

## **Zoneamento Agroecológico do Município de Porto Murtinho - MS**







*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Solos  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-0892

Dezembro, 2009

## ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 141***

### **Zoneamento Agroecológico do Município de Porto Murtinho – MS**

*Nilson Rendeiro Pereira*

*Maria José Zaroni*

*Silvio Barge Bhering*

*Fernando Cezar Saraiva do Amaral*

*César da Silva Chagas*

*Waldir de Carvalho Júnior*

*Alexandre Ortega Gonçalves*

*Enio Fraga da Silva*

*Mário Luiz Diamante Áglio*

*Ailton M. Amorim*

*Carlos Henrique L. Lopes*

*Cláudio G. De Sá Earp*

*Thalita D. Pinheiro*

*Tamara G. Fernandes*

*Renata S. Rodrigues*

Rio de Janeiro, RJ

2009



**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, 1.024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274.5291

Home page: [www.cnps.embrapa.br](http://www.cnps.embrapa.br)

E-mail (sac): [sac@cnps.embrapa.br](mailto:sac@cnps.embrapa.br)

**Comitê Local de Publicações**

**Presidente:** *Daniel Vidal Pérez*

**Secretário-Executivo:** *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

**Membros:** *Ademar Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Humberto Gonçalves dos Santos, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro e Pedro de Sá Rodrigues da Silva.*

**Supervisor editorial:** *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

**Revisor de Português:** *André Luiz da Silva Lopes*

**Normalização bibliográfica:** *Ricardo Arcanjo de Lima  
Celso Monteiro*

**Editoração eletrônica:** *Rodrigo Lima Solís*

*Jacqueline Silva Rezende Mattos*

**1ª edição**

1ª impressão (2009): online

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

---

P436z Pereira, Nilson Rendeiro

Zoneamento agroecológico do município de Porto Murtinho - MS / Nilson Rendeiro

Pereira ... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

65 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 141).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html> >.

Título da página da Web (acesso em 21 dez. 2009).

1. Uso e ocupação da terra. 2. Planejamento ambiental. 3. Ordenamento territorial. 4. Uso sustentável das terras. I. Zaroni, Maria José. II. Bhering, Silvio Barge. III. Amaral, Fernando Cezar Saraiva do. IV. Chagas, César da Silva. V. Carvalho Júnior, Waldir de. VI. Gonçalves, Alexandre Ortega. VII. Silva, Enio Fraga da. VIII. Áglio, Mário Luiz Diamante. IX. Amorim, Ailton Martins. X. Lopes, Carlos Henrique Lemos. XI. Earp, Cláudio Guedes de Sá. XII. Pinheiro, Thalita D. XIII. Fernandes, Tamara G. XIV. Rodrigues, Renata. XV. Título. XVI. Série.

CDD (21.ed.) 631.47

---

© Embrapa 2009



# Sumário

<b>Resumo .....</b>	<b>7</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Metodologia .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Resultados e discussão .....</b>	<b>40</b>
<b>4. Conclusões .....</b>	<b>58</b>
<b>5. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>60</b>
<b>Anexo - .....</b>	<b>66</b>

Mapa do zoneamento agroecológico do município de Porto Murinho (escala 1:100.000)

- Zoneamento agroecológico da uva no município de Porto Murinho
- Zoneamento agroecológico do citrus no município de Porto Murinho
- Zoneamento agroecológico do maracujá no município de Porto Murinho
- Zoneamento agroecológico da goiaba no município de Porto Murinho
- Zoneamento agroecológico da manga no município de Porto Murinho
- Zoneamento agroecológico do mamão no município de Porto Murinho
- Zoneamento agroecológico da banana no município de Porto Murinho
- Zoneamento agroecológico do abacaxi no município de Porto Murinho
- Zoneamento agroecológico do milho safrinha no município de Porto Murinho
- Zoneamento agroecológico da soja no município de Porto Murinho
- Zoneamento agroecológico da cultura do milho no município de Porto Murinho
- Zoneamento agroecológico da cultura do arroz no município de Porto Murinho



## Equipe Técnica

**Nilson Rendeiro Pereira**

Pesquisador B Embrapa Solos.

E-mail: nilson@cnps.embrapa.br

**Maria José Zaroni**

Pesquisador B Embrapa Solos.

E-mail: zaroni@cnps.embrapa.br

**Silvio Barge Bhering**

Pesquisador A Embrapa Solos.

E-mail: silvio@cnps.embrapa.br

**Fernando Cezar Saraiva do Amaral**

Pesquisador A Embrapa Solos.

E-mail: fernando@cnps.embrapa.br

**César da Silva Chagas**

Pesquisador A Embrapa Solos.

E-mail: cesar@cnps.embrapa.br

**Waldir de Carvalho Júnior**

Pesquisador A Embrapa Solos.

E-mail: waldir@cnps.embrapa.br

**Alexandre Ortega Gonçalves**

Pesquisador A Embrapa Solos.

E-mail: aortega@cnps.embrapa.br

**Enio Fraga da Silva**

Pesquisador A Embrapa Solos.

E-mail: enio@cnps.embrapa.br

**Mário Luiz Diamante Áglio**

Assistente A Embrapa Solos.

E-mail: mario@cnps.embrapa.br

**Ailton Martins Amorim**

Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agrário, da Produção, da Indústria, do Comércio e do Turismo (SEPROTUR)

**Carlos Henrique Lemos Lopes**

Membro SEPROTUR

**Cláudio Guedes de Sá Earp**

Membro SEPROTUR

**Thalita D. Pinheiro**

Bolsista Embrapa Solos/ UERJ/ UFF

**Tamara G. Fernandes**

Bolsista Embrapa Solos/ UERJ/ UFF

**Renata S. Rodrigues**

Bolsista Embrapa Solos/ UERJ/ UFF



# Zoneamento Agroecológico do Município de Porto Murtinho – MS

---

## Resumo

A Embrapa Solos, em parceria com a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agrário, da Produção, da Indústria, do Comércio e do Turismo – SEPROTUR, realizou o Zoneamento Agroecológico do Estado do Mato Grosso do Sul – Fase I - com objetivo de contribuir na indicação de áreas passíveis de exploração agrícola sustentável. No desenvolvimento desse trabalho foram considerados aspectos legais, restrições ambientais, potencial das culturas, aspectos do clima, de geomorfologia e dos solos, todos integrados em um ambiente de 'sistema de informação geográfica' com apoio de álgebra de mapas, no intuito de avaliar a adequabilidade de uso das terras e apresentar uma proposição de planejamento de uso e ocupação das terras. Os resultados desse trabalho foram consolidados por município e deram origem a esse boletim de pesquisa. No município de Porto Murtinho, integrante da fase I desse projeto, as terras de maior expressão em extensão, 5.413,41 km<sup>2</sup>, equivalentes a 30,62% do município são ocupados com áreas de *Proteção Legal*. O município apresenta um baixo a moderado grau de ação antrópica das terras, onde 37% das terras estão sendo utilizadas com pastagens, enquanto que os restantes 63% apresentam um certo grau de preservação.

**Palavras chaves:** planejamento de uso e ocupação das terras, planejamento ambiental, uso sustentável das terras, ordenamento territorial.



# Agroecological Zonning, Porto Murtinho municipal district, MS

---

## Abstract

Embrapa Soils, in partnership with Mato Grosso do Sul State Bureau of Agrarian Development, Crop Production, Industry, Trade and Tourism - SEPROTUR, accomplished the Agroecological Zonning of the Mato Grosso do Sul State (Stage I) with a view to contribute in the indication of susceptible areas to sustainable agricultural exploitation. During the development of this work, legal aspects, environmental restrictions, potential of the cultures, aspects of the climate, geomorphology and of the soils were considered, all integrated in a GIS environment (maps algebra) intended to evaluate the suitability land use and to present a use and occupation land planning. This research bulletin was conceived within results and the methodology consolidated by municipal district. At the Porto Murtinho municipal district, the most expressive area (5,413.31 square kilometers or 30.62%) are think of "Legal Protection". There are some or few anthropical land processes which 37% presents pasture covered and 63% remaining presents natural vegetal covering with certain preservation degree.

**Keywords:** land use planning, environmental planning, sustainability land use, territorial zoning.



## **1. Introdução**

O uso sustentável dos agroecossistemas requer a formulação de modelos de desenvolvimento conservacionistas, compreendendo um conjunto de práticas de conservação do solo, da água e da biodiversidade, analisados de forma integrada. Já no início dessa década, ciente destas questões, o Brasil, como os demais países signatários da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992, assumiu o compromisso de elaborar e implementar a sua própria Agenda 21, onde foram definidos seis eixos temáticos básicos, dentre os quais destacamos a busca por uma agricultura sustentável.

De acordo com a FAO (1997), o Zoneamento Agroecológico busca a definição de zonas homogêneas com base na combinação das características dos solos, da paisagem e do clima. Os parâmetros utilizados na definição são baseados nos requerimentos climáticos e edáficos das culturas e no sistema de manejo adotado. Cada zona agroecológica tem uma combinação similar de limitações e potencialidades de uso da terra que orientam as recomendações para a melhoria da situação de uso atual das terras através do aumento de produtividade e/ou pela redução de sua degradação. Desta forma, o Zoneamento Agroecológico é uma ferramenta fundamental de planejamento no esforço da busca de uma agricultura sustentável.

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados Zoneamento Agroecológico realizado para o município de Porto Murtinho e reiterar a expectativa de que a incorporação de indicativos de produção, particularizadas por ambiente e condições climáticas como sugerido por este trabalho possa oferecer maior segurança na indicação de áreas passíveis de exploração agrícola sustentável.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Localização da área e caracterização do meio físico**

O município de Porto Murtinho localiza-se entre as coordenadas geográficas 56,40° e 58,05° de longitude oeste e 20,15° e 22,10° de latitude sul correspondendo a uma superfície de cerca de 17.680 km<sup>2</sup>, situado na região oeste do Estado do Mato Grosso do Sul (Figura 1).



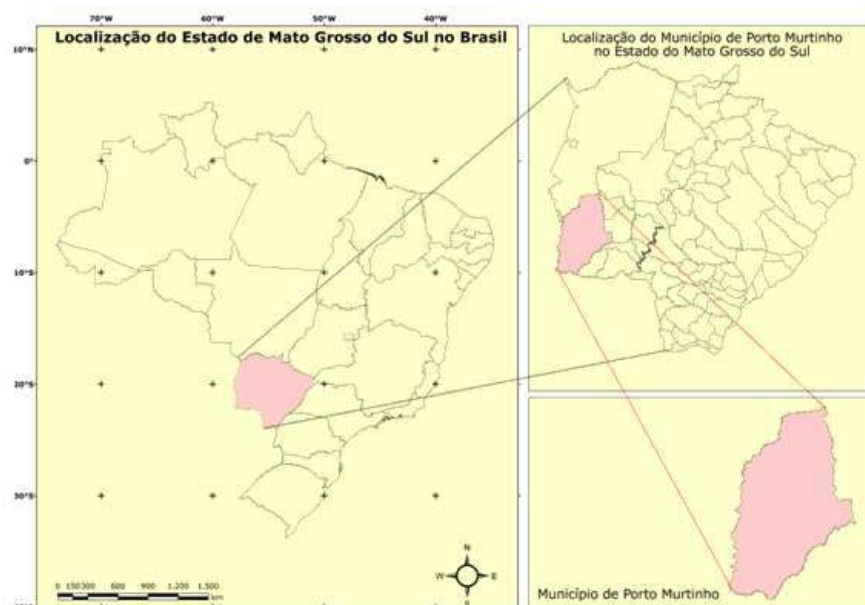


Figura 1. Mapa de localização do município de Porto Murtinho no Estado de Mato Grosso do Sul e no Brasil.

A classificação climática do município de Porto Murtinho, segundo Köppen (1948), é *Aw*, ou seja, clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do ar do mês mais frio é superior a 18°C. As precipitações pluviométricas são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1.800 mm (MATO GROSSO DO SUL, 1989). A estação seca que varia de 3 a 4 meses e estende-se entre os meses de maio a setembro, onde os totais pluviométricos médios são inferiores a 50 mm.

A deficiência hídrica anual é de aproximadamente 425 mm sem ocorrência de período de excedente, característica muito peculiar do pantanal matogrossense (BROCH, 2000). A temperatura média anual é de 25,5°C e a precipitação pluviométrica de 1.100 mm.

Os estudos geológicos generalizados existentes para o município de Porto Murtinho (MS), embora de caráter generalizado (BRASIL, 1982), indicam que o material geológico predominante, sedimentos arenosos, siltico-argilosos e depósitos fluviais e lacustres pertencem à Formação Pantanal. No extremo



leste do município, principalmente no limite com o município de Bonito, identifica-se material da Formação Cerradinho do Grupo Corumbá. Na porção centro-leste do município dominam materiais principalmente da litoestratigrafia do Complexo do Rio Apa e em muito menor proporção da Suíte Intrusiva Alumiador (MATO GROSSO DO SUL, 1989).

A área do município está quase que totalmente inseridas nas unidades morfoesculturais denominadas “Planícies e Pantanaís Matogrossenses” e “Depressão do Rio Paraguai”, com pequenas e concentradas ocorrências da unidade “Planalto da Bodoquena” (BRASIL, 1982).

Atualmente, verifica-se que apenas uma fração da área do município, que representa pouco mais de 36% dessas terras apresenta exploração com pastagem. O restante do município teve a sua vegetação natural muito pouco alterada ao longo dos anos, cobrindo, ainda, aproximadamente 64% das terras do município.

## **2.2 Informações temáticas**

O processo de estratificação do ambiente natural do município de Porto Murtinho foi baseado no conceito de unidade de paisagem (BIRKELAND, 1984), aqui definida como uma entidade espacial na qual a geologia, a geomorfologia, o clima, o solo (tipo de solo, seus atributos e limitações), a vegetação e o tipo de uso do solo, formam um conjunto representativo e homogêneo na paisagem, de acordo com a escala cartográfica adotada. Para tanto, foram utilizadas as seguintes informações, descritas a seguir.

### **2.2.1 Clima**

A partir dos dados de temperatura do ar e precipitação pluviométrica proveniente do projeto de Zoneamento Climático da Cultura do Café (*Coffea arabica*) no Estado do Mato Grosso do Sul (ALFONSI et al., 2006) foram elaborados os seguintes estudos:

- 1) Balanço Hídrico - calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), considerando como 100 mm a capacidade de armazenamento de água no solo (CAD), utilizando procedimentos computacionais elaborados por Rolim e Sentelhas (1999). A classificação climática foi realizada conforme proposto por Gonçalves et al. (2005).



2) Evapotranspiração Potencial (EP) - calculada, mensalmente, pelo método de Thornthwaite (1948). Com base na precipitação e na evapotranspiração potencial (THORNTWHAITE; MATHER, 1955), estimou-se a evapotranspiração real (ER), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC) para cada ano, a partir dos quais, foram obtidos o índice hídrico (IH), o índice de umidade (IU) e o índice de aridez (IA) pelas seguintes equações:

$$IH = (100 \times EXC - 60 \times DEF) / EP \quad (1)$$

$$IU = (100 \times EXC) / EP \quad (2)$$

$$IA = (100 \times DEF) / EP \quad (3)$$

### **2.2.2 Geologia**

Os dados geológicos foram obtidos do levantamento de recursos naturais realizado pelo Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982) o qual cobre toda a área do município. Esse material foi complementado por observações de campo realizadas durante o Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos do Município de Porto Murtinho (EMBRAPA, 2008).

### **2.2.3 Geomorfologia**

As informações sobre a geomorfologia do município foram extraídas do levantamento de recursos naturais realizado pelo Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982), conforme citado no item anterior. Dados do Shuttle Radar Topographic Mission - SRTM (USGS, 2006) e das cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:100.000, além de dados dos sensores ETM<sup>+</sup>/Landsat 7, do ano de 2001, e Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres - CBERS de 2007, foram utilizados para melhorar o nível de detalhe das principais unidades geomorfológicas encontradas no município. Adicionalmente, foi elaborado o mapa de classes de declividade das terras do município, conforme descrito no item a seguir.

#### **2.2.3.1 Declividade**

A declividade tem sido considerada um dos mais importantes atributos topográficos primários que controlam os processos pedogenéticos, pois afetam diretamente a velocidade do fluxo superficial e subsuperficial de água e



consequentemente o teor de água no solo, o potencial de erosão/deposição, e muitos outros processos importantes (GALLANT; WILSON, 2000).

O mapa de classes de declividade foi derivado do modelo digital de elevação (MDE) do município, a partir da utilização dos dados relativos às curvas de nível, com equidistância vertical de 40 m, hidrografia e pontos cotados contidos nas cartas topográficas, na escala de 1:100.000, referentes as folhas Porto Murtinho, Foz do Rio Apa, Caracol, Colônia São Lourenço, Fazenda Margarida, Rio Perdido, Fazenda Santa Cecília, Rio Branco, Rio Nabileque, Aldeia Tomazio, Vila Campão e Morro do Pantanal. O método escolhido para a elaboração do modelo digital de elevação foi baseado no ajustamento da superfície, utilizando o módulo TOPOGRID do programa ARC/INFO. Em seguida, o mapa de classes de declividade foi elaborado adotando-se as seguintes classes, conforme Embrapa (2006): 0 a 3%, 3 a 8%, 8 a 20%, 20 a 45% e > 45% (Figura 2).

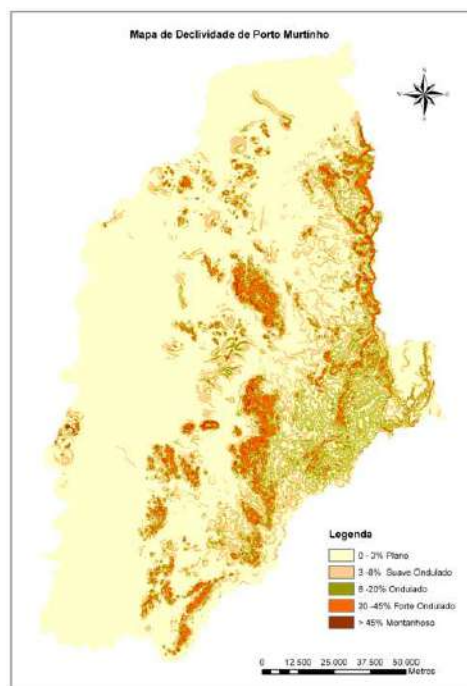


Figura 2. Mapa de declividade do município de Porto Murtinho.



### **2.2.4 Solos**

Os dados sobre os solos foram obtidos no Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos do Município de Porto Murtinho (EMBRAPA, 2008), na escala 1:100.000, publicado em 1:200.000 em função do tamanho do município. Com base nas características dos solos componentes das unidades de mapeamento (Tabela 1) e na análise dos perfis representativos destas unidades foram elaborados os mapas de classes de fertilidade, de drenagem interna e de capacidade de retenção de água no solo, que foram empregados na avaliação da aptidão agroecológica das terras do município. Os critérios utilizados para a elaboração destes mapas são apresentados a seguir.

#### **2.2.4.1 Fertilidade**

A avaliação do nível de fertilidade natural dos solos permite o estudo dos níveis de disponibilidade e fornecimento de minerais e de outras substâncias as quais as plantas requerem, assim como, avaliar a capacidade da planta de expressar todo o seu potencial produtivo. Com base nos componentes das unidades de mapeamento do mapa de solos do município de Porto Murtinho os solos foram avaliados e enquadrados em quatro classes de fertilidade/reserva de nutrientes:

1) Elevada - nesta classe estão enquadrados os solos que possuem elevada reserva de nutrientes para as plantas, sem apresentar toxicidade por sais solúveis, sódio trocável ou outros elementos prejudiciais ao desenvolvimento das plantas. Solos pertencentes a esta classe apresentam mais de 80% de saturação por bases, soma de bases acima de  $6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo e são livres de alumínio extraível na camada arável. A condutividade elétrica é menor que  $4 \text{ dS m}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$  e a concentração de sódio menor que 6%.

2) Limitada - nesta classe estão enquadrados os solos com limitada reserva de nutrientes para as plantas, referente a um ou mais elementos, podendo conter elementos com concentração levemente tóxica. Durante os primeiros anos de utilização agrícola, essas terras permitem bons rendimentos, verificando-se posteriormente (supostamente depois de cinco anos), um rápido declínio na produtividade. Torna-se necessária a aplicação de fertilizantes e corretivos após as primeiras safras.



3) Baixa - essa classe está associada a solos com textura arenosa. Os solos desta classe, normalmente, apresentam baixa reservas de nutrientes, pH baixo e concentração de elementos tóxicos, notadamente alumínio e/ou manganês.

4) Muito baixa - nesta classe estão enquadrados os solos com reservas muito limitadas de um ou mais elementos nutrientes, podendo conter sais tóxicos em quantidade tais que permitem apenas o desenvolvimento de plantas com tolerância. Normalmente se caracterizam pela baixa soma de bases trocáveis (excluindo o sódio), podendo estar a condutividade elétrica quase sempre entre 4 e 15 dS/m<sup>-1</sup> a 25° C e a saturação por sódio acima de 15%. Conforme pode ser visualizado na tabela 1.

#### *2.2.4.2 Capacidade de retenção de água*

A capacidade de um solo em armazenar água para o crescimento e desenvolvimento das plantas está relacionada a vários atributos físicos e químicos dos solos, dentre eles, a granulometria, a estrutura, a capacidade de retenção de cátions (CTC) e o teor de matéria orgânica no solo. Devido à impossibilidade de determinação direta da capacidade de retenção da água dos solos do município e face a não disponibilidade de dados primários, optou-se por se realizar uma avaliação qualitativa com base na relação entre este parâmetro e a granulometria do solo, conforme utilizado por Sans et al. (2001). As classes consideradas foram:

1) muito baixa - nesta classe foram agrupados os solos que apresentam muito baixa capacidade de retenção de água, inferior a 20 mm de armazenamento de água na zona radicular (50cm). Aqui foram enquadrados os solos que apresentam menos do que 15% de argila até uma profundidade mínima de 50 cm. Solos correspondentes ao tipo 1;

2) baixa - nesta classe foram agrupados os solos que apresentam baixa capacidade de retenção de água, entre 20 e 40 mm de armazenamento de água na zona radicular, e teores de argila próximos a 15%. Solos considerados como pertencentes ao tipo 1;

3) moderada - pertencem a esta classe os solos que apresentam média



capacidade de retenção de água (40 mm), ou seja, solos com teor água disponível entre 5 e 15%. Nesta classe foram agrupados os solos que apresentam textura média ( $> 15$  e  $< 35\%$  de argila). Solos tipo 2; e

4) alta - foram agrupados nesta classe os solos que apresentam alta capacidade de retenção de água ( $> 60$  mm), ou seja, solos com teor água disponível  $> 15\%$  e teores de argila, normalmente, superiores a 35%. Solos tipo 3.

O resultado dessa avaliação para o município de Porto Murtinho pode ser visualizado na tabela 1.

#### **2.2.4.3 Drenagem interna**

Excetuando-se algumas especificidades como a da cultura do arroz quando cultivado sob condição de inundação, as plantas cultivadas geralmente apresentam maiores produtividades quando cultivadas em solos profundos e bem drenados. Desta maneira, as seguintes classes de drenagem interna dos solos foram considerados e descritas a seguir (EMBRAPA, 2006).

1) boa - nesta classe foram agrupados os solos pertencentes às classes de drenagem excessivamente, fortemente, acentuadamente e bem drenada, nas quais a água é removida do solo rapidamente;

2) moderada - foram considerados como pertencentes a esta classe os solos classificados como moderadamente drenados, nos quais a água é removida do solo um tanto lentamente, de modo que o perfil permanece molhado por pouco tempo. Normalmente, apresentam camada impermeável em profundidade, com presença de lençol freático acima dela;

3) imperfeita - nesta classe estão os solos que apresentam drenagem imperfeita, em que a água é removida do solo lentamente, de modo que este permanece molhado por um período significativo, mas não durante todo o ano. A camada impermeável, se ocorrer, estará mais superficial e o solo, recebe translocações laterais de água. Normalmente, apresentam mosqueados ou zonas de redução em subsuperfície.



4) ruim - os solos enquadrados nesta classe são mal a muito mal drenados, onde a água é removida do solo tão lentamente que esse permanece molhado por boa parte do ano. O lençol freático está próximo ou na superfície do solo durante considerável parte do ano. São frequentes a ocorrência de gleização e o acúmulo de material orgânico.

Na tabela 1 a seguir são apresentados os resultados da avaliação pedológica para as classes de fertilidade, capacidade de retenção de água, de drenagem e o resultado do cálculo do valor K para as unidades de mapeamento do mapa de solos do município de Porto Murtinho.

**Tabela 1.** Valores de avaliação pedológica e do valor K para as unidades de mapeamento.

Unidade de Mapeamento de Solos	Classe Fertilidade Reserva Nutrientes	Capacidade de Água Disponível	Classe de Drenagem	Valor K
GXve1	Elevada	Alta	Muito Mal	0,04401
GXve2	Elevada	Alta	Muito Mal	0,02923
GXve3	Elevada	Alta	Muito Mal	0,03067
GZn	Restrita c/ Toxidez	Alta	Muito Mal	0,03823
LVd1	Restrita	Moderada	Boa	0,02150
LVd2	Restrita	Moderada	Boa	0,08598
MDo	Elevada	Alta	Moderada	0,01112
MTo	Elevada	Alta	Moderada	0,01352
NVd1	Limitada	Alta	Boa	0,05377
NVd2	Limitada	Alta	Boa	0,01251
NVe1	Elevada	Alta	Boa	0,01570
NVe2	Elevada	Alta	Boa	0,01726
NVe3	Elevada	Alta	Boa	0,05059
RLe	Limitada	Baixa	Boa	0,34364
RRe1	Elevada	Baixa	Boa	0,24492
RRe2	Elevada	Baixa	Boa	0,18000
RRe3	Elevada	Baixa	Boa	0,20496



RRe4	Elevada	Baixa	Boa	0,21865
RRe5	Elevada	Baixa	Boa	0,34364
RRe6	Elevada	Baixa	Boa	0,20496
SNo1	Restrita c/ Toxidez	Muito Baixa	Imperfeita	0,14268
SNo2	Restrita c/ Toxidez	Muito Baixa	Imperfeita	0,15556
SNo3	Restrita c/ Toxidez	Muito Baixa	Imperfeita	0,12963
SNo4	Restrita c/ Toxidez	Muito Baixa	Imperfeita	0,07249
SNo5	Restrita c/ Toxidez	Muito Baixa	Imperfeita	0,14904
SNo6	Restrita c/ Toxidez	Muito Baixa	Imperfeita	0,04874
SXd	Limitada	Muito Baixa	Imperfeita	0,14336
SXe1	Elevada	Muito Baixa	Imperfeita	0,05604
SXe2	Elevada	Muito Baixa	Imperfeita	0,06296
SXe3	Elevada	Muito Baixa	Imperfeita	0,13009
SXe4	Elevada	Muito Baixa	Imperfeita	0,06116
SXe5	Elevada	Muito Baixa	Imperfeita	0,06435
SXe6	Elevada	Muito Baixa	Imperfeita	0,07362
VGo	Elevada	Alta	Muito Mal	0,04415
VXo	Elevada	Alta	Imperfeita	0,05423

### 2.2.5 *Fragilidade ambiental*

A fragilidade ambiental das terras do município de Porto Murtinho, aqui entendida como risco potencial de degradação do ambiente natural, relacionada à erosão do solo, foi estimada com base no potencial natural de erosão (PNE) que os solos apresentam. O PNE, definido através dos termos da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) proposta por Wischmeier e Smith (1978), considera apenas os fatores que representam os parâmetros do meio físico e corresponde às estimativas de perdas de solos em áreas destituídas de vegetação natural e sem intervenção antrópica, sendo definido pela equação 4.

$$PNE = RKLS \quad (4)$$

Onde: PNE = potencial natural de erosão ( $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ); R = fator erosividade da chuva ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$ ); K = fator erodibilidade do solo ( $t\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$ ); L = fator comprimento de rampa (adimensional); e S = fator declividade (adimensional).



As classes de fragilidade ambiental, baseadas no PNE, empregadas neste trabalho são apresentadas na Tabela 2.

A seguir são descritos os procedimentos empregados para a obtenção dos parâmetros da equação para cálculo do Potencial Natural de Erosão.

**Tabela 2.** Classes de Fragilidade Ambiental.

Classe de Fragilidade Ambiental	Valor do Potencial Natural de Erosão (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
Baixa	0 - 10
Moderada	11 - 50
Alta	51 - 200
Muito Alta	> 201

#### 2.2.5.1 Erosividade da Chuva (Fator R)

A erosividade da chuva para o município de Porto Murtinho foi estimada por Zaroni et al. (2007), com base na equação desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), que por sua vez, utiliza registros pluviométricos como médias mensais e anuais de chuva a partir do coeficiente de Fournier (FOURNIER, 1960) modificado por Lombardi Neto (1977). A equação empregada é definida a seguir.

$$EI = 68,73(R_c)^{0,841} \quad (5)$$

Onde: EI = índice de erosividade; e  $R_c$  = coeficiente de chuva.

Sendo que o coeficiente de chuva é definido conforme a equação 6.

$$R_c = (p)^2/P \quad (6)$$

Onde: p = precipitação média mensal; e P = precipitação média anual.

O valor de erosividade obtido para o município de Porto Murtinho foi de 6.093 Mj mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, valor considerado muito alto (ZARONI et al., 2007).

#### 2.2.5.2 Erodibilidade do Solo (fator K)

O fator de erodibilidade dos solos identificados no Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos do Município de Porto Murtinho (EMBRAPA, 2008) foi estimado através da utilização da equação 7, confor-



me utilizado por Mannigel (2002) na estimativa da erodibilidade dos solos de São Paulo.

$$\text{Fator K} = [(\% \text{areia} + \% \text{silte}) / (\% \text{argila})] / 100 \quad (7)$$

O fator K foi calculado para cada componente de unidade de mapeamento, com base nos dados de perfis representativos das classes de solos identificadas no município, considerando-se a média ponderada dos sub-horizontes até uma profundidade de 100 cm. Visto que as unidades de mapeamento estabelecidas possuem até três componentes foi obtido um fator K para cada uma das unidades de mapeamento, por meio do cálculo da média ponderada, levando-se em conta a proporção que cada componente tem na unidade de mapeamento. Os resultados do cálculo foram apresentados na Tabela 1.

#### **2.2.5.3 Comprimento de Rampa e Declividade (fator LS)**

O mapa de classes do fator LS foi obtido utilizando-se a rotina desenvolvida por Engel (2003) para o programa ArcView, a partir do MDE do município. O resultado é apresentado na Figura 3.

#### **2.2.5.4 Potencial natural de erosão**

O mapa do potencial natural de erosão do município de Porto Murtinho foi obtido utilizando-se uma álgebra de mapas no programa ArcGIS 9.0, conforme a equação 4. O resultado final para este tema é mostrado na Figura 4.

#### **2.2.6 Uso e Cobertura Vegetal das Terras**

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura vegetal das terras foram utilizadas imagens disponíveis do satélite CBERS 2, bandas 2, 3 e 4 do sensor CCD, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE no site <http://www.cbers.inpe.br>. As características deste sensor são apresentadas na Tabela 3.

Inicialmente, as imagens foram corrigidas geometricamente com base nas cartas topográficas, para o sistema de coordenadas UTM (Projeção Universal de Mercator), datum Córrego Alegre, zona 21S. Em seguida, foram associadas no programa de processamento de imagens ENVI, versão 4.2, e recortadas com base no limite do município de Porto Murtinho para obtenção da área final de interesse.



De modo a reduzir a subjetividade, inerente à interpretação visual, e aproveitar as vantagens do processo automático de análise de dados de sensoriamento remoto, entre elas, a otimização de tempo no processo de classificação, optou-se pela utilização da classificação automática da imagem, embora as imagens apresentassem alguns ruídos que não puderam ser removidos. Para tanto, foram utilizados pontos de controle coletados com GPS (Global Position System) no campo por ocasião dos trabalhos de campo referentes a elaboração do levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do município de Porto Murtinho (EMBRAPA, 2008).

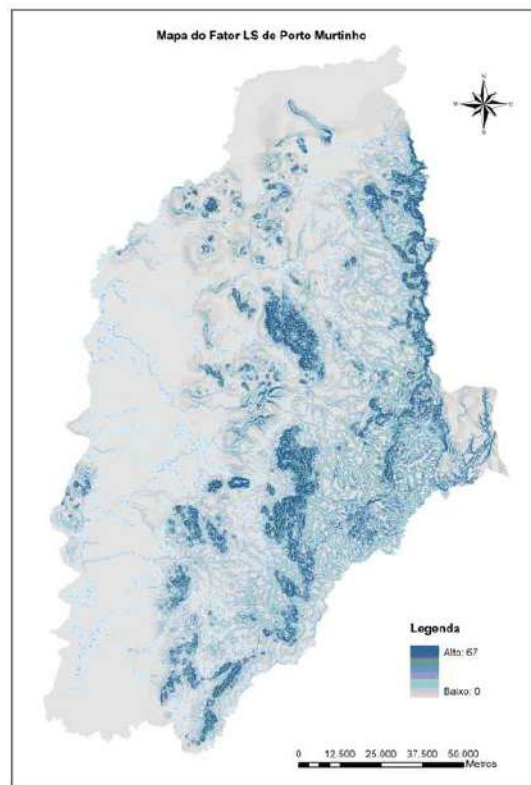


Figura 3. Mapa do fator topográfico (LS) do município de Porto Murtinho.



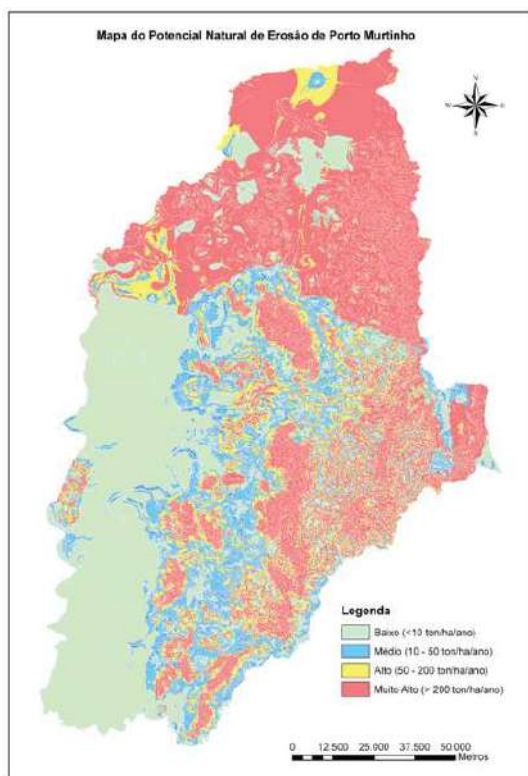


Figura 4. Mapa do potencial natural de erosão do município de Porto Murtinho.

Finalmente, realizou-se uma classificação supervisionada, utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER) disponível no programa de processamento de imagens ENVI, versão 4.2. A classificação utilizando este algoritmo assume que a estatística de cada classe em cada banda utilizada é normalmente distribuída e calcula a probabilidade de que um determinado pixel pertença a uma classe específica. Assim, cada pixel da imagem é enquadrado em uma classe de maior probabilidade de ocorrência (RICHARDS, 1999).

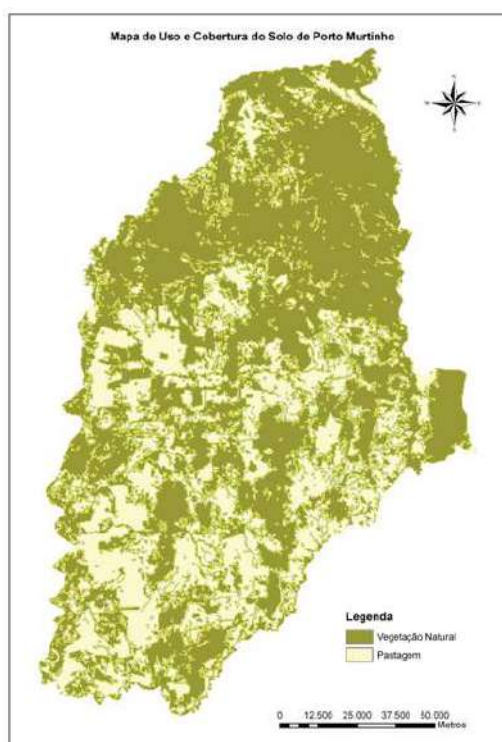
Em função das características de utilização das terras do município de Porto Murtinho, onde predomina a pecuária extensiva (IBGE, 2007a), para atender aos objetivos deste estudo foram consideradas apenas três classes de uso e cobertura vegetal, que são: a) vegetação natural, que engloba áreas com



vegetação primária e vegetação secundária em vários estágios e de diferentes tipos; b) pastagens em diferentes estágios de degradação; e áreas de agricultura e; c) solo exposto (Figura 5). A partir de então, elaborou-se o mapa de uso e cobertura das terras do estado, na escala de 1:100.000.

**Tabela 3.** Principais características da câmera CCD do satélite CBERS 2.

Sensor	Características	
CCD	Faixa espectral	Banda 1: 0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ (azul)
		Banda 2: 0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ (verde)
		Banda 3: 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ (vermelho)
		Banda 4: 0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$ (Infravermelho próximo)
		Banda 5: 0,51 - 0,73 $\mu\text{m}$ (pan)
	Resolução espacial	20 metros
	Largura da faixa imageada	113 km
	Resolução temporal	26 dias com visada vertical (3 dias com visada lateral)



**Figura 5.** Classes de uso e cobertura vegetal do município de Porto Murtinho.



## **2.3 Análise integrada das informações empregadas no zoneamento agroecológico**

De modo a facilitar a compreensão da metodologia de integração das informações utilizada neste estudo a Figura 6 apresenta o diagrama da sistemática aqui empregada que conjuga os diferentes níveis de informação empregados.

### **2.3.1 Unidades Geoambientais**

As Unidades Geoambientais formam o 1º nível hierárquico do Zoneamento Agroecológico, sendo, portanto, o de caráter mais generalizado. Estas refletem de maneira geral, as características geomorfoclimáticas de uma região e foram obtidas a partir da integração do clima, da geologia, da geomorfologia e da vegetação, conforme estabelecido no Macrozoneamento Geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul (MATO GROSSO DO SUL, 1989), complementados por estudos mais recentes adaptados ao nível de detalhe deste trabalho. O município de Porto Murtinho transpassa as unidades geoambientais da Região Chaquenha, da Região de Transição Chaquenha e da Região Pantaneira. Algumas porções pontuais do município ocorrem nas unidades geoambientais na Região Pantaneira de Transição e na Região da Bodoquena.

A Região Chaquenha, dominante no município de Porto Murtinho, corresponde ao prolongamento meridional da Região Pantaneira constituindo-se numa vasta bacia de deposição com altimetrias normalmente inferiores a 100 metros. Aloja sedimentos pleistocênicos e holocênicos com profundidades bastante variáveis. Distingue-se da Região Pantaneira por apresentar formações superficiais com alto teor de sódio e cobertura vegetal chaquena – savana estépica (MATO GROSSO DO SUL, 1989).

Segundo o Macrozoneamento Geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul (MATO GROSSO DO SUL, 1989) a Unidade geoambiental da Região Pantaneira constitui uma extensa superfície de acumulação de topografia bastante plana, com cotas variando entre 80 e 150 metros, com complexa rede hidrográfica e, frequentemente sujeita inundações periódicas, sendo o rio Paraguai o principal eixo de drenagem natural. A gênese do Pantanal Matogrossense decorre de movimentos tectônicos terciários, que afetaram o lado ocidental da bacia do Paraná, acarretando do assoalho da grande depressão do pantanal.



A unidade geoambiental da Região de Transição Chaquenha (MATO GROSSO DO SUL, 1989), corresponde a uma superfície aplanada caracterizada como planícies coluviais pré-pantanal. Em meio a superfície baixa, com altimetrias variando entre 100 a 130 metros emergem relevos residuais que constituem as Elevações Residuais do Mato Grosso do Sul, com altimetrias variáveis entre 400 e 750 metros (MATO GROSSO DO SUL, 1989).

### **2.3.2    *Legislação Ambiental***

Em função da necessidade de delimitação dos espaços definidos pela legislação ambiental, foram identificadas, sempre que possível, as áreas especiais representadas pelas unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável e outras porções territoriais que apresentam impedimentos legais e/ou normatização de uso tal qual definido por Ab'Saber (1989), enfatizando-se, desta forma, a necessidade de preservação destas áreas.

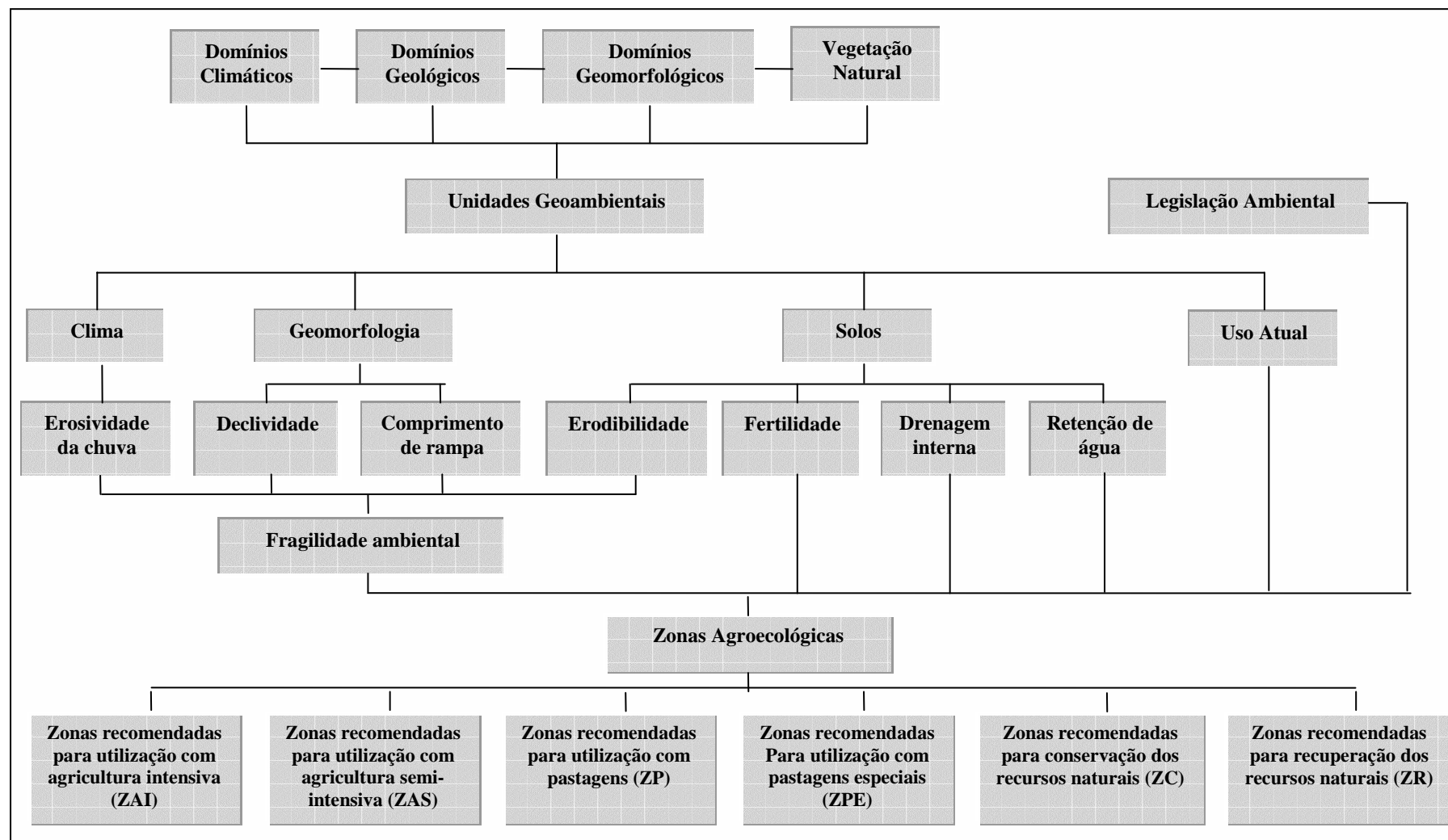
Estas áreas constituem em conjunto com as Unidades Geoambientais, o 1º nível hierárquico do Zoneamento Agroecológico e independem de uma análise do quadro dos recursos naturais e socioeconômicos (EMBRAPA, 2003).

No caso do município de Porto Murtinho, apenas foram consideradas as áreas de preservação permanente, localizadas ao longo dos rios e cursos d'água, ao redor de lagoas e de nascentes, e nas bordas de chapadas, conforme estabelecido no Art. 2º do Código Florestal (Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965), visto a impossibilidade de delinear cartograficamente as demais áreas de preservação na escala desse trabalho.

### **2.3.3    *Zonas Agroecológicas***

Os parâmetros utilizados na definição das Zonas Agroecológicas foram baseados na combinação das condições climáticas, geomorfológicas, pedológicas e de uso e cobertura das terras (Figura 5) que interferem no desenvolvimento e produção sustentáveis das culturas agrícolas, e nos sistemas de manejo em que estas se desenvolvem. Desta maneira, cada unidade apresenta uma combinação única de características, limitações e potencialidades para o uso das terras.





**Figura 6.** Diagrama da metodologia de análise integrada utilizada na elaboração do zoneamento agroecológico.



Assim, cada Unidade Geoambiental foi subdividida em unidades mais homogêneas, denominadas Zonas Agroecológicas, que constituem o 2º nível hierárquico do Zoneamento Agroecológico.

As características das terras, identificadas no Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos do Município de Porto Murtinho (EMBRAPA, 2008), sua localização na paisagem, assim como seu potencial e limitações, são os elementos básicos das Zonas Agroecológicas, pois condicionam, em grande parte, o tipo de utilização da terra, a estratégia para sua conservação e a possibilidade da introdução de inovações tecnológicas, visando tanto à produção sustentável quanto à proteção ambiental (EMBRAPA, 2003).

Em seguida, as Zonas Agroecológicas foram subdivididas, em função de sua fragilidade ambiental, do potencial agroecológico e do tipo de utilização das terras, em subunidades denominadas: zonas recomendadas para a utilização com **agricultura intensiva**, zonas recomendadas para a utilização com **agricultura semi-intensiva**, zonas recomendadas para utilização com **pastagens**, zonas recomendadas para utilização com **pastagens adaptadas às condições de inundação**, zonas recomendadas para **conservação dos recursos naturais** e zonas recomendadas para **recuperação ambiental**. Estas compõem o 3º nível hierárquico do Zoneamento Agroecológico do município de Porto Murtinho e servem como referência para as recomendações delineadas para melhorar a situação existente, seja incrementando a produção ou limitando a degradação dos recursos naturais (FAO, 1997).

Os critérios utilizados no delineamento das Zonas Agroecológicas foram baseados nos aspectos climáticos, especialmente balanço hídrico, temperatura e índice hídrico de Thornthwaite, bem como nos conceitos utilizados pelo Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995). Nas zonas recomendadas para o uso com agricultura (intensiva e semi-intensiva), fez-se uma avaliação da aptidão para diferentes culturas, adequada a melhor opção de uso, conforme estabelecido por Embrapa (2000). Assim, para cada zona foram definidas as melhores opções de utilização agrícola sustentável, em função das características ambientais e socioeconômicas que estas apresentam e das exigências das culturas.



A seguir são descritas as principais características de cada zona agroecológica.

#### ***2.3.3.1 Zonas recomendadas para a utilização com agricultura intensiva - ZAI***

Estas zonas apresentam baixa fragilidade ambiental e são constituídas por áreas propícias à motomecanização agrícola, englobando terras situadas em posição mais elevada na paisagem, em relevo plano ou suave ondulado (0 a 8% de declive). Pertencem às classes de retenção de água no solo alta e média, com restrição no máximo, moderada de fertilidade, bem como às terras situadas em baixadas, com restrições ligeiras ou moderadas de drenagem.

#### ***2.3.3.2 Zonas recomendadas para a utilização com agricultura semi-intensiva - ZAS***

Compreende zonas que apresentam moderadas limitações à motomecanização. Ocorrem nas partes altas da paisagem, em relevo ondulado (8 - 20% de declive), com moderada fragilidade ambiental e restrição no máximo moderada de fertilidade. De modo geral, apresentam solos das classes de retenção de água no solo alta e média. Quando ocorrem em baixadas, apresentam moderada restrição de drenagem (EMBRAPA, 2003). São áreas que apresentam limitações mais acentuadas para agricultura tecnificada. Nesse trabalho o reflorestamento realizado com espécies exóticas foi enquadrado nesta categoria.

#### ***2.3.3.3 Zonas recomendadas para utilização com pastagens - ZP***

Estas zonas se caracterizam por apresentarem restrições devido ao relevo declivoso e/ou a baixa capacidade de retenção de água no solo, sendo, portanto, não adequadas para usos mais intensivos (moderada a forte fragilidade ambiental). As áreas situadas nas porções mais elevadas da paisagem, com relevo forte ondulado e eventualmente ondulado (quando ocorre maior restrição de solo), são indicadas para utilização com espécies forrageiras protetoras do solo, em especial as estoloníferas. Nestas terras, o uso de mecanização é restrito a algumas práticas culturais e utilização de implementos de tração animal (EMBRAPA, 2003). Deve-se ressaltar que não existe nenhum impeditivo técnico/ambiental de se utilizar pastagens em zo-



nas de maior potencial agrícola, quando estas estiverem associadas à perspectiva de maior rentabilidade, como o atendimento de nichos de mercado, como a criação de reprodutores e matrizes.

#### ***2.3.3.4 Zonas recomendadas para utilização com pastagens adaptadas às condições de excesso de umidade - ZPE***

Estas zonas se caracterizam por apresentarem restrições devido à condição de drenagem, sendo, portanto, não adequadas para usos mais intensivos, embora, normalmente apresentem baixa fragilidade ambiental. Estas terras, que normalmente estão localizadas em baixadas, são indicadas para utilização com espécies forrageiras adaptadas a restrições de drenagem interna, risco de inundação e presença de elementos tóxicos às plantas, tais como sódio ou sais (EMBRAPA, 2003). Estas terras podem ser utilizadas com culturas adaptadas às condições de inundação, como é o caso do arroz.

#### ***2.3.3.5 Zonas recomendadas para conservação dos recursos naturais - ZC***

As zonas indicadas para conservação dos recursos naturais constituem áreas que apresentam elevada fragilidade ambiental (sem vocação para o uso agrícola) e/ou constituem áreas especiais (unidades de conservação e áreas de preservação permanente), e que se encontram ainda preservadas. Para delimitação destas zonas foram utilizados os dados de uso e cobertura das terras, obtidos na interpretação de imagens do satélite LANDSAT 5 de 2007 e 2008.

Faz-se importante citar que as terras enquadradas nesta zona agroecológica não identificam e não delimitam as terras que devam ser **conservadas** com relação as áreas de **reserva legal**, uma vez que, essas áreas devem ser, a partir de estudos técnicos específicos, identificadas, delineadas e averbadas por imóvel rural, conforme a legislação ambiental em vigor.

#### ***2.3.3.6 Zonas recomendadas para recuperação ambiental - ZR***

As zonas indicadas para recuperação ambiental são constituídas por áreas de elevada fragilidade ambiental e/ou que constituem áreas especiais (unidades de conservação e áreas de preservação permanente), que estão sendo indevidamente utilizadas com exploração agrícola e que se encontram em diferentes estágios de degradação.



Normalmente, apresentam fortes limitações condicionadas pelo relevo e pela elevada fragilidade ambiental, onde se faz necessária à recomposição da vegetação original. Essas terras são indicadas para reflorestamento com espécies nativas, protetoras do solo, de preferência que contemplem espécies com possibilidade de retorno econômico direto, visando reduzir o custo de sua implantação e manutenção. São áreas mais propícias para serem incorporadas à reserva legal da propriedade, por serem as que apresentam as maiores restrições de utilização. Estas zonas são significativas em áreas originalmente cobertas por vegetação de floresta, que não apresentam vocação agrícola, onde a vegetação natural foi suprimida para dar lugar a utilização com pastagens.

É importante ressaltar que as terras enquadradas nesta zona agroecológica não identificam e não delimitam as terras que devam ser **recuperadas** com relação as áreas de **reserva legal** exigidas pelo código florestal, uma vez que, essas áreas devem ser, a partir de estudos técnicos específicos, identificadas, delineadas, recuperadas e averbadas por imóvel rural, conforme a legislação ambiental em vigor.

## 2.4 Avaliação da aptidão pedoclimática das culturas

Nas zonas indicadas para agricultura intensiva e semi-intensiva foram identificadas as culturas mais recomendadas para cultivo. Esta avaliação foi realizada através da conjugação entre os parâmetros de solo, clima e as características ecológicas das culturas. Os critérios basearam-se na expectativa de produção vegetal comparado a uma produção de referência, particularizada para cada ambiente e ponderadas de acordo com cada nível de impacto na produtividade final, conforme descrito em Embrapa (2005).

Para tanto, fez-se necessário o auxílio de especialistas nas diferentes culturas e o uso de informações experimentais produzidas nas condições da área em que se está trabalhando. Na ausência desse apoio, uma opção foi a utilização de informações da literatura científica referentes às características e interações edafoclimáticas da região.

Essa metodologia tem natureza dinâmica. Portanto, são necessárias atualizações periódicas dos critérios adotados, notadamente quando parâmetros ainda não considerados passaram a influenciar os resultados obtidos.



### **2.4.1 Definição das classes de aptidão pedoclimática**

Considerando-se sempre a utilização de manejo desenvolvido (uso apropriado de tecnologia e insumos), para cada cultura avaliada, definiu-se uma situação referência, constituída por aquela em que os parâmetros avaliados não apresentassem limitação para a produção, de tal modo que a condição ambiental permita que as plantas manifeste todo o seu potencial produtivo. Definida a situação referência, partiu-se para a estratificação das classes, conforme a seguir:

- 1) Boa - condição ambiental de máxima produtividade para cada cultura, correspondente a uma produtividade e/ou rentabilidade maior que 80% da situação referência;
- 2) Regular - condição ambiental caracterizada por uma produtividade e/ou rentabilidade média num período mínimo de dez anos, enquadrados entre 50% e 80% da situação referência, para a cultura analisada;
- 3) Marginal - condição ambiental caracterizada por uma produtividade e/ou rentabilidade média num período mínimo de dez anos, enquadrados entre 30% e 50% da situação referência, para a cultura analisada; e
- 4) Inapta - condição ambiental caracterizada por uma produtividade média não sustentável, proporcionando uma produtividade média não superior a 30% da situação referência, para a cultura analisada.

### **2.4.2 Parâmetros**

Além dos parâmetros utilizados na definição das Zonas Agroecológicas, descrito no item 2.2.3.1, considerou-se os parâmetros dos itens 2.2.4.1, 2.2.4.2 e 2.2.4.3, e ainda, foram levados em consideração na avaliação da aptidão das culturas os seguintes fatores listados a seguir.

#### **2.4.2.1 Risco e intensidade de geada**

Na avaliação do risco de ocorrência de geadas brandas (temperaturas mínimas absolutas inferiores a 4°C) e severas (temperaturas mínimas absolutas inferiores a 2°C), em razão da pouca disponibilidade de estações meteorológicas com séries longas, utilizou-se o método de regressão múltipla visando caracterizar a variabilidade espacial entre as variáveis independentes latitude, longitude e altitude, que melhor explicam a variável dependente,



probabilidade anual de ocorrência de geadas brandas e severas, que foram calculadas e apresentadas por Camargo et al. (1990).

A espacialização dos resultados da probabilidade de risco de ocorrência de geadas brandas e severas foi realizada em ambiente SIG, através de algoritmo de interpolação “inverso da distância ao quadrado”, baseadas em latitude e longitude. Os mapas de probabilidade de ocorrência de geadas, gerados para o Estado do Mato Grosso do Sul, sendo feito um recorte para a área do município de Ponta Porã, foram classificados em quatro classes:

- 1) Sem risco - áreas de cultivos de verão e/ou que apresentam de 0 a 25% de ocorrência de geadas brandas ou severas;
- 2) Baixo risco - áreas que apresentam de 25 a 50% de ocorrência de geadas brandas ou severas;
- 3) Médio risco - áreas que apresentam de 50 a 75% de ocorrência de geadas brandas ou severas; e
- 4) Alto risco - áreas que apresentam de 75 a 100% de ocorrência de geadas brandas ou severas.

Procurando-se melhorar a interpretação, utilizou-se uma correlação entre o risco de ocorrência de geadas e a altimetria local, derivada do modelo digital de elevação. Estabeleceu-se que áreas acima de 200 m de altitude possuem uma menor probabilidade de ocorrência de geadas que aquelas abaixo dos 200 m.

#### **2.4.2.2 Temperatura média**

As plantas são diretamente afetadas pela temperatura, apresentando diferentes respostas as suas variações (PILLAR, 1995). Assim, com base na distribuição da temperatura, calculada segundo Alfonsi et al. (2002), as plantas foram enquadradas com relação às maiores ou menores necessidades para o atingimento das mais altas produtividades, conforme Tabela 6.

A subdivisão de unidades de mapeamento pode ser feita através de sua complementação com as chamadas fases. O estabelecimento das fases objetiva, principalmente, fornecer critérios referentes às condições das terras e



que interferem, direta ou indiretamente, com o comportamento e qualidade dos solos e no tocante às possibilidades de alternativas de uso e manejo para fins essencialmente agrícolas (EMBRAPA, 1988).

#### **2.4.2.3 Regime hídrico do solo**

Representa o tempo em que o solo apresenta teor de água suficiente para o desenvolvimento da maior parte das plantas cultivadas. Esta condição é fruto tanto do regime pluviométrico em que se encontra o solo quanto da posição do solo na paisagem. Desta forma, solos posicionados nas partes baixas das vertentes têm tendência a apresentar maior teor de água ao longo do tempo em relação àqueles posicionados nas partes mais altas.

A subdivisão de unidades de mapeamento pode ser feita através de sua complementação com as chamadas fases. O estabelecimento das fases objetiva principalmente fornecer critérios referentes às condições das terras e que interferem, direta ou indiretamente, no comportamento e qualidade dos solos e, no tocante às possibilidades de alternativas de uso e manejo para fins essencialmente agrícolas.

Na insuficiência de dados de clima do solo, normalmente hídricos, que abranjam todas os solos das unidades de mapeamento, as fases de vegetação são comumente empregadas para facultar inferências sobre relevantes variações estacionais de condições de umidade dos solos, uma vez que a vegetação primária reflete diferenças climáticas imperantes nas diversas condições das terras. Reconhecidamente, além do significado pedogenético, as distinções em questão assumem ampla implicação ecológica, a qual abre possibilidade para o estabelecimento de relações entre unidades de solo e sua aptidão agrícola, aumentando, pois, a utilidade dos mapeamentos de solos.

A Tabela 4 apresenta correlações tentativas entre as fases de vegetação utilizadas comumente nos levantamentos de solos da Embrapa Solos (que buscam inferir o regime hídrico do solo através do percentual de caducidade da vegetação primária), o período seco de acordo com o balanço hídrico e os índices hídricos. Os valores assumidos (principalmente aqueles referentes ao índice hídrico) são estimativos e embasados em estudos generalizados além de se referirem a organismos vivos e heterogêneos e portanto, naturalmente variáveis.



De maneira geral, considera-se mês seco todo aquele que apresentar uma precipitação em mm de chuva menor que duas vezes o valor da temperatura média em °C ( $P < 2T$  °C).

Essa informação pode ser obtida ou pela rede de estações agrometeorológicas, ou, na sua ausência, inferida através da vegetação primária, informação essa constante dos boletins de levantamento pedológico da área em questão.

**Tabela 4.** Compatibilização das descrições de vegetação empregadas pela Embrapa Solos (baseada na percentagem de folhas decíduas), associados com período seco (meses) e índice hídrico de Thornthwaite.

Fases de Vegetação	período seco	índice hídrico de Thornthwaite
perenifólia, perúmida, higrófila, hidrófila	0 a 1	>100 a >60
subperenifólia	1 a 2	<100 a >10
subcaducifólia	2 a 4	<60 a 10
caducifólia	4 a 6	10 a > -10
caatinga hipoxerófila	6 a 8	
caatinga hiperxerófila	8 a 10	<10

### 2.4.3 *Requerimentos das Culturas*

Fez-se a avaliação da aptidão pedoclimática das culturas considerando-se a adoção de um pacote tecnológico adequado (adubação técnica, sementes/mudas certificadas, práticas de controle da erosão, rotação/sucessão de culturas anuais, entre outras) que permita índices razoáveis de produtividade em bases agrícolas sustentáveis (mínimo impacto ambiental). Desta forma, a prática de níveis tecnológicos inadequados por parte dos agricultores desqualificará a avaliação, uma vez que pode-se ter, em condições extremas, culturas apropriadas em ambientes de elevado potencial produzindo menos que ambientes identificados como relativamente desfavoráveis, mas sendo bem manejadas, mas sendo bem manejadas.



A influência que cada atributo climático e edáfico, com suas respectivas classes, exerce sobre a produção/productividade das culturas avaliadas foi definida através de revisão bibliográfica, de consultas a especialistas de cada cultura e adequada de acordo com as particularidades ambientais da área estudada.

Além dos requerimentos edáficos utilizados na definição das Zonas Agroecológicas (item 2.3.3), foram também considerados os seguintes parâmetros climáticos apresentados nas tabelas 5, 6 e 7, conforme Embrapa (2003).

A tabela 8 apresenta a simbologia e a descrição do seu significado quando empregada para identificar as classes de aptidão agroecológica adotadas neste trabalho.

**Tabela 5.** Classes de temperatura média anual (°C) de acordo com a cultura e a aptidão agrícola.

Cultura	Classes de aptidão agrícola			
	Boa	Regular	Marginal	Inapta
Abacaxi	> 25	> 15 e < 23	< 15	< 10
Arroz de sequeiro	> 25	> 15 e < 23	< 15	< 10
Banana	> 25	> 15 e < 23	< 15	< 10
Citrus	> 20	> 10 e < 20	< 10	< 5
Goiaba	> 25	> 15 e < 23	< 15	< 10
Mamão	> 20	> 15 e < 20	< 15	< 10
Manga	> 25	> 15 e < 23	< 15	< 10
Maracujá	> 20	> 15 e < 20	< 15	< 10
Milho	> 23	> 15 e < 23	< 15	< 10
Milho Safrinha	> 15	> 10 e < 15	< 10	< 5
Soja	> 23	> 15 e < 23	< 15	< 10
Uva	> 20	> 10 e < 20	< 10	< 5



Tabela 6. Classes de risco de geada de acordo com a cultura e a aptidão agrícola.

Cultura	Classes de aptidão agrícola			
	Boa	Regular	Marginal	Inapta
Abacaxi	1	2	3	4
Arroz de sequeiro		Cultura de verão		
Banana	1	2	3	4
Citrus	1 ou 2	3	4	4
Goiaba	1 ou 2	3	4	4
Mamão	1	2	3	4
Manga	1	2	3	4
Maracujá	1	2	3	4
Milho		Cultura de verão		
Milho safrinha	1	2	3	4
Soja		Cultura de verão		
Uva	1 ou 2	3	4	4

1 = sem risco; 2 = baixo risco; 3 = médio risco; e 4 = alto risco.

Tabela 7. Classes de aptidão agrícola de acordo com o período seco (meses).

Cultura	Classes de aptidão agrícola			
	Boa	Regular	Marginal	Inapta
Abacaxi	2 a 4	4 a 6	1 a 2 ou 6 a 8	0 a 1 ou 8 a 10
Arroz de sequeiro	indiferente	indiferente	indiferente	6 a 8 ou 8 a 10
Banana	1 a 2	2 a 4	0 a 1	6 a 8 ou 8 a 10
Citrus	2 a 4	1 a 2 ou 4 a 6	6 a 8	0 a 1 ou 8 a 10
Goiaba	2 a 4	1 a 2 ou 4 a 6	6 a 8	0 a 1 ou 8 a 10
Mamão	2 a 4	1 a 2 ou 4 a 6	6 a 8	0 a 1 ou 8 a 10
Manga	2 a 4	1 a 2 ou 4 a 6	6 a 8	0 a 1 ou 8 a 10
Maracujá	2 a 4	1 a 2 ou 4 a 6	6 a 8	0 a 1 ou 8 a 10
Milho	2 a 4	1 a 2 ou 4 a 6	6 a 8	0 a 1 ou 8 a 10
Milho safrinha	1 a 2	2 a 4	0 a 1	6 a 8 ou 8 a 10
Soja	2 a 4	1 a 2 ou 4 a 6	6 a 8	0 a 1 ou 8 a 10
Uva	2 a 4	1 a 2 ou 4 a 6	6 a 8	0 a 1 ou 8 a 10



**Tabela 8.** Classes de aptidão agrícola e simbologia utilizada na legenda do Zoneamento Agroecológico.

<b>Classe de Aptidão</b>	<b>Descrição</b>
<b>B</b>	Classe de aptidão agrícola boa.
<b>B**</b>	Classe de aptidão agrícola boa que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão inferior
<b>R</b>	Classe de aptidão agrícola regular.
<b>R*</b>	Classe de aptidão agrícola regular que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão superior.
<b>R**</b>	Classe de aptidão agrícola regular que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão inferior.
<b>M</b>	Classe de aptidão agrícola marginal.
<b>M*</b>	Classe de aptidão agrícola marginal que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão superior.
<b>M**</b>	Classe de aptidão agrícola marginal que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão inferior.
<b>I</b>	Classe de aptidão agrícola inapta.
<b>I*</b>	Classe de aptidão agrícola inapta que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão superior.



### 3. Resultados e Discussão

No Zoneamento Agroecológico do município de Porto Murtinho foram identificadas e delineada apenas uma Unidade Geoambiental (1º nível hierárquico), descritas no item anterior, das quais se originaram 6 Zonas Agroecológicas (2º nível hierárquico), conforme resultados exibidos a seguir:

#### 3.1 Zonas Agroecológicas

Os limites das Zonas Agroecológicas (2º nível hierárquico) consideradas no Zoneamento Agroecológico do Estado do Mato Grosso do Sul foram ajustados de maneira a atender aos requisitos de escala cartográfica utilizada neste trabalho (1:100.000). A descrição geral das zonas agroecológicas identificadas para o município de Porto Murtinho.

##### ***3.1.1 Unidade recomendada para utilização com agricultura intensiva - ZAI***

As terras enquadradas nesta zona agroecológica ocorrem em áreas de relevo plano (72% da zona), suave ondulado (27%) e são formadas essencialmente por solos classificados como Nitossolos Vermelho Distróficos, ocupando cerca de 48% e em menores proporções Latossolos Vermelho Distróficos (36%) e Chernossolos Órticos (10%). A maior parte da área desta zona agroecológica é utilizada com pastagens (63%), enquanto que os restantes 37% ainda possuem vegetação natural. Em função de suas características ambientais apresenta baixa fragilidade ambiental. Ocupam 213,70 km<sup>2</sup> que representa menos de 1,3% das terras do município.

##### **Principais limitações**

Os solos dominantes das terras componentes desta zona apresentam apenas ligeiras limitações para utilização agrícola, exclusivamente pela moderada fertilidade natural e consequente reserva limitada de nutrientes para as plantas. Todavia, em face da baixa fragilidade ambiental e aos sistemas de produção normalmente adotados para a produção intensiva, indicam que este grau de limitação de fertilidade é facilmente corrigível. Vale ressaltar que na maioria dos solos brasileiros os teores de fósforo assimilável são baixos e consequentemente requer-se maiores cuidados na adubação para que seja possível atingir produtividades satisfatórias.



### Potencial agroecológico

As terras enquadradas nesta zona são as que apresentam o melhor potencial dentre as terras do município. O potencial das terras desta zona agroecológica varia de bom a regular para utilização com lavouras intensivas considerando um nível tecnológico de médio a alto, para as culturas de abacaxi (boa), milho safrinha (boa), soja (regular), e milho (regular). No entanto sua utilização é passível com cultivos menos intensivos como: uva, maracujá, citrus, goiaba, manga e mamão. Além destas culturas a área apresenta aptidão para reflorestamento com espécies exóticas e pastagens.

A figura 7, exibida a seguir, apresenta a distribuição e ocorrência das áreas classificadas como Zonas Agroecológicas indicadas para uso intensivo no município de Porto Murtinho – MS.

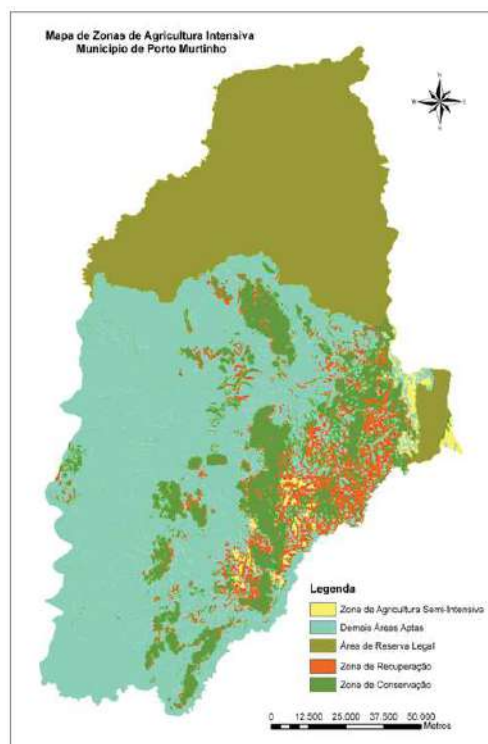


Figura 7. Distribuição das zonas agroecológicas indicadas para uso intensivo (ZAI) no município.



### ***3.1.2 Unidade recomendada para utilização com agricultura semi-intensiva - ZAS***

Esta zona agroecológica ocupa apenas 75,13 km<sup>2</sup>, que equivalem a menos de 0,5% das terras do município. Ocorrem predominantemente em áreas de relevo plano e suave ondulado, com declividade inferior a 8%. Essas terras são dominadas por solos classificados como Nitossolos Vermelhos Distróficos, cerca de 95%. As terras desta zona agroecológica encontram-se atualmente utilizadas com pastagens (46%). Vale ressaltar que entre as terras avaliadas e indicadas para uso com agricultura semi-intensiva, cerca de 54%, ou o equivalente a aproximadamente 40,00 km<sup>2</sup>, ainda apresentam vegetação natural no município de Porto Murtinho.

#### **Principais limitações**

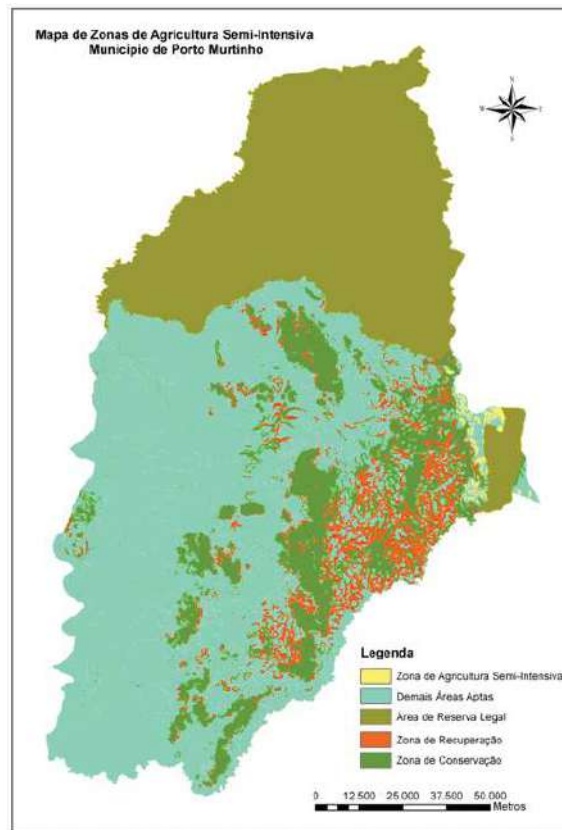
A principal limitação desta zona é a sua moderada fragilidade ambiental, condicionada basicamente pelo maior comprimento de rampa, que torna esta zona moderadamente suscetível à erosão. Embora apresente nível de fertilidade natural moderado, os teores de fósforo assimilável são relativamente baixos, assim como, na maior parte dos solos do Brasil, requerendo-se maiores cuidados na adubação para que seja possível atingir produtividades superiores.

#### **Potencial agroecológico**

Devido a sua moderada fragilidade ambiental, associada a menor retenção de umidade, as terras desta zona são mais recomendadas para utilização com lavouras semi-intensivas e silvicultura, embora também sejam possíveis e sustentáveis, sua utilização com pastagens. Em função de suas características ambientais esta zona apresenta aptidão para diferentes culturas classificadas de regular (maracujá, manga, banana, citrus, goiaba, mamão) a boa (uva) para utilização, considerando um nível tecnológico de médio a alto.

A figura 8 apresentada a seguir mostra a ocorrência e a distribuição desta zona agroecológica recomendada para cultivo semi-intensivo no município de Porto Murtinho.





**Figura 8.** Distribuição das zonas agroecológicas indicadas para uso semi-intensivo (ZAS) no município de Porto Murtinho.

### ***3.1.3 Zonas recomendadas para conservação dos recursos naturais - ZC***

Esta zona ocupa uma área de 2.495 km<sup>2</sup> e caracteriza-se por apresentar áreas com fragilidade ambiental muito alta e áreas com restrições de uso relacionado com a legislação ambiental onde a vegetação natural ainda está presente em diferentes estágios de conservação. As terras das áreas de preservação permanente estão relacionadas principalmente com solos da classe dos Gleissolos Háplicos das unidades de mapeamento GXve1, Gxve2, e Gxve3. As terras enquadradas nesta zona ocorrem normalmente sob condições de relevo plano (99%), além de encontrarem-se sob vegetação natural.



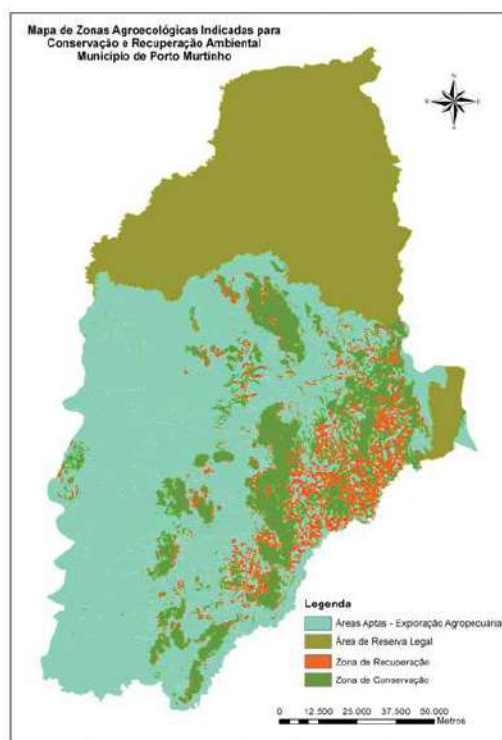
### **Principais limitações**

O enquadramento destas áreas como zona recomendada para a preservação dos recursos naturais deve-se principalmente a elevada fragilidade ambiental dessas terras determinada pelas características dos solos, do relevo e a existência da vegetação natural nessas terras, além daquelas representadas pelas restrições legais vigentes. No município de Porto Murtinho foram consideradas apenas as áreas de preservação permanente localizadas ao longo dos rios e cursos d'água, ao redor de lagoas e de nascentes, e nas bordas de chapadas, conforme estabelecido no Art. 2º do Código Florestal (Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965).

Estas áreas devem ser prioritariamente destinadas para conservação da flora e da fauna. Não devem ser utilizadas por qualquer tipo de exploração antrópica, pois podem, facilmente serem degradadas.

A figura 9 mostra a ocorrência e a distribuição da zona agroecológica de conservação (ZC), realçadas em verde escuro, no município de Porto Murtinho. Vale frisar que, uma grande parte das áreas indicada para a conservação no município de Porto Murtinho não aparece na figura a seguir, uma vez que, a dimensão dessas áreas é muito reduzida, todavia, nos mapas finais, apresentados em escala adequada, estão totalmente cartografadas e concentram-se principalmente ao longo dos cursos de água.





**Figura 9.** Mapa com a ocorrência e a distribuição das zonas agroecológicas de conservação (ZC) no município de Porto Murtinho.

### ***3.1.4 Zonas recomendadas para recuperação ambiental - ZR***

Estas áreas se encontram utilizadas essencialmente com pastagens, no entanto, conforme estabelece a legislação ambiental, não deveriam estar sendo utilizadas. Desta maneira, foram indicadas como zona para recuperação da vegetação natural. As recomendações para o processo de recuperação ambiental na área do município de Porto Murtinho deverão se iniciar, tanto quanto possível, através da conexão dos ambientes por meio de corredores de vegetação equilibrando os agroecossistemas com proporções variáveis de vegetação natural, permitindo, assim, o fluxo de fauna e flora nativas (RODRIGUES, 1999).



Para tanto, do ponto de vista técnico e econômico a recuperação da vegetação natural é uma das principais opções (MARTINS et al., 1998) e, à luz das legislações federal (Código Florestal - Lei nº 4.771, Art.2º), um imperativo legal. Realizá-la de modo sustentável cumpre o propósito central do projeto que é o de fornecer subsídios técnicos para recuperação de áreas degradadas, conciliando conservação de recursos naturais com a geração de renda e aumento da qualidade de vida.

Os sistemas agroflorestais têm seu êxito, como fatores de geração sustentável de renda familiar do agricultor, determinado pela viabilidade da estrutura de comercialização, que motive o agricultor a manejá-los adequadamente.

Ressalta-se que a formação de corredores de vegetação com vistas a recuperação ambiental não deve ser restrito às áreas de contato com os corpos d'água, mais factíveis de implantação, mas recomenda-se a revegetação das encostas e espaços entre fragmentos florestais.

As áreas recomendadas para recuperação da vegetação natural no município de Porto Murtinho equivalem a 1.113,95 km<sup>2</sup>, que representam 6,3% das terras do município. Apresentam características semelhantes às da Zona de Conservação, todavia, diferem desta pelo fato de que toda a vegetação natural foi suprimida para dar lugar a pastagens (100%), normalmente em avançado processo de degradação. Ocorrem no município de Porto Murtinho sob condições de relevo forte ondulado e ondulado (66%) com declives superiores a 20%, e cerca de 34% sob condições de declividades menos acentuadas (inferiores a 8%), nas classes de declividade de suave ondulado e plano.

#### **Principais limitações**

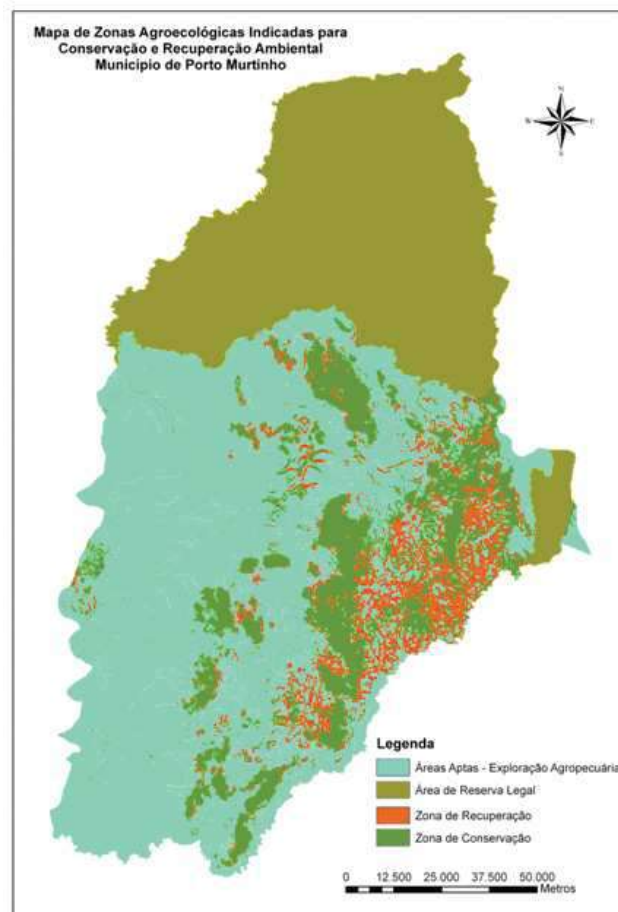
A principal razão para o enquadramento destas áreas como zona recomendada para recuperação dos recursos naturais é a sua elevada fragilidade ambiental determinada pelas características dos solos e do relevo, além das restrições impostas pela legislação ambiental em vigor.

A figura 10 apresenta a distribuição da zona agroecológica de recuperação (ZR), realçadas em vermelho, no município de Porto Murtinho. Vale ressaltar



que, uma significativa parte das áreas indicada para a recuperação da vegetação nativa no município de Porto Murtinho não aparece na figura em virtude da dimensão dessas áreas, todavia, nos mapas finais, apresentados na escala 1:200.000 as áreas indicadas para recuperação estão totalmente registradas e cartografadas.

A figura 11 exibe, a título de exemplo, o detalhe de áreas indicadas para a conservação e para recuperação no município de Porto Murtinho.



**Figura 10.** Mapa com a ocorrência e a distribuição das zonas agroecológicas de recuperação (ZR) no município de Porto Murtinho.



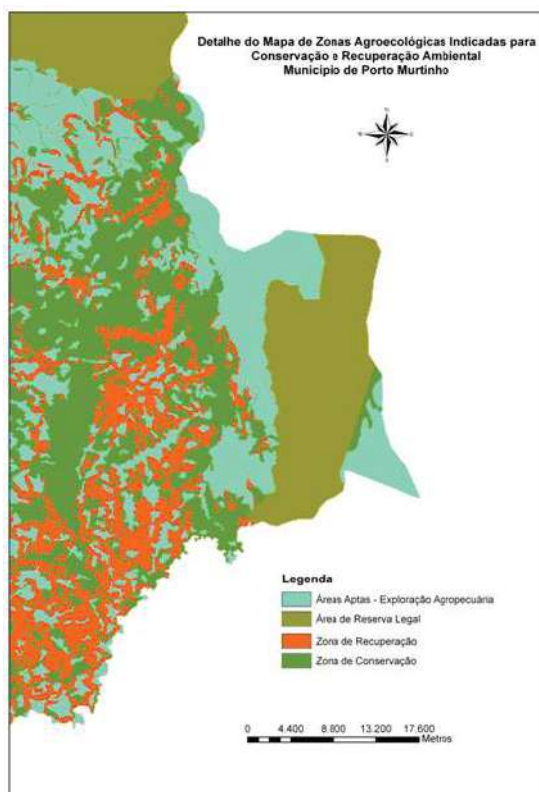


Figura 11. Detalhe das zonas agroecológicas para recuperação (ZR) e para conservação (ZC) no município.

### 3.1.5 Zonas recomendadas para pastagem - ZP

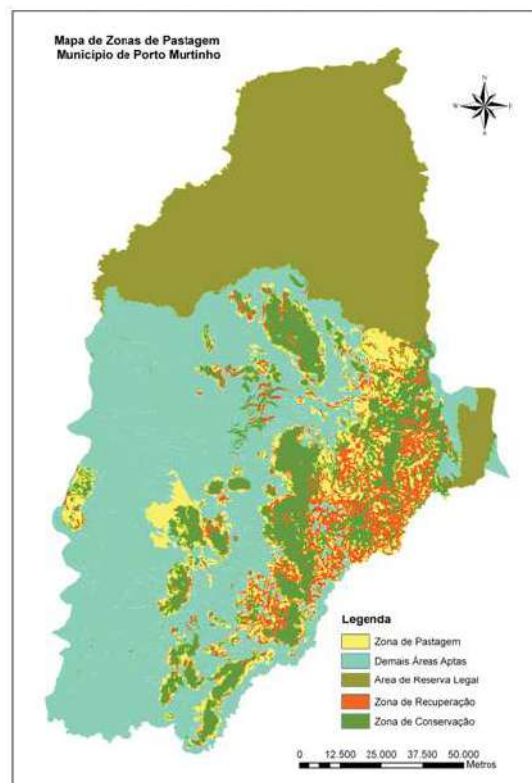
Esta zona agroecológica ocupa cerca de 1.360 km<sup>2</sup> que equivalem a aproximadamente 7,7% das terras do município de Porto Murtinho. Ocorrem predominantemente em áreas de relevo variando de plano a ondulado, com declividades inferiores a 20%. Nas terras indicadas para a exploração com pastagens dominam os solos das classes dos Neossolos Regolíticos Eutróficos componentes principais das unidades de mapeamento RRe6 (51,0%), RRe1 (25,5%) e RRe2 (12,5%) respectivamente. Atualmente, a maior parte da área desta zona agroecológica já é utilizada com pastagens (55,8%), enquanto que ainda 44,2% das terras avaliadas nesta zona ainda possuem vegetação natural, que, via de regra, deverão ser utilizadas ou não a luz da legislação ambiental em vigor.



### Principais limitações

A maior parte dos solos componentes desta zona apresenta restrições de capacidade de retenção de umidade face ao volume de solo e profundidade efetiva. Apesar da dominância de condições de relevo favoráveis a implantação de pastagens, com declividades inferiores a 20% na maior parte das terras desta zona, a moderada fragilidade ambiental dessas terras, vinculada a associação de características de solo, clima e posição na paisagem indicam o uso cauteloso das terras desta zona agroecológica.

A figura 12 apresenta a distribuição e ocorrência das áreas classificadas como zonas agroecológicas indicadas para pastagem no município de Porto Murtinho.



**Figura 12.** Mapa com a distribuição das zonas agroecológicas para pastagem (ZP) no município de Porto Murtinho.



### **3.1.6 Zonas recomendadas para pastagem especial - ZPE**

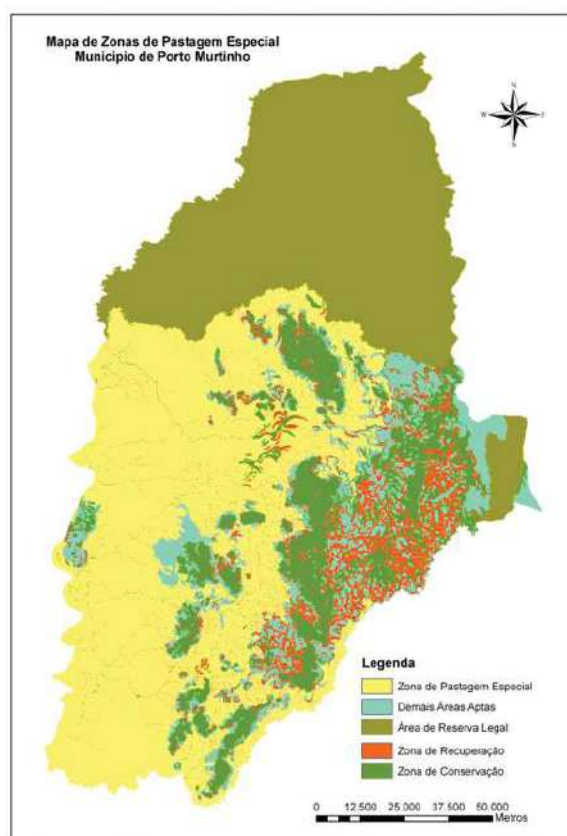
Esta zona agroecológica são as que dominam no município de Porto Murtinho, ocupam mais de 7.007 km<sup>2</sup> que equivalem a 39,6% das terras do município. Ocorrem predominantemente em áreas de relevo plano e suave ondulado (95%). Nas terras indicadas para a exploração com pastagens dominam os solos das classes dos Planossolos, componentes principais das unidades de mapeamento SN, SX e VG. Atualmente, a maior parte da área desta zona agroecológica já é utilizada com pastagens naturais (55%) e, enquanto que ainda cerca de 45% das terras avaliadas nesta zona ainda possuem vegetação natural, que, via de regra, deverão ser utilizadas ou não a luz da legislação ambiental em vigor. Sua ocorrência dominante é absoluta na área região do pantanal. As terras desta zona agroecológica só apresentam viabilidade de utilização à luz do sistema de produção de pecuária extensiva, em respeito às condições ambientais locais.

#### **Principais limitações**

A maior parte dos solos componentes desta zona apresenta restrições de disponibilidade de nutrientes, alguns até mesmo de toxidez, deficiência de drenagem e baixa capacidade de retenção de umidade. Apesar da dominância absoluta de condições de relevo favoráveis a implantação de pastagens, com declividades inferiores a 20% em quase a totalidade das terras desta zona, a moderada fragilidade ambiental dessas terras, associada às características de solo, clima e posição na paisagem indicam o uso cauteloso das terras desta zona agroecológica, indicando o uso exclusivo destas terras sob sistema de pecuária extensiva.

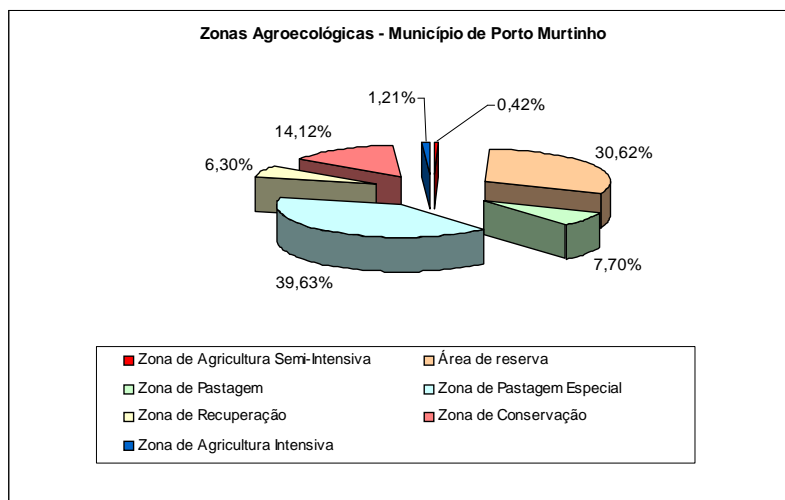
A figura 13 apresenta a distribuição e ocorrência das áreas classificadas como zonas agroecológicas indicadas para pastagem especial no município de Porto Murtinho. As figuras 14 e 15 mostram a distribuição espacial e o percentual de ocorrência das terras do município de Porto Murtinho-MS em função das zonas agroecológicas identificadas. Destaque especial deve ser dado as áreas de reserva legal que abrangem cerca de 5.415 km<sup>2</sup>, o equivalente a quase 31% da área total do município.



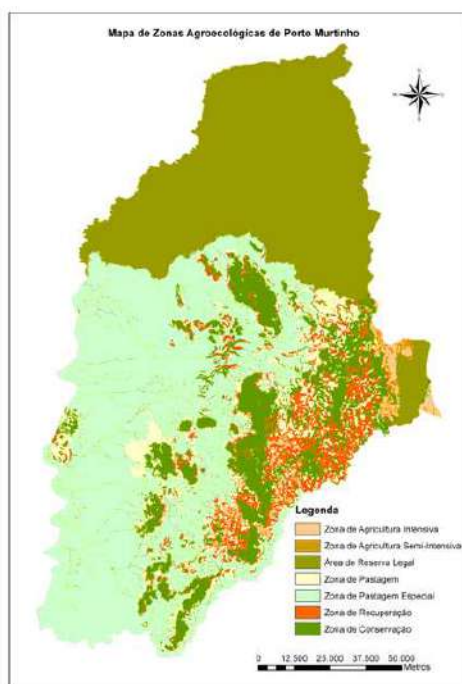


**Figura 13.** Mapa com a distribuição das zonas agroecológicas para pastagem especial (ZPE) no município de Porto Murtinho.





**Figura 14.** Distribuição percentual da ocorrência das zonas agroecológicas segundo o Zoneamento Agroecológico do Município de Porto Murtinho.



**Figura 15.** Distribuição e ocorrência das zonas agroecológicas no município de Porto Murtinho.



Dentre as áreas indicadas para utilização – Zona Agroecológica de Agricultura Intensiva – Zona Agroecológica de Agricultura Semi-Intensiva – Zona Agroecológica de Pastagem podemos apresentar nas tabelas a seguir os seguintes resultados. As tabelas 9 e 10 exibem as áreas em km<sup>2</sup> com as interpretações para as diferentes classes de aptidão avaliadas por conjunto de culturas.

As figuras 16, 17 e 18 mostram a ocorrência percentual das classes de aptidão agrícola por grupo de culturas indicadas para as zonas agroecológicas de agricultura intensiva no município de Porto Murtinho.

As figuras 19, 20, 21 e 22 mostram a ocorrência percentual das classes de aptidão por grupo de culturas indicadas para as zonas agroecológicas de agricultura semi-intensiva no município de Porto Murtinho.

A tabela 11 exibe as classes de aptidão para a cultura do arroz avaliada na Zona Agroecológica de Pastagem Especial.

A figura 23 apresenta a distribuição percentual da ocorrência das classes de aptidão para a cultura do arroz nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com pastagem especial.

**Tabela 9.** Área (km<sup>2</sup>) das classes de aptidão agrícola das culturas em sistema intensivo de manejo (ZAI).

Classes Culturas	B	B**	R	R*	R**	M	M*	M**	I	I*
Soja ou Milho	6,96	0,40	78,81	---	106,04	---	---	---	21,49	---
Abacaxi	---	---	85,77	---	106,45	---	---	---	21,49	---
Milho Safrinha	102,49	---	85,77	---	3,96	---	---	---	21,49	---



Tabela 10 - Área (km<sup>2</sup>) das classes de aptidão agrícola das culturas em sistema semi-intensivo de manejo (ZAS).

Classes Culturas	B	B**	R	R*	R**	M	M*	M**	I	I*
Banana	---	---	88,78	--	177,73	--	---	---	22,32	--
Uva	88,78	177,73	---	--	---	--	---	---	22,32	--
Citrus Goiaba	9,97	0,40	78,81	--	177,33	--	---	---	22,32	--
Manga Maracujá Mamão	---	---	88,78	--	177,73	--	---	---	22,32	--

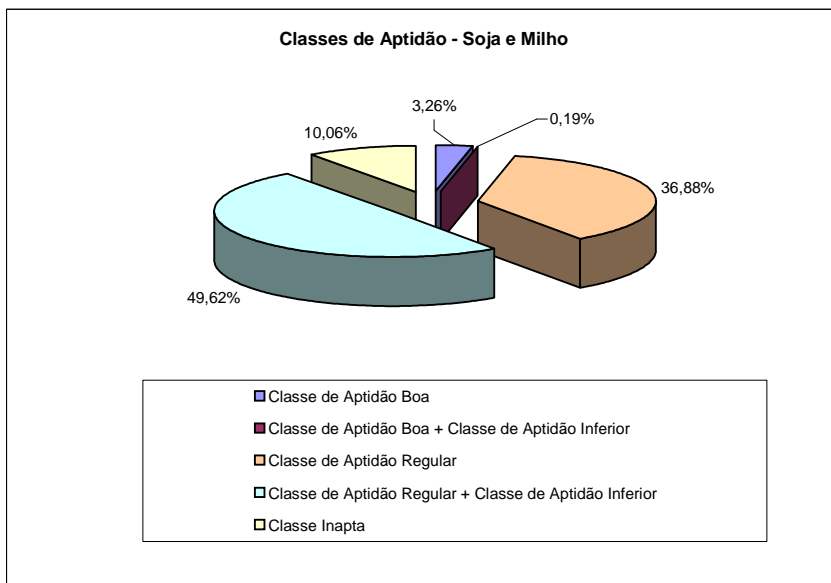
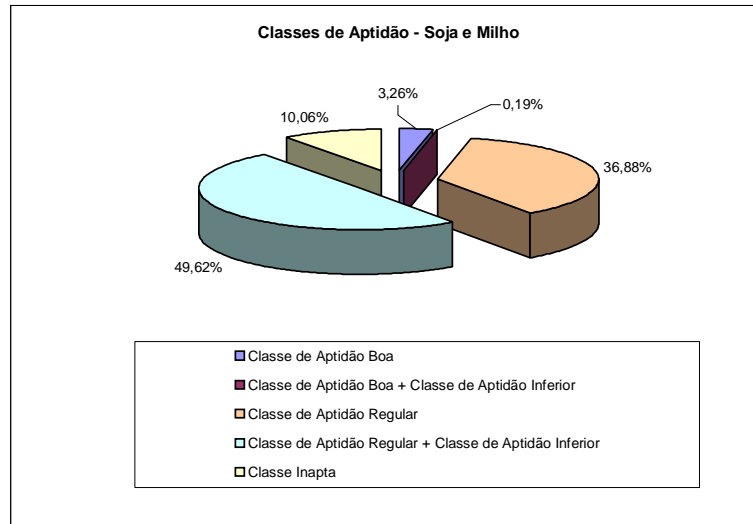
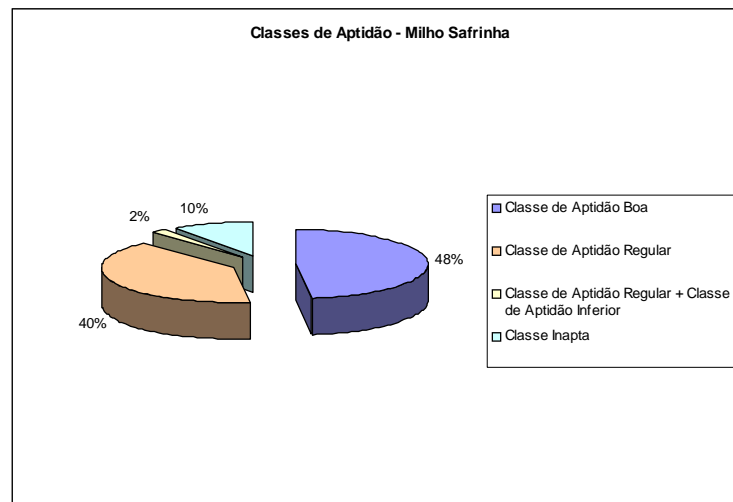


Figura 16 - Distribuição percentual da ocorrência das classes de aptidão agrícola para as culturas da soja e milho nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura intensiva.



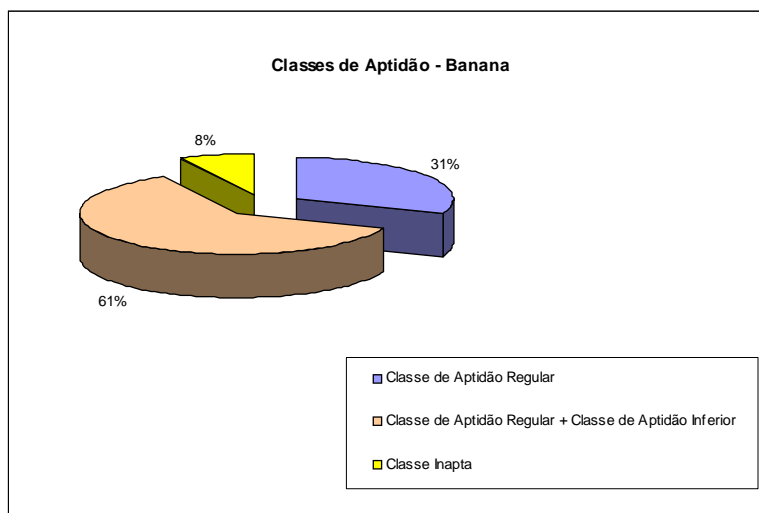


**Figura 17.** Distribuição percentual da ocorrência das classes de aptidão agrícola para as culturas da soja e milho nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura intensiva.

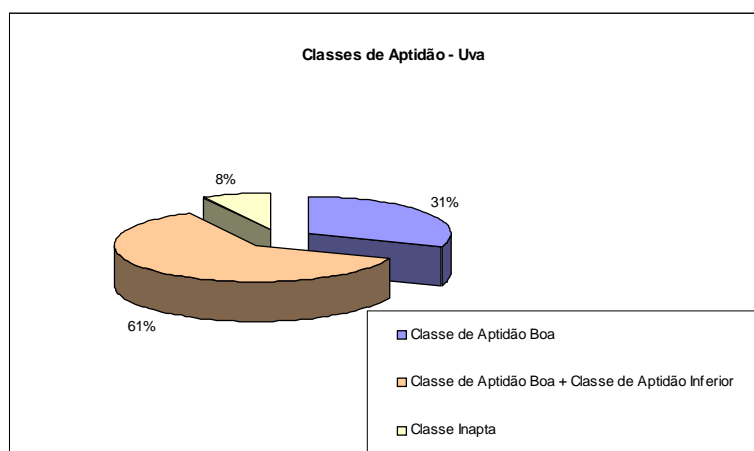


**Figura 18.** Distribuição percentual da ocorrência das classes de aptidão agrícola para a cultura do milho-safrinha nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura intensiva.



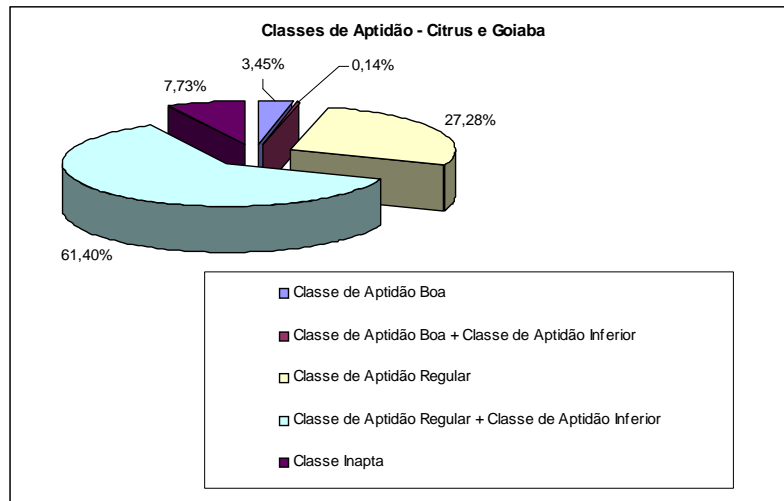


**Figura 19.** Distribuição percentual da ocorrência das classes de aptidão agrícola para a cultura da banana nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura semi-intensiva.

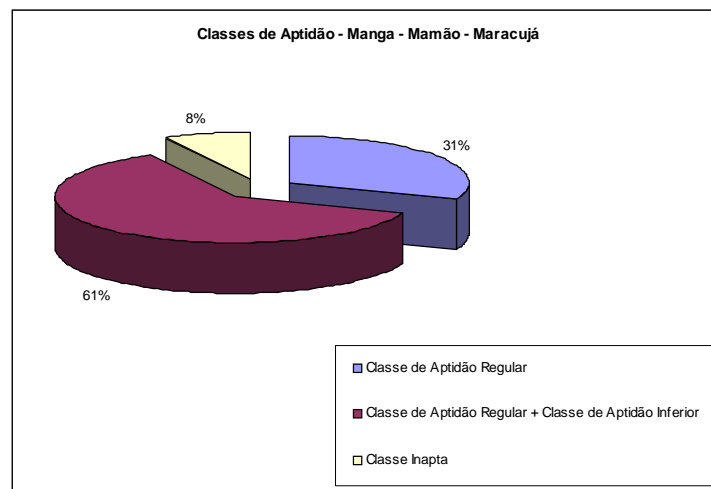


**Figura 20.** Distribuição percentual da ocorrência das classes de aptidão agrícola para a cultura da uva nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura semi-intensiva.





**Figura 21.** Distribuição percentual da ocorrência das classes de aptidão agrícola para as culturas dos citrus e da goiaba nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura semi-intensiva.

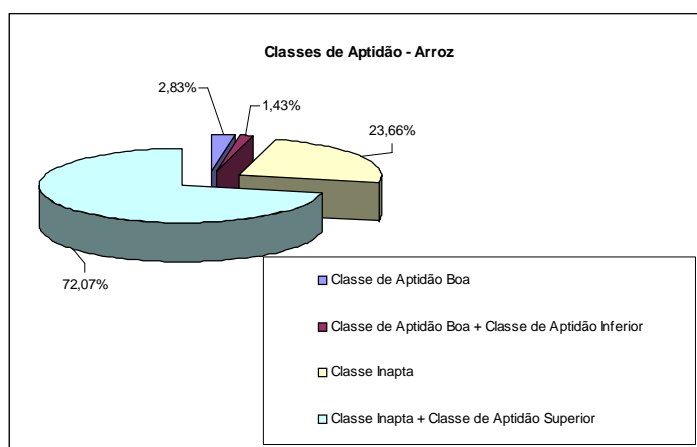


**Figura 22.** Distribuição percentual da ocorrência das classes de aptidão agrícola para as culturas da manga, do maracujá e do mamão nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura semi-intensiva.



**Tabela 11.** Área em km<sup>2</sup> da aptidão agrícola da cultura do arroz na Zona de Pastagem Especial (ZPE).

Classes Culturas	B	B**	R	R*	R**	M	M*	M**	I	I*
Arroz	198,55	100,17	---	---	---	---	---	---	1.658,12	5.050,21



**Figura 23.** Distribuição percentual da ocorrência das classes de aptidão agrícola para a cultura do arroz nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com pastagem especial.

## 4. Conclusões

A análise dos dados ambientais através da metodologia proposta permitiu a estratificação do município de Porto Murtinho em diferentes unidades de paisagem - zonas agroecológicas para uso agropecuário, zonas de conservação e zonas de recuperação.

As zonas agroecológicas recomendadas para o uso com lavouras (intensivas e semi-intensivas) somam apenas 288,83 km<sup>2</sup>, o que equivale a 1,63% da área total do município.

As zonas agroecológicas recomendadas para o uso com pastagens somam cerca de 1.360,48 km<sup>2</sup> o equivalente a 7,7% da área total do município, enquanto que, nesta zona agroecológica de pastagens especiais adaptadas as



condições de restrição de drenagem, apenas 298,73 km<sup>2</sup>, ou menos de 4,3% são indicados para o cultivo de arroz.

As terras identificadas e avaliadas como zonas recomendadas para conservação dos recursos naturais somam 14,1 % das terras do município, equivalentes a 2.496km<sup>2</sup>, as quais constituem áreas de alta fragilidade ambiental e/ou apresentam restrições legais de uso como áreas de preservação permanente.

As áreas identificadas como zonas recomendadas para recuperação ambiental somam 1.114 km<sup>2</sup> o que equivale a 6,3% das terras do município. Constituem-se em áreas de alta fragilidade ambiental e/ou que apresentam restrições legais de uso e que foram desmatadas para o uso agropecuário.

No município de Porto Murtinho as terras de maior expressão em extensão, 5.413,41 km<sup>2</sup>, equivalentes a 30,62% do município são ocupados com áreas de *Reserva*.

A área do município de Porto Murtinho apresenta um baixo a moderado grau de ação antrópica das terras, onde cerca de 37% das terras estão sendo utilizadas com pastagens, enquanto que os restantes 63% apresentam um certo grau de preservação. Neste sentido é necessário a adoção de ações que evitem a degradação dessa vegetação natural, além da elaboração de um plano participativo de uso sustentado dos recursos naturais.

É importante frisar que, além das áreas de preservação permanente, faz-se urgente, pelo poder público, o incentivo ao cumprimento dos preceitos do código florestal em toda a sua amplitude, em particular com relação a delimitação, recomposição e averbação das áreas de reserva legal por imóvel rural.

Sugere-se que um programa dessa natureza possa ser conduzido pelos comitês de bacias hidrográficas num projeto que, além de buscar o respeito a legislação ambiental através da recomposição vegetal, incorpore objetivos de uso sustentável dos recursos naturais, através da conservação do solo e da água, a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção da flora e fauna nativas.



## 5. Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia: questões de escala e método. USP, **Estudos Avançados USP**, São Paulo, v. 4, p. 4 -20, 1989.

ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; CORAL, G.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A.; LOPES, T. S. S.; MARRA, E.; BEZERRA, H. S.; HISSA, H. R.; FIGUEIREDO, A. F.; SILVA, G. G.; SUCHAROV, E. C.; ALVES, J.; MARTORANO, L. G.; BOUHID, A.; ROMÍSIO, G.; BASTOS ANDRADE, W. E. **Zoneamento climático da cultura do café (*Coffea arabica*) no Estado de Mato Grosso do Sul**. Campinas: IAC, 2002. Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/cafe/MS\\_menu.html](http://www.cpa.unicamp.br/cafe/MS_menu.html)>. Acesso em: 03 nov. de 2006.

BIRKELAND, P. W. **Soils and geomorphology**. New York. Oxford University Press, 1984. 372 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Sul de Mato Grosso**. Rio de Janeiro: DNPEA, 1971. 839 p. (Boletim Técnico, 18).

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SF. 21 Campo Grande**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. v. 28, 416 p.

BROCH, S. A. O. Gerenciamento de recursos hídricos no Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBEA, 2000. 1 CD-ROM.

CAMARGO, M. B. P.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ALFONSI, R. R.; ORTOLANI, A. A.; BRUNINI, O.; CHIAVEGATTO, O. M. D. P. **Probabilidade de ocorrência de geadas nos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1990. (Boletim técnico IAC, 136).



EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Zoneamento agropedoclimático do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 17).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Zoneamento agroecológico do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 33).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação – Enfoque na Região Semi-Árida**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 218 p. il.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade do município de Bonito, estado do Mato Grosso do Sul**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 126).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento pedológico do município de Porto Murtinho: parte do projeto do zoneamento agroecológico do Estado do Mato Grosso do Sul**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. No prelo

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Zoneamento agroecológico do município de Nioaque, Estado do Mato Grosso do Sul**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 130b).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento pedológico do município de Ponta Porã: parte do projeto do zoneamento agroecológico do Estado do Mato Grosso do Sul**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. (Embrapa Solos. Relatório Técnico).



EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento:** normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1988. 67 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 11).

ENGEL B. **Estimating soil erosion using RUSLE:** using ArcView. West Lafayette: Purdue University, 2003.

FAO. **Zonificación agro-ecológica:** guia general. Roma: FAO, 1997. 82 p. (FAO. Boletín de Suelos, 73).

FAO. **Manual CROPWAT.** Rome: FAO, 1989.

FOURNIER, R. **Climate e erosion.** Paris: Press Universitaires de France, 1960. 201 p.

GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. Primary topographic attributes. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Ed.). **Terrain Analysis:** Principles and applications. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 51-85.

GONÇALVES, A. O.; GACHET, G. F.; SILVA, C. A. M. Automação de algoritmo para caracterização climática de Köppen utilizando procedimentos computacionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14.; 2005, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: SBAGRO, 2005. 1. CD-ROM.

IBGE. **Produção agrícola municipal:** Mato Grosso do Sul - 1997 a 2006. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 09 set. 2007a.

IBGE. **Produção pecuária municipal:** Mato Grosso do Sul - 1997 a 2005. Disponível: site Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2007b.

JANSSEN, B. H.; GUIKING, F. C. T.; van DER EIJK, D.; SMALLING, E. M. A.; WOLF, J.; van REULER, H. **QUEFTS.** Wageningen: Winand Staring Center. 1989.



KOPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. [Ciudad de Mexico]: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479 p.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAEUR, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, v. 51, p.189-196, 1992.

LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. 1977. 53 f. Dissertation (Master of Science) - Purdue University, West Lafayette.

MANNIGEL, A. R.; PASSOS e CARVALHO, M.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.

MARTINS, A. K. E.; SARTORI NETO, A.; MARTINS, I. C. M.; BRITES, R. S.; SOARES, V. P. Uso de um sistema de informações geográficas para indicação de corredores ecológicos no município de Viçosa - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 3, p.373-380, 1998.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Macrozoneamento geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: SEPLAN, 1989. 242 p.

PILLAR, V. D. **Clima e vegetação**. [Porto Alegre]: UFRGS, 1995. Disponível em: <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>> . Acesso em: 24 mar. 2009

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**: metodologia de Interpretação de levantamentos. Brasília: BINAGRI; Rio de Janeiro: Embrapa SNLCS, 1983b. 71 p.

RAMALHO FILHO, A.; HIRANO, C.; DINIZ, T. D. A.; BACH, J. C. **Aptidão Pedoclimática - Zoneamento Por Produto. Região do Programa Grande Carajás**. Brasília: BINAGRI; Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS: IBGE, 1983a. 30 p.



RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS, 1995. 65 p.

RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital image analysis**. Berlin: Springer-Verlag, 1999. 240 p.

RODRIGUES, G. S. Conceitos ecológicos aplicados à agricultura. **Revista Científica Rural**, Santa Maria, v. 4, n. 2. p.155-166, 1999.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C. **Balanço hídrico normal por Thornthwaite & Mather**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1999. 5 v.

SANS, L. M. A.; ASSAD, D.; GUIMARÃES, D. P.; AVELAR, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho na região centro-oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 9, n. 3, p. 527-539, 2001.

SILVA, F. B. R.; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L. T. L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, A. B. da; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste, diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA - CNPS, 1993. 2 v.

THORNTWHAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev**, v. 38, p.55-94, 1948.

THORNTWHAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104 p. 1955.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)**. 2005. Disponível em: < <http://edc.usgs.gov/products/elevation/srtm> > . Acesso em: nov. 2005.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, D.C: USDA, 1978. 57 p. (USDA. Agricultural Handbook).



ZARONI, M. J.; GONÇALVES, A. O.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JUNIOR, W.; AMARAL, F. C. S.; CHAGAS, C. S. Caracterização da erosividade das chuvas dos municípios de Bonito, Dourados, Jardim e Nioaque, Estado do Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado, RS [**Anais...**] Gramado, RS: SBCS, 2007. 1 CD-ROM.

ZIMMER, A. H.; EUCLIDES, V. P. B; EUCLIDES FILHO, K.; MACEDO, M. C. M. **Considerações sobre índices de produtividade da pecuária de corte em Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1998. 53p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 70).

#### **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

DIEPES, V. C. A.; RAPPALST, C.; WOLF, J; van KEULEN, H. **CWFS Crop Growth Simulation Model WOFOST**. Wageningen: Center for World Food Studies, 1988.

GAUSSEN, H. **Théorie et classification des climats et microclimats**. In: CONGRÈS INTERNATIONAL BOTANIQUE, 7.; 1954, Paris: [Société Botanique de France], 1954. p. 125-30.

IBSNAT. Agrotechnology Transfer. **Newsletter IBSNAT**, Honolulu, n. 6, 1987.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1983. 175 p.

LEROHL, M. L. The sustainability of selected prairie crop rotations. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v.39, p.667-676, 1991.

SINGH, U.; THORNTON, P. K. Using crop models for sustainability and environmental quality assessment. **Outlook on Agriculture**, v. 21, p. 209-218. 2002.



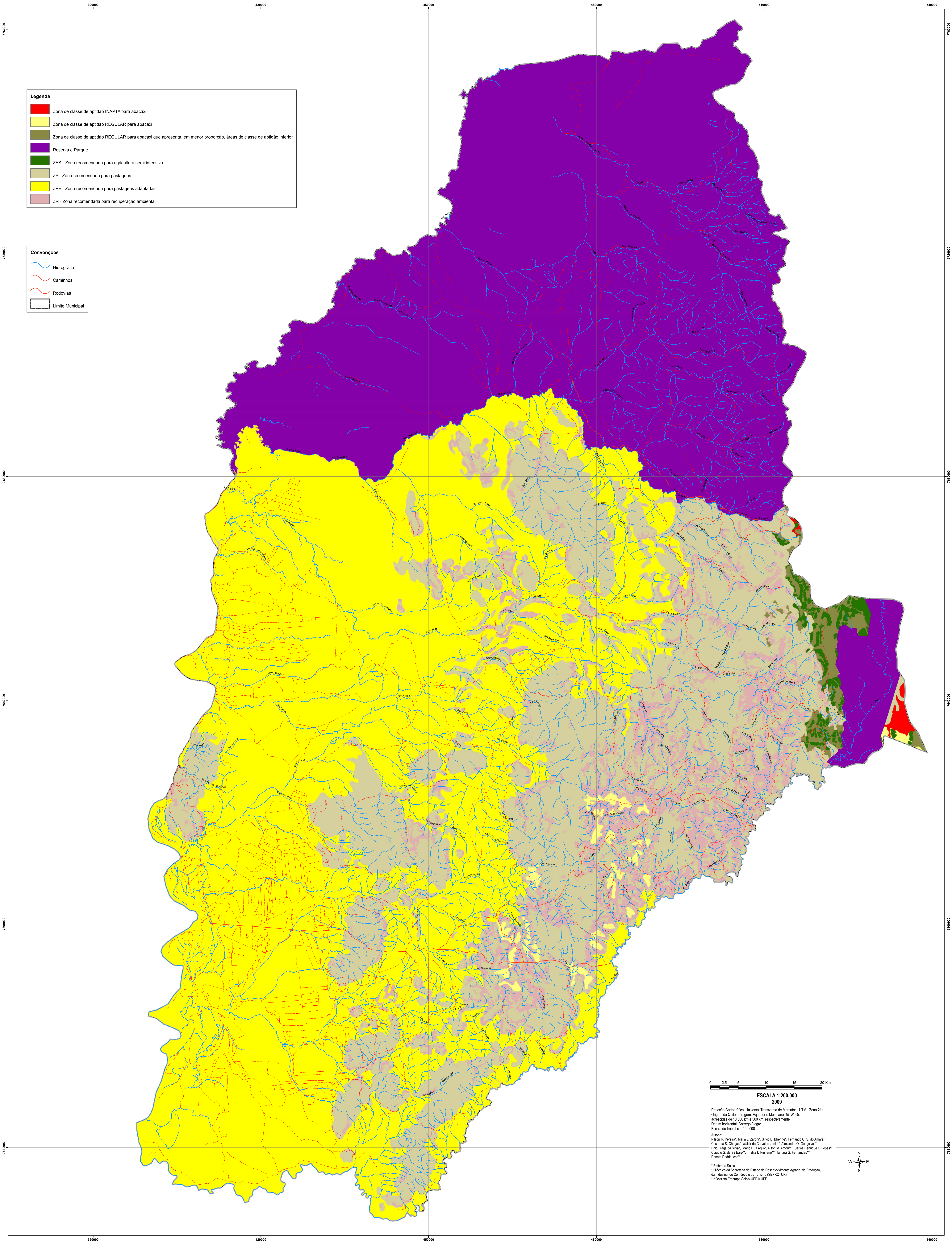
## **Anexos**

---

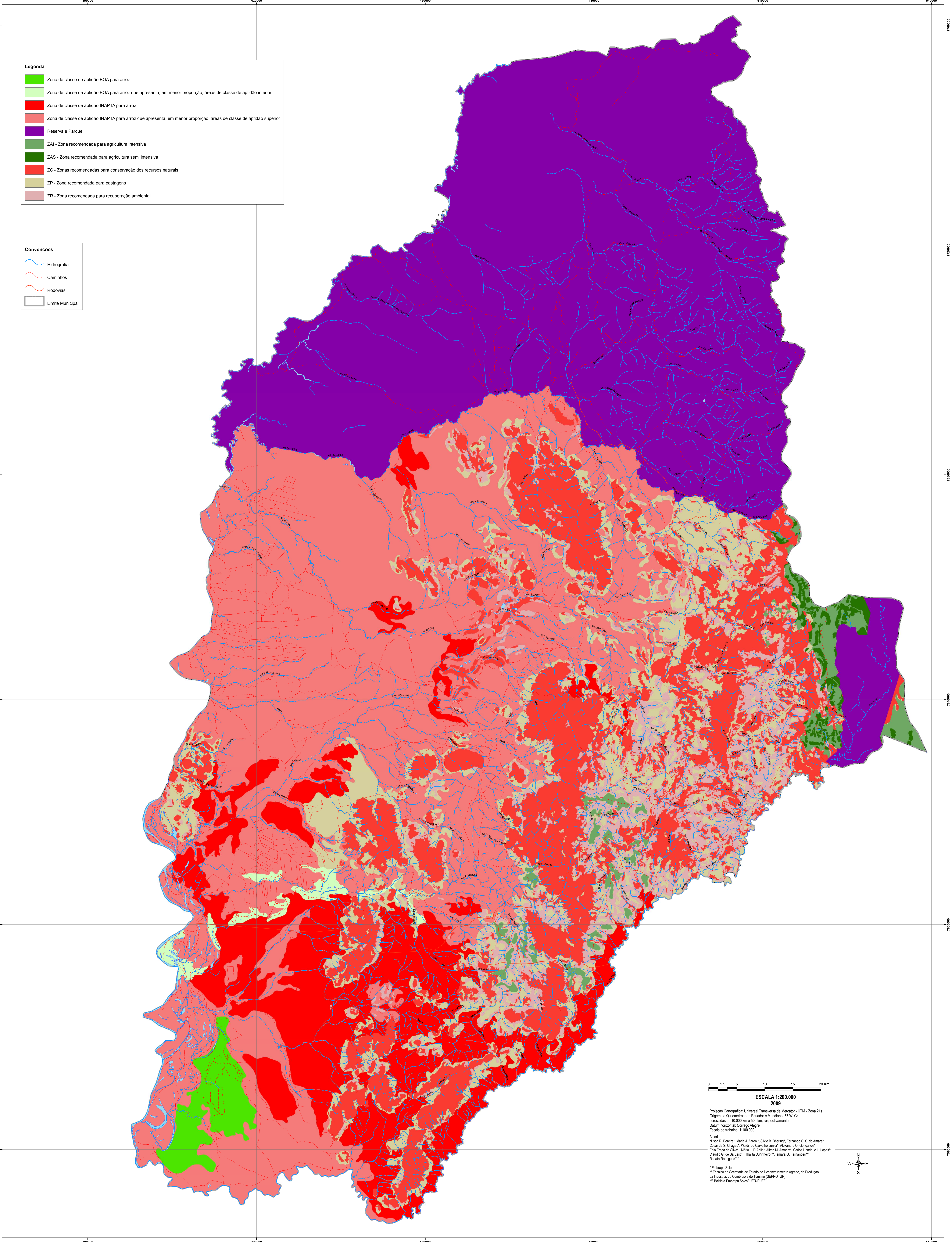
### **Mapa do zoneamento agroecológico do município de Porto Murtinho (escala 1:100.000)**

- Zoneamento agroecológico do abacaxi no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico do arroz no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico da banana no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico do citrus no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico da goiaba no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico do mamão no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico da manga no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico do maracujá no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico do milho no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico do milho safrinha no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico da soja no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico da uva no município de Porto Murtinho
- Zoneamento agroecológico do município de Porto Murtinho



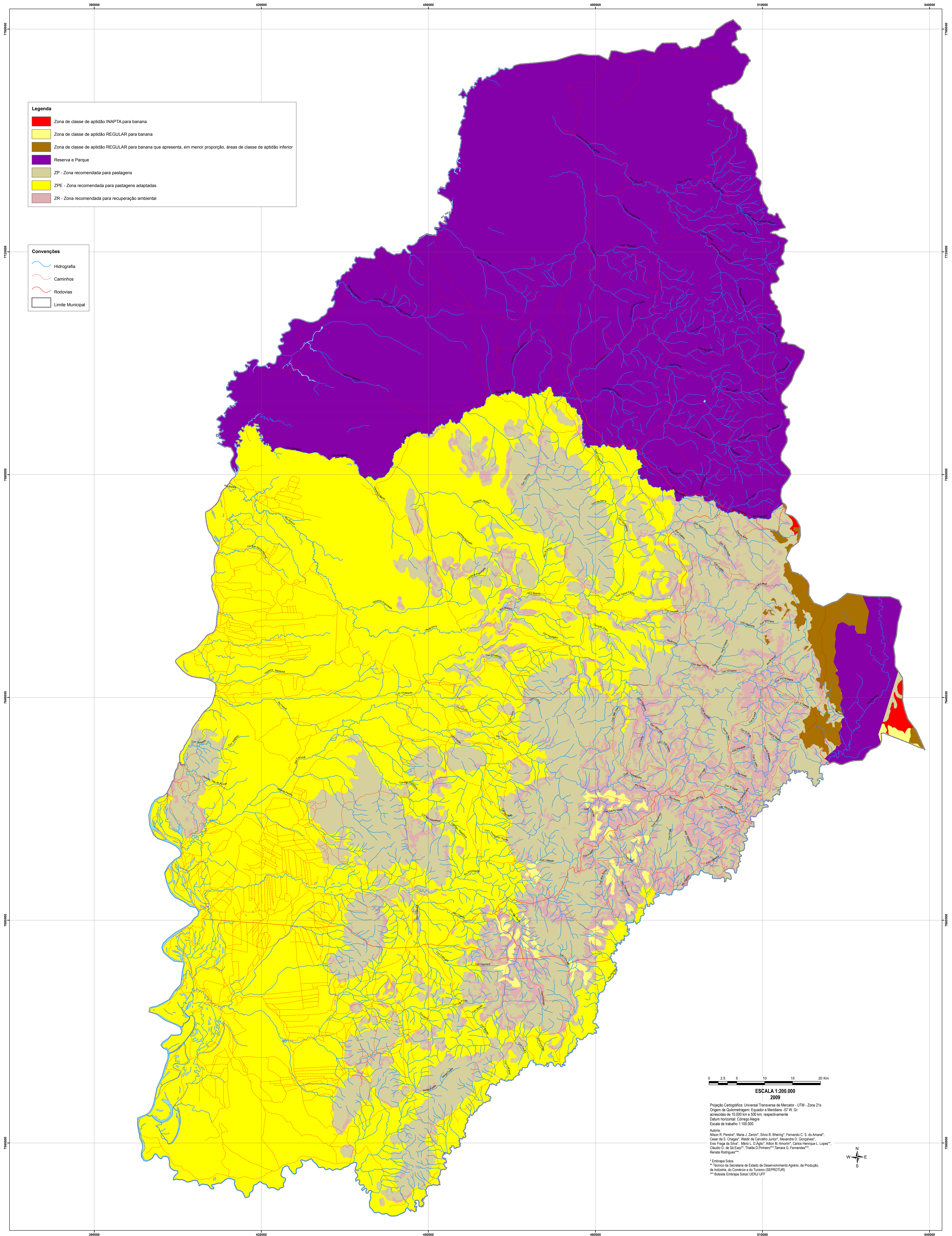




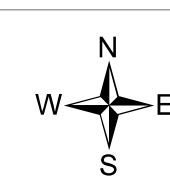
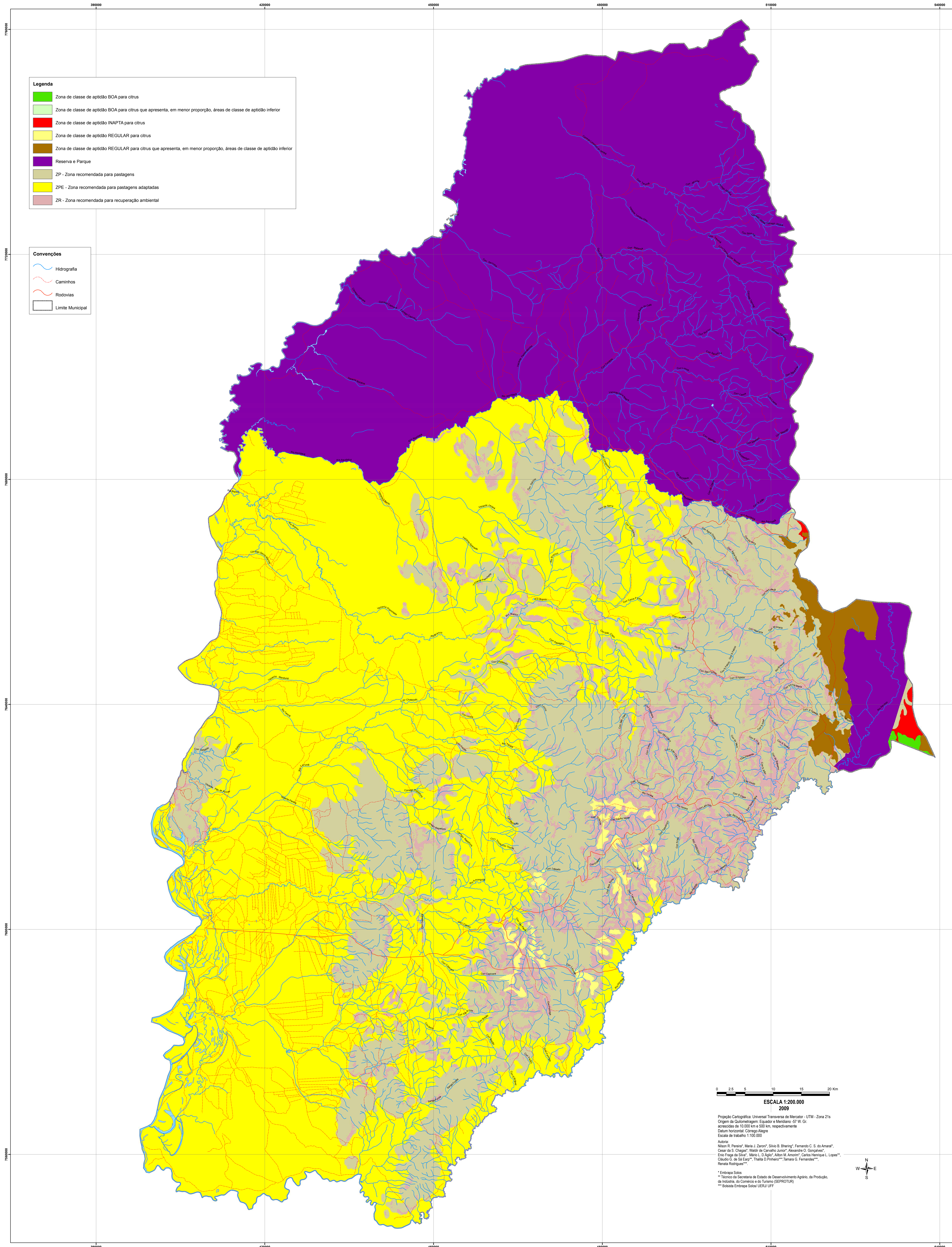




## Zoneamento Agroecológico para Banana no Município de Porto Murtinho (MS)

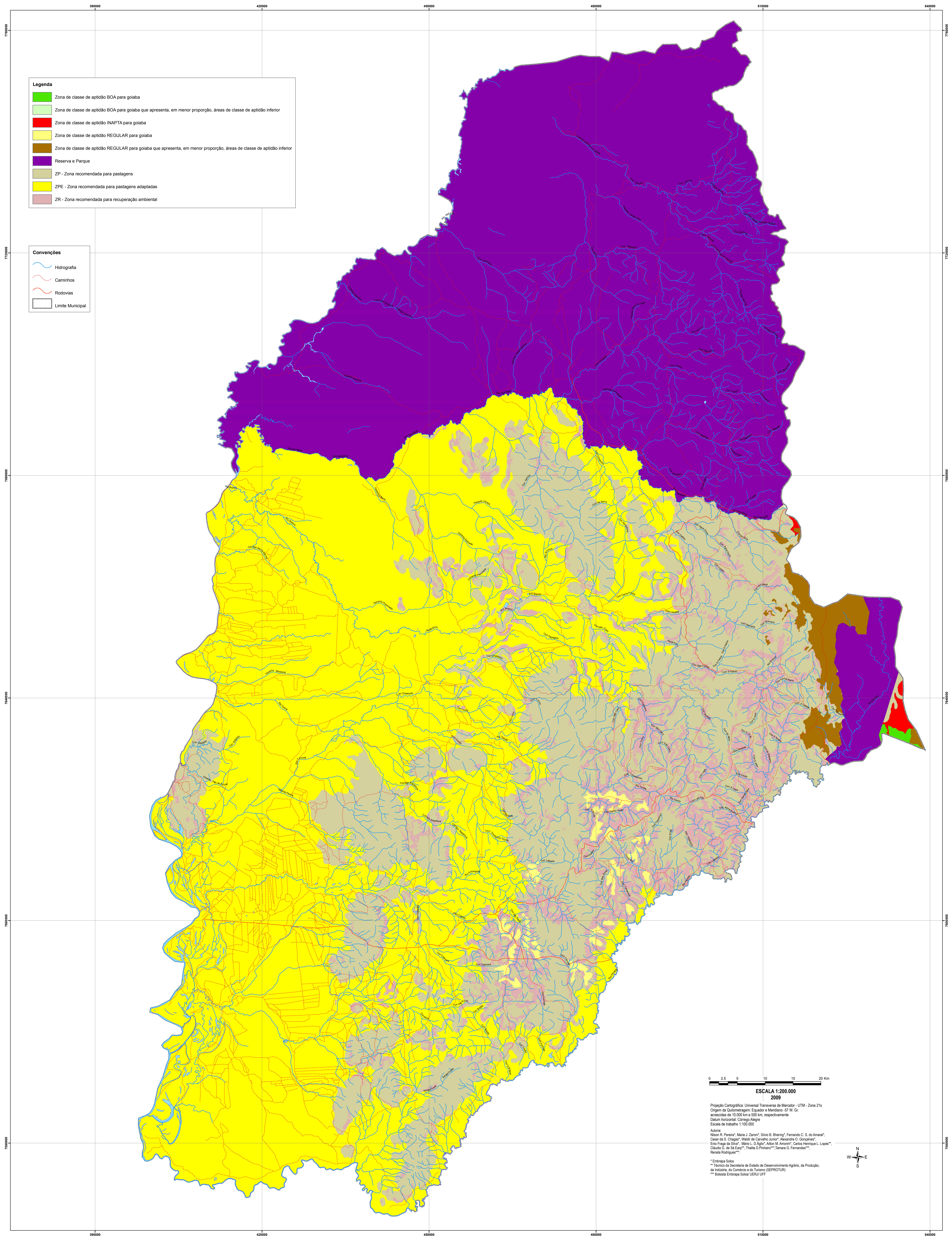




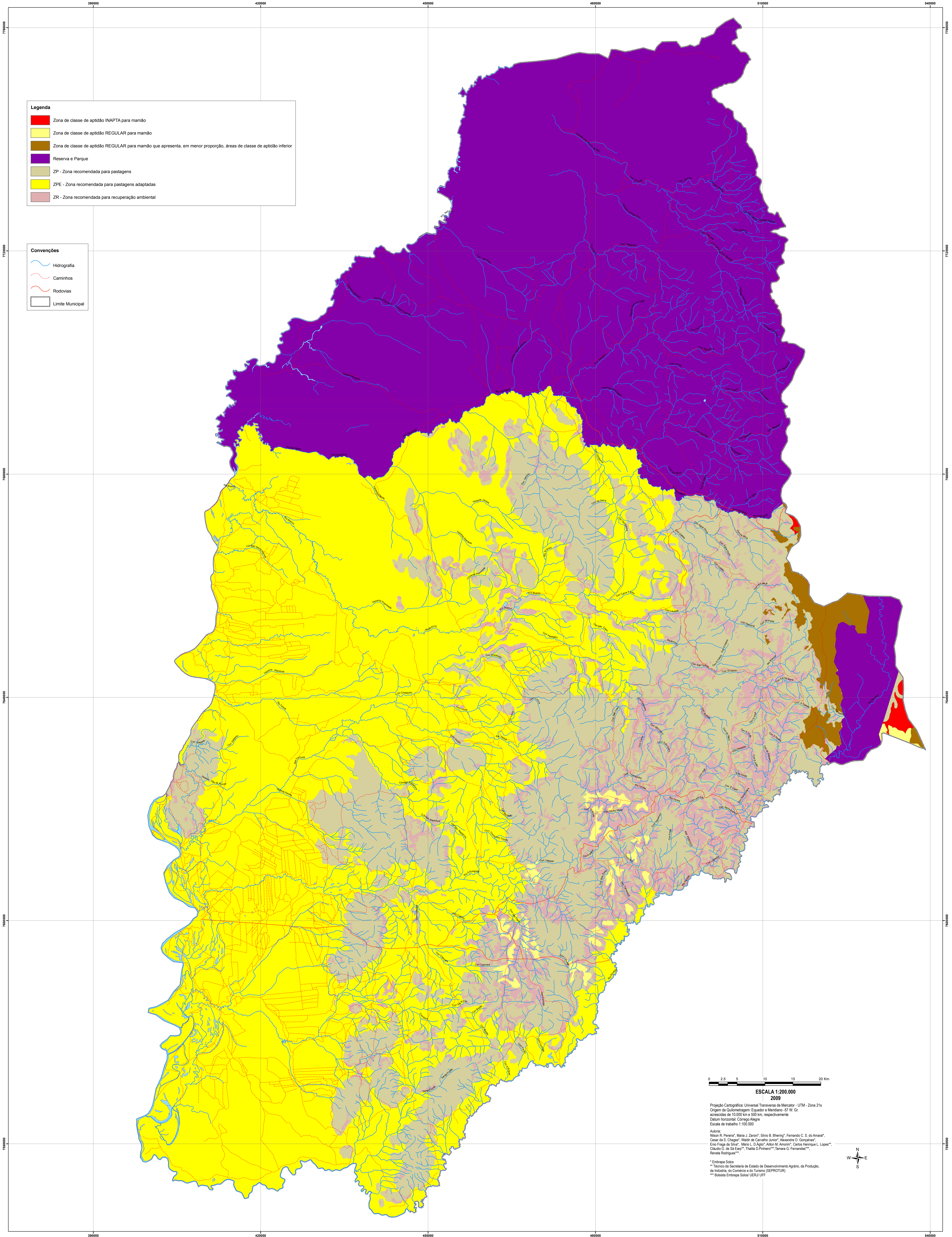




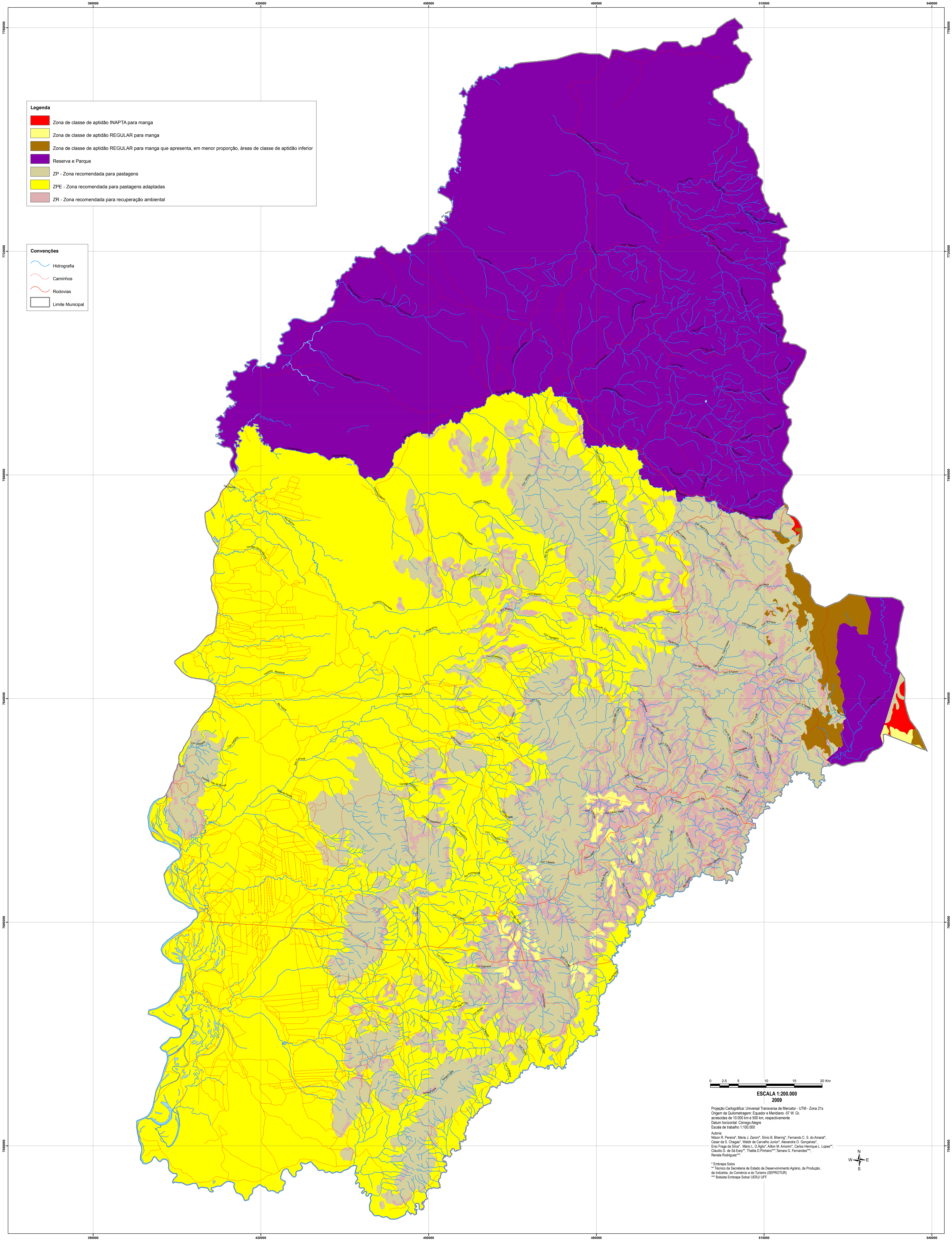
## Zoneamento Agroecológico para Goiaba no Município de Porto Murtinho (MS)





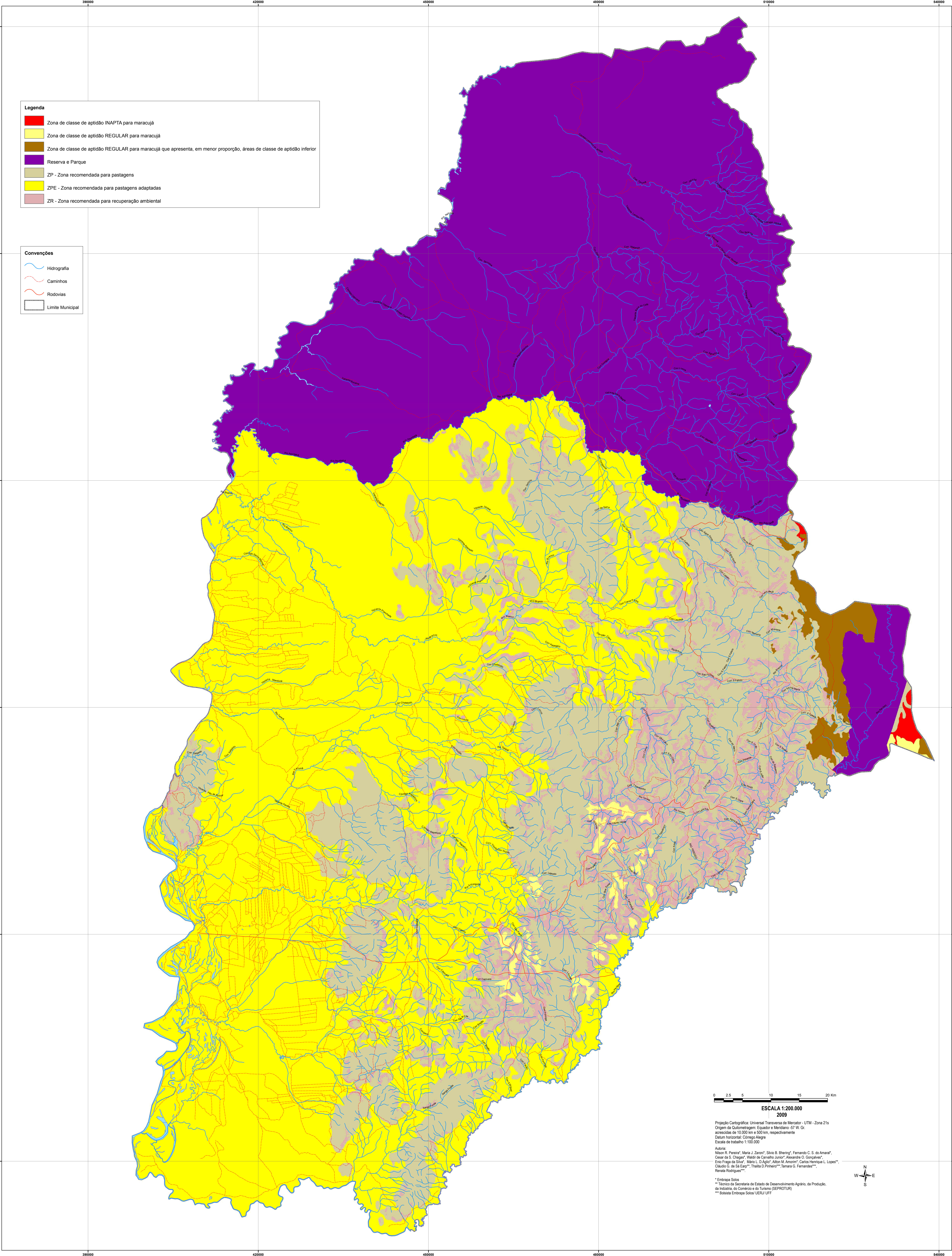






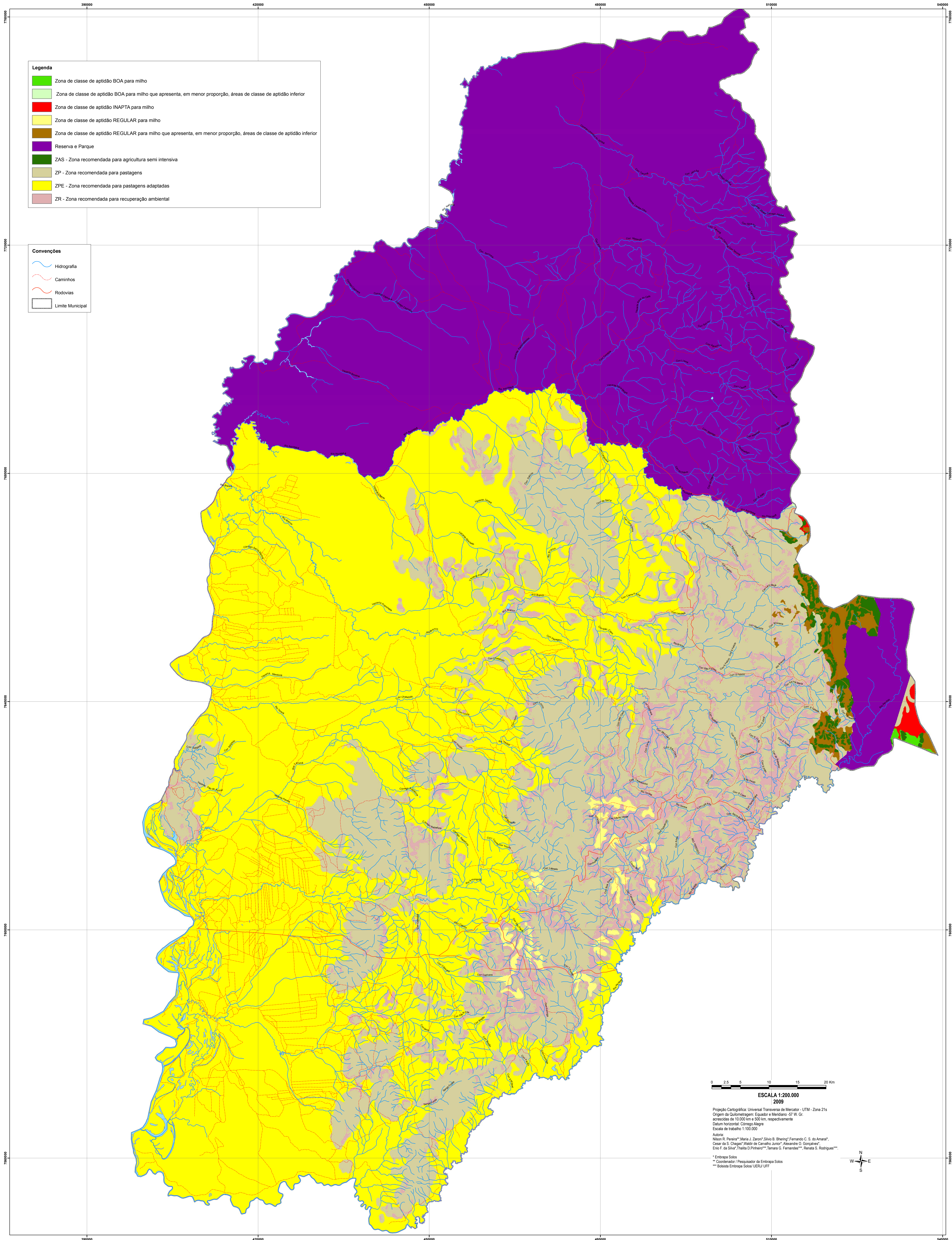
0 2,5 5 10 15 20 Km  
ESCALA 1:200.000  
2009  
Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator - UTM - Zona 21s  
Origem da Geometria: Equador e Meridiano 55° W. G.  
acrescidas de 10.000 km e 500 km, respectivamente  
Datum Horizontal: Coniça Alegre  
Escala de trabalho: 1:100.000  
Autoria:  
Nelson R. Pereira\*, Maria J. Zappin\*, Silvio B. Bhering\*, Fernando C. S. do Amaral\*,  
César de S. Chagas\*, Waldemar Cavalheiro Junior\*, Alexandre O. Gonçalves\*,  
Elio Fraga da Silva\*, Mário L. D'Áglio\*, Altair M. Amorim\*, Carlos Henrique L. Lopes\*\*,  
Cláudio G. de Sá Eany\*, Thelma D. Pinheiro\*\*\*, Tamara G. Fernandes\*\*\*,  
Renata Rodrigues\*\*\*  
\* Embrapa Solos  
\*\* Técnico da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agrário, da Produção,  
da Indústria, do Comércio e do Turismo (SEPROTUR)  
\*\*\* Bolsista Embrapa Solos/ UERJ/ UFF



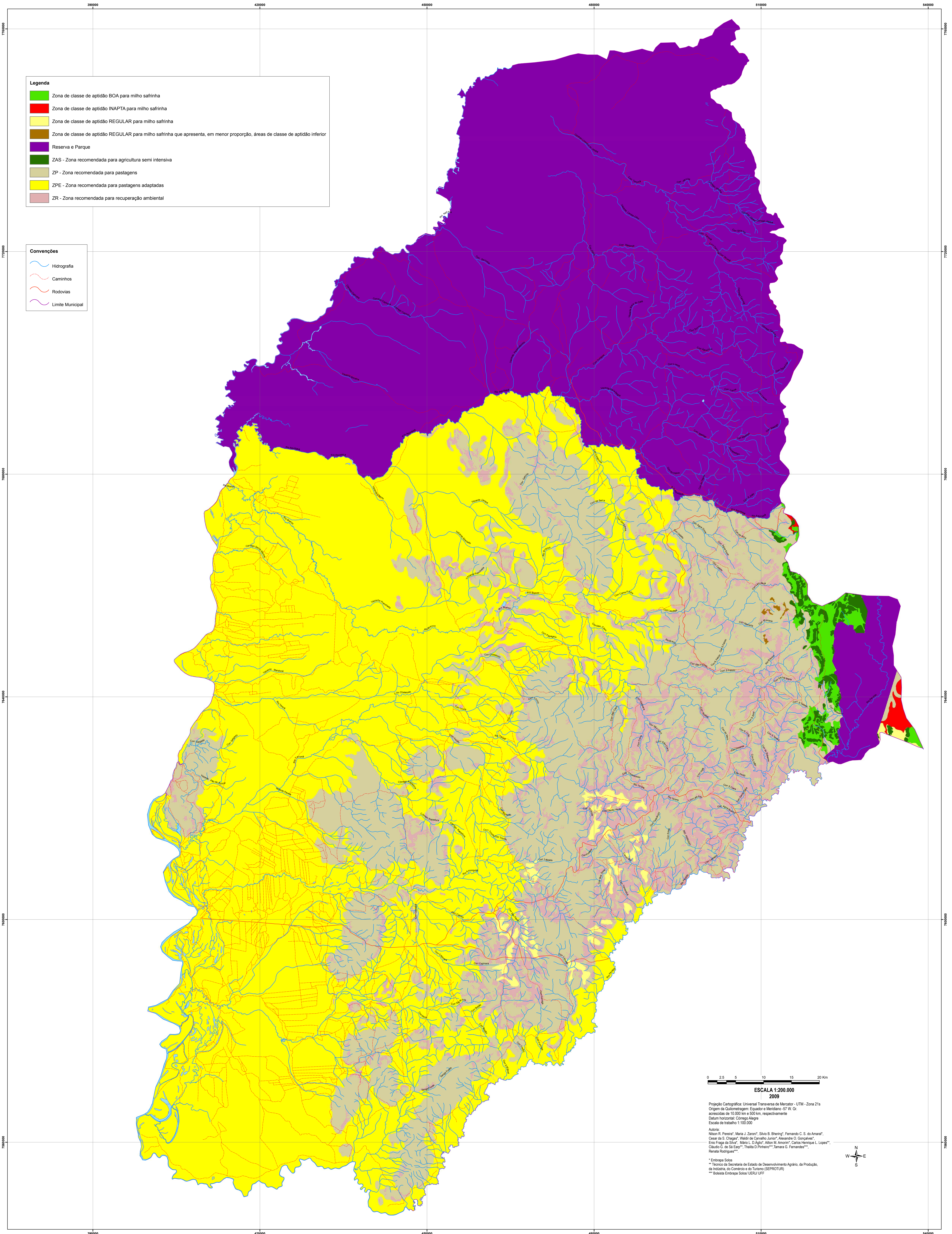




## Zoneamento Agroecológico para Milho no Município de Porto Murtinho (MS)







Legenda

Zona de classe de aptidão BOA para milho safrinha

Zona de classe de aptidão INAPTA para milho safrinha

Zona de classe de aptidão REGULAR para milho safrinha

Zona de classe de aptidão REGULAR para milho safrinha que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão inferior

Reserva e Parque

ZAS - Zona recomendada para agricultura semi intensiva

ZP - Zona recomendada para pastagens

ZPE - Zona recomendada para pastagens adaptadas

ZR - Zona recomendada para recuperação ambiental

Convenções

Hidrografia

Caminhos

Rodovias

Limite Municipal

0 2.5 5 10 15 20 km

ESCALA 1:200.000

2009

Projeto Cartográfico: Universal Transversa de Mercator - UTM - Zona 21s

Origem da Quilometragem: Equador e Meridiano 57° W. Gz

acrescidas de 10.000 km e 500 km, respectivamente

Datum horizontal: Córrego Alegre

Escala de trabalho 1:100.000

Autoria:

Nelson A. Pereira\*, Maria J. Zanon\*, Silvio B. Bhering\*, Fernando C. S. do Amaral\*\*,

Cesar de S. Chapas\*, Waldir de Carvalho Junior\*, Alexandre O. Gonçalves\*,

Enio Fraga da Silva\*, Márcio L. D'Aglio\*, Altair M. Amorim\*, Carlos Henrique L. Lopes\*\*,

Cláudio G. de Sá Eapm\*, Thelma D. Pinheiro\*\*\*, Tamara G. Fernandes\*\*\*,

Renata Rodrigues\*\*\*

\* Embrapa Solos

\*\* Técnico da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agrário, da Produção,

de Indústria, do Comércio e do Turismo (SEPROTUTRI)

\*\*\* Bolsista Embrapa Solos/UEPJ/UFF

N

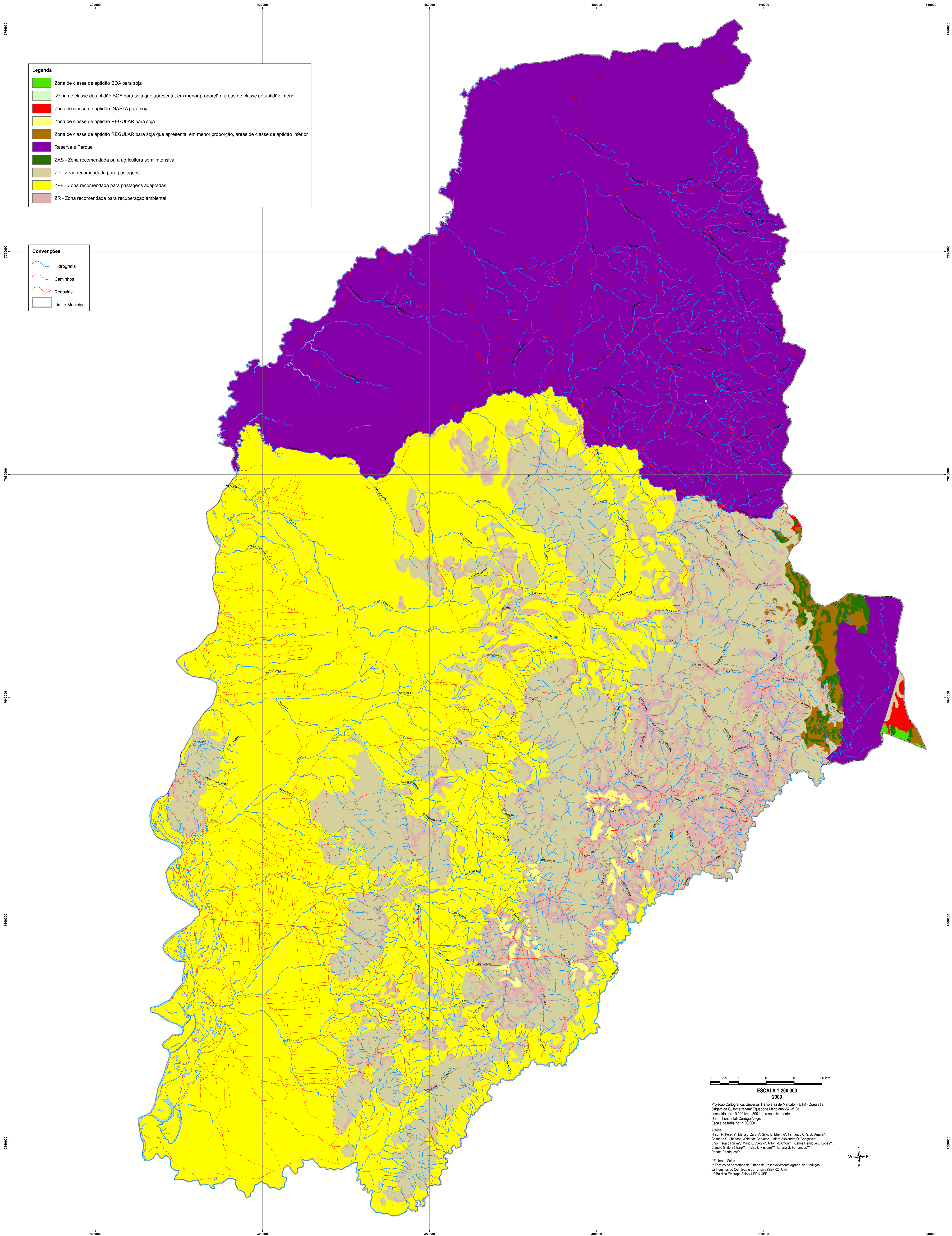
W

E

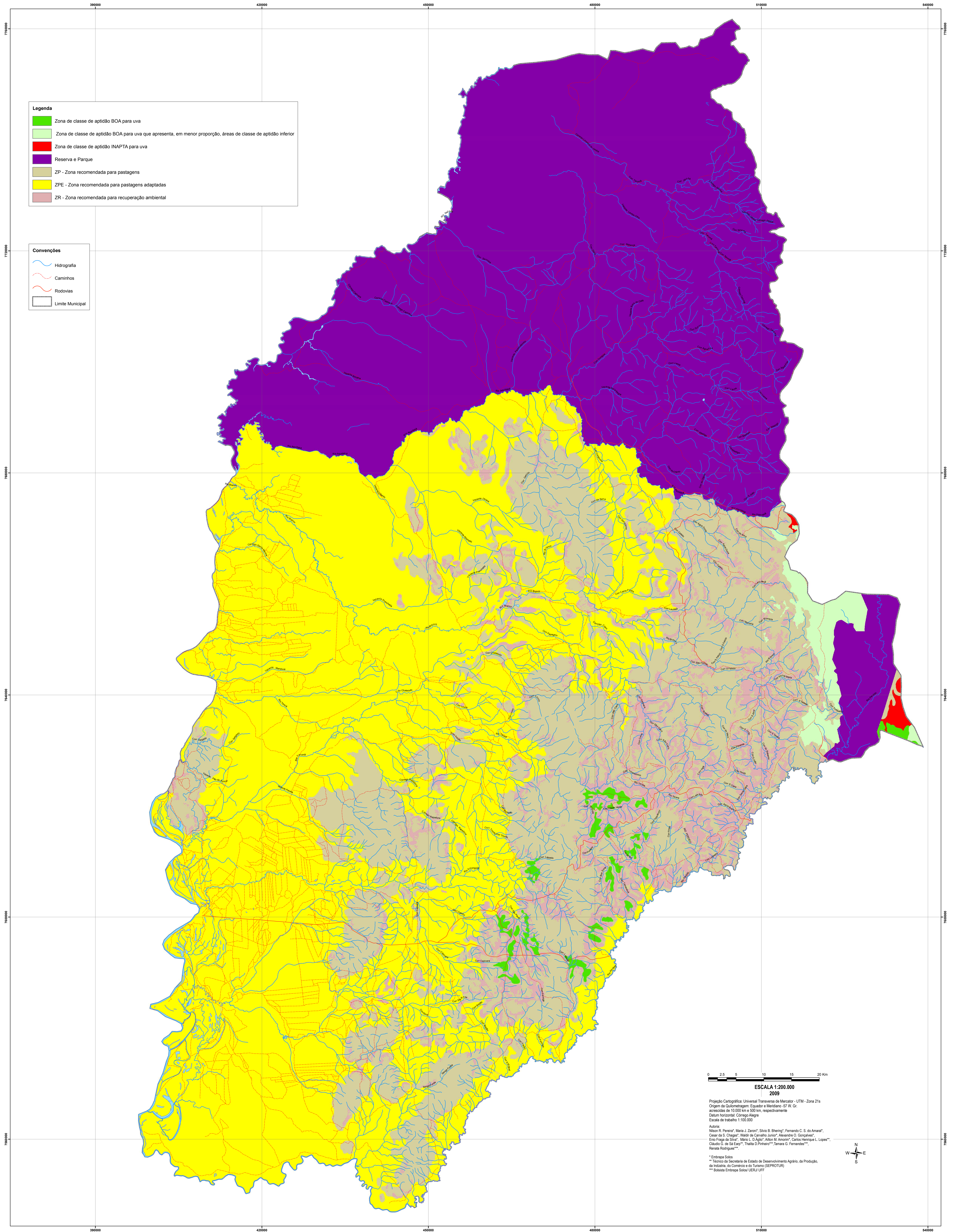
S



# Zoneamento Agroecológico para Soja no Município de Porto Murtinho (MS)

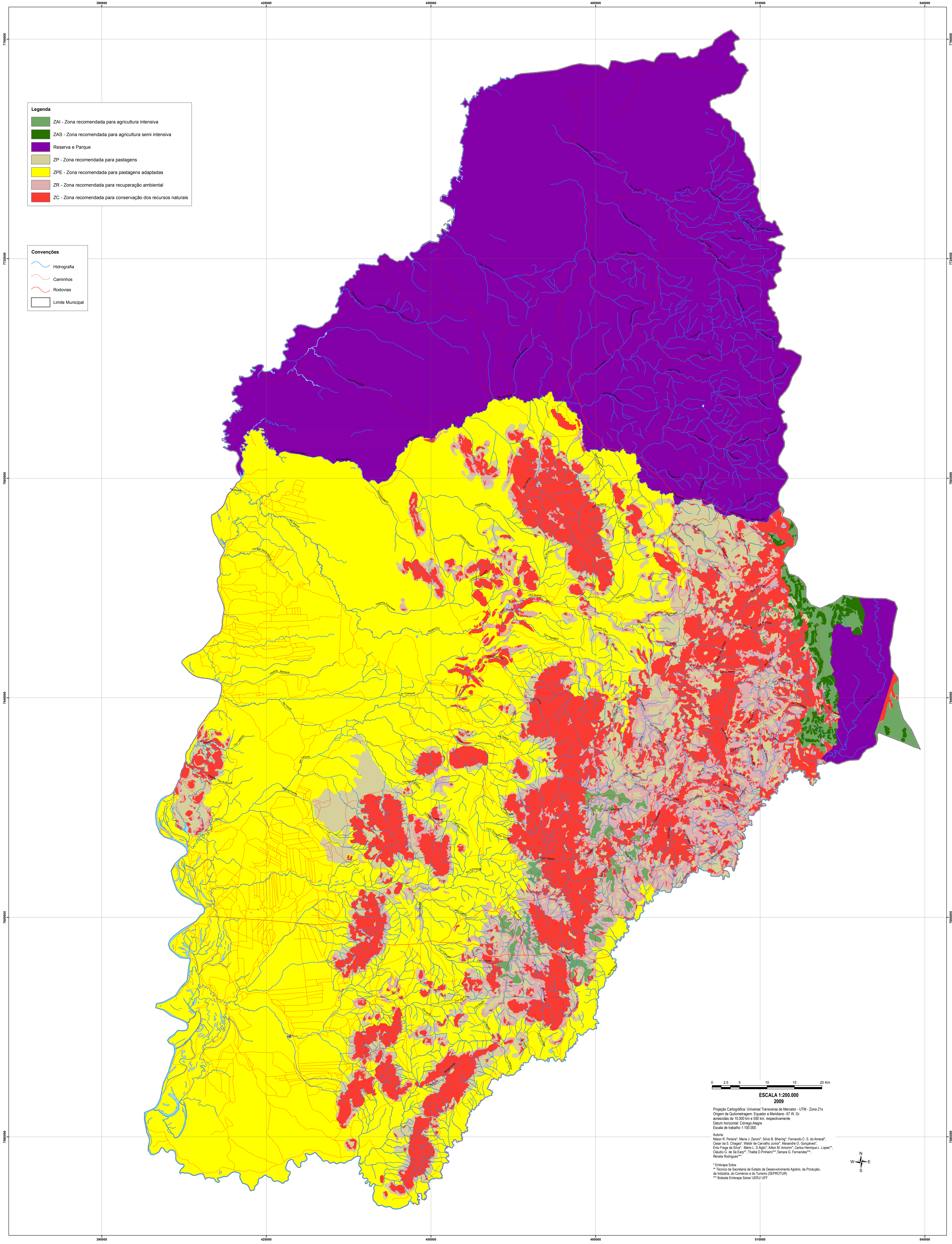








# Zoneamento Agroecológico do Município de Porto Murtinho (MS)







---

*Solos*