1.1729
Fátima do Sul	3.9019	0.2185
Faxinal	48.0516	3.0255
Fênix	33.4786	1.7577
Floraí	20.3243	1.1825
Floresta	14.5529	0.746
Formosa do Oeste	21.8939	1.1861

Foz do Iguaçu	14.3335	0.7619
Francisco Alves	7.8381	0.6086
Glória de Dourados	0.2926	0.0674
Godoy Moreira	5.2445	0.8461
Goioerê	15.648	0.8741
Goioxim	0.3515	0.1916
Grandes Rios	3.5972	1.0045
Guaíra	26.1323	1.513
Guairaçá	1.2507	0.2489
Guamiranga	3.3436	0.6657
Guaporema	0.5978	0.0836
Guaraniaçu	11.3841	1.2873
Guarapuava	0.8414	0.1867
Ibema	4.0766	0.2384
Icaraíma	2.3329	0.3389
Iguatemi	1.5706	0.2492
Iguatu	24.4336	1.3936
Imbau	0.275	0.0695
Imbituva	0.246	0.0959
Indianópolis	0.5578	0.0558
Ipiranga	0.1241	0.1241
Iporã	3.6047	0.344
Iracema do Oeste	12.3287	0.7041
Iretama	4.6176	0.6399
Itaipulândia	35.0107	1.8946
Itambé	25.4816	1.3391
Itaporã	17.6185	1.0931
Itaquiraí	1.4625	0.381
Itaúna do Sul	0.6567	0.0838
Ivaí	0.6815	0.3628
Ivaiporã	8.2029	0.8103
Ivaté	2.23	0.3323
Ivatuba	14.7799	0.7569
Ivinhema	2.0107	0.2101
Jandaia do Sul	3.6772	0.2916
Janiópolis	26.9878	1.4138
Japorã	0.7317	0.1868
Japurá	9.4784	0.5158
Jardim Alegre	3.316	0.5348
Jateí	0.299	0.0912
Jesuítas	24.8809	1.3445
Juranda	30.577	1.5749
Jussara	18.3337	1.0128
Juti	1.19	0.2418
Kaloré	45.3981	2.4592
Laguna Carapa	17.6214	1.204
Laranjal	0.4486	0.3386

Laranjeiras do Sul	0.3556	0.3556
Lidianópolis	20.136	1.5269
Loanda	0.3624	0.1694
Luiziana	20.3633	1.0899
Lunardelli	9.8712	0.9882
Mamborê	42.7236	2.1929
Mandaguaçu	9.048	0.6092
Mandaguarí	9.6871	0.6322
Manoel Ribas	27.3392	1.922
Maracaju	14.1123	1.0707
Marechal Cândido Rondon	49.2762	2.7638
Maria Helena	1.2994	0.2392
Marialva	52.5659	2.6976
Marilândia do Sul	94.3691	5.0701
Marilena	1.2462	0.1952
Mariluz	3.5585	0.2812
Maringá	25.267	1.2995
Maripá	31.8772	1.6398
Marquinho	0.4453	0.4453
Marumbi	7.8838	0.7673
Matelândia	28.52	1.871
Mato Rico	22.1159	1.6314
Mauá da Serra	14.4267	2.3334
Medianeira	38.1424	2.424
Mercedes	49.5971	2.7904
Mirador	0.7825	0.1372
Missal	30.2503	1.9961
Moreira Sales	1.4229	0.1632
Mundo Novo	1.803	0.3314
Naviraí	1.274	0.2163
Nova Aliança do Ivaí	0.2225	0.0856
Nova Alvorada do Sul	4.134	0.3356
Nova Andradina	4.1691	0.277
Nova Aurora	49.1841	2.6055
Nova Cantu	12.2294	0.8237
Nova Esperança	3.7584	0.4016
Nova Laranjeiras	0.7349	0.3852
Nova Londrina	0.7706	0.1065
Nova Olímpia	0.657	0.1397
Nova Santa Rosa	21.8761	1.1946
Nova Tebas	0.913	0.5511
Novo Horizonte do Sul	1.7228	0.2308
Novo Itacolomi	2.6914	0.3543
Ortigueira	2.0329	0.5546
Ourizona	19.1547	1.0025
Ouro Verde do Oeste	90.707	4.9794
Paiçandu	15.7803	0.8179

Palmital	0.9358	0.6073
Palotina	15.455	0.8242
Paraíso do Norte	1.9543	0.1928
Paranavaí	1.8871	0.258
Paranhos	1.9297	0.3475
Pato Bragado	19.2173	1.0837
Peabiru	48.9744	2.679
Perobal	0.4737	0.1181
Pérola	1.5512	0.2868
Pitanga	11.3401	1.0306
Planaltina do Paraná	0.5836	0.156
Ponta Porã	14.92	1.2787
Porto Rico	0.6962	0.1564
Presidente Castelo Branco	52.245	3.9004
Prudentópolis	1.6468	0.3124
Quarto Centen rio	38.7297	2.0493
Quatro Pontes	38.5227	2.1423
Querência do Norte	2.6969	0.2872
Quinta do Sol	40.5281	2.2343
Ramilândia	38.9995	2.9929
Rancho Alegre d'Oeste	31.6452	1.6238
Reserva	1.3534	0.3578
Rio Bom	12.6266	1.0515
Rio Branco do Ivaí	1.7576	0.9119
Rio Brilhante	4.9633	0.3576
Roncador	12.8119	1.0045
Rondon	1.3542	0.1346
Rosana	0.4096	0.0234
Rosário do Ivaí	1.5374	1.0362
Santa Cruz do Monte Castelo	2.0468	0.3783
Santa Helena	34.6854	2.0262
Santa Isabel do Ivaí	2.2062	0.5167
Santa Maria D'Oeste	1.9825	0.4599
Santa Mônica	1.7527	0.3464
Santa Tereza do Oeste	12.8165	0.706
Santa Terezinha de Itaipu	53.7849	2.7717
São Carlos do Ivaí	4.6521	0.3372
São João do Ivaí	36.1681	1.9465
São Jorge do Ivaí	28.2995	1.4938
São Jorge do Patrocínio	0.9626	0.2163
São José das Palmeiras	24.7701	2.8326
São Manoel do Paraná	7.6812	0.4472
São Miguel do Guaçu	47.6608	2.557
São Pedro do Guaçu	101.7496	5.4661
São Pedro do Ivaí	20.4706	1.2828
São Pedro do Paraná	0.5937	0.1678
São Tomé	2.5732	0.2151



Sarandi	103.5316	5.2319
Sete Quedas	0.372	0.2981
Sidrolândia	10.8096	0.9151
Tacuru	0.9554	0.357
Tamboara	0.8311	0.2112
Tapejara	0.8332	0.1759
Tapira	0.3785	0.1327
Taquarussu	0.833	0.1008
Terra Boa	17.9058	1.0269
Terra Roxa	28.1605	1.6403
Toledo	46.8364	2.4464
Tuneiras do Oeste	1.7031	0.1733
Tupãssi	33.882	1.7423
Turvo	1.2207	0.2937
Ubiratã	25.5456	1.3371
Umuarama	1.448	0.2658
Vera Cruz do Oeste	42.7845	2.475
Vicentina	0.893	0.0755
Vila Alta	0.7315	0.2348
Xambrê	0.6502	0.1167

Na Tabela 25 mostramos os outros fatores para cada um dos municípios. Esta informação é essencial para determinar as estratégias e projetos de conservação na região. Estes fatores ajudam a identificar o problema maior no município (chuva, solos, topografia, cobertura, etc) e sabendo isto, podemos recomendar ações conservacionistas.

Tabela 25. Fatores médios para cada município (fator C para plantio direto).

Município	Fator R	Fator K	Fator LS	Fator C	Fator P
Altamira do Paraná	11133.49	0.0403	0.7064	0.0015	0.99
Alto Parana	10546.16	0.0304	0.7869	0.0072	0.99
Alto Paraná	8169.429	0.0156	0.66	0.005	0.97
Alto Piquiri	10901.73	0.0188	0.6046	0.0054	0.87
Altônia	10234.02	0.0192	0.3553	0.0026	0.98
Amambaí	8512.3	0.0169	0.6855	0.0042	0.99
Amaporã	8470.955	0.0197	0.2553	0.0031	0.96
Anahy	11406.13	0.0403	0.7104	0.0019	0.77
Anastácio		0.0381	1.235	0.003	1
Anaurilândia	7431.236	0.0219	0.3375	0.0045	1
Angélica	7180.822	0.0146	0.2574	0.0052	0.97
Antônio João	7421.676	0.0371	1.4119	0.0035	0.96
Apucarana	8418.557	0.035	0.8492	0.0067	0.9
Aral Moreira	8092.947	0.0352	0.9621	0.007	0.87
Arapuã	10408.25	0.0358	0.4125	0.0067	0.9
Araruna	10490.84	0.0175	0.4878	0.0103	0.87
Ariranha do Ivaí	9761.309	0.0378	0.7755	0.0035	0.95

Assis Chateaubriand	11260.63	0.035	0.5046	0.0128	0.6
Barbosa Ferraz	10224.49	0.0363	0.9464	0.004	0.93
Batayporã	7344.462	0.023	0.2357	0.0066	0.99
Boa Esperança	11044.71	0.0338	0.4255	0.0183	0.66
Boa Ventura de São Roque	9474.667	0.0395	1.1056	0.0028	0.93
Bom Sucesso	8973.167	0.035	0.7153	0.0041	0.88
Borrazópolis	9407.44	0.035	0.9725	0.0075	0.87
Braganey	11404.19	0.0373	0.6063	0.0076	0.9
Brasilândia do Sul	10978.22	0.0273	0.508	0.0081	0.91
Caarapá	7805.465	0.0265	0.4821	0.0062	0.93
Cafelândia	11514.91	0.035	1.1525	0.0107	0.61
Cafezal do Sul	10658.59	0.0148	0.3312	0.0041	0.97
Califórnia	8643.595	0.035	0.2387	0.0042	0.91
Cambira	8484.051	0.035	0.4771	0.0067	0.87
Campina da Lagoa	11271.45	0.0385	0.6822	0.0079	0.84
Campina do Simão	9529.082	0.041	0.4154	0.0012	0.98
Campo Bonito	11276.58	0.0364	1.0616	0.0038	0.89
Campo Mourão	10635.14	0.0354	0.4028	0.0119	0.8
Cândido de Abreu	8779.108	0.0369	1.1912	0.0011	0.98
Canindeyu	10208.24	0.0259	0.9521	0.0049	0.99
Cantagalo	9876.309	0.0356	0.8806	0.0019	0.97
Cascavel	11455.91	0.035	0.7131	0.0085	0.82
Catanduvas	11268	0.035	0.7912	0.0034	0.88
Cianorte	10044.78	0.0147	0.4922	0.0043	0.92
Cidade Gaúcha	9226.7	0.014	0.7499	0.003	0.91
Corbélia	11453.62	0.0364	0.7199	0.0097	0.77
Coronel Sapucaia	8622.971	0.0155	0.8414	0.0045	0.99
Corumbataí do Sul	10489.48	0.037	0.6067	0.0027	0.98
Cruzeiro do Oeste	10275.88	0.0131	0.6181	0.0026	0.95
Cruzmaltina	9484.91	0.0361	0.8015	0.0062	0.93
Céu Azul	11230.45	0.035	0.6528	0.0028	0.94
Deodopolis	7308.468	0.0146	0.434	0.0055	0.98
Diamante d'Oeste	11055.37	0.035	2.7114	0.0024	0.95
Diamante do Norte	7639.157	0.0146	0.4109	0.0059	0.98
Diamante do Sul	10910.92	0.0387	1.0166	0.0018	0.99
Dois Irmãos do Buriti	7148.09	0.0352	1.0862	0.0035	0.99
Dourados	7427.288	0.0339	0.451	0.0075	0.91
Doutor Camargo	9128.368	0.035	0.2342	0.0143	0.73
Eldorado	9804.576	0.0319	0.4153	0.0032	0.98
Engenheiro Beltrão	9734.075	0.035	0.3776	0.0102	0.72
Entre Rios do Oeste	10957.32	0.035	0.8682	0.008	0.8
Esperança Nova	10010.25	0.0143	0.2633	0.0043	0.99
Farol	10821.55	0.0271	0.3387	0.0171	0.67
Faxinal	9331.339	0.0371	1.7515	0.0049	0.96
Floraí	8652.308	0.035	0.4763	0.0126	0.76
Floresta	9080.065	0.035	0.2977	0.0147	0.59
Formosa do Oeste	11167.47	0.0351	0.4474	0.0084	0.76

Foz do Iguaçu	10756.03	0.0294	0.6756	0.0047	0.96
Francisco Alves	10730.49	0.0129	0.7621	0.0055	0.93
Fátima do Sul	7501.278	0.0227	0.1328	0.0099	0.9
Fênix	9781.464	0.0355	0.5638	0.012	0.74
Glória de Dourados	7482.817	0.0146	0.1421	0.0045	0.99
Godoy Moreira	10252.18	0.0402	1.1342	0.0026	0.93
Goioerê	10997.15	0.0256	0.4682	0.0072	0.8
Goioxim	10013.57	0.0393	0.6	0.0017	0.98
Grandes Rios	9532.659	0.037	1.3705	0.0021	0.99
Guairaçá	8093.863	0.0146	0.55	0.0035	0.95
Guamiranga	7237.82	0.038	2.1318	0.0015	0.96
Guaporema	9009.347	0.016	0.2817	0.0022	0.91
Guaraniaçu	11090.91	0.0365	1.1623	0.002	0.97
Guarapuava	8351.395	0.0412	1.1261	0.0032	0.95
Guaíra	10566.81	0.0313	0.9559	0.007	0.74
Ibema	11208.94	0.035	0.2232	0.0024	0.87
Icaraíma	9256.882	0.0164	0.5339	0.0042	0.96
Iguatemi	9083.003	0.0136	0.5534	0.0038	0.99
Iguatu	11421.05	0.0402	0.75	0.0043	0.84
Imbau	7454.441	0.038	0.8757	0.0009	0.98
Imbituva	6968.632	0.038	0.2018	0.0023	0.96
Indianópolis	9402.151	0.0231	0.0986	0.0023	0.94
Ipiranga	7302.25	0.038	0.2794	0.003	0.95
Iporã	10676.42	0.0152	0.4325	0.0045	0.96
Iracema do Oeste	11318.87	0.035	0.4926	0.0068	0.66
Iretama	10904.13	0.0386	0.8091	0.002	0.96
Itaipulândia	10852.02	0.0329	0.8881	0.0049	0.89
Itambé	9221.833	0.035	0.5272	0.0112	0.65
Itaporã	7379.083	0.0352	0.5357	0.0088	0.88
Itaquiraí	9050.968	0.0262	0.476	0.0034	0.96
Itaúna do Sul	7759.331	0.0146	0.1814	0.0046	0.97
Ivaiporã	9938.458	0.0359	0.7836	0.0052	0.93
Ivaté	9230.018	0.0184	0.3961	0.0042	0.88
Ivatuba	9189.032	0.035	0.2811	0.0143	0.65
Ivaí	7445.315	0.0378	1.9178	0.0012	0.97
Ivinhema	7185.588	0.0146	0.3849	0.0053	1
Jandaia do Sul	8520.5	0.035	0.2375	0.0048	0.88
Janiópolis	10882.99	0.024	0.5271	0.0107	0.79
Japorã	9731.351	0.013	0.5478	0.0032	0.99
Japurá	9142.644	0.035	0.2723	0.0073	0.76
Jardim Alegre	10119.59	0.0367	0.701	0.0034	0.94
Jateí	7761.911	0.0218	0.1933	0.0031	1
Jesuítas	11302.05	0.035	0.5077	0.0093	0.75
Juranda	11205.6	0.0357	0.4897	0.0126	0.65
Jussara	9657.951	0.03	0.574	0.0127	0.71
Juti	7998.749	0.0189	0.3332	0.004	1
Kaloré	9261.377	0.035	0.8965	0.0107	0.86

Laguna Carapa	7904.943	0.0349	0.6864	0.0064	0.93
Laranjal	10841.58	0.0403	0.4584	0.0019	0.99
Laranjeiras do Sul	9928.973	0.035	1.0848	0.0027	0.96
Lidianópolis	9738.344	0.035	0.9472	0.0049	0.9
Loanda	8147.199	0.0146	0.4841	0.0034	0.98
Londrina		0.035	0.5275	0.0072	0.89
Luiziana	11018.55	0.0378	0.2973	0.01	0.84
Lunardelli	9876.373	0.0358	1.0187	0.0035	0.9
Mamborê	11110.51	0.0341	0.4647	0.0171	0.75
Mandaguarí	8436.705	0.035	0.451	0.0054	0.94
Mandaguaçu	8516.19	0.035	0.3374	0.0094	0.77
Manoel Ribas	10038.97	0.0365	1.2498	0.0053	0.93
Maracaju	7179.088	0.0357	0.879	0.0055	0.91
Marechal Cândido Rondon	10968.01	0.035	1.4914	0.0059	0.77
Maria Helena	9873.284	0.014	0.6979	0.0026	0.96
Marialva	8651.671	0.035	0.81	0.0128	0.75
Marilena	7758.53	0.0146	0.4134	0.004	0.95
Mariluz	10849.03	0.0171	0.3535	0.0042	0.93
Marilândia do Sul	9122.137	0.0356	1.2426	0.0112	0.9
Maringá	8615.207	0.035	0.3747	0.0143	0.79
Maripá	11205.49	0.035	0.458	0.0136	0.66
Marquinho	10205.12	0.0378	0.9471	0.0013	1
Marumbi	8900.646	0.035	0.7804	0.0033	0.89
Matelândia	10977.96	0.035	0.812	0.0018	0.92
Mato Rico	11248.78	0.0403	1.2589	0.0026	0.9
Mauá da Serra	9270.63	0.0369	1.5673	0.0055	0.89
Medianeira	10930.97	0.035	1.7983	0.0056	0.82
Mercedes	10851.55	0.035	1.609	0.005	0.8
Mirador	8601.642	0.0223	0.3126	0.0027	0.94
Missal	10933.67	0.035	1.5793	0.0052	0.82
Moreira Sales	10780.89	0.0146	0.4509	0.0031	0.86
Mundo Novo	10156.2	0.029	0.4392	0.003	0.99
Naviraí	8394.138	0.0225	0.3646	0.0037	0.97
Nova Aliança do Ivaí	8386.148	0.0224	0.2006	0.0025	0.98
Nova Alvorada do Sul	7380.756	0.0216	0.3439	0.0053	0.98
Nova Andradina	7252.735	0.0146	0.3674	0.006	0.98
Nova Aurora	11364.62	0.0377	0.9078	0.01	0.68
Nova Cantu	11213.35	0.039	0.4464	0.0075	0.85
Nova Esperança	8360.001	0.0239	0.2882	0.0059	0.94
Nova Laranjeiras	10419.02	0.0367	0.7517	0.0015	0.99
Nova Londrina	7824.593	0.0146	0.2053	0.0037	0.92
Nova Olímpia	9397.547	0.0136	0.3932	0.003	0.93
Nova Santa Rosa	11086.16	0.035	0.6171	0.0085	0.66
Nova Tebas	10853.52	0.039	0.8249	0.0019	0.98
Novo Horizonte do Sul	7470.894	0.0157	0.47	0.0041	1
Novo Itacolomi	8947.905	0.035	0.4974	0.0027	0.93
Ortigueira	8480.978	0.0371	1.6217	0.0015	0.99



Ourizona	8884.191	0.035	0.33	0.0136	0.73
Ouro Verde do Oeste	11234.61	0.035	1.9268	0.0101	0.8
Paiçandu	8754.115	0.035	0.3159	0.0125	0.67
Palmital	10887.42	0.0402	0.8017	0.0018	0.98
Palotina	11020.46	0.033	0.4113	0.0103	0.65
Paranavaí	8092.665	0.0146	0.596	0.0036	0.97
Paranhos	9065.333	0.012	0.9432	0.0035	1
Paraíso do Norte	8681.014	0.0342	0.2676	0.0025	0.88
Pato Bragado	10894.6	0.035	0.7133	0.0055	0.77
Peabiru	10225.42	0.0378	0.873	0.0117	0.76
Perobal	10620.69	0.0138	0.2567	0.0033	0.95
Pitanga	10384.51	0.0363	1.1438	0.0028	0.95
Planaltina do Paraná	8440.168	0.0245	0.2883	0.0027	0.98
Ponta Porã	7478.186	0.0362	1.0819	0.0052	0.9
Porto Rico	7886.334	0.0146	0.4583	0.0032	0.99
Presidente Castelo Branco	8425.969	0.0327	1.1855	0.0063	0.83
Prudentópolis	7934.85	0.0374	1.2207	0.001	0.98
Pérola	10312.86	0.0129	0.6278	0.0034	0.98
Quarto Centenário	11165.69	0.0352	0.5664	0.0114	0.74
Quatro Pontes	11085.14	0.035	0.9741	0.0085	0.86
Querência do Norte	8398.168	0.0228	0.3892	0.0043	0.96
Quinta do Sol	9744.429	0.0357	0.8052	0.0105	0.79
Ramilândia	11032.58	0.035	2.1747	0.0042	0.94
Rancho Alegre d'Oeste	11130.67	0.0329	0.5072	0.0136	0.62
Reserva	7985.877	0.0371	1.2399	0.001	0.99
Rio Bom	9014.732	0.035	0.8559	0.0042	0.93
Rio Branco do Ivaí	9296.648	0.0375	1.59	0.0019	1
Rio Brilhante	7317.007	0.0313	0.3095	0.0053	0.91
Roncador	11258.52	0.0388	0.6926	0.0052	0.9
Rondon	9442.052	0.0161	0.2773	0.0033	0.93
Rosana	7552.349	0.0147	0.5932	0.0046	0
Rosário do Ivaí	8888.503	0.0364	1.6888	0.0017	0.99
Santa Cruz do Monte Castelo	8500.882	0.0248	0.3962	0.0044	0.97
Santa Helena	10899.4	0.0345	1.159	0.0057	0.86
Santa Isabel do Ivaí	8578.419	0.0308	0.6975	0.0035	0.97
Santa Maria D'Oeste	10335.88	0.0365	1.0457	0.0014	0.97
Santa Mônica	8649.983	0.0347	0.3546	0.0029	0.98
Santa Tereza do Oeste	11410.08	0.035	0.2738	0.0074	0.79
Santa Terezinha de Itaipu	10760.55	0.035	0.9169	0.0114	0.8
Sarandi	8498.226	0.035	1.4236	0.0168	0.72
Sete Quedas	9465.785	0.0129	0.8049	0.0031	0.99
Sidrolândia	7274.168	0.0323	0.7762	0.0055	0.94
São Carlos do Ivaí	8769.634	0.035	0.2922	0.0048	0.81
São Jorge do Ivaí	8911.613	0.035	0.5329	0.015	0.63
São Jorge do Patrocínio	10037.31	0.0145	0.5134	0.0034	0.97
São José das Palmeiras	11057.25	0.035	2.7058	0.0032	0.93
São João do Ivaí	9790.229	0.0352	0.6292	0.0108	0.83

São Manoel do Paraná	8975.71	0.035	0.2759	0.0048	0.95
São Miguel do Iguaçu	10846.1	0.035	0.9832	0.0083	0.78
São Pedro do Iguaçu	11223.25	0.035	1.7168	0.0095	0.84
São Pedro do Ivaí	9425.081	0.035	0.79	0.0069	0.75
São Pedro do Paraná	7799.249	0.0146	0.4615	0.0034	0.98
São Tomé	9412.993	0.0251	0.3142	0.0042	0.89
Tacuru	9193.691	0.0125	1.0111	0.0032	0.99
Tamarana		0.0372	1.6311	0.0042	0.94
Tamboara	8344.461	0.0246	0.4442	0.0029	0.94
Tapejara	9989.523	0.0133	0.4572	0.003	0.94
Tapira	9132.101	0.0155	0.3703	0.003	0.97
Taquarussu	7540.656	0.0274	0.2022	0.0035	0.99
Terra Boa	9729.244	0.0337	0.4089	0.0104	0.81
Terra Roxa	10747.06	0.0257	0.8763	0.0091	0.81
Tibagi	7485	0.038	0.9671	0.0047	0.92
Toledo	11320.34	0.035	0.6973	0.0132	0.76
Tuneiras do Oeste	10468.94	0.0138	0.4115	0.0029	0.94
Tupãssi	11463.21	0.035	0.4972	0.0124	0.66
Turvo	8975.355	0.0407	1.1108	0.0007	0.99
Ubiratã	11313.74	0.0393	0.3855	0.0096	0.77
Umuarama	10083.27	0.0143	0.5589	0.0037	0.97
Vera Cruz do Oeste	11164.88	0.035	1.0224	0.0094	0.77
Vicentina	7617.237	0.0146	0.1009	0.0069	0.94
Vila Alta	9590.74	0.0166	0.5301	0.0029	0.99
Xambrê	10154.76	0.014	0.2204	0.0041	0.98
Douradina_MS	7369.84	0.0352	0.1344	0.0068	0.88
<b>Douradina_PR</b>	<b>9207.568</b>	<b>0.0157</b>	<b>0.3039</b>	<b>0.0035</b>	<b>0.98</b>

Alguns resultados da modelagem e o começo de um estudo conservacionista de bacia de Itaipu são apresentados aqui.

Utilizamos como exemplo os seguintes três Municípios:

1. Altamira do Paraná
2. São Pedro do Iguaçu
3. São Jorge do Ivaí

Estes três municípios tem condições bem diferentes de cobertura e potencial erosivo. Altamira do Paraná tem o menor potencial erosivo já que tem uma cobertura extensa tem todo o território do município. São Pedro do Iguaçu tem um potencial alto que é devido que o município tem muita terra agrícola e terreno quebrado. O município de São Jorge do Ivaí tem quase 100% do território em agricultura. Este município pode aproveitar muito de praticas conservacionistas com o plantio direto.

Na Figura 79 apresentamos a localização destes municípios dentro da bacia de Itaipu.

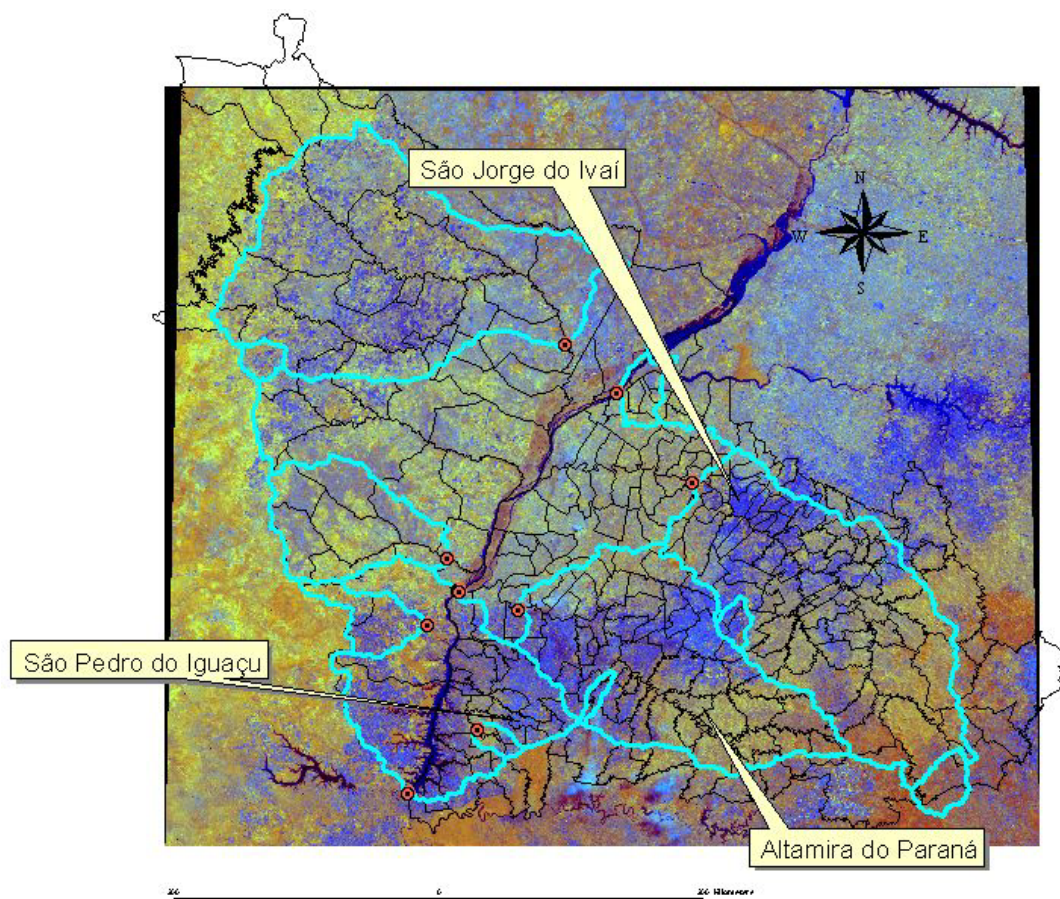


Figura 79. Localização dos três municípios utilizados como exemplo no detalhamento conservacionista de bacia de influência direta a Itaipu.

Na Figura 80 podemos observar os resultados da modelagem com RUSLE ( $T/ha/ano$ ) para a região limdeira do Reservatório utilizando as seguintes fontes de informação:

1. Imagem WFI – CBERS para obter fator C
2. Topografia do USGS (DEM) para obter o fator LS
3. Informação de solo do SOTER-LAC para obter of fator K
4. Informação da ANEEL e pontos meteorológicos do IAPAR para obter of fator R
5. Informação do IBGE para obter dados de Praticas para o fator P

Os resultados apresentados na imagem mostram resultados de erosão em  $T/ha/ano$  maiores que 5  $T/ha/ano$ , resultados menores que 5 estão transparentes. A modelagem foi feita utilizando células de aproximadamente 900 metros o qual foi determinado pela resolução do mapa topográfico da USGS (DEM).

A agricultura neste caso foi classificada como agricultura convencional e os resultados em  $T/ha/ano$  refletem este caso na Figura 2. Na Figura 81, foi feita uma simulação da aplicação de agricultura em plantio direto para toda a agricultura da região. Neste caso podemos observar a redução de risco de erosão em toda a região. No município de São Pedro do Iguaçu podemos observar uma redução no risco erosão, mas não tanto quanto outros municípios na região.

A Figura 82 (com agri. Convencional) e Figura 83 (com plantio direto) mostram resultados para o município de Altamira do Paraná e municípios envolta deste. Podemos observar que os resultados da modelagem indicam que para Altamira do Paraná não ha perdas de solos maiores a 5 T/ha/ano no município em utilizando agricultura convencional ou plantio direto. A razão disto é o uso da terra, o qual utilizando as imagens do WFI – CBERS foi identificada pouca utilização de agricultura de lavouras anuais no município.

Na Figura 84 (com agri. Convencional) e Figura 85 (com plantio direto) mostramos os resultados de erosão para o município de São Jorge do Ivaí. Neste município a agricultura de lavoura anual é muito extensa e podemos observar que o uso de plantio direto pode ter um efeito muito positivo para a região.

Um detalhamento maior destes municípios é possível utilizando as imagens de satélite LandSat. Nas outras figuras (Figura 86 a Figura 91) podemos ver uma imagem de cada município e a classificação da imagem para obter cobertura. Por exemplo, na Figura 88 mostramos a imagem de LandSat detalhando o município de Altamira do Paraná. Como a resolução desta imagem é muito maior que a do Satélite WFI-CBERS, podemos identificar áreas de agricultura com maior detalhe (Figura 89) as quais não conseguimos com a imagem do WFI-CBERS. Com este detalhamento a modelagem vai ser muito mais precisa. Mesmo assim podemos observar que a agricultura esta bastante espalhada e em áreas pequenas. A aplicação de praticas conservacionista para esta região vão ser bem diferentes que as do município do São Jorge do Ivaí, por exemplo, onde vemos uma agricultura extensiva e continua em todo o município (Figura 90 e Figura 91). Em outro caso diferente, onde outras medidas conservacionistas devem ser tomadas, mostramos o município de Mundo Novo no Mato Grosso do Sul. Neste município vemos que a conservação de pastagens é prioritária e nao o plantio direto.

Analisando município por município, como mostramos aqui, podemos (1) identificar os municípios com maior risco de erosão, (2) determinar as melhores praticas conservacionistas para cada região e município e (3) acompanhar o desenvolvimento de cada município e (4) sugerir projetos conservacionistas para os municípios que mostrem estar em alto risco de erosão.



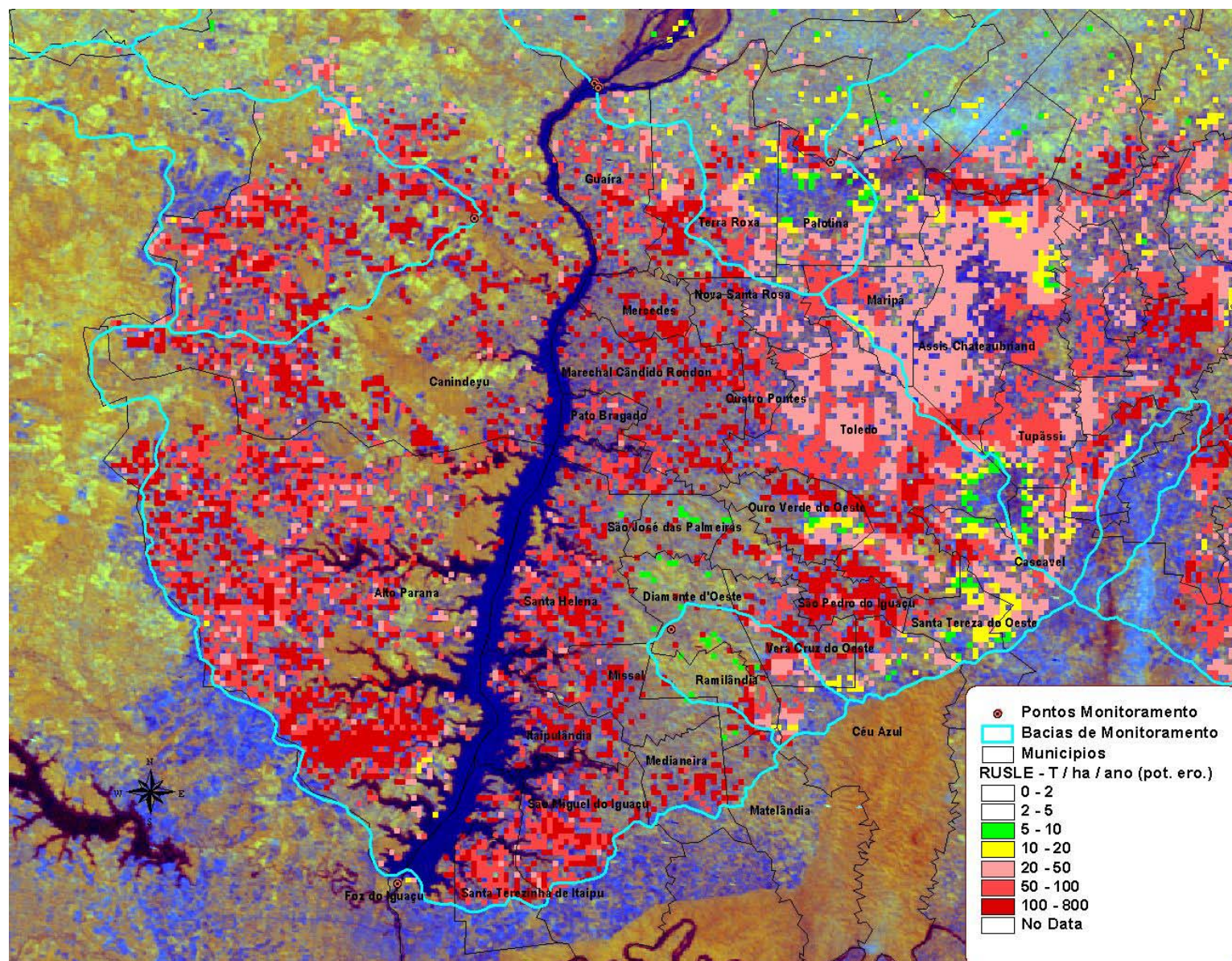


Figura 80. Região limreira do Reservatório de Itaipu mostrando o potencial erosivo com agricultura conservacionista.



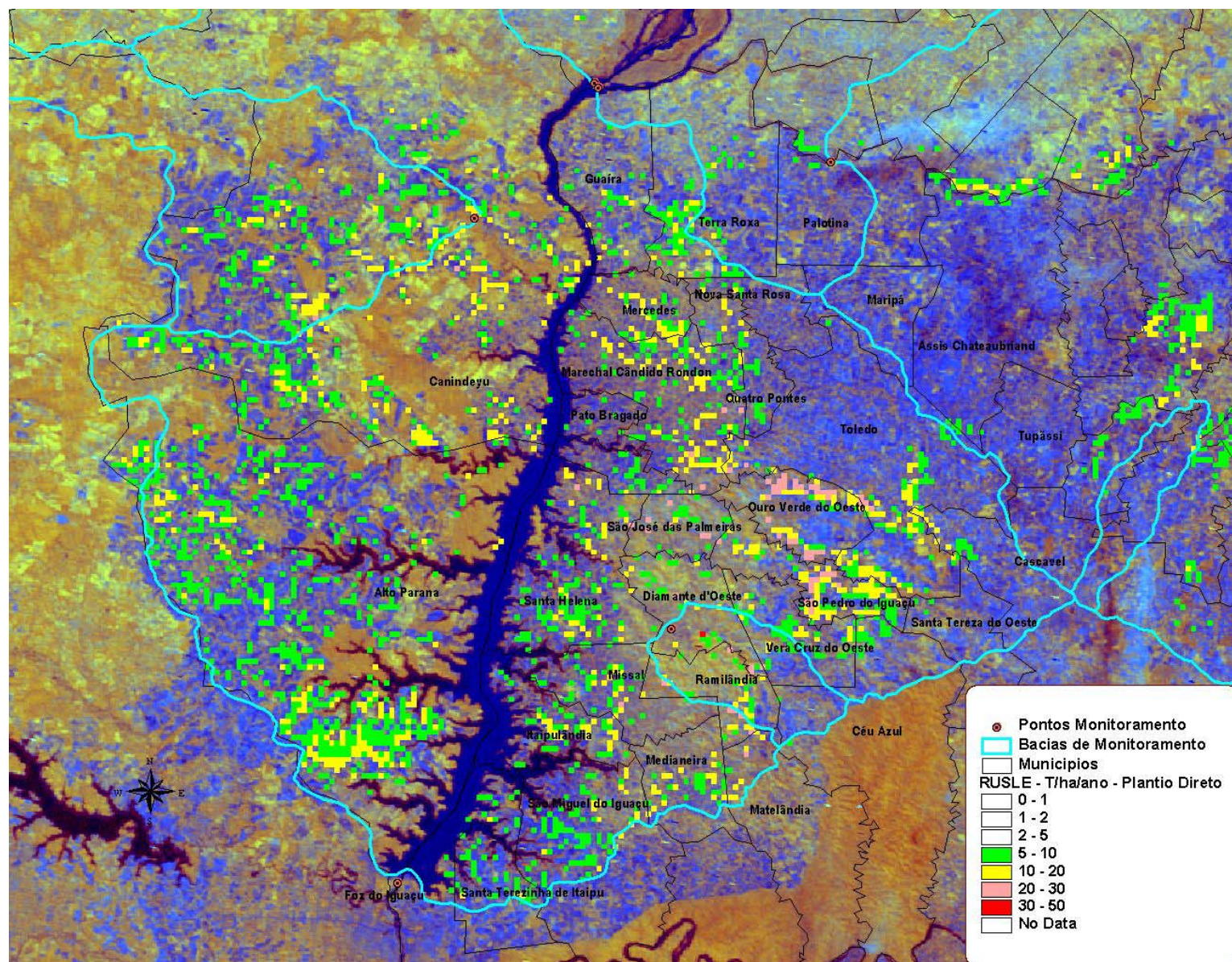


Figura 81. Região lindeira do Reservatório de Itaipu mostrando o potencial erosivo com plantio direto na agricultura.



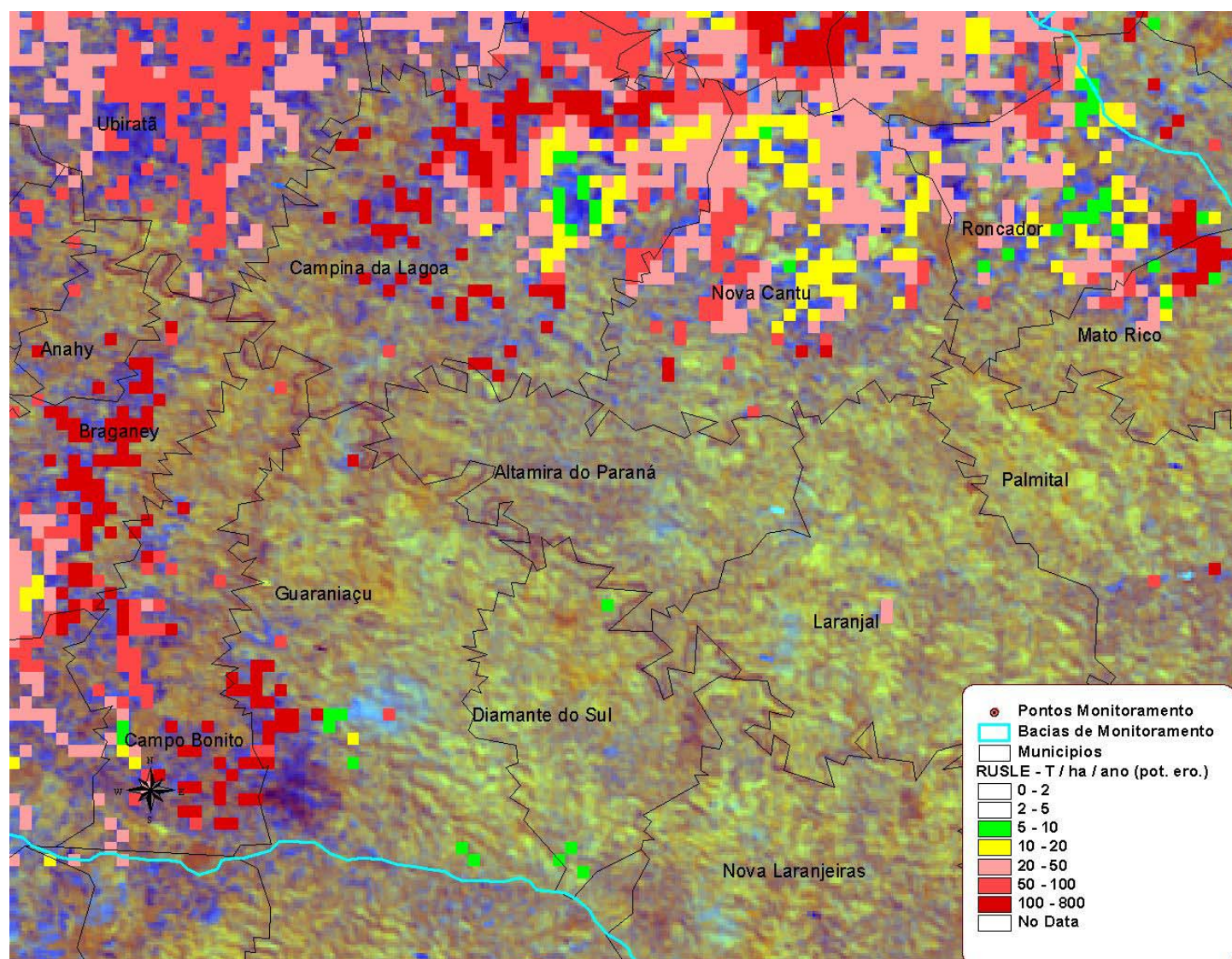


Figura 82. Resultados da aplicação do modelo RUSLE com Imagem WFI-CBERS com agricultura convencional para o Município de Altamira do Paraná e outros municípios limítrofes.



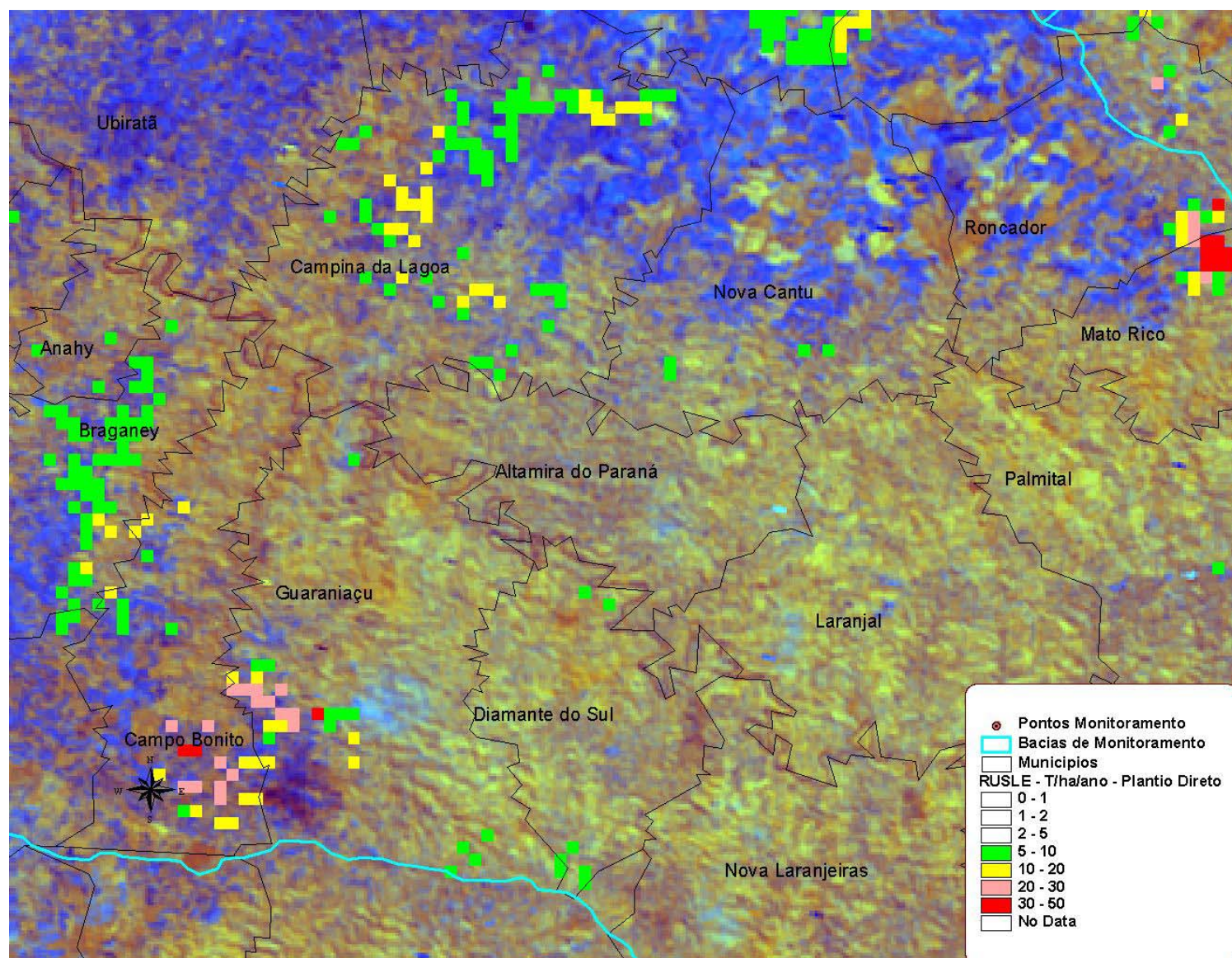


Figura 83. Resultados da aplicação do modelo RUSLE com Imagem WFI-CBERS com agricultura em plantio direto para o Município de Altamira do Paraná e outros municípios limítrofes.



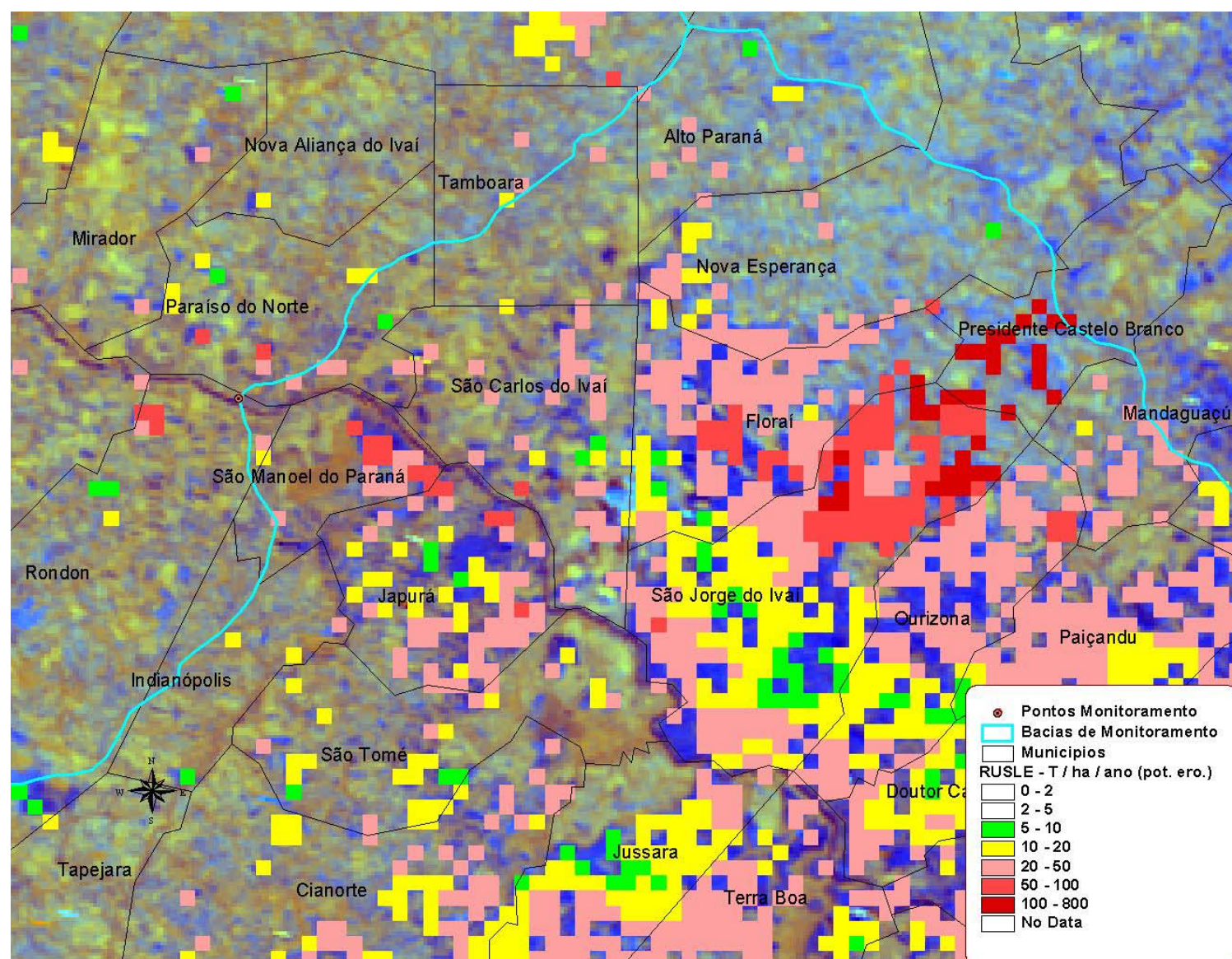


Figura 84. Resultados da aplicação do modelo RUSLE com Imagem WFI-CBERS com agricultura convencional para o Município de São Jorge do Ivaí e outros municípios limítrofes.



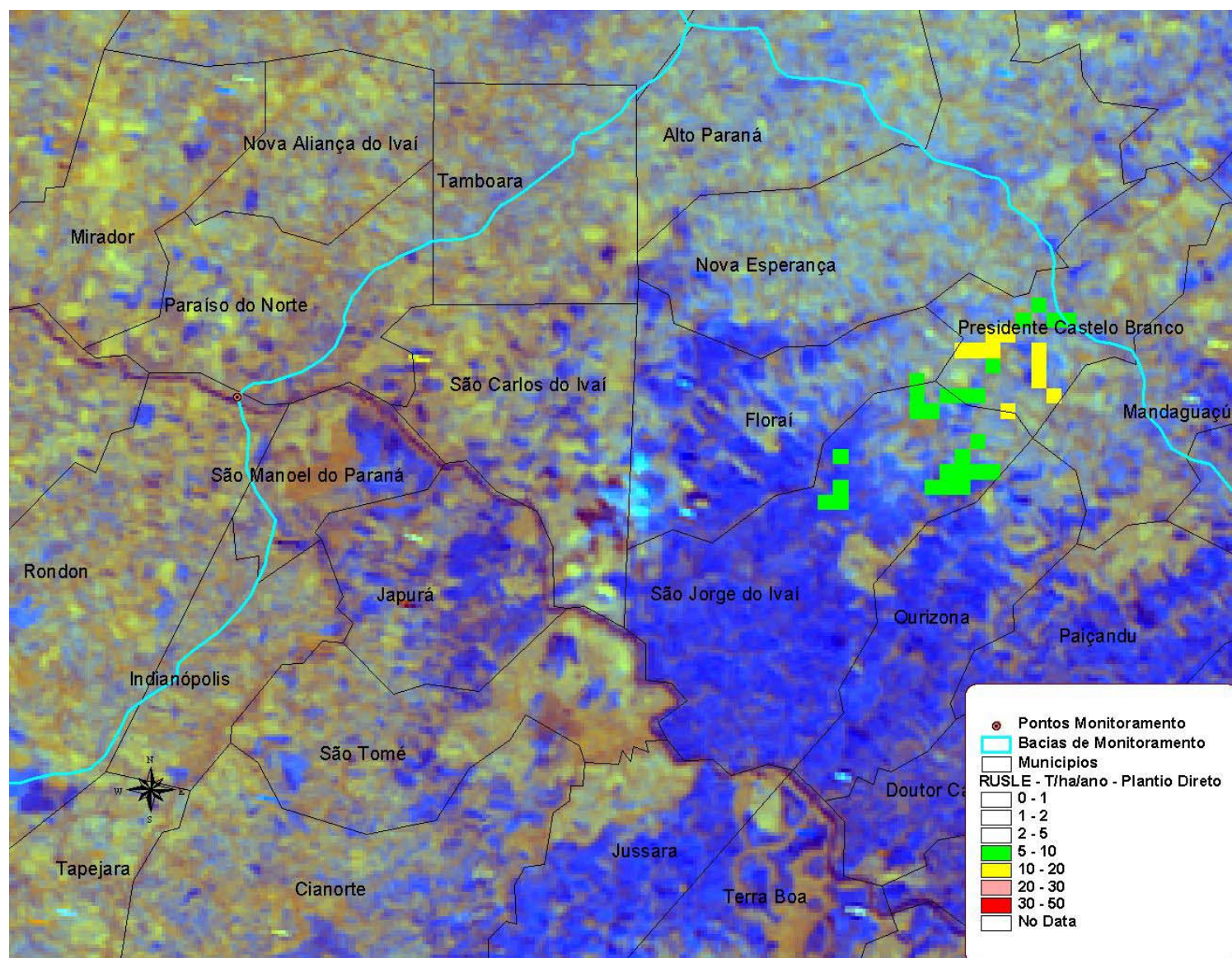


Figura 85. Resultados da aplicação do modelo RUSLE com Imagem WFI-CBERS com agricultura em plantio direto para o Município de São Jorge do Ivaí e outros municípios limítrofes.



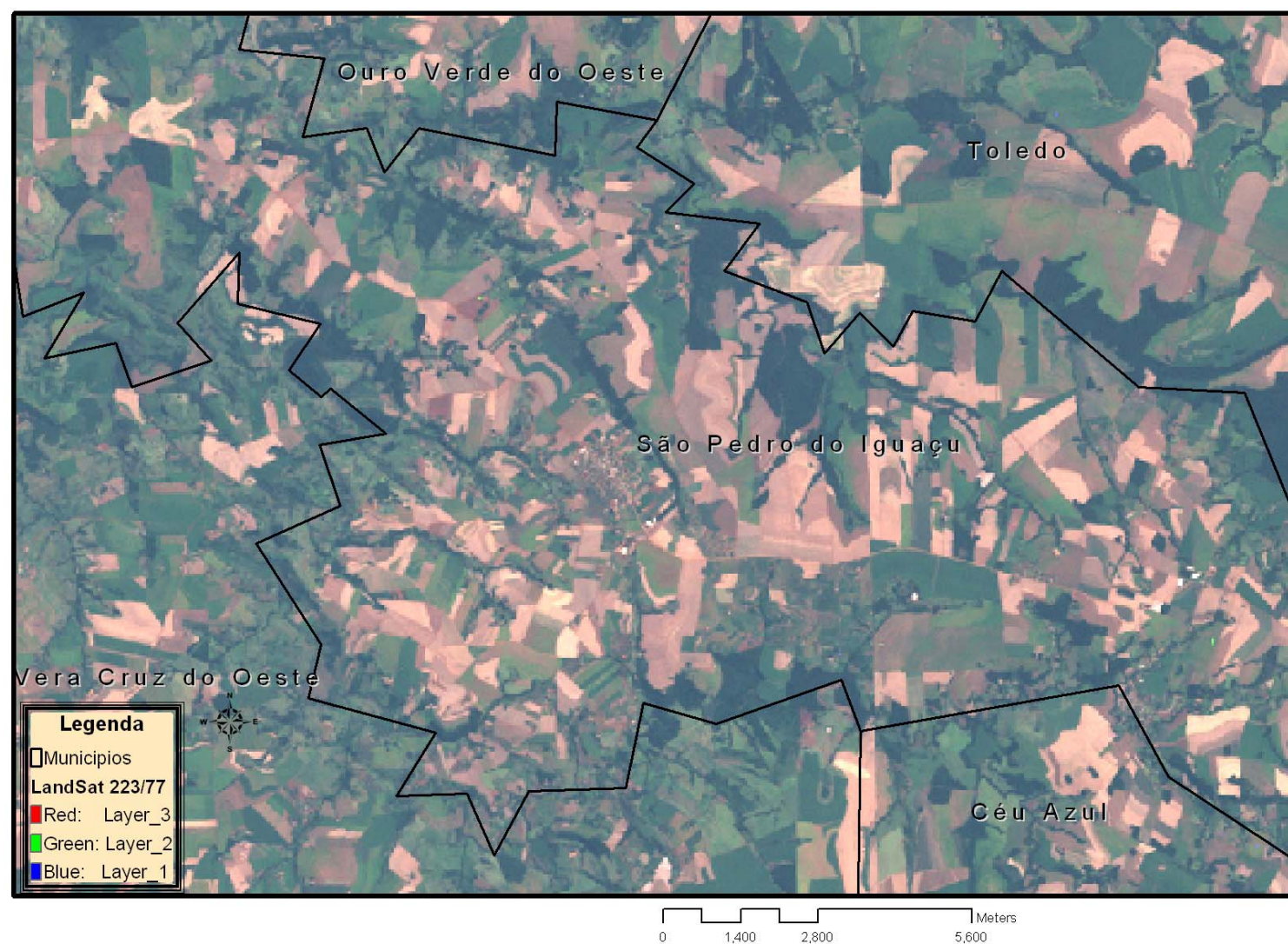


Figura 86. Imagem LandSat detalhando parte do município de São Pedro do Iguaçu.



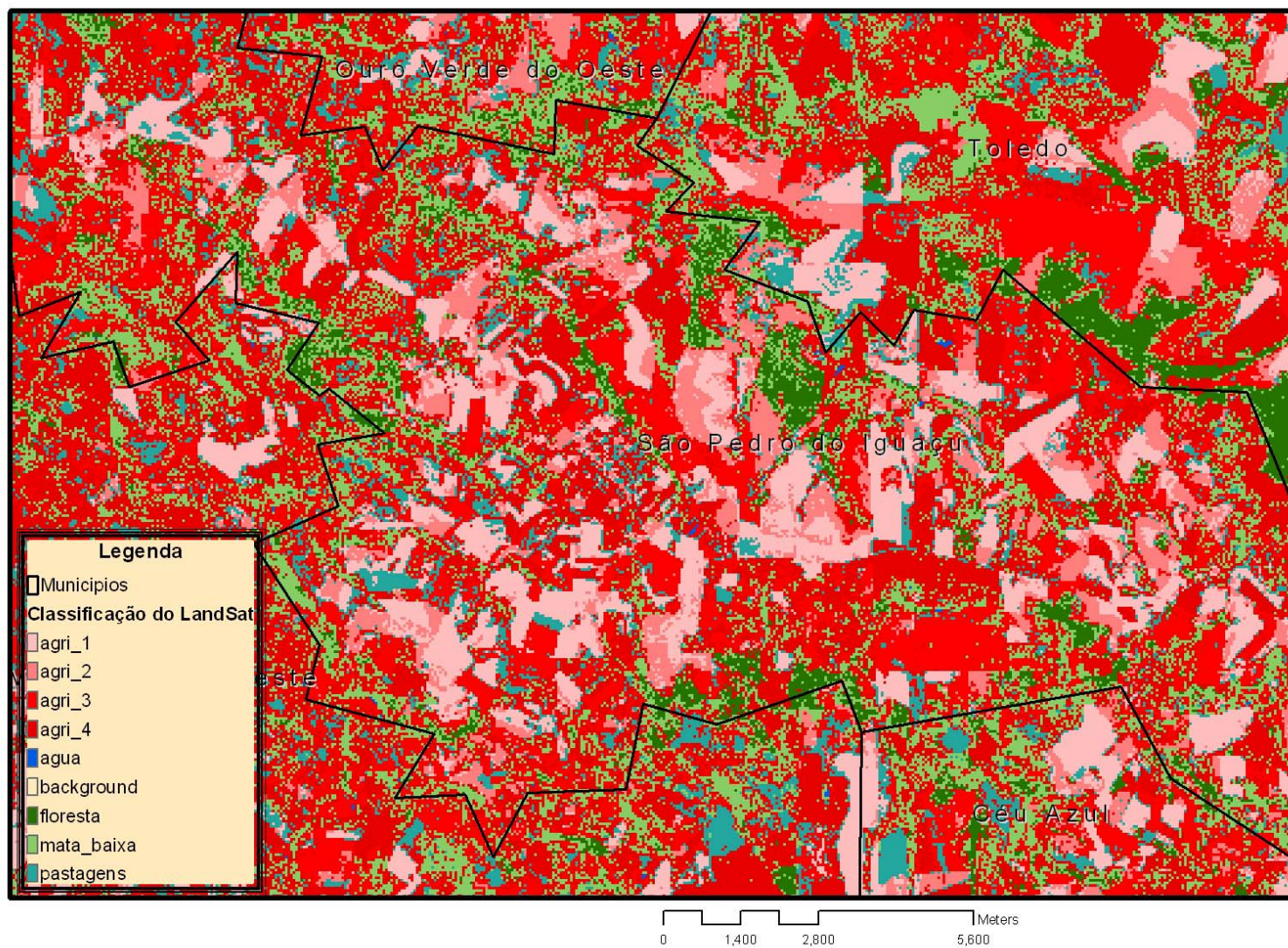


Figura 87. Classificação de cobertura para o município de São Pedro do Iguaçu utilizando imagem LandSat.





Figura 88. Imagem LandSat detalhando parte do município de Altamira do Paraná.



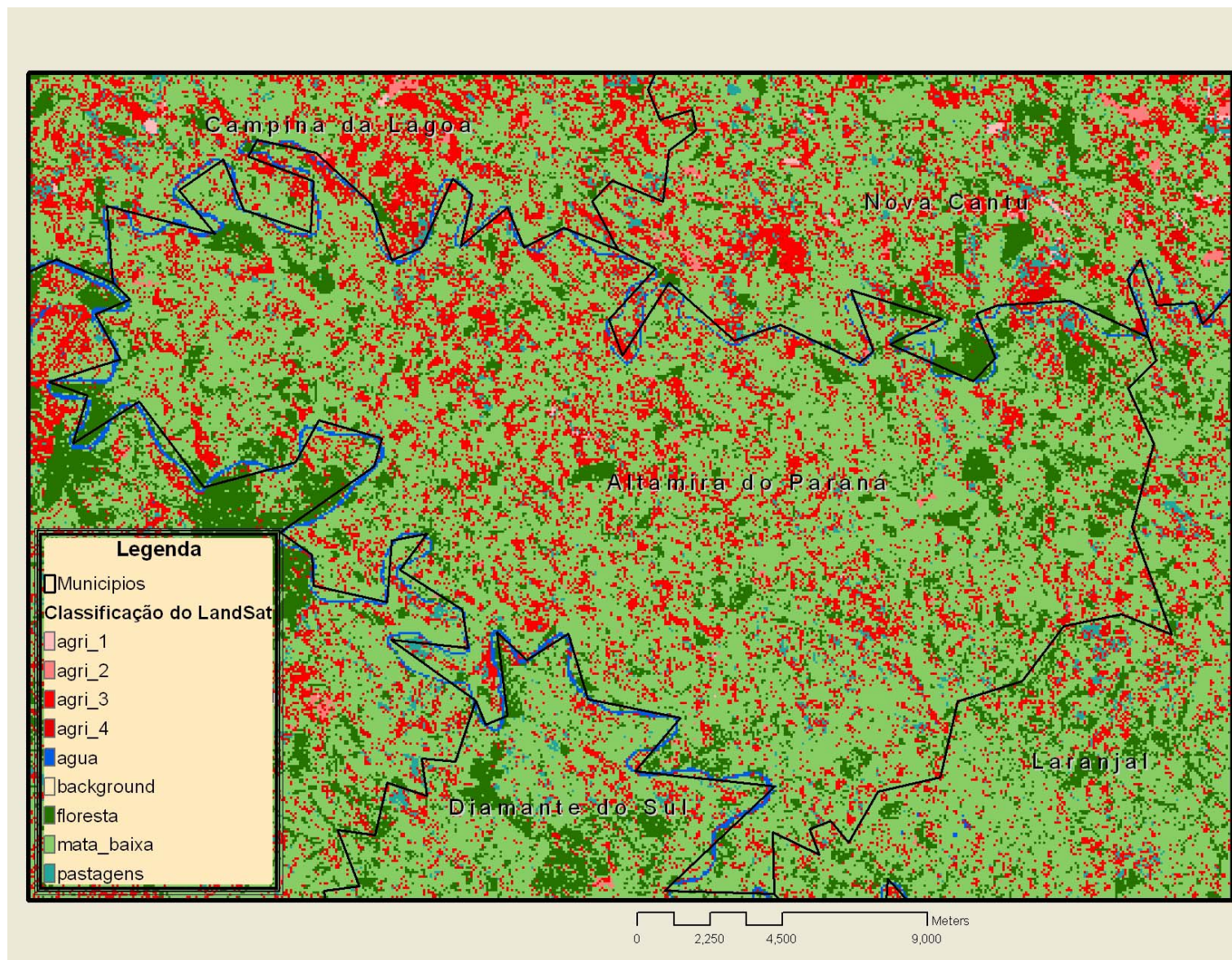


Figura 89. Classificação de cobertura para o município de Altamira do Paraná utilizando imagem LandSat.



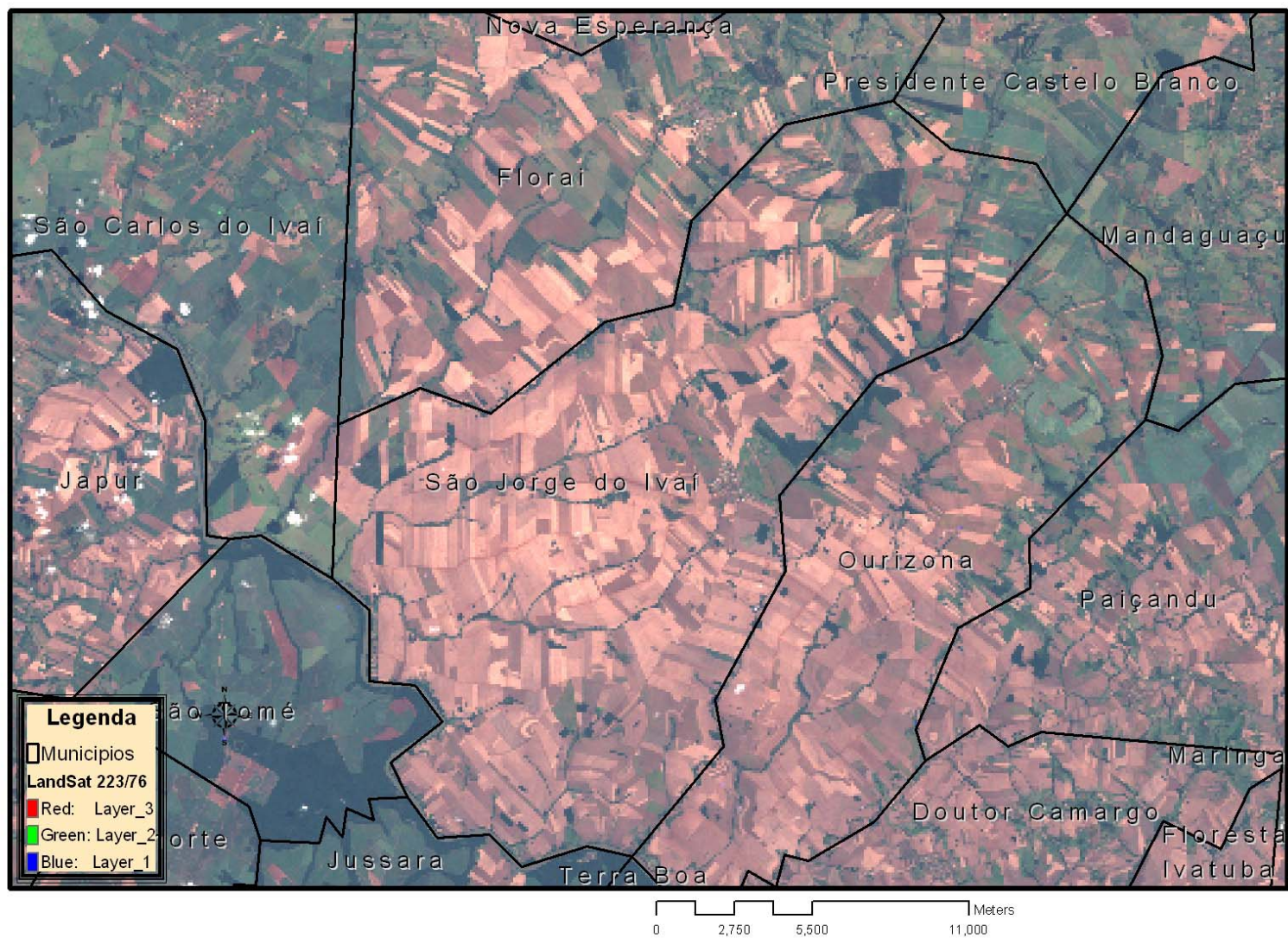


Figura 90. Imagem LandSat detalhando parte do município de São Jorge do Ivaí.



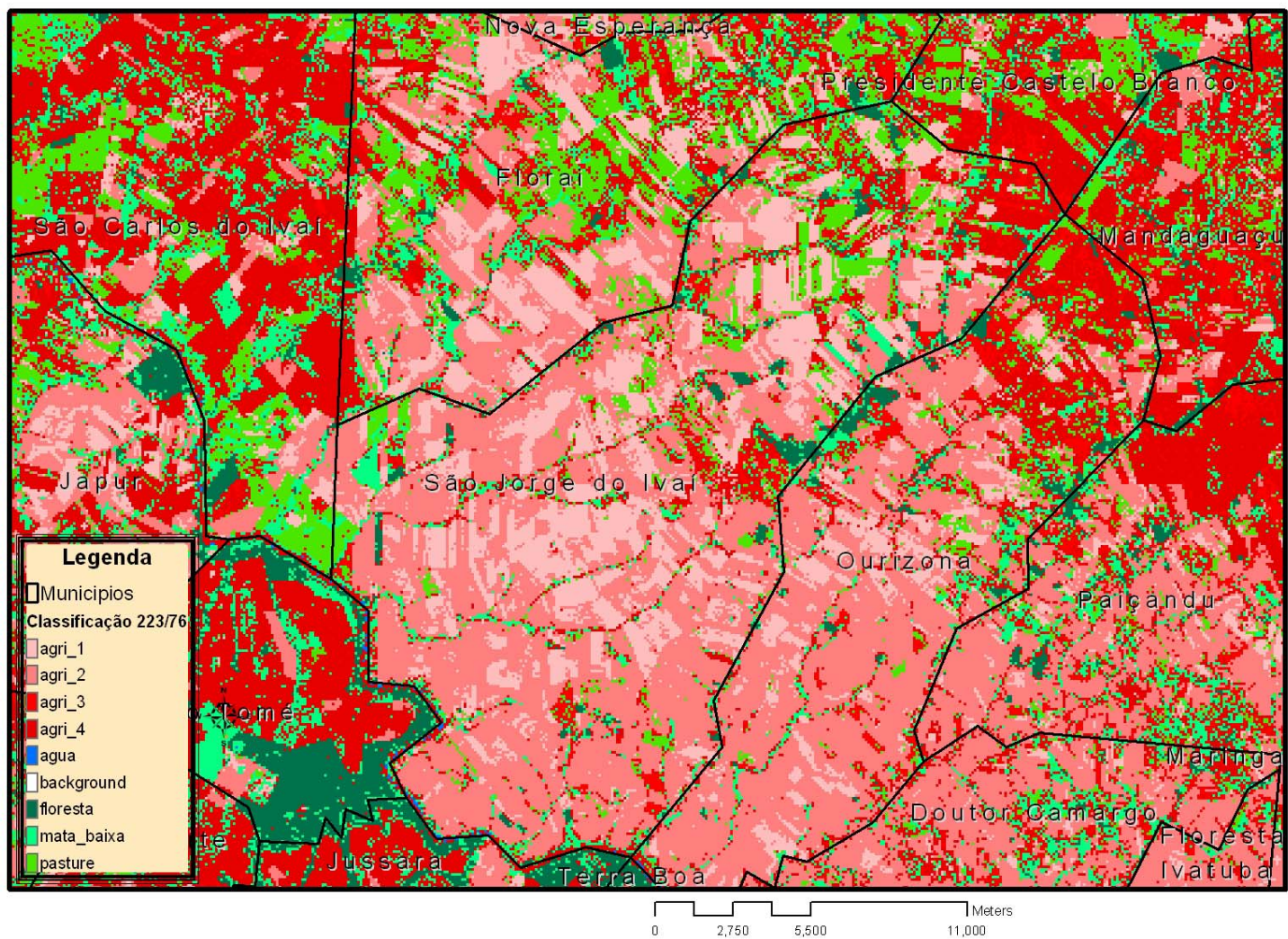


Figura 91. Classificação de cobertura para o município de São Jorge do Ivaí utilizando imagem Landsat.



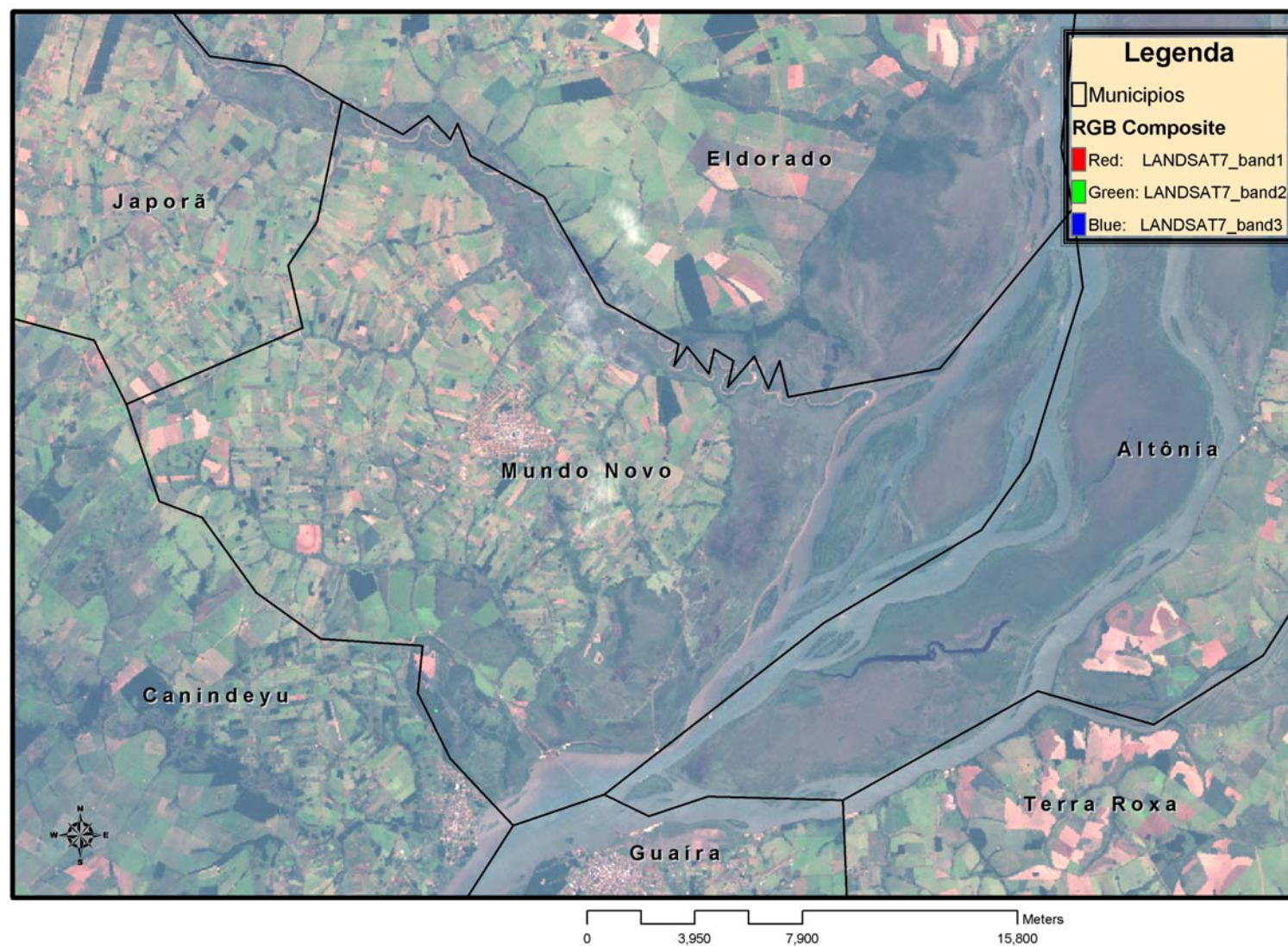


Figura 92. Imagem LandSat detalhando o município de Mundo Novo.



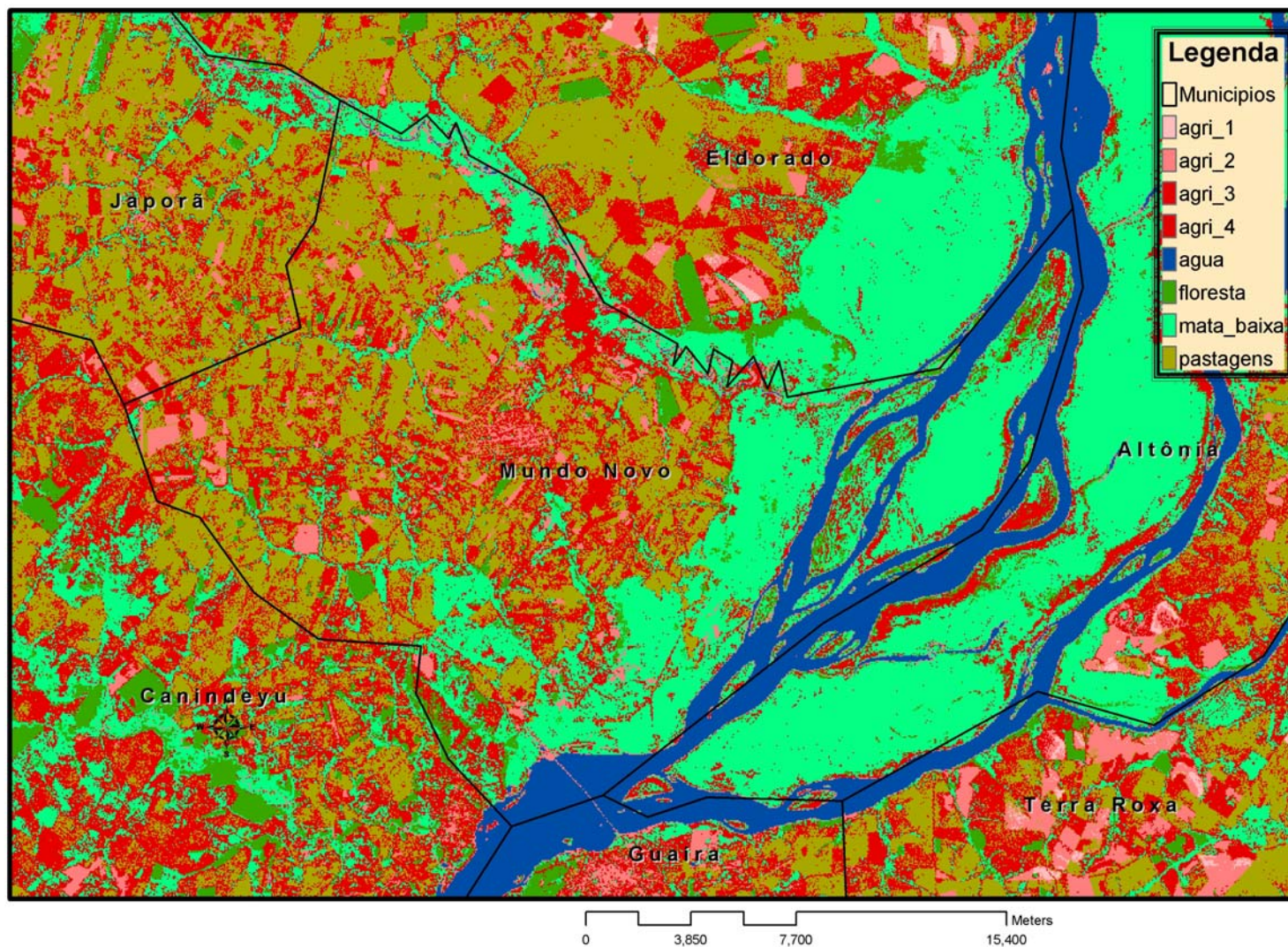


Figura 93. Classificação de cobertura para o município de Mundo Novo utilizando imagem Landsat.

## Referencias

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná**. Londrina, SUDESUL/EMBRAPA/IAPAR, 1984. 2v. 791p. (Boletim Técnico, 57)
- RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A. *et al.* **Predicting Soil Erosion by Water : A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington, USDA, 1997. 384p. (Agricultural Handbook, 703).
- RUFINO, R.L.; BISCAIA, R.C.M. & MERTEN, G.H. **Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação**. R.Bras.Ci.Solo 17:439-444, 1993.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D.. **Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning**. Washington, USDA, 1978. p. (Agricultural Handbook, 537)
- ROLOFF, G. & O. J. BERTOL. **Método para estimativa da cobertura do solo e da altura do dossel de algumas culturas de verão**. R.Bras.Ci.Solo, 22:319-327, 1998.
- Haan, C.T., B.J. Barfield, and J.C. Hays, 1994. Design Hydrology and Sedimentology for Small Watersheds. pp. 242-243. American Press.

## ANEXOS

## Anexo I – Lista de arquivos de SIG

Com este manual apresentamos um CD-ROM com os principais mapas em formatos SHAPE e GRID para uso no Arc View. Para facilitar a visualização dos mapas para usuários que não tenham acesso ao Arc View, incluímos uma cópia do shareware Arc Explorer 2.0. Os mapas são apresentados nas Tabelas 1 e 2 a seguir.

Tabela 26. Mapas gerais da bacia (hidro, cidades, bacia, pontos, etc.)

<i><b>Nome do mapa</b></i>	<i><b>Descrição</b></i>	<i><b>Formato</b></i>	<i><b>Projeção</b></i>
bacia_itaipu	Bacia de influência direta a Itaipu	Shape	Geográfica
bacia_rio_parana_inteiro	Sub-bacias dentro da bacia do rio Paraná	Shape	Geográfica
brasil_estados	Estados do Brasil	Shape	Geográfica
brasil_municipios	Municípios do Brasil	Shape	Geográfica
cidades_bacia_br	Cidades da bacia de Itaipu	Shape	Geográfica
hidrografia_basica	Hidrografia básica da bacia de Itaipu	Shape	Geográfica
hidrologia_completa	Hidrologia completa da bacia	Shape	Geográfica
itaipu_muni_br_dept_py	Municípios do Brasil e Departamentos do Paraguai inclusos na bacia de influência direta a Itaipu	Shape	Geográfica
pontos_monitoramento_gps	Pontos de monitoramento obtidos com GPS	Shape	Geográfica
reservatorio_ilhas	Límite do reservatório e ilhas norte do reservatório	Shape	Geográfica
Bacias_dem	Sub-bacias de monitoramento feitas com o DEM da USGS e pontos GPS	Shape	Geográfica
usinas_bacia_itaipu	Usinas hidroelétricas dentro da bacia de Itaipu	Shape	Geográfica
usinas_bacia_parana	Usinas hidroelétricas em toda a bacia do rio Paraná	Shape	Geográfica
Ppluvi_ita	Estações pluviométricas na bacia de Itaipu a ser usadas para fator R	Shape – point	Geográfica
Viagem2_gps	Pontos do banco de dados geo-referenciados – viagem #2	Shape – point	Geográfica



Viagem3_gps	Pontos do banco de dados geo-referenciados – viagem #3	Shape – point	Geográfica
-------------	--	---------------	------------

Tabela 27. Mapas de Fatores R, K, LS, C e outros.

<i><b>Nome</b></i>	<i><b>Descrição</b></i>	<i><b>Formato</b></i>	<i><b>Projeção</b></i>
Fatorc_ibgem	Fator C calculado usando dados agrícolas por município do IBGE	Grid	Geográfica
Fatorc_usgs	Fator C calculado usando imagem da USGS 1992-93	Grid	Geográfica
Fatorc_wfi	Fator C calculado da imagem WFI – NDVI	Grid	Geográfica
Saigbp2	Imagem de coberturas (South America IGBP) da USGS 1992-93	Grid	Geográfica
Wfi_ndvi_geo	Imagem do satélite CBERS – WFI com valores de NDVI (09-04-2000)	Grid	Geográfica
Fator_c_ibge_corr	Shape file do fator C por município usando valores do IBGE	Shape	Geográfica
Solo_k_soter	Mapa Grid do fator K calculado usando valores do mapa SOTER	Grid	Geográfica
Fator_k_soter	Shape file do fator K do mapa SOTER	Shape	Geográfica
Solok_si	Mapa Grid do fator K calculado baseado no mapa do Brasil (não inclui a parte do Paraguai)	Grid	Geográfica
Solosbr_bacia	Mapa em Shape de solos do Brasil	Shape	Geográfica
Fator_ls_100	Calculo do fator LS com rampa de 100 metros e correção de elevação de 5	Grid	Geográfica
Ita_dem_fil	DEM da bacia	Grid	Geográfica
Ita_sombra	Mapa de sombras (quase aspecto) baseado no DEM	Grid	Geográfica
Ita_flo_aco	Mapa de acumulação baseado no DEM	Grid	Geográfica
Ita_flo_dir	Mapa de direção de fluxo baseado no DEM	Grid	Geográfica
Ita_erosi	Mapa do Fator R baseado em estações pluviométricas	Grid	Geográfica
Ibge96_rklsc5x_rank	Shape file com resultados de potencial erosivo por município usando dados do IBGE	Shape	Geográfica
Usgs92_rklsc5x_rank	Shape file com resultados de potencial erosivo por município usando dados do USGS	Shape	Geográfica
Wfi_rklsc5x_rank	Shape file com resultados de potencial erosivo por município usando dados do WFI	Shape	Geográfica
Ibge_rklsc5x	Grid de potencial erosivo – IBGE	Grid	Geográfica
Usgs_rklsc5x	Grid de potencial erosivo – USGS	Grid	Geográfica
Wfi_rklsc5x	Grid de potencial erosivo - WFI	Grid	Geográfica

