A map of the Rio dos Sinos basin in southern Brazil. The Rio dos Sinos is shown in blue, flowing from the northwest towards the southeast. It has several meanders. The map includes labels for municipalities: Portão, Estância, Nova Santa Rita, Sapucaia do Sul, Esteio, and Leopoldo. It also shows roads, including BR-116 and BR-118, and other water bodies like Arroio Joaquim and Arroio Sapucaia. The text is overlaid on the map.

**Levantamento das áreas cultivadas com
arroz irrigado e áreas úmidas na bacia
hidrográfica do Rio dos Sinos na safra
de verão 2003-2004 através de imagens
do satélite LANDSAT**

Sigmap Geoprocessamento Ltda
Av. Assis Brasil, 3.316 cj. 606
91.10-03 Porto Alegre – RS

Porto Alegre, novembro de 2004.

Levantamento das áreas cultivadas com arroz irrigado e áreas úmidas na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos na safra de verão 2003-2004 através de imagens do satélite LANDSAT

Sigmap Geoprocessamento Ltda
Av. Assis Brasil, 3.316 cj. 606
91.010-003 Porto Alegre - RS
Resp. Técnico: Eng. Agrônomo Eliseu Weber
CREA/RS 81.501

Porto Alegre, novembro de 2004.

Índice

1	APRESENTAÇÃO	1
2	MATERIAL UTILIZADO	2
2.1	BASE CARTOGRÁFICA.....	2
2.2	IMAGENS DE SATÉLITE.....	2
2.2.1	<i>Considerações sobre as bandas utilizadas</i>	3
2.3	EQUIPAMENTO E PROGRAMAS	5
3	METODOLOGIA	5
3.1	PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE	5
3.1.1	<i>Georreferenciamento</i>	5
3.1.2	<i>Elaboração de mosaicos</i>	6
3.1.3	<i>Interpretação das imagens</i>	8
4	RESULTADOS	8
5	BIBLIOGRAFIA	17

1 Apresentação

O presente documento sintetiza os resultados do levantamento das áreas cultivadas com arroz irrigado e áreas úmidas na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos na safra de verão 2003/2004 através de imagens do satélite LANDSAT.

Os resultados obtidos consistem em uma estimativa da área cultivada com arroz irrigado na safra 2003/2004, mostrando a distribuição espacial das lavouras na bacia do Rio dos Sinos. Também foi quantificada a ocorrência de outros cultivos irrigados detectados no levantamento, como o milho, e foi realizada a delimitação aproximada das principais áreas úmidas da bacia ainda não ocupadas por cultivos agrícolas ou com urbanização.

Convém ressaltar que os dados aqui apresentados não devem ser tratados como valores absolutos, eles constituem uma estimativa da superfície ocupada pelos temas acima citados e descrevem sua expressão no contexto da bacia na safra 2003/2004. Como em qualquer levantamento, a metodologia e o material empregados implicam em limitações que devem ser conhecidas para que os dados sejam utilizados de forma adequada nos processos de tomada de decisão.

No que se refere à precisão da estimativa da área cultivada, estudos realizados no Rio Grande do Sul já mostraram que existe uma correlação da ordem de 93 a 97% entre a área real de lavouras de arroz e de soja e a área estimada através de imagens do satélite LANDSAT (Weber et al, 1994; Ducati et al, 1999; Ducati et al, 2000; Fontana et al, 2001; Motta et al, 2001a; Motta et al, 2001b). Pode-se afirmar, com base nessas referências, que a estimativa da área cultivada com arroz irrigado na bacia tem uma alta confiabilidade.

Quanto às áreas úmidas, entretanto, existem poucos trabalhos que avaliem a precisão da estimativa da superfície ocupada pelas mesmas através de imagens LANDSAT no Rio Grande do Sul. As características típicas desses locais impõem dificuldades para seu reconhecimento e delimitação nas imagens. Boa parte deles encontra-se sob vegetação arbórea, dificultando a individualização da mata de áreas úmidas de outros tipos de mata ocorrentes na região. Além disso, fenômenos sazonais, como estiagens, podem diminuir a umidade e induzir a confusões entre locais úmidos e terrenos bem drenados, principalmente quando a cobertura vegetal for de campo. O próprio conceito adotado para definir o que é uma área úmida também pode fazer com que um mesmo local seja incluído ou excluído de diferentes mapeamentos dependendo dos critérios adotados. Em função desses aspectos, o mapeamento e quantificação das áreas úmidas neste trabalho provavelmente apresenta valores subestimados. Para melhor caracterização desses locais recomenda-se futuramente efetuar trabalhos com imagens orbitais de melhor resolução espacial ou fotografias aéreas.

Apesar das ressalvas acima citadas, espera-se que as informações aqui apresentadas possam contribuir como subsídio à tomada de decisão, auxiliando os técnicos e planejadores envolvidos na complexa atividade que é o gerenciamento da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos.

Além dos resultados apresentados neste documento, todos os dados espaciais gerados no levantamento foram entregues em CD-ROM, georreferenciados e com atributos descritivos. É possível a partir deles continuar efetuando análises com vistas a elaborar avaliações não contidas neste estudo.

2 Material utilizado

2.1 Base cartográfica

A base cartográfica utilizada constitui-se de 15 cartas topográficas em escala 1:50.000 da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSGE) fornecidas pelo Comitesinos. Foram utilizadas as folhas Feliz (MI 2953/3), Nova Petrópolis (MI 2953/4), Canela (MI 2954/3), São Francisco de Paula (MI 2954/4), Tainhas (MI 2955/3), Montenegro (MI 2970/1), Novo Hamburgo (MI 2970/2), Taquara (MI 2971/1), Rolante (MI 2971/2), Barra do Ouro (MI 2972/1), Morretes (MI 2970/3), São Leopoldo (MI 2970/4), Gravataí (MI 2971/3), Santo Antônio da Patrulha (MI 2971/4) e Osório (MI 2972/3).

2.2 Imagens de satélite

As imagens orbitais vêm se constituindo em valiosas ferramentas para mapeamentos de uso/cobertura do solo e levantamentos de recursos naturais. A possibilidade de adquirir dados da superfície terrestre em várias bandas espectrais possibilita a identificação de respostas típicas das diversas classes de uso/cobertura do solo em diferentes comprimentos de onda, e sua conseqüente distinção e mapeamento (Jensen, 1986; Richards, 1995).

Além do custo reduzido, as imagens de alguns sensores apresentam a vantagem de serem obtidas e gravadas sistematicamente em intervalos regulares de tempo, o que permite escolher e adquirir a cena de uma região em uma data que melhor se aproxime à data de avaliação e aos interesses de estudo na área em foco.

Nos últimos anos, o rápido desenvolvimento dos sistemas de informação geográfica facilitou a associação de informações cartográficas aos produtos de sensoriamento remoto, acrescentando maior consistência às análises com eles efetuadas. No Brasil muitos trabalhos comprovam a validade das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para levantamentos de uso/cobertura do solo, especialmente devido à rapidez, economia de recursos financeiros e confiabilidade dos resultados.

No presente trabalho foram utilizadas imagens do sensor LANDSAT 5 TM, órbitas 221/080 e 221/081, imageadas em duas datas durante a safra de verão 2003/2004: 04 de setembro de 2003 e 11 de fevereiro de 2004. As imagens foram adquiridas pelo Comitesinos da empresa Intersat, ao nível de correção 1G, formato GEOTIFF, gravadas em CD-ROM. Do conjunto de bandas espectrais disponíveis nas imagens foram utilizadas as bandas 1 (azul), 2 (verde), 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo), 5 e 7 (infravermelho médio).

O sistema LANDSAT pode adquirir imagens numa área que se estende desde 81° de latitude norte até 81° de latitude sul e em todas as longitudes do globo terrestre, com uma área útil de 185 x 185 Km. Uma órbita do LANDSAT é realizada em aproximadamente 99 minutos, permitindo ao satélite dar 14 voltas ao redor da Terra por dia, e completando a cobertura total do planeta em 16 dias. A órbita é descendente, ou seja, de norte para sul, com o satélite cruzando a linha do Equador entre 9:00 e 9:15 (hora local) em cada passagem. Esse sistema tem órbita síncrona com o sol, passando sobre um mesmo local sempre no mesmo horário solar.

A geração de uma imagem consiste na detecção da energia eletromagnética do sol refletida pela superfície terrestre, através de um conjunto de sensores a bordo do satélite, com a posterior transmissão dos dados captados para uma estação receptora no solo. Após a recepção, são aplicadas correções geométricas e radiométricas e a imagem é armazenada, podendo então ser adquirida por qualquer usuário e utilizada para a geração de diferentes

mapas temáticos, como ilustra a figura 1. As imagens do sistema LANDSAT TM estão disponíveis desde o início da década de 80.

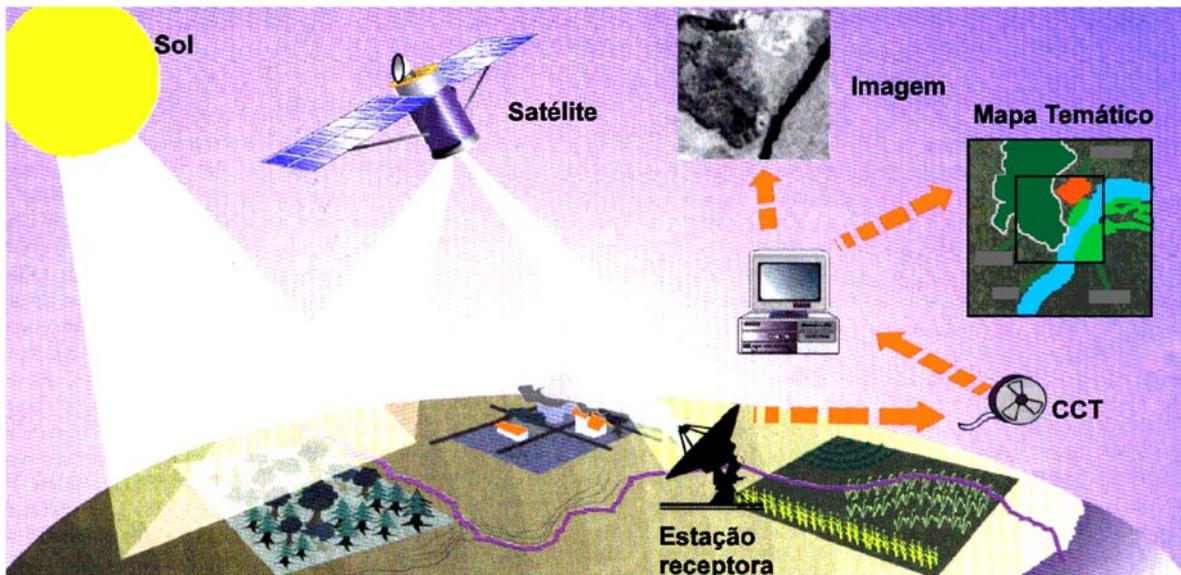


Figura 1. Representação do processo de aquisição de uma imagem de satélite e geração de mapas temáticos (Fonte: Lahm, 1999).

2.2.1 Considerações sobre as bandas utilizadas

As características das imagens LANDSAT, que tornaram seu uso muito disseminado no mapeamento e monitoramento de recursos naturais, podem ser resumidas em quatro tipos de resolução: temporal, espacial, espectral e radiométrica.

A *resolução temporal* é a frequência com que o satélite passa sobre a mesma porção da superfície terrestre. No caso do LANDSAT essa frequência é de 16 dias, a qual permite selecionar a melhor data a utilizar dentro em um determinado período de interesse. Pode-se, dessa forma, excluir aquelas imagens onde houver uma cobertura de nuvens prejudicial à visualização da área em foco, tornando possível o acompanhamento da evolução de cultivos ou de outros fenômenos.

A *resolução espacial* pode ser definida como a menor área possível de ser captada por uma imagem, sendo a célula de resolução denominada *pixel*, termo proveniente do inglês *picture element*. Nas imagens LANDSAT 5 TM a resolução espacial é de 30 metros, equivalente a uma área de 900 m² no terreno.

Cada *pixel* contém o registro da energia eletromagnética do sol refletida pela superfície terrestre, que é armazenado como um valor digital possível de ser processado em computador. O intervalo entre o valor digital mínimo e o máximo que pode ser mensurado e armazenado constitui a *resolução radiométrica*, que no caso do LANDSAT é de 8 bits (1 byte por *pixel*). Como cada bit só pode assumir 2 valores (0 ou 1), o intervalo de mensuração é definido pela potência 2⁸, o que equivale a 256 níveis (de 0 a 255). Para a visualização, os valores numéricos são traduzidos em tons de cinza, onde o valor 0 corresponde ao tom preto e o valor 255 ao tom branco, sendo os demais valores distribuídos em tons de cinza intermediários.

A *resolução espectral* refere-se à possibilidade de obter o valor da energia refletida pela superfície terrestre em diferentes porções do espectro eletromagnético, chamadas bandas.

O satélite LANDSAT 5 TM possui 7 bandas multiespectrais e o LANDSAT 7 ETM+ acrescenta a estas 7 bandas mais uma banda pancromática. As três primeiras bandas multiespectrais situam-se na porção visível, ou seja, dentro da porção do espectro eletromagnético que o olho humano consegue perceber, e as demais bandas na porção do infravermelho, que o olho humano não percebe. Há que se destacar que justamente na porção não visível (infravermelho) é que vários elementos da superfície terrestre apresentam as maiores diferenças. Como as bandas dessa porção podem ser analisadas em computador, as imagens tornam-se uma valiosa ferramenta para mapeamentos de uso e cobertura do solo.

As bandas da imagem LANDSAT utilizadas neste trabalho apresentam as seguintes características:

A **banda 1**, correspondente à faixa de 0,45 a 0,52 μm de comprimento de onda (porção do visível, azul), tem aplicação em estudos de sedimentos nos corpos de água e mapeamentos de águas costeiras (Lahm, 1999), apresenta contraste significativo das partículas em suspensão nos corpos de água em geral.

A **banda 2**, corresponde à faixa de 0,52 a 0,60 μm de comprimento de onda (porção do visível, verde), pode ser aplicada para mapeamento de malha viária, manchas urbanas e da vegetação (Lahm, 1999).

A **banda 3**, correspondente à faixa de 0,63 a 0,69 μm de comprimento de onda (porção do visível, vermelho), tem aplicação indicada na diferenciação de espécies vegetais e na classificação de cultivos (Elachi, 1987), fornecendo bom contraste entre solo desnudo e solo com vegetação. Nesta banda áreas de solo exposto apresentam-se geralmente claras e áreas cobertas por vegetação mostram-se escuras, pois grande parte dos solos reflete esta radiação (são vermelhos) ao passo que a vegetação a absorve para a realização da fotossíntese.

A **banda 4**, correspondente à faixa de 0,76 a 0,90 μm de comprimento de onda (infravermelho próximo), é indicada para o delineamento de corpos d'água e análises de biomassa (Elachi, 1987). A reflectância da cobertura vegetal é tanto maior nas imagens da banda 4 quanto maior for a biomassa. No caso de matas e árvores em geral as camadas de folhas sobrepostas geram o efeito da reflexão aditiva por serem as folhas parcialmente translúcidas à radiação da faixa do infravermelho próximo. Assim, a radiação transmitida por determinada camada de folhas é parcialmente refletida por aquelas situadas abaixo e adiciona-se à refletida pela mesma (Hoffer, 1988).

A **banda 5**, correspondente à faixa de 1,55 a 1,75 μm de comprimento de onda (infravermelho médio), é fortemente influenciada pelo conteúdo de água nas folhas (Hoffer, 1988), sendo, por isto, indicada para o monitoramento das condições hídricas da vegetação. Por este motivo, é também muito útil na diferenciação de solos com e sem cobertura vegetal e na discriminação entre diferentes tipos de solos (Elachi, 1987).

A **banda 7**, correspondente à faixa de 2,09 a 2,35 μm , apresenta sensibilidade à umidade da vegetação e à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre geomorfologia, solos e geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxila, sendo potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

A figura 2 apresenta exemplos de assinaturas espectrais típicas dos alvos água turva, vegetação e solo exposto, obtidos em função da reflectância de cada alvo nas faixas de comprimentos de onda de cada banda acima descrita:

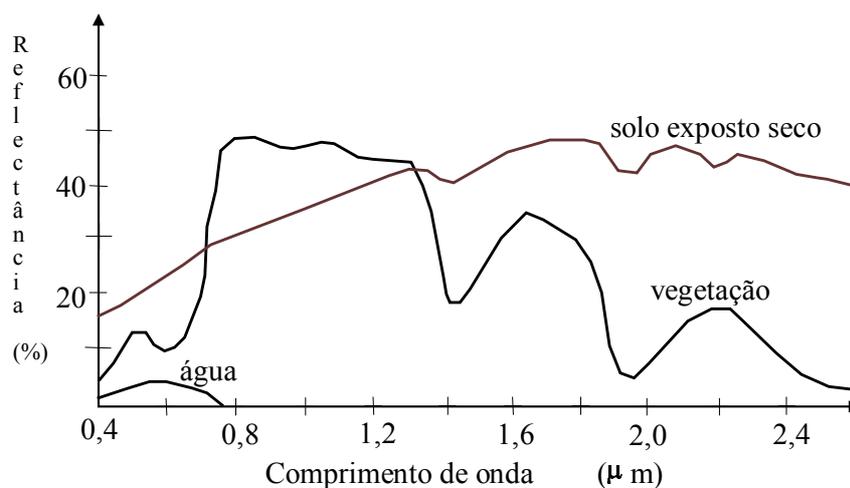


Figura 2: Assinatura espectral típica de água, vegetação e solos (Fonte: Lahm, 1999; adaptado de Lillesand & Kiefer, 1987)

As bandas espectrais podem ser combinadas três a três para gerar composições coloridas, onde os diferentes temas da superfície a ser analisada podem ser mais facilmente examinados e interpretados pelo analista. A geração de uma composição colorida permite associar cada uma das três cores aditivas primárias do sistema de vídeo, vermelho (R), verde (G) ou azul (B), a uma banda espectral. Quando as composições coloridas são feitas com bandas situadas na porção não visível do espectro eletromagnético são também denominadas de composições *falsa cor*.

2.3 Equipamento e programas

O equipamento utilizado constitui-se basicamente de microcomputadores e periféricos, além de aparelhos receptores GPS (*Global Positioning System*- Sistema de posicionamento global) de navegação.

Quanto aos softwares, empregou-se o software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) Idrisi Kilimanjaro para o georreferenciamento e processamento das imagens do satélite LANDSAT 5 TM, e o software Cartalinx para a delimitação e cálculo da superfície ocupada pelos temas de interesse.

3 Metodologia

3.1 Processamento e interpretação das imagens de satélite

3.1.1 Georreferenciamento

O georreferenciamento ou registro de uma imagem consiste num conjunto de operações numéricas que modifica ou altera sua geometria de maneira a ajustá-la a um sistema de coordenadas considerado como referência (Phillips & Swain, 1988).

Os parâmetros para o registro são obtidos a partir de pontos de controle identificáveis tanto na imagem a ajustar quanto no sistema de referência desejado. No presente trabalho foram

utilizadas como referência as cartas em escala 1:50.000 da DSGE citadas anteriormente, sobre as quais coletou-se 139 pontos de controle para as duas datas da órbita 221/080 e 151 pontos de controle para as duas datas da órbita 221/081.

O georreferenciamento (registro) foi processado empregando-se uma transformação polinomial de grau 1. A precisão efetiva do registro foi verificada através do erro RMS e do ajuste das imagens a elementos vetorizados da base cartográfica. O erro RMS obtido foi inferior a 1 *pixel* para as três imagens, equivalente a menos de 30 metros no terreno ou a 0,6 mm na escala 1:50.000 das cartas da DSGE. O ajuste das imagens georreferenciadas à base cartográfica mostrou-se adequado, não havendo desvios significativos das feições observadas nas imagens em relação aos mesmos elementos presentes nas cartas usadas como referência.

3.1.2 Elaboração de mosaicos

Cada uma das duas órbitas LANDSAT 5 TM utilizadas cobre apenas uma parte da bacia: a órbita 221/080 cobre a porção norte e a órbita 221/081 a porção sul da bacia, conforme mostram as figuras 3 e 4. Uma pequena porção a leste da bacia ficou sem recobrimento pelas imagens, mas trata-se de uma região onde não existem cultivos de arroz nem áreas úmidas, não havendo prejuízo aos levantamentos pretendidos neste trabalho.

Para facilitar o manuseio e a interpretação no levantamento das áreas de arroz irrigado e áreas úmidas foram elaborados mosaicos das duas órbitas, com vistas a gerar um único arquivo por banda em cada data. Dessa forma, foi gerado um conjunto de mosaicos para as imagens de 04/09/2003 e outro conjunto para as imagens de 11/02/2004. Durante a elaboração dos mosaicos procedeu-se a um ajuste de histograma para atenuar a linha divisória entre as duas cenas. Esse procedimento melhora a qualidade visual do mosaico, mas altera os valores originais dos pixels, portanto ***os arquivos fornecidos neste CD não devem ser utilizados para classificação digital, apenas para interpretação visual.***

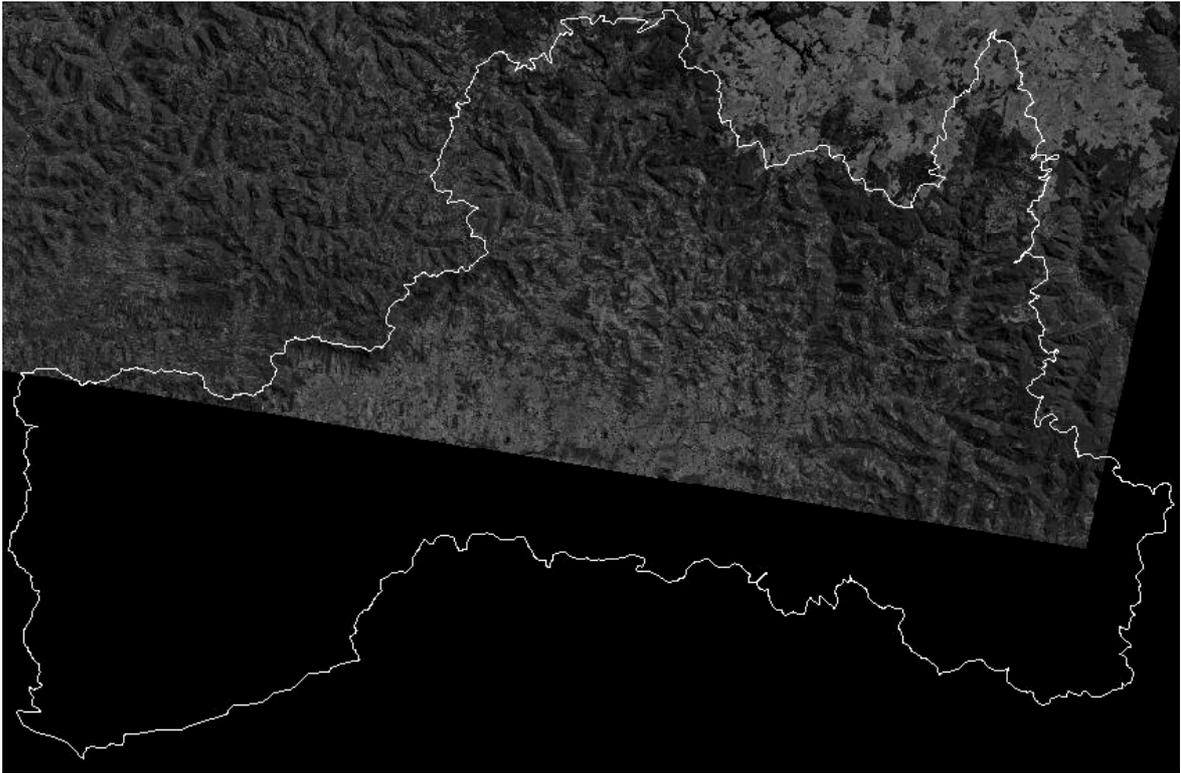


Figura 3. Cobertura da órbita 221/080 na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos (porção norte da bacia).

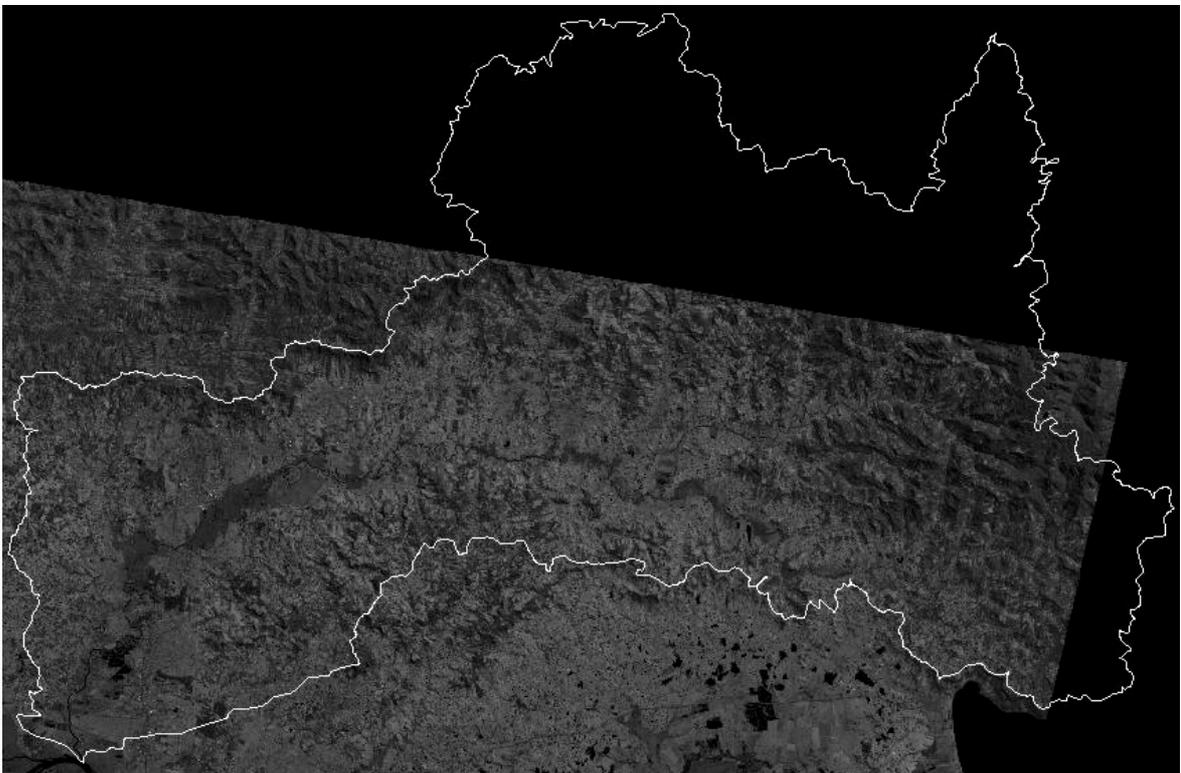


Figura 4. Cobertura da órbita 221/081 na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos (porção sul da bacia).

3.1.3 Interpretação das imagens

Após a conclusão dos mosaicos procedeu-se à interpretação das imagens. Para facilitar o reconhecimento dos temas de interesse foram elaboradas diferentes composições coloridas para cada data, associando-se as bandas disponíveis às três cores aditivas primárias do sistema de vídeo: vermelho (R), Verde (G) e azul (B). Durante a elaboração das composições coloridas aplicou-se também diversos realces de contraste para melhorar a visualização dos elementos de interesse.

A delimitação das lavouras irrigadas e das áreas úmidas foi realizada visualmente, analisando-se as variações nos padrões de cobertura do solo entre as duas datas das imagens LANDSAT (04/09/2003 e 11/02/2004). Além da análise multitemporal, o uso de diversas composições coloridas também contribuiu para a discriminação das classes de interesse.

Durante a interpretação foram coletadas nas imagens as coordenadas de pontos a serem visitados no terreno para o esclarecimento de dúvidas. O trabalho de campo foi realizado percorrendo-se as vias rurais da região, em todos os municípios nos quais ocorrem as classes de interesse. Além de se visitar os pontos cujas coordenadas foram previamente definidas sobre as imagens, foram colhidas informações junto à população e coletadas as coordenadas de pontos importantes verificados no terreno, através de unidades receptoras GPS (*Global Positioning System*).

Após o trabalho de campo a interpretação das imagens foi submetida a uma etapa de revisão para detectar e corrigir eventuais erros. O trabalho de campo serviu para esclarecer dúvidas, confirmar acertos e reunir conhecimento auxiliar necessário à finalização do levantamento das lavouras irrigadas e das áreas úmidas. Depois de concluída a correção efetuou-se o cálculo da superfície ocupada em hectares (ha) por lavouras irrigadas e por áreas úmidas na bacia do Rio dos Sinos.

4 Resultados

A superfície ocupada pelos diferentes temas na bacia do Rio dos Sinos, estimada através das imagens LANDSAT, é a seguinte:

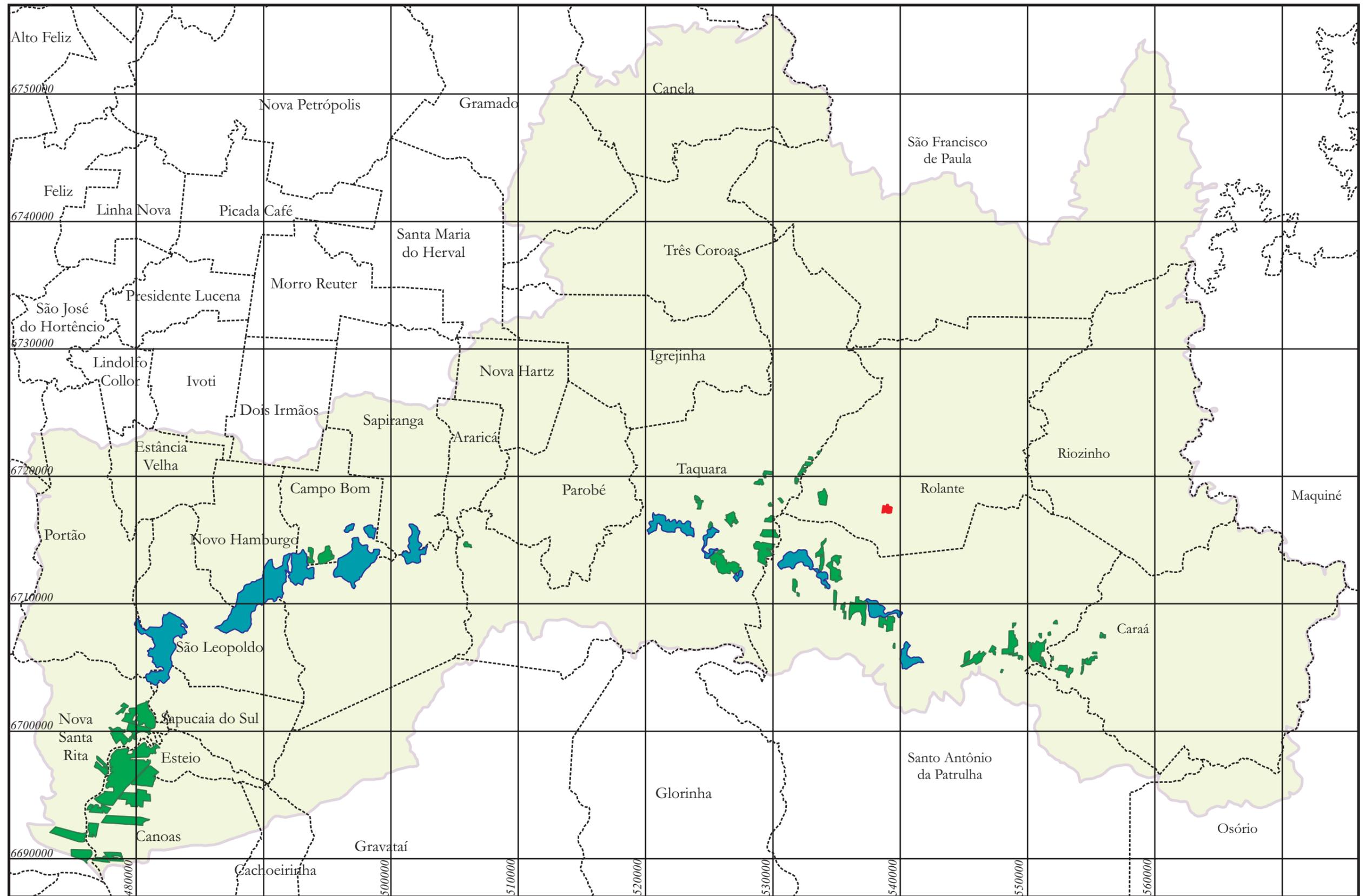
- Arroz irrigado: 4.654,54 hectares
- Milho irrigado: 36,82 hectares
- Áreas úmidas: 4.697,71 hectares

Além da superfície ocupada por culturas irrigadas em toda a bacia do Rio dos Sinos, calculou-se também a superfície ocupada por culturas irrigadas em cada município da bacia na safra de verão 2003/2004 (Tabela 1).

Tabela 1. superfície, em hectares, ocupada por culturas irrigadas nos municípios da bacia do Rio dos Sinos na safra de verão 2003/2004.

Nome	Arroz irrigado (ha)	Milho irrigado (ha)
Campo Bom	139,81	0,00
Canoas	1.107,70	0,00
Caraá	115,54	0,00
Esteio	670,23	0,00
Nova Santa Rita	877,09	0,00
Rolante	70,64	36,82
Santo Antônio da Patrulha	975,18	0,00
Taquara	698,35	0,00
TOTAL	4.654,54	36,82

A figura 5 mostra a distribuição das lavouras irrigadas e das áreas úmidas na bacia do Rio dos Sinos. As figuras 6, 7 e 8 ilustram esses mesmos temas sobre três composições coloridas das imagens LANDSAT de de 04 de setembro de 2003. São mostradas respectivamente as composições RGB 321 (banda 3 no vermelho, banda 2 no verde e banda 1 no azul, também chamada de composição em cor verdadeira pois a cor do sistema de vídeo definida para cada banda corresponde à sua cor real), RGB 543 (banda 5 no vermelho, banda 4 no verde e banda 3 no azul) e RGB 453 (banda 4 no vermelho, banda 5 no verde e banda 3 no azul). As figuras 9, 10 e 11 ilustram as mesmas composições coloridas para a imagem de 11 de fevereiro de 2004.



Levantamento das áreas cultivadas com arroz irrigado e áreas úmidas na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos na safra de verão 2003-2004 através de imagens do satélite LANDSAT.

Figura 5: Distribuição das lavouras irrigadas e áreas úmidas na bacia do Rio dos Sinos na safra de verão 2003-2004.

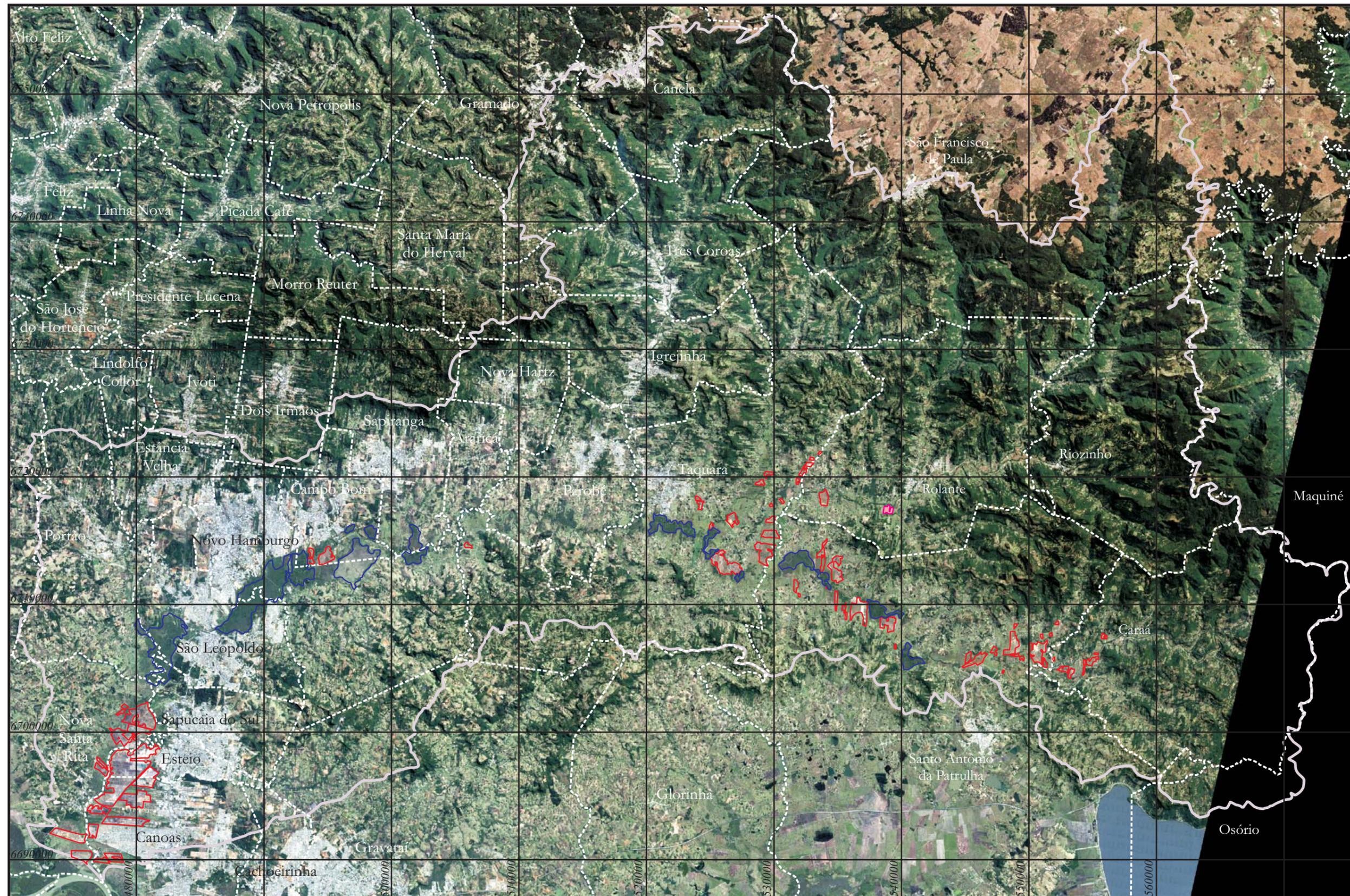
Sistema de Coordenadas UTM, Datum SAD 69, fuso 22.

Origem das coordenadas: Equador e Meridiano 51°W, acrescidas as constantes 10.000.000 m e 500.000 m respectivamente.

- Áreas úmidas
- Arroz irrigado
- Milho irrigado
- Limites municipais
- Bacia do Rio dos Sinos



0 5 10 km
Escala 1:300.000



Levantamento das áreas cultivadas com arroz irrigado e áreas úmidas na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos na safra de verão 2003-2004 através de imagens do satélite LANDSAT.

Figura 6: Composição colorida RGB 321 da imagem LANDSAT de 04 de setembro de 2003.

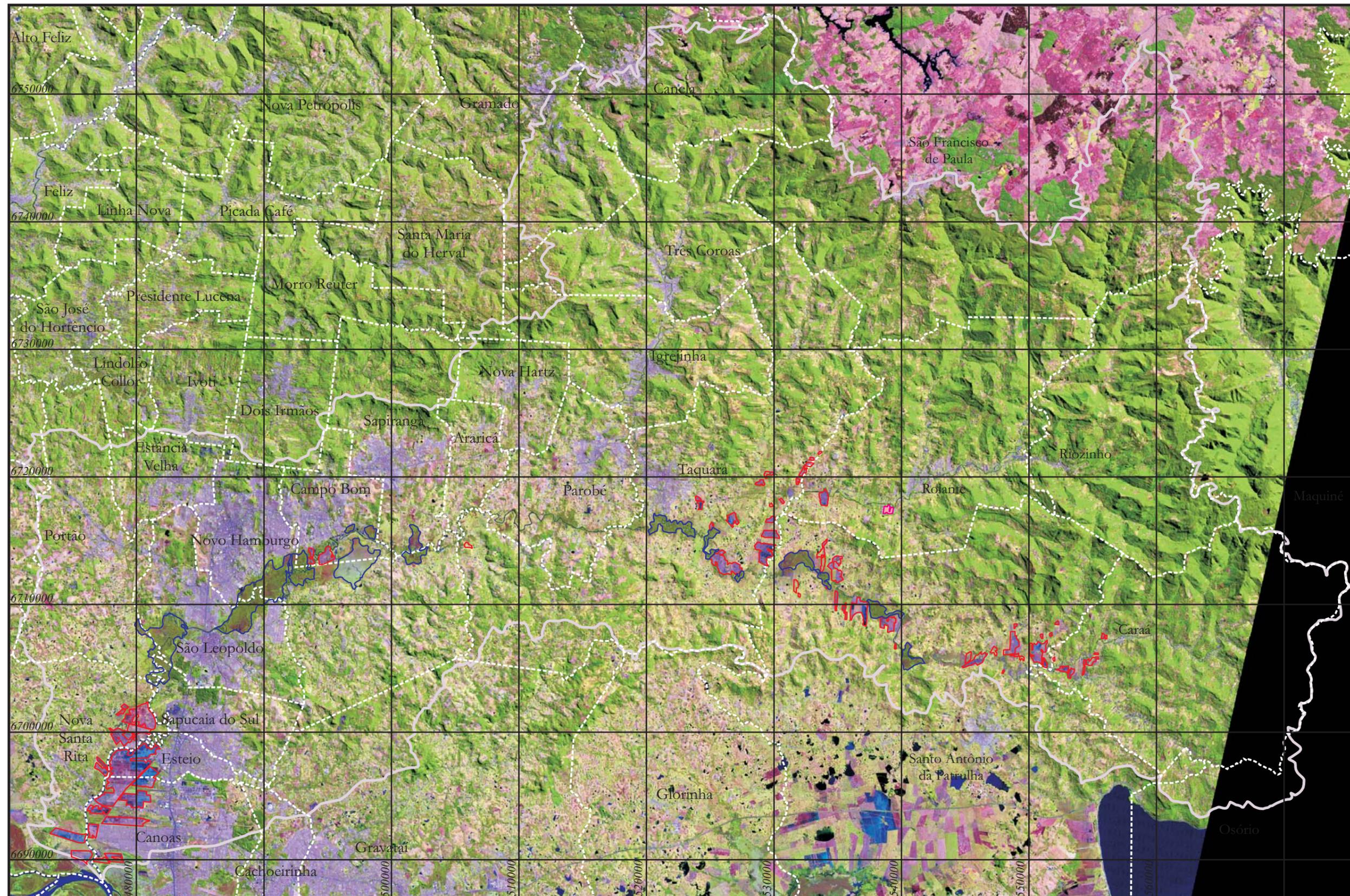
Sistema de Coordenadas UTM, Datum SAD 69, fuso 22.

Origem das coordenadas: Equador e Meridiano 51°W, acrescidas as constantes 10.000.000 m e 500.000 m respectivamente.

- Áreas úmidas
- Arroz irrigado
- Milho irrigado
- Limites municipais
- Bacia do Rio dos Sinos



0 5 10 km
Escala 1:300.000



Levantamento das áreas cultivadas com arroz irrigado e áreas úmidas na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos na safra de verão 2003-2004 através de imagens do satélite LANDSAT.

Figura 7: Composição colorida RGB 543 da imagem LANDSAT de 04 de setembro de 2003.

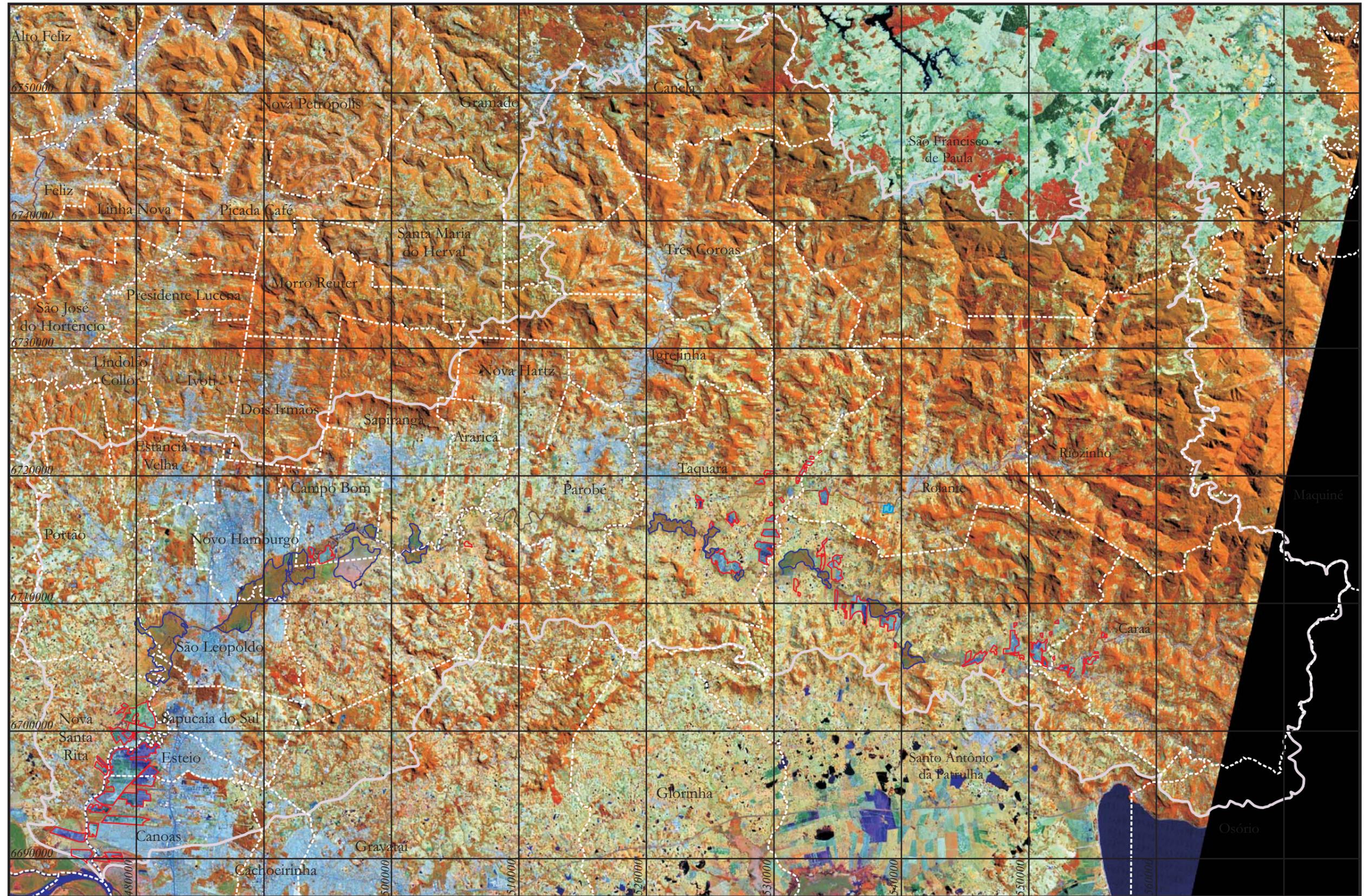
Sistema de Coordenadas UTM, Datum SAD 69, fuso 22.

Origem das coordenadas: Equador e Meridiano 51°W, acrescidas as constantes 10.000.000 m e 500.000 m respectivamente.

- Áreas úmidas
- Arroz irrigado
- Milho irrigado
- Limites municipais
- Bacia do Rio dos Sinos



0 5 10 km
Escala 1:300.000

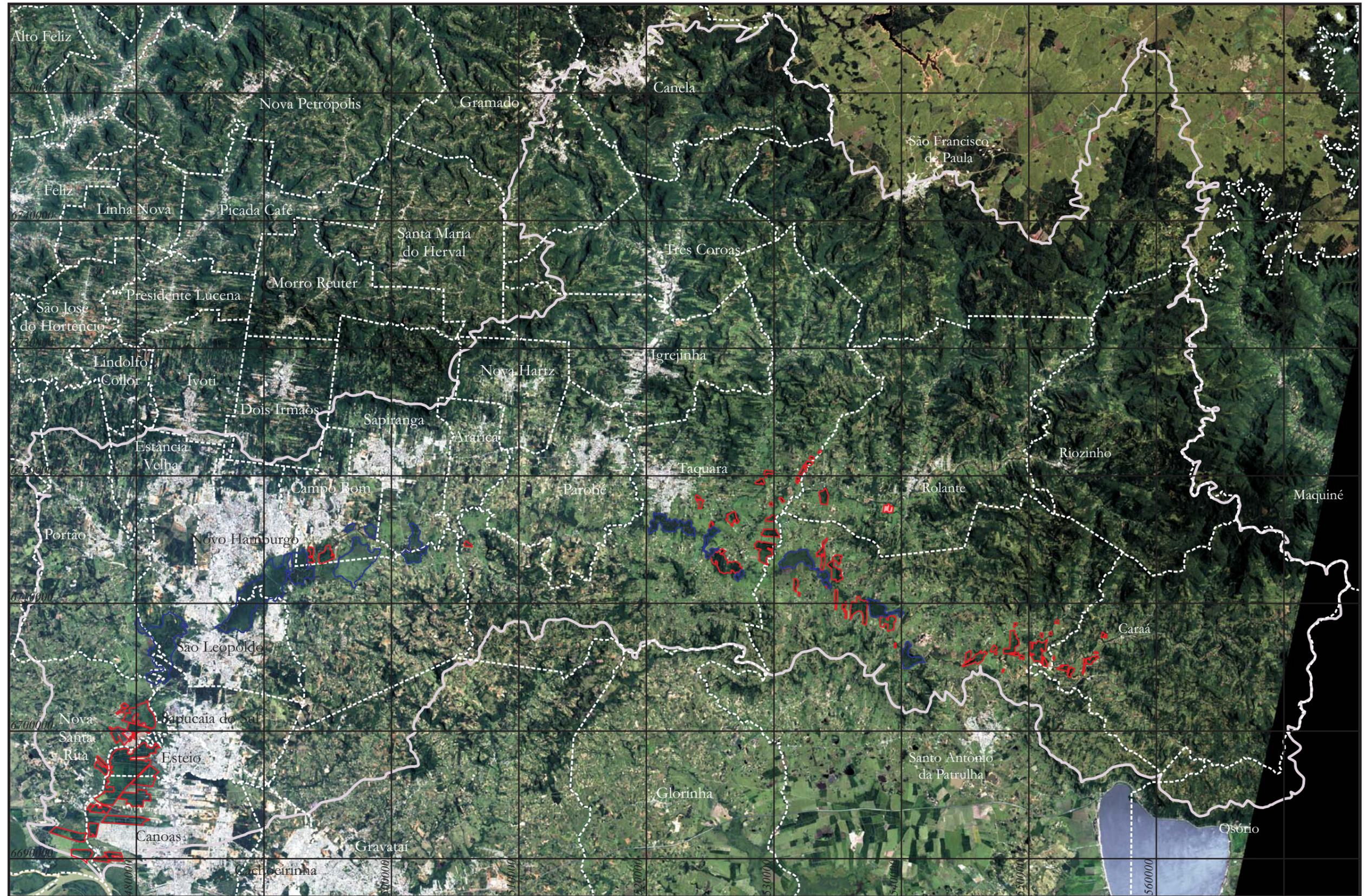


Levantamento das áreas cultivadas com arroz irrigado e áreas úmidas na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos na safra de verão 2003-2004 através de imagens do satélite LANDSAT.
 Figura 8: Composição colorida RGB 453 da imagem LANDSAT de 04 de setembro de 2003.
 Sistema de Coordenadas UTM, Datum SAD 69, fuso 22.
 Origem das coordenadas: Equador e Meridiano 51°W, acrescidas as constantes 10.000.000 m e 500.000 m respectivamente.

- Áreas úmidas
- Arroz irrigado
- Milho irrigado
- Limites municipais
- Bacia do Rio dos Sinos



0 5 10 km
 Escala 1:300.000



Levantamento das áreas cultivadas com arroz irrigado e áreas úmidas na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos na safra de verão 2003-2004 através de imagens do satélite LANDSAT.

Figura 9: Composição colorida RGB 321 da imagem LANDSAT de 11 de fevereiro de 2004.

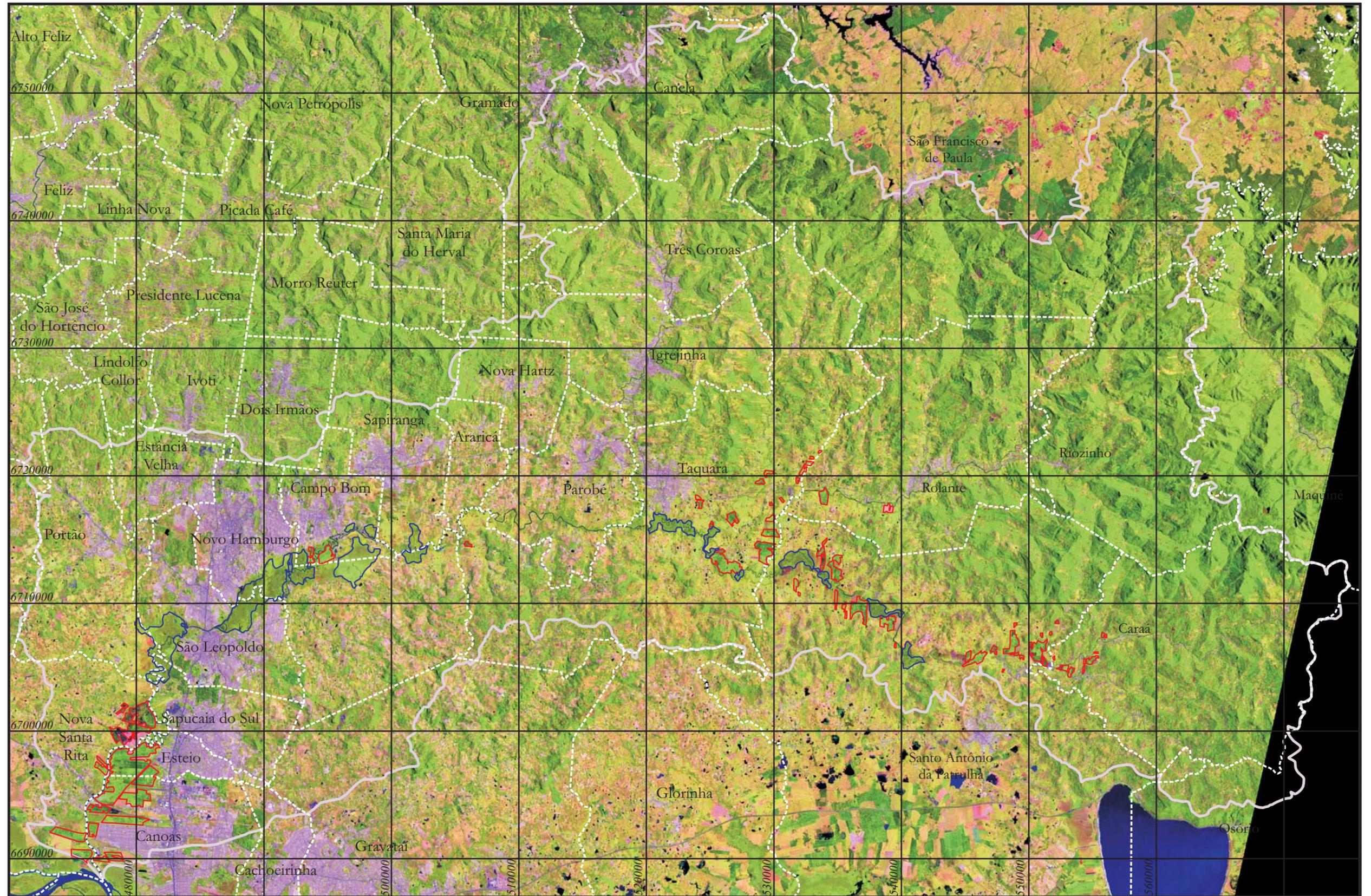
Sistema de Coordenadas UTM, Datum SAD 69, fuso 22.

Origem das coordenadas: Equador e Meridiano 51°W, acrescidas as constantes 10.000.000 m e 500.000 m respectivamente.

- Áreas úmidas
- Arroz irrigado
- Milho irrigado
- Limites municipais
- Bacia do Rio dos Sinos



0 5 10 km
Escala 1:300.000

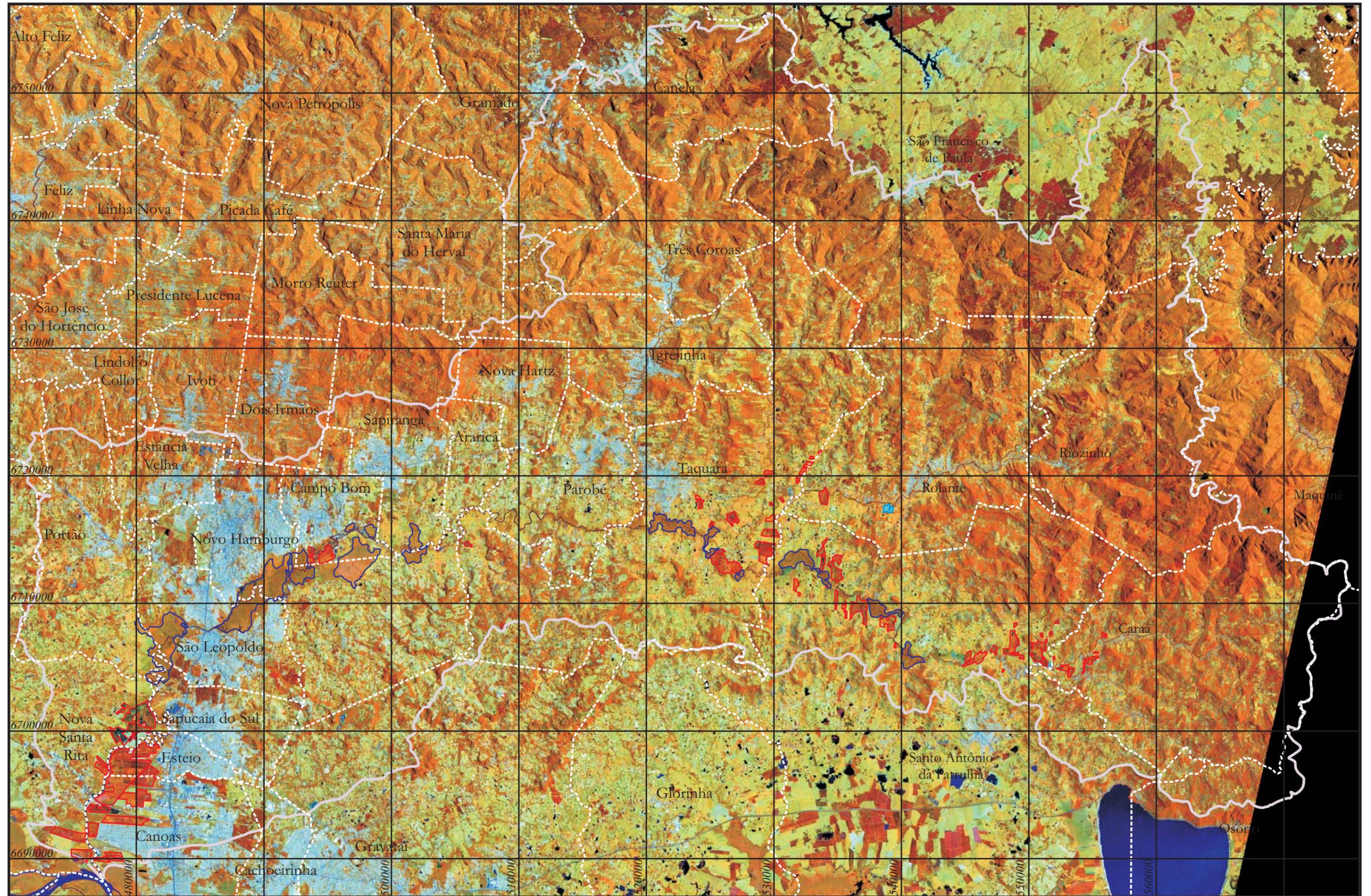


Levantamento das áreas cultivadas com arroz irrigado e áreas úmidas na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos na safra de verão 2003-2004 através de imagens do satélite LANDSAT.
 Figura 10: Composição colorida RGB 543 da imagem LANDSAT de 11 de fevereiro de 2004.
 Sistema de Coordenadas UTM, Datum SAD 69, fuso 22.
 Origem das coordenadas: Equador e Meridiano 51°W, acrescidas as constantes 10.000.000 m e 500.000 m respectivamente.

- Áreas úmidas
- Arroz irrigado
- Milho irrigado
- Limites municipais
- Bacia do Rio dos Sinos



0 5 10 km
 Escala 1:300.000



Levantamento das áreas cultivadas com arroz irrigado e áreas úmidas na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos na safra de verão 2003-2004 através de imagens do satélite LANDSAT.
 Figura 11: Composição colorida RGB 453 da imagem LANDSAT de 11 de fevereiro de 2004.
 Sistema de Coordenadas UTM, Datum SAD 69, fuso 22.
 Origem das coordenadas: Equador e Meridiano 51°W, acrescidas as constantes 10.000.000 m e 500.000 m respectivamente.

- Áreas úmidas
- Arroz irrigado
- Milho irrigado
- Limites municipais
- Bacia do Rio dos Sinos



0 5 10 km
 Escala 1:300.000

5 Bibliografia

- Andrade, L.A. de. 1994. *O mapeamento orbital como ferramenta para a confecção de cartas e seu emprego no cadastro técnico rural multifinalitário*. In: I Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis. Anais, p. 75-79.
- Ducati, J.; Fontana, D.C.; Weber, E.; Berlato, M.A.; Bergamaschi, H. 1999. Desenvolvimento e teste de metodologia para previsão e monitoramento de safras no Estado do Rio Grande do Sul. Relatório de Pesquisa. UFRGS, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. 60 p.
- Ducati, J.; Fontana, D.C.; Weber, E.; Berlato, M.A.; Bergamaschi, H. 2000. Desenvolvimento de metodologia para previsão de safras no Brasil. Relatório de Pesquisa. UFRGS, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. 120 p.
- Elachi, c. 1987. *Introduction to the physics and techniques of remote sensing*. New York, John Wiley
- Fontana, D.C.; Weber, E.; Ducati, J.; Figueiredo, D.C.; Berlato, M.A.; Bergamaschi, H. 2001. *Previsão da safra de soja no Brasil: 1999/2000*. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 12. e Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 3. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001, p.585-586.
- Hoffer, R. M. 1988. *Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis to remote sensor data*. in: SWAIN, P. H. & DAVIS, S. M. (ed.) 1988. *Remote sensing: the quantitative approach*. New York, McGraw Hill.
- Jensen, J. R. 1986. *Introductory digital image processing*. Engelwood Cliffs, Prentice.
- Lahm, Regis A.; Klein, Márcio; Naime, Roberto. *Noções básicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento*. EDIPUCRS, 1999.
- Lillesand, T. & Kiefer, R. 1987. *Remote Sensing and Image interpretation*. New York. Wiley.
- Moreno, J. A. 1961. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura. 42 p.
- Motta, J.L.G.; Fontana, D.C.; Weber, E. 2001a. *Verificação da acurácia da estimativa de área cultivada com soja através de classificação digital em imagens Landsat*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. **Anais...** Foz do Iguaçu/PR.
- Motta, J.L.G.; Fontana, D.C.; Weber, E. 2001b. *Comparação de áreas estimadas por classificação digital e áreas medidas com GPS em lavouras de soja*. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 20. **Anais...** Porto Alegre.
- Phillips, TL; Swain, T.H. *Data processing methods and systems*. In: Swain, P.H.; Davis, S.M. (ed.) 1988. *Remote Sensing: the quantitative approach*. New York, McGraw Hill.
- Richards, J. A. 1995. *Remote sensing digital image analysis*. Springer-Verlag, New York. 281 p.
- Weber, E. J.; Berlato, M. A.; Crossetti, M. L.; Haertel, V. 1991. *Estimativa de áreas cultivadas com arroz irrigado (Oriza sativa L.)*. Desenvolvimento metodológico utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Salão de Iniciação Científica, 3. Anais. UFRGS. Porto Alegre/RS.

Weber, E. J.; Santos, M. V. 1994. Analisis estadístico de la estimación de areas cultivadas con arroz (*Oriza sativa* L.) bajo riego utilizando productos de percepción remota. Simposio Argentino de Teledetección, 3. Universidad Nacional de Cordoba. Anais. Cordoba, Argentina.