

**Zoneamento Agroecológico do
Município de Bodoquena - 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 144

Zoneamento Agroecológico do Município de Bodoquena - MS

Nilson Rendeiro Pereira

Waldir de Carvalho Júnior

Silvio Barge Bhering

Fernando Cezar Saraiva do Amaral

César da Silva Chagas

Alexandre Ortega Gonçalves

Maria José Zaroni

Enio da Silva Fraga

Mário Luiz Diamante Áglio

João Sotoya Takagi

Carlos Henrique Lemos Lopes

Silvio Pereira Vargas

Paulo L. D. Fevrier

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

E-mail (sac): 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*

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 Bodoquena - MS / Nilson Rendeiro Pereira ... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2009.

49 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 144).

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. I. Carvalho Junior, Waldir de. II. Bhering, Silvio Barge. III. Amaral, Fernando Cezar Saraiva do. IV. Chagas, César da Silva. V. Gonçalves, Alexandre Ortega. VI. Zaroni, Maria José. VII. Silva, Enio Fraga da. VIII. Áglio, Mário Luiz Diamante. IX. Takagi, João Sotoya. X. Lopes, Carlos Henrique Lemos. XI. Vargas, Silvio Pereira. XII. Pinheiro, Thalita D. XIII. Fernandes, Tamara G. XIV. Rodrigues, Renata, S. XV. Título. XVI. Série.

CDD (21.ed.) 631.47

© Embrapa 2009

Sumário

Resumo	7
Abstract	9
1. Introdução	11
2. Metodologia	11
3. Resultados e discussão	32
4. Conclusões	45
5. Referências Bibliográficas	46
Anexo	49

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

Mapa do zoneamento agroecológico da uva no município de Bodoquena

Mapa do zoneamento agroecológico do citrus no município de Bodoquena

Mapa do zoneamento agroecológico do maracujá no município de Bodoquena

Mapa do zoneamento agroecológico da goiaba no município de Bodoquena

Mapa do zoneamento agroecológico da manga no município de Bodoquena

Mapa do zoneamento agroecológico do mamão no município de Bodoquena

Mapa do zoneamento agroecológico da banana no município de Bodoquena

Mapa do zoneamento agroecológico do abacaxi no município de Bodoquena

Mapa do zoneamento agroecológico do milho safrinha no município de Bodoquena

Mapa do zoneamento agroecológico da soja no município de Bodoquena

Mapa do zoneamento agroecológico do milho no município de Bodoquena

Mapa do zoneamento agroecológico do arroz no município de Bodoquena

Equipe Técnica

Nilson Rendeiro Pereira

Pesquisador B Embrapa Solos.

E-mail: nilson@cnps.embrapa.br

Waldir de Carvalho Júnior

Pesquisador A Embrapa Solos.

E-mail: waldir@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

Alexandre Ortega Gonçalves

Pesquisador A Embrapa Solos.

E-mail: aortega@cnps.embrapa.br

Maria José Zaroni

Pesquisador B Embrapa Solos.

E-mail: zaroni@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

João Sotoya Takagi

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

Carlos Henrique Lemos Lopes

SEPROTUR

Silvio Pereira Vargas

SEPROTUR

Paulo L. D. Fevrier

Bolsista Embrapa Solos/ UERJ/ UFF

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 Bodoquena - 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 para a 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 Bodoquena, integrante da fase I desse projeto, a maior parte da área, cerca de 52% já se encontram sob exploração agropecuária, com algum grau de degradação, enquanto que os demais 48% ainda encontram-se com a vegetação natural preservada. As áreas recomendadas para conservação dos recursos naturais somam 14.250,50 ha, as quais assim foram enquadradas face a 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 5.792 ha e constituem áreas de alta fragilidade ambiental e/ou que apresentam restrições legais de

uso, e que já se encontram desmatadas para o uso com pastagens (100%). O restante constitui-se exclusivamente de áreas de preservação permanente, que também foram erradamente desmatadas para o estabelecimento de pastagens e/ou agricultura.

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

Agroecological Zonning, Bodoquena 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 (map's 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 Bodoquena municipal district, belong to Stage I of the project, about 52% of the lands are exploited as degraded pastures, 48% remaining presents natural vegetal covering. Was identified and evaluated as natural resources conservation 14,250.50 hectares which constitutes high fragility environmental and/or present some legal restrictions (permanent preservation only). The total area identified as recommended zones to environmental recovery is 5,972 hectares and constitute high environmental fragility areas and/or they've presented as deforested areas within legal restrictions converted in pasture. Other areas are presented as permanent preservation that mistakenly was deforested for the pasture and agricultural establishment.

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 implantar a sua própria Agenda 21, onde foram definidos seis eixos temáticos básicos, dentre os quais se destaca 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 nas exigências edáficas e climáticas das culturas de acordo com o 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 produção e/ou pela redução da degradação das terras. Desta forma, o zoneamento agroecológico é uma ferramenta fundamental de planejamento focada na busca de um resultado agrossocioeconômico sustentável.

Com base nestes preceitos, este trabalho objetiva apresentar os resultados do zoneamento agroecológico realizado para o município de Bodoquena, Estado do Mato Grosso do Sul e reiterar as expectativas de que a incorporação de referências de produção, particularizadas por ambiente e condições climáticas, possam 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 Bodoquena, situado na microrregião Bodoquena, mesorregião Sudoeste do Estado do Mato Grosso do Sul, localizado entre as coordenadas 7768619,500000 e 7690432,500000 m de latitude sul e 500852,968750 e 564163,875000 m de longitude oeste, projeção UTM, apresentando uma superfície de aproximadamente 2.511 km² (Figura 1).

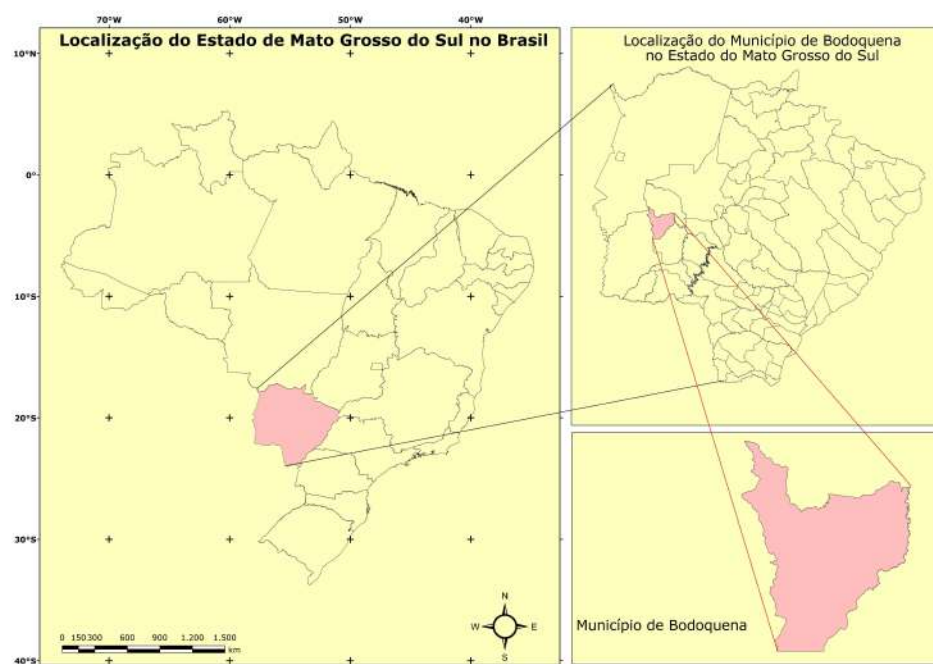


Figura 1. Mapa de localização do município de Bodoquena no Estado de Mato Grosso do Sul.

Caracteriza-se por apresentar um clima tropical seco e megatérmico com estação seca definida, que é classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 23,1°C e a precipitação média anual é de 1.290 mm. O total das chuvas do mês mais seco é muito baixo, respectivamente, 27 e 29 mm, para os meses de julho e agosto. As maiores precipitações concentram-se nos meses de outubro a março. O diagrama de balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955), indica para o município, tanto para condição de CAD de 100 ou 125 mm, a existência de excedente hídrico nos meses de período mais chuvoso, ou seja, de outubro a março, com dois períodos de déficit hídrico, verificados nos meses de abril e entre os meses de junho a agosto. A reposição hídrica se dá de setembro a outubro, e em menor magnitude no mês de maio (GONÇALVES, 2006).

Os estudos geológicos generalizados existentes para o município de Bodoquena (MS), embora de caráter generalizado (BRASIL, 1982), indicam que o material geológico da área pertence aos Grupos Cuiabá e Corumbá do período Pré-cambriano Superior. O Grupo Corumbá é constituído pelas Formações Cerradinho e Bocaina e, em menor proporção, pela Formação Aquidauana do período Carbonífero Superior.

Do ponto de vista geomorfológico a área do município está inserida nas unidades morfoestruturais “Depressão do Rio Paraguai”, “Planalto da Bodoquena”, e “Planícies e Pantanaís Mato-Grossense” (BRASIL, 1982).

A vegetação original do município de Bodoquena era composta basicamente por floresta tropical subcaducifólia, por floresta tropical subcaducifólia de várzea e por áreas com cerradão e área de transição entre o cerradão e a floresta tropical subcaducifólia. Atualmente, verifica-se que pouco menos da metade do município, ou seja, 47,5%, incluindo neste total as áreas do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, ainda encontram-se preservadas. O restante do município teve a sua vegetação natural removida ao longo dos anos, com o objetivo de dar lugar à utilização com pastagens e lavouras que atualmente cobrem aproximadamente 57,5% do município.

2.2 Informações temáticas

O processo de estratificação do ambiente natural do município de Bodoquena foi baseado no conceito de unidade de paisagem, 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 (BIRKELAND, 1984). 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 Gonçalves et al. (2005).
- 2) Evapotranspiração Potencial (EP) - calculada, mensalmente, pelo método de Thornthwaite (1948). Com base na precipitação e na evapotranspiração potencial (THORNTHWAITE; 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 no levantamento de recursos naturais realizado pelo Projeto Radambrasil que cobre a área do município, ou seja, a Folha SF 21 - Campo Grande (BRASIL, 1982); complementados por observações de campo realizadas durante o Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do município de Bodoquena (EMBRAPA, 2007).

2.2.3 **Geomorfologia**

As informações sobre a geomorfologia do município foram extraídas do levantamento de recursos naturais realizado pelo Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982), Dados da Missão Espacial Topográfica por Radar (acrônimo em inglês SRTM ou originalmente Shuttle Radar Topography Mission) (USGS, 2006) e das cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:100.000, além de dados dos sensores ETM+/Landsat 7, do ano de 2001, e CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) de 2007, foram utilizados para melhorar o nível de detalhe das principais unidades geomorfológicas encontradas no município. Adicionalmente, elaborou-se o mapa de declividade das terras do município, conforme descrito a seguir.

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

O mapa 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 do IBGE, na escala de 1:100.000, referentes as Vila Campão, Coronel Juvêncio, Miranda e Aldeia Lima. O método escolhido para a elaboração do MDE foi baseado no ajustamento da superfície, utilizando o módulo TOPOGRID do programa computacional ARC/INFO. Em seguida, o mapa obtido foi reclassificado de acordo com as seguintes classes, conforme EMBRAPA (2006): 0 a 3%, 3 a 8%, 8 a 20%, 20 a 45% e > 45% (Figura 2).

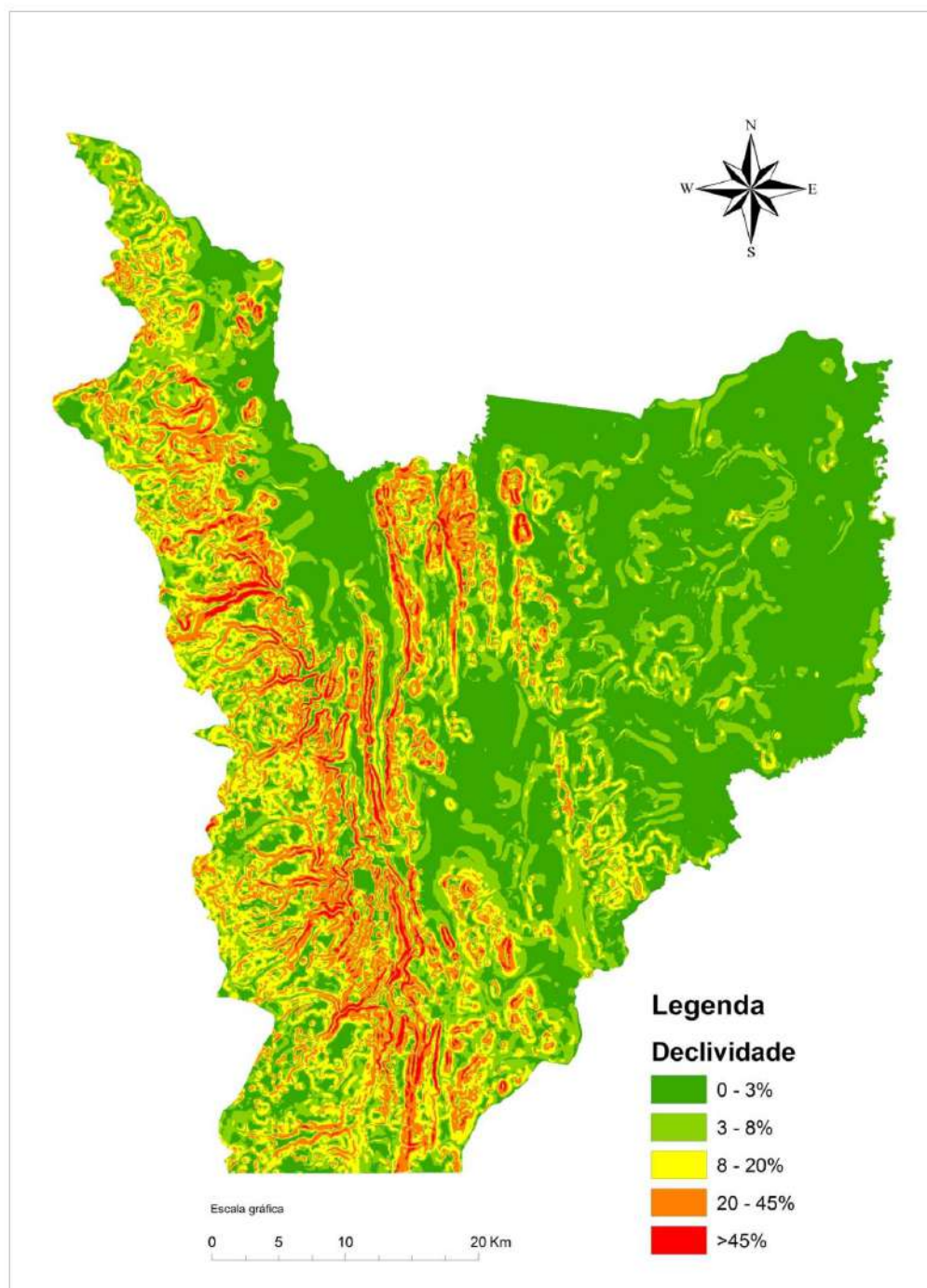


Figura 2. Mapa de classes de declividade do município de Bodoquena.

2.2.5. Solos

Os dados sobre os solos foram obtidos no Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do município de Bodoquena (EMBRAPA, 2008), na escala 1:100.000. Com base nas características das unidades de mapeamento e na análise dos perfis representativos destas unidades foram elaborados os mapas de fertilidade, drenagem interna e capacidade de retenção de água no solo, que foram utilizados para auxiliar na avaliação da aptidão agroecológica das terras do município. Os critérios utilizados para a elaboração destes mapas são apresentados adiante.

2.2.6. Fertilidade

A avaliação do nível de fertilidade natural dos solos permite o estudo dos níveis de fornecimento de minerais e de outras substâncias que as plantas requerem, assim como, avaliar a capacidade da planta de expressar todo o seu potencial produtivo.

Os solos do município foram enquadrados em quatro classes de fertilidade:

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, normalmente, mais de 80% de saturação por bases, soma de bases acima de 6 cmolc kg^{-1} de solo e são livres de alumínio extraível na camada arável. A condutividade elétrica é menor que 4 dS m^{-1} a 25°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 - associadas a solos de textura arenosa - os solos enquadrados nesta classe, normalmente, apresentam baixíssimas reservas de nutrientes, pH baixo e elevada 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 quantidades tais que permitem apenas o desenvolvimento de plantas com tolerância aos sais. 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 a 25°C e a saturação por sódio acima de 15%. Conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

2.2.6.1. 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 textura, 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, optou-se por se realizar uma avaliação qualitativa com base na relação entre este parâmetro e a textura do solo, conforme utilizado por Sans et al. (2001). As classes consideradas foram:

1) muito baixa - nesta classe foram agrupados os solos que apresentam baixíssima capacidade de retenção de água, normalmente inferior a 20 mm de armazenamento de água na zona radicular. Aqui foram enquadrados os solos que apresentam normalmente menos do que 15% de argila até uma profundidade mínima de 50 cm. Solos correspondentes ao tipo 1, conforme Sans et al. (2001);

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. Solos considerados como pertencentes ao tipo 1 de acordo com Sans et al. (2001);

3) moderada - pertencem a esta classe os solos que apresentam média capacidade de retenção de água (40 - 60 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, segundo Sans et al. (2001);

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 teor de argila superior a 35% . De acordo com Sans et al. (2001), solos tipo 3.

Conforme pode ser visualizado na tabela 1, apresentada a seguir.

2.2.6.2. *Drenagem interna*

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

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 gleização¹ e o acúmulo de material orgânico. Conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

¹ É um processo pedogenético (de formação de solo) típico de ambiente com condições de redução, o que ocorre quando há saturação por água na maior parte do tempo, sendo então um indicativo desta condição. Quando as condições são aeróbicas, o aceptor final da cadeia respiratória dos microrganismos do solo é oxigênio, e sua eficiência na decomposição de materiais orgânicos pode chegar à decomposição completa em CO₂.

Tabela 1. Valores de avaliação pedológica para as unidades de mapeamento.

Unidade de mapeamento	Classe Fertilidade Reserva Nutrientes	Capacidade de Água Disponível	Classe de Drenagem
PVAe	Eutrófico	Baixa	Boa
PVd	Distrófico	Alta	Boa
PVe	Eutrófico	Alta	Boa
CXbd1	Distrófico	Moderada	Boa
CXbd2	Distrófico	Moderada	Boa
CXbd3	Distrófico	Alta	Boa
CXbd4	Distrófico	Moderada	Boa
MDo1	Eutrófico	Alta	Moderada
MDo2	Eutrófico	Alta	Moderada
MDo3	Eutrófico	Alta	Moderada
MDo4	Eutrófico	Alta	Moderada
MDo5	Eutrófico	Alta	Moderada
MTo1	Eutrófico	Alta	Moderada
MTo2	Eutrófico	Alta	Moderada
MTo3	Eutrófico	Moderada	Moderada
MTo4	Eutrófico	Alta	Moderada
MTo5	Eutrófico	Alta	Moderada
MTo6	Eutrófico	Alta	Moderada
MXo	Eutrófico	Moderada	Moderada
GXve	Eutrófico	Alta	Ruim
TCo	Eutrófico	Alta	Boa
RRd1	Distrófico	Baixa	Moderada
RRd2	Distrófico	Baixa	Moderada
NVd	Distrófico	Alta	Boa
NVe1	Eutrófico	Alta	Boa
NVe2	Eutrófico	Alta	Boa
NVe3	Eutrófico	Alta	Boa
NVe4	Eutrófico	Alta	Boa
NVe5	Eutrófico	Alta	Boa
SXd	Distrófico	Muito baixa	Imperfeita
FXe	Eutrófico	Alta	Imperfeita
VXk	Eutrófico	Alta	Imperfeita
LVAAd1	Distrófico	Alta	Boa
LVAAd2	Distrófico	Alta	Boa
LVd1	Distrófico	Alta	Boa
LVd2	Distrófico	Alta	Boa
LVd3	Distrófico	Moderada	Boa
LVd4	Distrófico	Moderada	Boa
LVd5	Distrófico	Alta	Boa
LVe	Eutrófico	Alta	Boa
PNSP	PNSB	PNSB	PNSP

2.2.7. Fragilidade ambiental

A fragilidade ambiental das terras do município de Bodoquena, 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⁻¹mm⁻¹); L = fator comprimento de rampa (adimensional); e S = fator declividade (adimensional).

A seguir são descritos os procedimentos utilizados para obtenção dos parâmetros da equação para cálculo do potencial natural de erosão. As classes de PNE adotadas neste trabalho são apresentadas na tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Classes de Fragilidade Ambiental.

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

2.2.7.1. Erosividade da Chuva (Fator R)

A erosividade da chuva para o município de Bodoquena foi estimada 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.

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

onde: EI = índice de erosividade; e Rc = coeficiente de chuva.

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

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

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

O valor de erosividade obtido para o município de Bodoquena foi muito alto (ZARONI et al., 2007), com valor de 4798 Mj mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

2.2.7.2. Erodibilidade do Solo (fator K)

O fator de erodibilidade dos solos identificados no Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do município de Bodoquena (EMBRAPA, 2007) foi estimado pelo método indireto, através da utilização da equação 7, conforme 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, obteve-se um fator K para cada uma destas unidades, por meio do cálculo da média ponderada de seus componentes, levando-se em conta, portanto, a proporção de cada um na respectiva unidade de mapeamento (Tabela 3).

Tabela 3. Unidades de mapeamento e seus respectivos valores do “K”.

Unidade de Mapeamento	K_Unidade
PVAe	0,0347
PVd	0,0075
PVe	0,0292
CXbd1	0,0434
CXbd2	0,0496
CXbd3	0,0297
CXbd4	0,0341
MDo1	0,0299
MDo2	0,0371
MDo3	0,0272
MDo4	0,0272
MDo5	0,0274
MT01	0,0273
MT02	0,0201
MT03	0,0513
MT04	0,0289
MT05	0,0207
MT06	0,0253
MXo	0,0280
GXve	0,0556
TCo	0,0150
RRd1	0,0997
RRd2	0,1119
NVd	0,0074
NVe1	0,0246
NVe2	0,0061
NVe3	0,0221
NVe4	0,0280
NVe5	0,0062
SXd	0,0807
FXe	0,0169
VXk	0,0328
LVAAd1	0,0359
LVAAd2	0,0249
LVd1	0,0143
LVd2	0,0163
LVd3	0,0208
LVd4	0,0263
LVd5	0,0132
LVe	0,0096
PNSB	0,0000

2.2.7.3. Comprimento de Rampa e Declividade (fator LS)

O fator LS foi obtido utilizando-se a rotina desenvolvida por Engel (2003) para o pacote computacional ArcView a partir do MDE do município. O resultado obtido para este fator é apresentado na Figura 3.

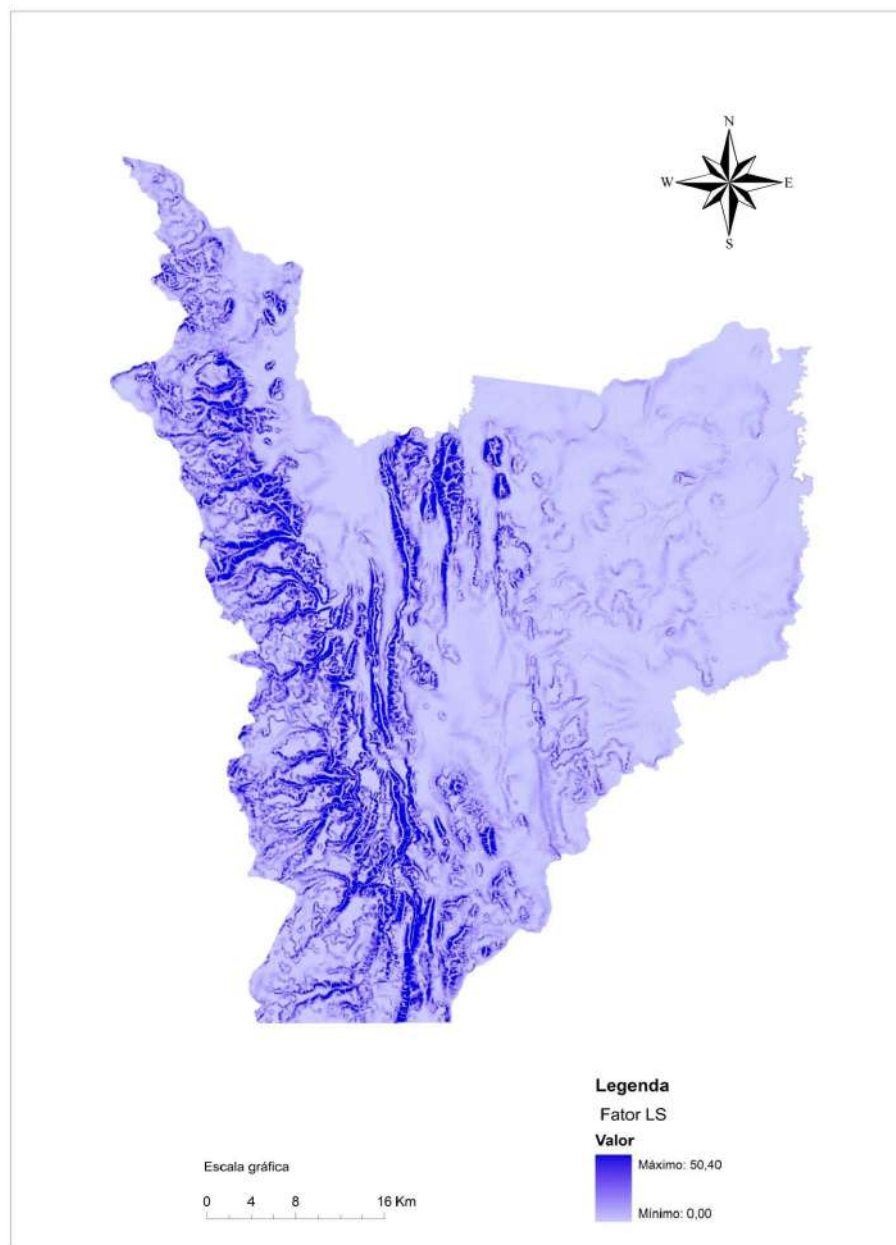


Figura 3. Mapa de classes do fator topográfico (LS) do município de Bodoquena.

2.2.7.4. Potencial natural de erosão

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

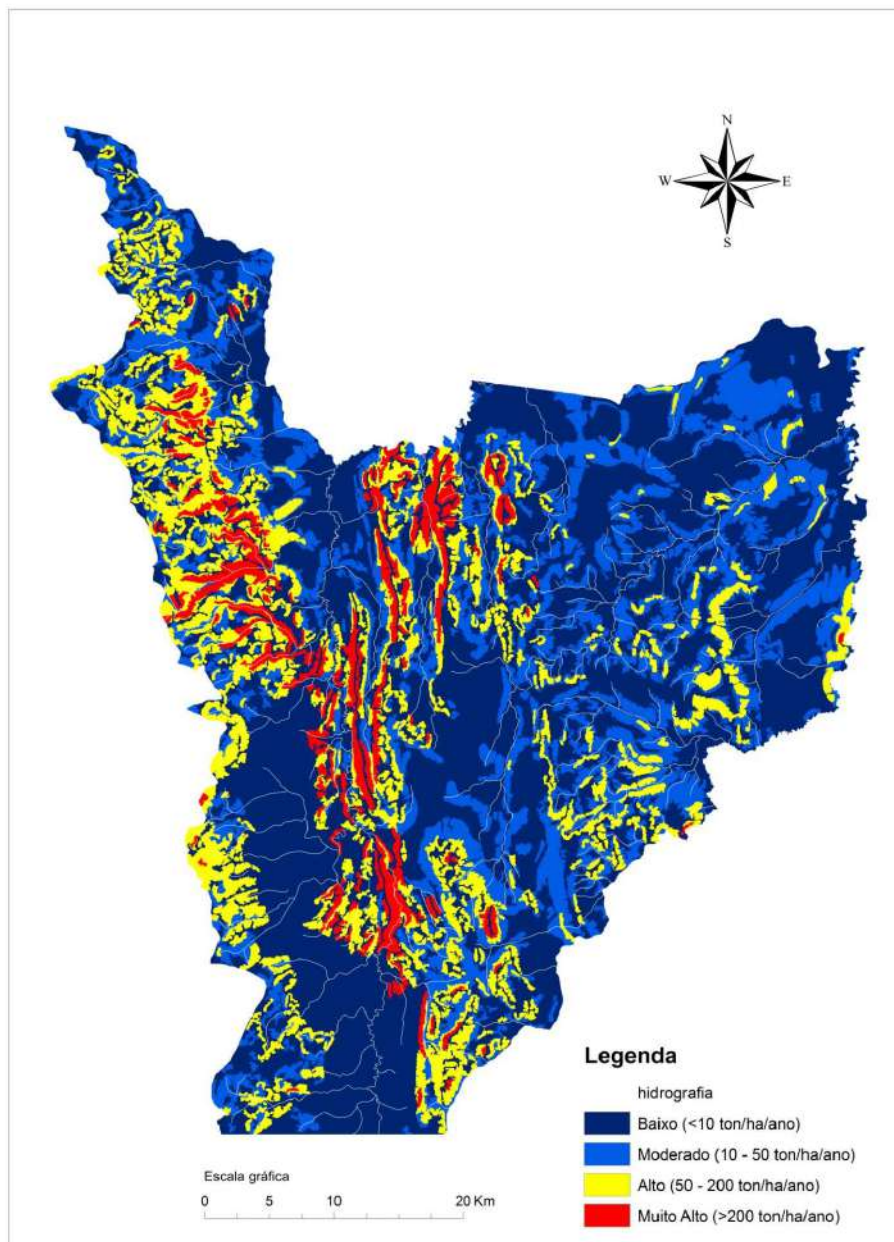


Figura 4. Mapa de classes do potencial natural de erosão do município de Bodoquena.

2.2.8. 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 (<http://www.cbers.inpe.br>). As características deste sensor são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Principais características da câmeraCCD do satélite CBERS 2.

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

Fonte: (<http://www.cbbers.inpe.br>).

Inicialmente, as imagens foram corrigidas geometricamente com base nas cartas topográficas do IBGE, para o sistema de coordenadas UTM (Projeção Universal de Mercator), *datum* Córrego Alegre, zona 21S. Em seguida, foram associadas no pacote computacional de processamento de imagens ENVI, (citação) versão 4.2, e recortadas com base no limite do município de Bodoquena 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 as quais destaca-se 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 Positioning System*) no campo por ocasião dos trabalhos de campo para elaboração do levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do município de Bodoquena (EMBRAPA, 2007).

Finalmente, realizou-se uma classificação supervisionada, utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER) disponível no pacote computacional 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 numa classe de maior probabilidade de ocorrência (RICHARDS, 1999).

Em função das características de utilização das terras do município de Bodoquena, onde predomina a pecuária extensiva, conforme dados do último censo agropecuário (IBGE, 2007), e para atender aos objetivos deste estudo, foram consideradas apenas três classes de uso e cobertura vegetal, que são: vegetação natural, que engloba áreas com vegetação primária e vegetação secundária em vários estágios e de diferentes tipos; pastagens em diferentes estágios de degradação; e áreas de agricultura e solo exposto (Figura 5). A partir de então, foi elaborado o mapa de uso e cobertura das terras do estado, na escala de 1:100.000.

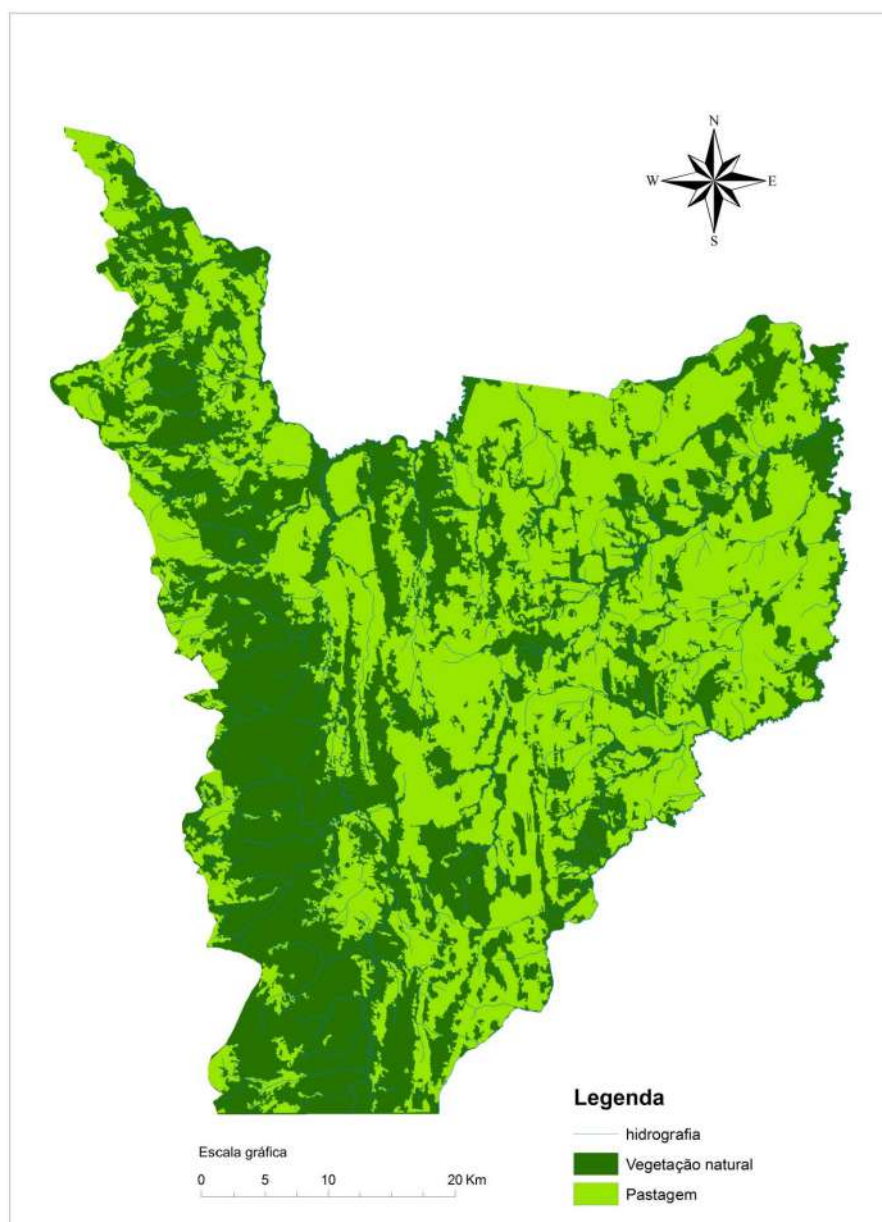


Figura 5. Mapa de classes de uso e cobertura vegetal do município de Bodoquena.

2.3. Análise integrada das informações para elaboração do zoneamento agroecológico

De modo a facilitar a compreensão da metodologia de integração das informações utilizada neste estudo, é apresentado na Figura 6 o diagrama com a sistemática aqui empregada, a qual conjuga os diferentes níveis de informação, detalhadas nos itens subsequentes conforme Embrapa (2007).

2.3.1. Unidades Geoambientais

As Unidades Geoambientais formam o 1º nível hierárquico do Zoneamento Agroecológico, sendo, portanto, 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 (GONÇALVES et al., 2005), adaptados em nível de detalhe deste estudo. A descrição das regiões e suas respectivas zonas agroecológicas são exibidas a seguir.

2.3.1.1. Região da Bodoquena (I)

Esta região corresponde um conjunto serrano com altimetrias que variam entre 200 a 700 metros dispostos no sentido norte-sul que é colocado em evidência pelas depressões que o contornam e que por ele se insinuam. O bloco mais compacto representado pela serra da Bodoquena tem extensão aproximada de 200 km de comprimento por 50 km de largura.

A região da Bodoquena encontra-se muito falhada, fraturada e dobrada, originando feições muito complexas. O seu bloco mais compacto e representativo, a Serra da Bodoquena, compreende feições de relevos dobrados muito evoluídos e relevos cársticos. No relevo cárstico, o processo de dissolução gerou paisagens originais, muitas delas de interesse turístico, pelas suas formas exóticas.

Os relevos esculpidos na Formação Bocaina são intensamente dissecados e de formas colinosas, e contrasta com aqueles elaborados na Formação Cerradinho, que se caracterizam por apresentar grandes extensões aplanadas conservadas que interpenetram aos relevos topograficamente mais elevados da Formação Bodoquena.

O clima nesta região é caracterizado como Termoxeroquimênico. A temperatura média do mês mais frio é maior que 15° C. O período seco estende-se por 3 a 4 meses. A precipitação situa-se entre 1.200 e 1.500 mm anuais (MATO GROSSO DO SUL, 1989).

2.3.1.2. Região Pantaneira de Transição (M)

Esta região corresponde a um vão deprimido, com altimetria variando entre 100 a 300 metros e situado entre as bordas orientais do Planalto da Bodoquena e as escarpas da serra de Maracaju, ensejando identidade com a terminação da planície pedimentar.

A gênese desta área está vinculada a soerguimentos do pós-terciário acompanhados de circundesnudação na periferia da Bacia Sedimentar do Paraná. No corredor deprimido, encontram-se superfícies pediplanas e modelados de dissecação de topos colinosos e tabulares, em litologias pré-cambrianas do Grupo Cuiabá. A faixa pediplana une-se em aclave às escarpas do planalto através de pedimentos.

O clima nesta região é caracterizado como Termoxeroquimênico atenuado - Tropical Atenuado da Área Core do Cerrado - cujas temperaturas médias do mês mais frio estão acima de 20°C e abaixo de 24°C. O período seco estende-se por 3 a 4 meses. A precipitação situa-se entre 1.200 e 1.700 mm anuais (MATO GROSSO DO SUL, 1989).

2.3.1.3. Região Pantaneira (P)

Constitui uma extensa superfície de acumulação de topografia bastante plana oscilando entre 80 e 150 m, com complexa rede hidrográfica e, frequentemente sujeita a inundações periódicas, sendo o rio Paraguai o principal eixo da drenagem regional.

A gênese do Pantanal Mato-grossense decorre de movimentos tectônicos terciários que afetaram o lado ocidental da Bacia do Paraná, acarretando o afundamento do assoalho da grande depressão do pantanal. Esta vasta bacia de deposição aloja um pacote de sedimentos pleistocônicos e holocônicos, cuja espessura chega a atingir 500 m.

Os diferentes padrões de alagamento caracterizados como áreas de acumulação inundáveis foram hierarquizados segundo o grau de umidade. Dessa forma, são identificadas duas feições geomorfológicas distintas: as áreas interfluviais baixas de acumulação inundável e as planícies

intimamente ligadas ao sistema fluviolacustre identificadas segundo os processos genéticos como de acumulação fluviolacustre e de acumulação fluvial.

O regime das chuvas é tropical com duas estações bem definidas apresentando o período seco com duração de 4 a 5 meses (maio a setembro) e as maiores concentrações de chuva nos meses de dezembro a fevereiro. As precipitações anuais oscilam entre 900 e 1.100 mm, enquanto as temperaturas médias oscilam entre 23°C e 25°C (MATO GROSSO DO SUL, 1989).

As Unidades Geoambientais: Região Pantaneira de Transição (M), Região da Bodoquena (I) e a Região Pantaneira (P), ocorrem no município de Bodoquena conforme pode ser visualizado na figura 7, exibida a seguir.

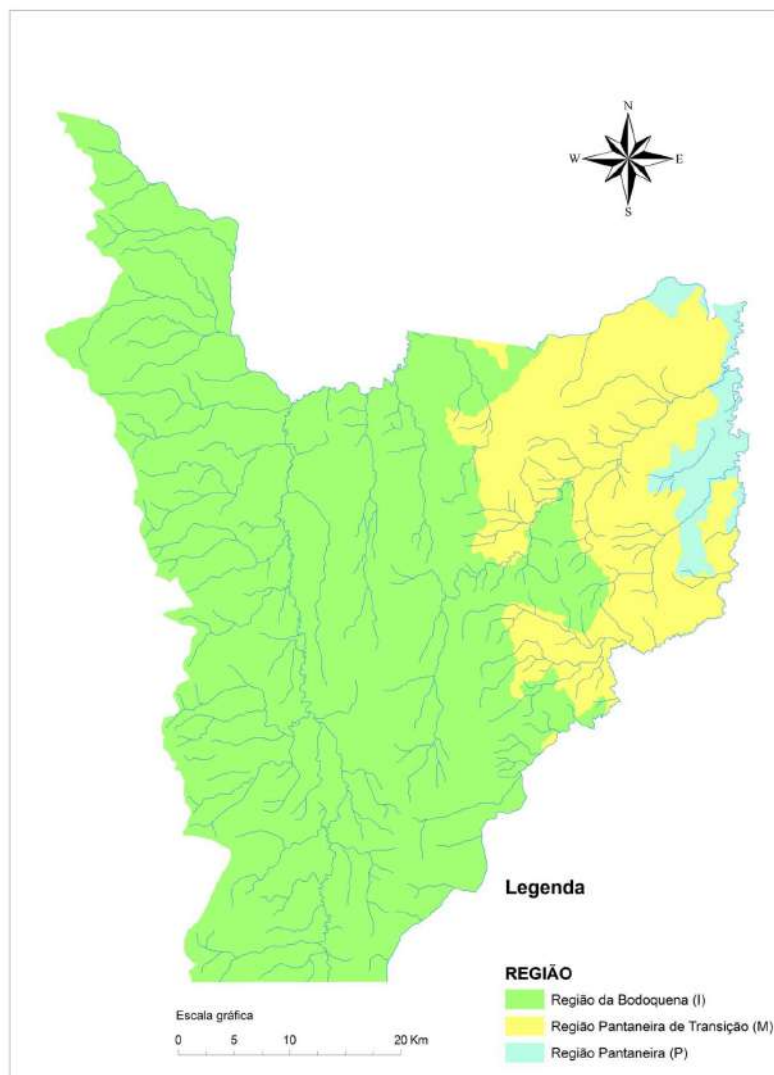


Figura 7. Mapa das unidades geoambientais do município de Bodoquena.

2.3.2. *Legislação Ambiental*

Em função da necessidade de delimitação dos espaços definidos pela legislação ambiental, foram identificadas 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 como definidas 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 Bodoquena 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).

2.3.3. Zonas Agroecológicas

Os parâmetros utilizados na definição das Zonas Agroecológicas foram baseados na análise integrada e na combinação das condições climáticas, geomorfológicas, pedológicas e de uso e cobertura das terras (Figura 6) 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.

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

As características das terras, identificadas no Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do município de Bodoquena (EMBRAPA, 2007), 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 a produção sustentável quanto a proteção ambiental (EMBRAPA, 2003).

Em seguida, as Zonas Agroecológicas foram subdivididas em função de sua fragilidade ambiental, do potencial agroecológico, das restrições legais 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 (EMBRAPA, 2007). Estas compõem o 3º nível hierárquico do Zoneamento Agroecológico do município de Bodoquena 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 na criação 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 que estas apresentam e das exigências das culturas.

A seguir, são detalhadas as 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. O reflorestamento 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 zonas 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 a 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 à 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 é 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, passarem 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 permitisse que as plantas manifestassem todo o seu potencial produtivo. Definida a situação referência, partiu-se para a estratificação das classes, conforme Embrapa (2003):

- 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, levados em consideração na avaliação da aptidão das culturas os 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 Bodoquena, 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.

O município de Bodoquena encontra-se na classe de baixo risco para geadas severas e de médio risco para geadas brandas. Procurando-se melhorar esta interpretação, utilizou-se uma correlação do risco ocorrência de geadas com a altimetria local, derivada do modelo digital de elevação. Assim, 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 a aqueles posicionados nas partes mais altas.

A subdivisão de unidades de mapeamento pode ser feita através de sua complementação com as chamadas fases. O estabelecimento dessas fases objetiva, principalmente, fornecer critérios referentes às condições das terras e que interferem, direta ou indiretamente, com o comportamento e qualidade dos solos, no tocante às possibilidades de alternativas de uso e manejo para fins essencialmente agrícolas (EMBRAPA, 1988).

Na insuficiência de dados de clima do solo, normalmente hídricos, que abranjam todas as unidades de mapeamento em grau de detalhamento compatível, as fases de vegetação são 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 (EMBRAPA, 2006).

Na Tabela 5 são apresentadas 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 hídricos² (AMARAL, 1993). 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.

Tabela 5. Compatibilização das descrições de vegetação empregadas pela Embrapa Solos (baseada na percentagem de folhas decíduas), associadas com período seco (meses) e índice hídrico de Thornthwaite.

Fases de vegetação	Período seco	Índice hídrico
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	< 10
Caatinga hiperxerófila	8 a 10	

Segundo Gaussen (1954), mês seco seria aquele em que:

- registram-se menos de 10 mm de chuva, a uma temperatura média inferior a 10°C;
- registram-se menos de 25 mm de chuva, a uma temperatura média compreendida entre 10 a 20°C;
- registram-se menos de 50 mm de chuva, a uma temperatura média compreendida entre 20 a 30°C; e
- registram-se menos de 75 mm de chuva, a uma temperatura média superior a 30°C.

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.

² Índice hídrico (Ih) é a relação em percentagem entre o excesso de água e a evapotranspiração potencial, o índice de aridez (Ia), que expressa em percentagem a relação entre a deficiência hídrica e a evapotranspiração potencial e o índice de umidade, que relaciona os índices hídricos e de aridez. Com base nestes índices, determina-se o tipo climático local e a disponibilidade de água no solo.

2.4.3. Requerimentos das Culturas

Fez-se a avaliação da aptidão pedoclimática das culturas considerando-se a adoção de um pacote tecnológico (adubação técnica, sementes/mudas certificadas, práticas de controle da erosão, rotação/sucessão de culturas anuais, entre outras) que permitisse 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, em condições extremas, ter culturas apropriadas, em ambientes de elevado potencial produzindo menos que ambientes identificados como relativamente desfavoráveis.

A influência que cada atributo climático e edáfico exerce sobre a produção/produtividade 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 6, 7 e 8.

Tabela 6. Classes de temperatura média anual (°C) por cultura e classe de aptidão agrícola.

Cultura	Classes de aptidão			
	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

Fonte: Embrapa (2003).

Tabela 7. Classes de risco de geada de acordo com a cultura e classe de aptidão agrícola.

Cultura	Classes de aptidão			
	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.

Fonte: Embrapa (2003).

Tabela 8. Classes de aptidão agrícola por cultura de acordo com o período seco (meses).

Cultura	Classes de aptidão			
	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

Fonte: Embrapa (2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Zoneamento Agroecológico do município de Bodoquena foram identificadas e delineadas três Unidades Geoambientais (1º nível hierárquico), descritas no item anterior, das quais se originaram seis 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 Bodoquena são apresentadas a seguir.

3.1.1. Unidade recomendada para utilização com agricultura intensiva – ZAI

As terras enquadradas nesta zona agroecológica ocorrem predominantemente em áreas de relevo plano (66,8%), suave ondulado (15,6%) e ondulado (9,6%). Nessa zona dominam solos classificados como: Latossolos Vermelhos Distróficos e Eutróficos, em menor proporção, e Nitossolos Vermelhos Eutróficos e Chernossolos Rêndzicos e Argilúvicos Órticos. A maior parte da área desta zona agroecológica é utilizada com pastagens (59,3%), enquanto que 40,7% ainda apresentam vegetação natural. Em função de suas características ambientais apresenta baixa fragilidade ambiental. Ocupam 82.580 ha, que representam aproximadamente 33% das terras do município. Distribuem-se por todo o município, inclusive no entorno do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, o que requer um cuidado especial no manejo do solo para a produção agrícola intensiva.

3.1.1.1. Principais limitações

A maior parte dos solos componentes desta zona apresenta apenas ligeiras limitações para utilização agrícola, exclusivamente pela moderada fertilidade natural e consequente reserva 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 os teores de fósforo assimilável são baixos, assim como na maioria dos solos brasileiros, e consequentemente requerem maiores cuidados na adubação para que seja possível atingir produtividades satisfatórias.

3.1.1.2. *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 (regular), soja (regular) e milho (regular). No entanto é passível ser também utilizadas 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. Todavia, vale ressaltar que a proximidade dessas terras com áreas de proteção legal requerem cuidados especiais de manejo do solo para a produção agropecuária sustentável.

A figura 8 exibida a seguir apresenta a distribuição e ocorrência das terras classificadas como Zonas Agroecológicas indicadas para uso intensivo no município de Bodoquena – MS.

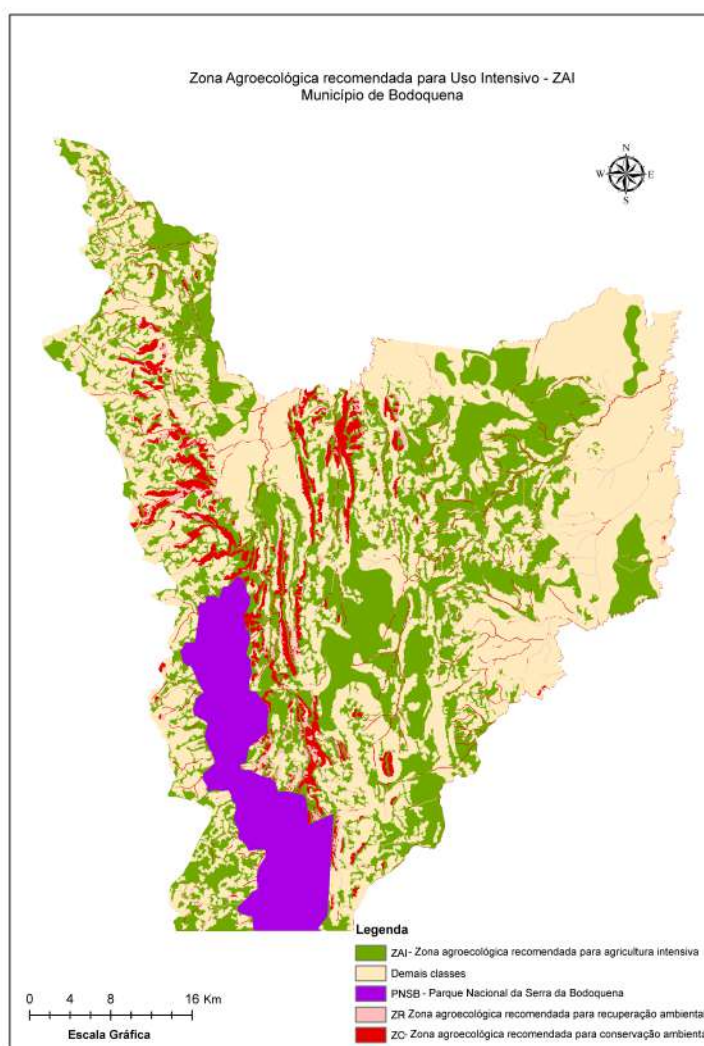


Figura 8. Mapa mostrando a distribuição da Zona Agroecológica de uso intensivo (ZAI) em relação às demais zonas agroecológicas identificadas no município de Bodoquena.

3.1.2. Unidade recomendada para utilização com agricultura semi-intensiva – ZAS

Esta zona agroecológica ocorre predominantemente em áreas de relevo suave ondulado (67%), plano (20%) e ondulado (13%). As terras desta zona são dominadas por solos classificados como Cambissolos Hápicos (CX), Chernossolos Rêndzicos e Argilúvicos Órticos e Chernossolos Hápicos. É utilizada predominantemente com pastagens (64%). Vale ressaltar que entre as terras avaliadas nesta classe, cerca de 36%, ou o equivalente a 16.280 hectares, ainda apresentam vegetação natural.

Em função de suas características ambientais e posição na paisagem as terras desta classe apresentam moderada fragilidade ambiental. Ocupam uma área total de 45.733 hectares, que representam 18 % da área total do município.

3.1.2.1. 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.

3.1.2.2. Potencial agroecológico

Devido a moderada fragilidade ambiental, esta zona é mais recomendada para utilização com lavouras semi-intensivas, embora também seja possível e sustentável sua utilização com pastagens. Em função de suas características ambientais, esta zona apresenta aptidão para diferentes culturas classificadas de regular a boa para utilização, considerando um nível tecnológico de médio a alto. As culturas avaliadas são a uva, os citrus, o maracujá, a goiaba, a manga, o mamão e a banana. Além destas culturas a área tem aptidão para reflorestamento com espécies exóticas e pastagens.

A figura 9 apresentada a seguir mostra a ocorrência e a distribuição desta zona agroecológica recomendada para cultivo semi-intensivo no município de Bodoquena.

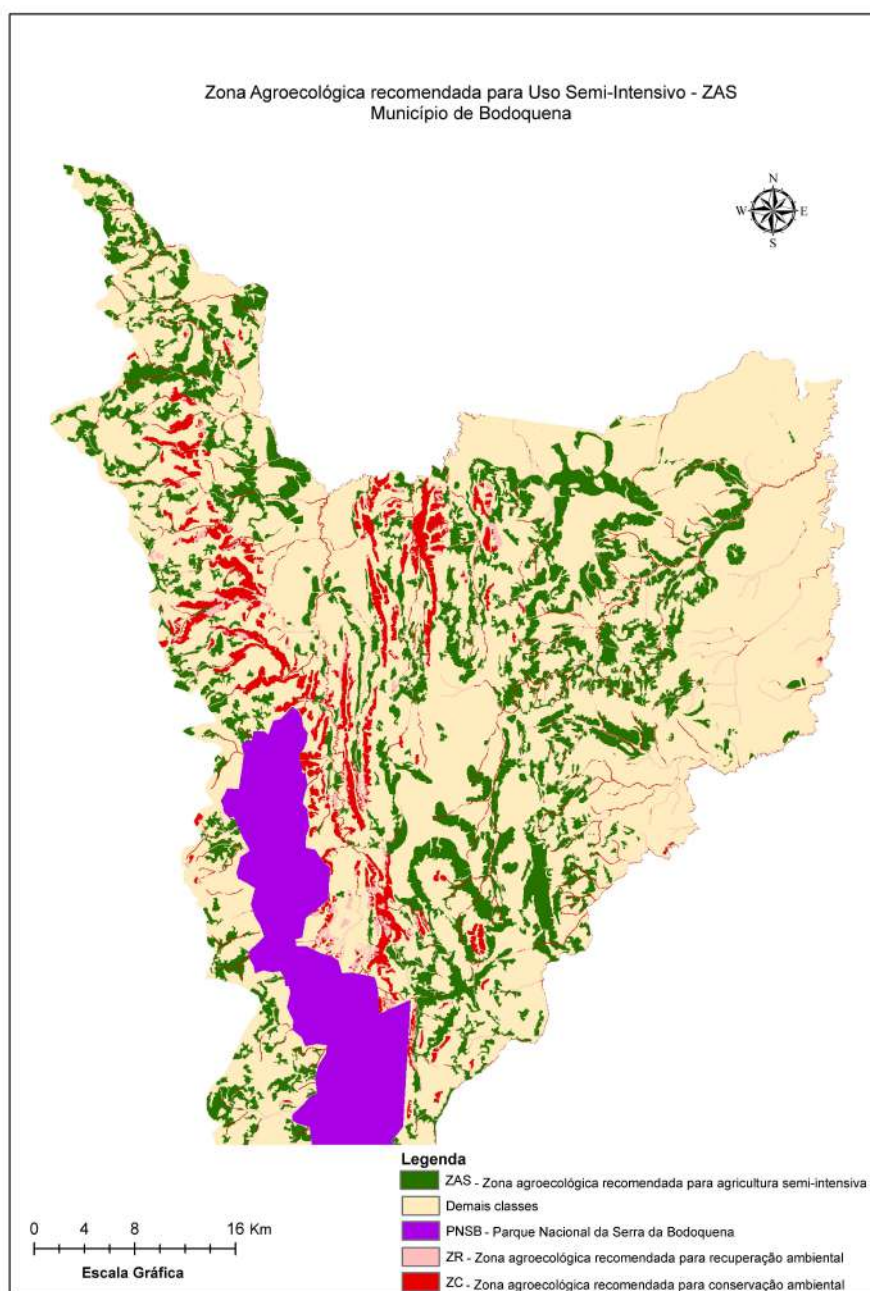


Figura 9. Mapa mostrando a distribuição da zona agroecológica de uso semi-intensivo (ZAS) em relação às demais zonas agroecológicas identificadas no município de Bodoquena.

3.1.3. Zonas recomendadas para conservação dos recursos naturais – ZC

Esta zona ocupa uma área de 14.250 ha (5,7%) e é caracterizada 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 áreas de preservação permanente estão relacionadas principalmente com Chernossolos Rêndzicos Órticos das unidades de mapeamento MDo1, MDo3, MDo4 e MDo5. As terras enquadradas nesta zona ocorrem normalmente sob condições de relevo plano (16,0%), porém, distribuem-se também sob condições de relevo suave ondulado (7,5%), ondulado (8,4%), forte ondulado (46,2%) e montanhoso (22%).

3.1.3.1. Principais limitações

As principais razões para o enquadramento destas áreas como zona recomendada para a preservação dos recursos naturais é a sua elevada fragilidade ambiental determinada pelas características dos solos e do relevo e a existência da vegetação natural nessas terras, além daquelas representadas pelas restrições legais. No município de Bodoquena 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 10 mostra a ocorrência e a distribuição da zona agroecológica de conservação (ZC) no município de Bodoquena.

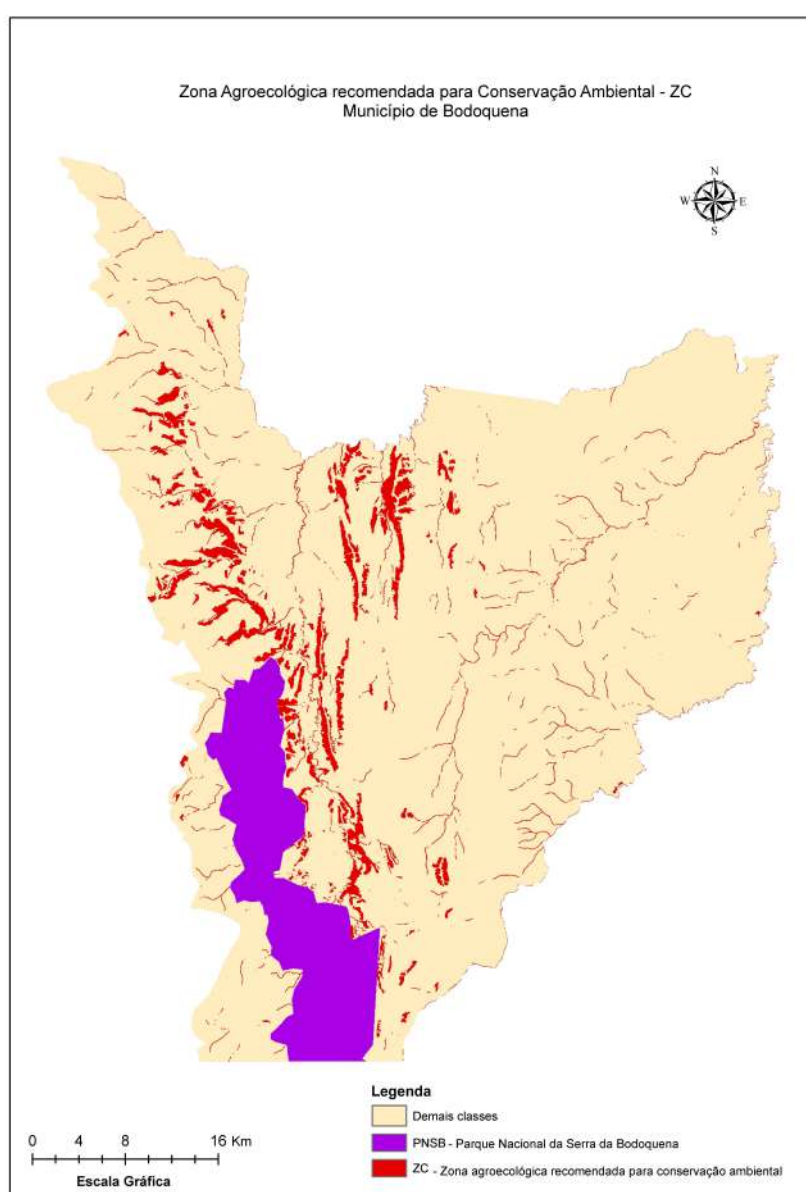


Figura 10. Mapa mostrando a distribuição da zona agroecológica de conservação dos recursos naturais (ZC) em relação às demais zonas agroecológicas identificadas no município de Bodoquena.

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 Bodoquena deverão iniciar-se, em parte, 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 da legislação federal (Código Florestal - Lei nº 4.771, Art.2º), um imperativo legal. Procedê-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 (SAFs) 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 ainda, que a formação de corredores de vegetação visando a recuperação ambiental não se restringe 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 no município de Bodoquena ocupam 5792,3 ha, que representam pouco mais de 2% das terras do município. Apresentam as mesmas características da Zona de Conservação, todavia, diferem desta pelo fato de que toda a vegetação natural foi retirada para dar lugar a pastagens normalmente degradadas. Ocorrem sob condições de relevo plano e suave ondulado (48,2%), ondulado e forte ondulado (39,7%) e montanhoso (12,1%).

3.1.4.1. 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 11 exibida a seguir apresenta a distribuição da zona agroecológica de recuperação (ZR) no município de Bodoquena.

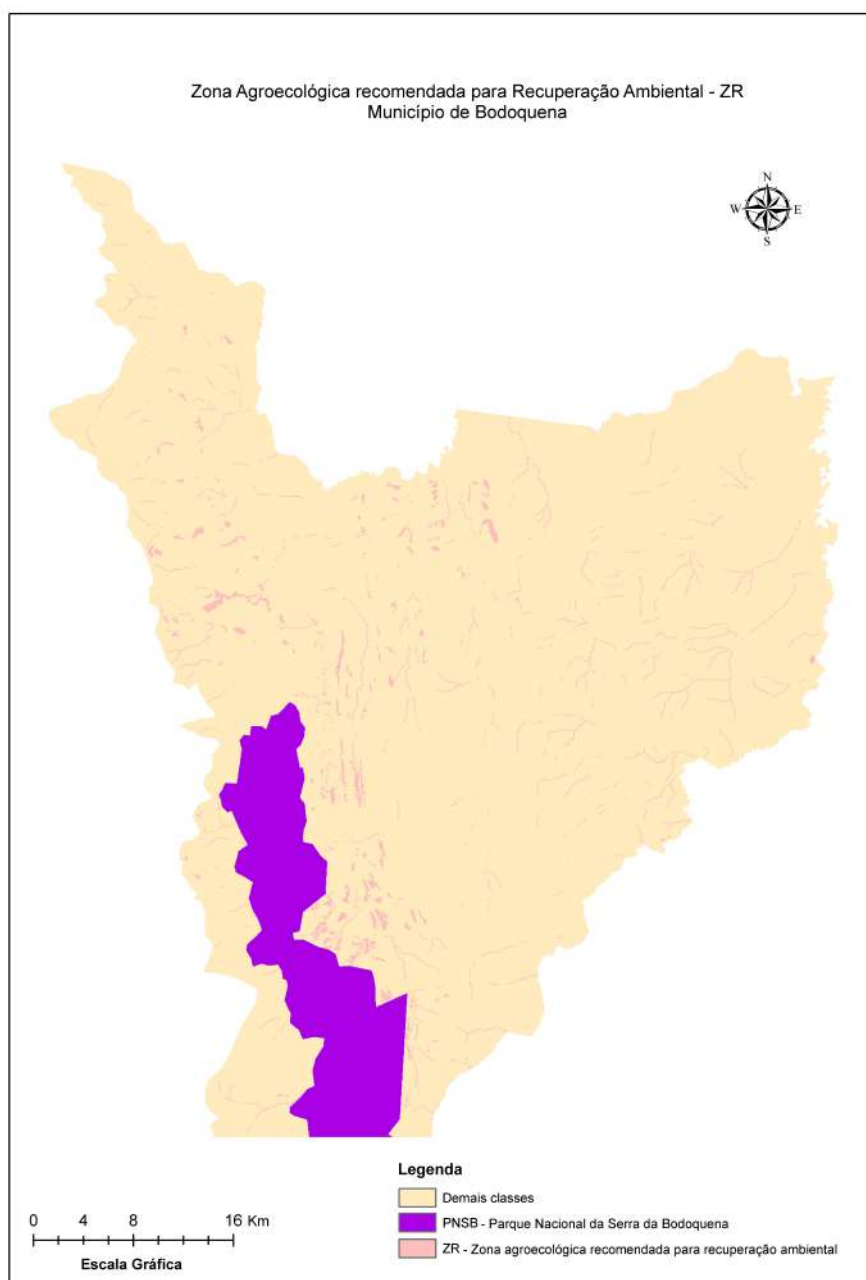


Figura 11. Mapa mostrando a distribuição da zona agroecológica de recuperação (ZR) em relação às demais zonas agroecológicas identificadas no município de Bodoquena.

3.1.5. Zonas recomendadas para pastagem – ZP

Esta zona agroecológica ocupa 59.777 hectares que equivalem a cerca de 24% das terras do município de Bodoquena. Ocorrem predominantemente em áreas de relevo plano (31,6% da área), suave ondulado (13,9%) e ondulado e forte ondulado (54,4%). Nessa zona ocorrem essencialmente os Chernossolos Rêndzicos Órticos das unidades MDo1, MDo2, MDo3, MDo4 e MDo5 e em menor proporção por Neossolos Regolíticos Distróficos, das unidades de mapeamento de solos RRd2 (27,7%). A maior parte da área desta zona agroecológica é utilizada com pastagens (52,1%), enquanto que mais de 47% ainda possuem vegetação natural, que, via de regra, deverão ser mantidas. Sua ocorrência dominante é no extremo oeste do município na unidade geoambiental de transição pantaneira próximo a divisa com os municípios de Bonito e Miranda.

3.1.5.1. Principais limitações

A maior parte dos solos componentes desta zona apresenta muito baixa ou limitada reservas de nutrientes, baixa capacidade de retenção de água pela pequena profundidade efetiva e drenagem variando de boa a imperfeita. Apesar da dominância de condições de relevo favoráveis à implantação de pastagens, com declividade inferior a 8%, a moderada fragilidade ambiental dessas terras, em especial devido ao alto potencial natural de erosão, recomenda a não utilização das terras desta unidade quando da presença de vegetação natural. Outra característica do município de Bodoquena que conduz o uso restrito das terras desta unidade é o elevado apelo turístico da região e a importância da vegetação natural na preservação das nascentes e demais corpos de água da região.

A figura 11 apresenta a distribuição e ocorrência das áreas classificadas como zonas agroecológicas indicadas para pastagem no município de Bodoquena.

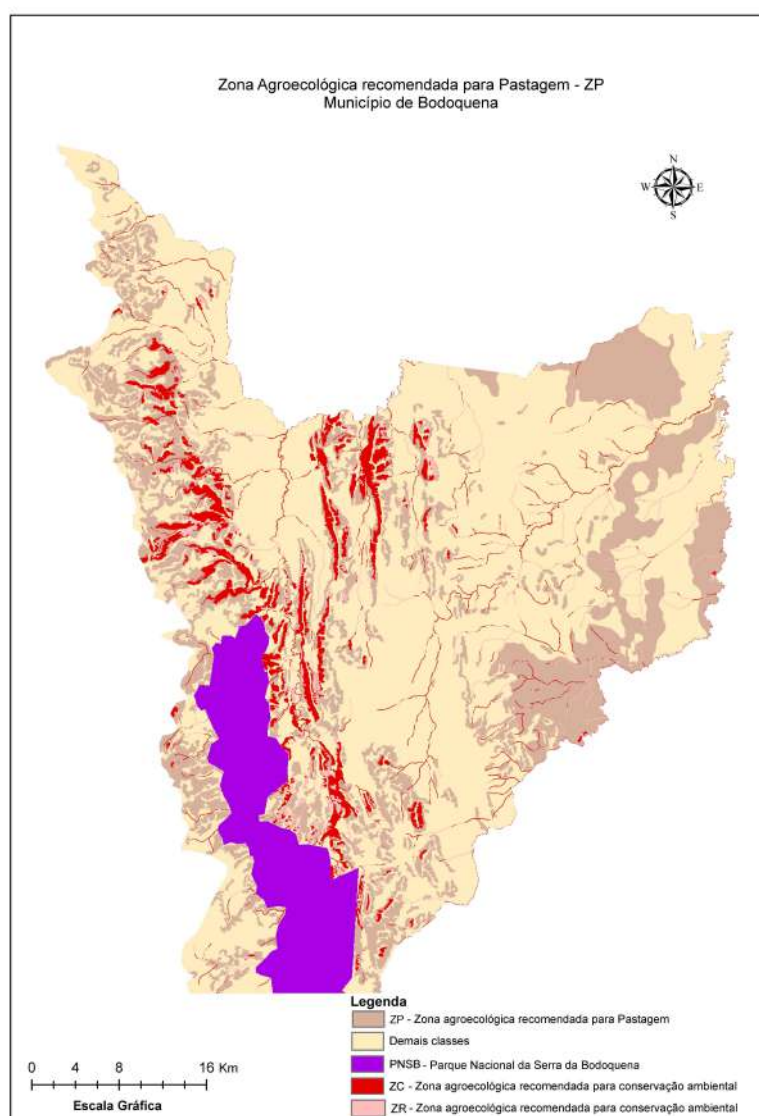


Figura 11. Mapa mostrando a distribuição da Zona Agroecológica recomendada para pastagem (ZP) em relação às demais zonas agroecológicas identificadas no município de Bodoquena.

3.1.6. Zonas recomendadas para pastagem especial – ZPE

Esta zona agroecológica ocupa cerca de 21.000 hectares que equivalem a aproximadamente 8,4% das terras do município de Bodoquena. Ocorrem quase que exclusivamente em áreas de relevo plano (90,4% da área) e são formadas por solos das classes dos Vertissolos Háplicos Carbonáticos e Gleissolos Háplicos Ta Distróficos, dominantes nas unidades de mapeamento de solos VXX (38,2%), GXve (51%) do mapa de solos do município de Bodoquena. A maior parte da área desta zona agroecológica encontra-se sob cobertura de vegetação natural (29,1%) e o restante de 70,9% sob pastagem.

3.1.6.1. Principais limitações

A totalidade dos solos componentes desta zona apresenta limitações de drenagem natural, sendo sua utilização indicada exclusivamente para o cultivo de pastagem adaptada ou para a cultura do arroz. Todavia, em face das condições ambientais dessas terras, recomenda-se que quando houver presença de vegetação natural, as terras desta unidade agroecológica não sejam empregadas para a produção, e sim incorporadas como áreas de reserva legal.

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

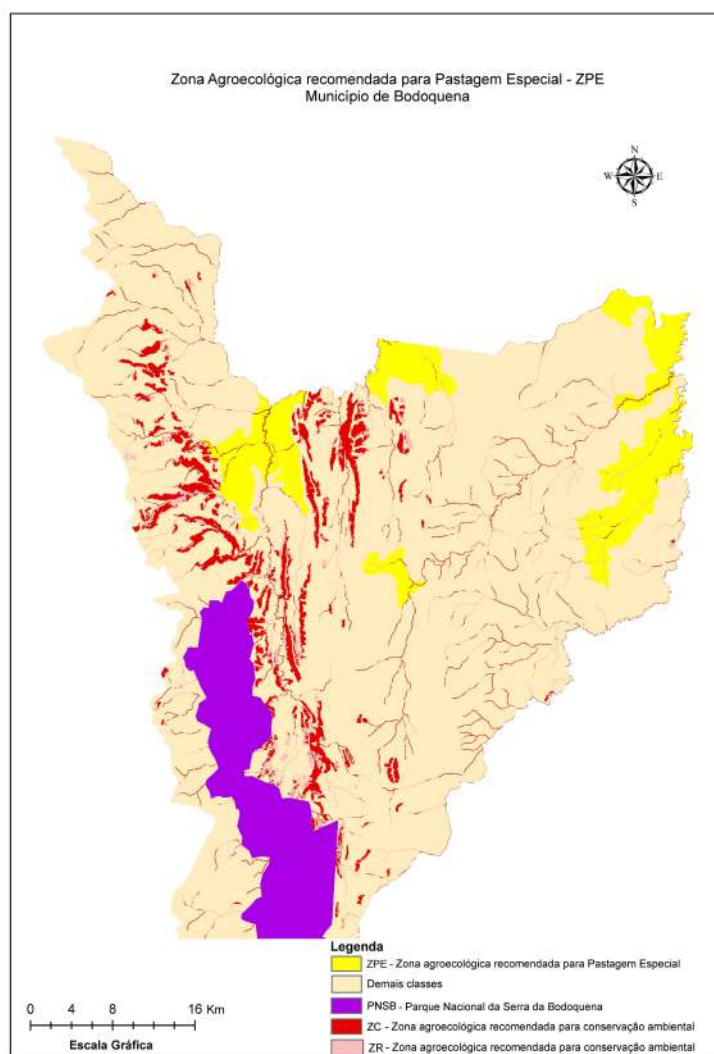


Figura 12. Mapa mostrando a distribuição da zona agroecológica de pastagem especial (ZPE) em relação às demais zonas agroecológicas identificadas no município de Bodoquena.

A figura 13 mostra a distribuição percentual das terras do município de Bodoquena - MS em função das zonas agroecológicas identificadas.

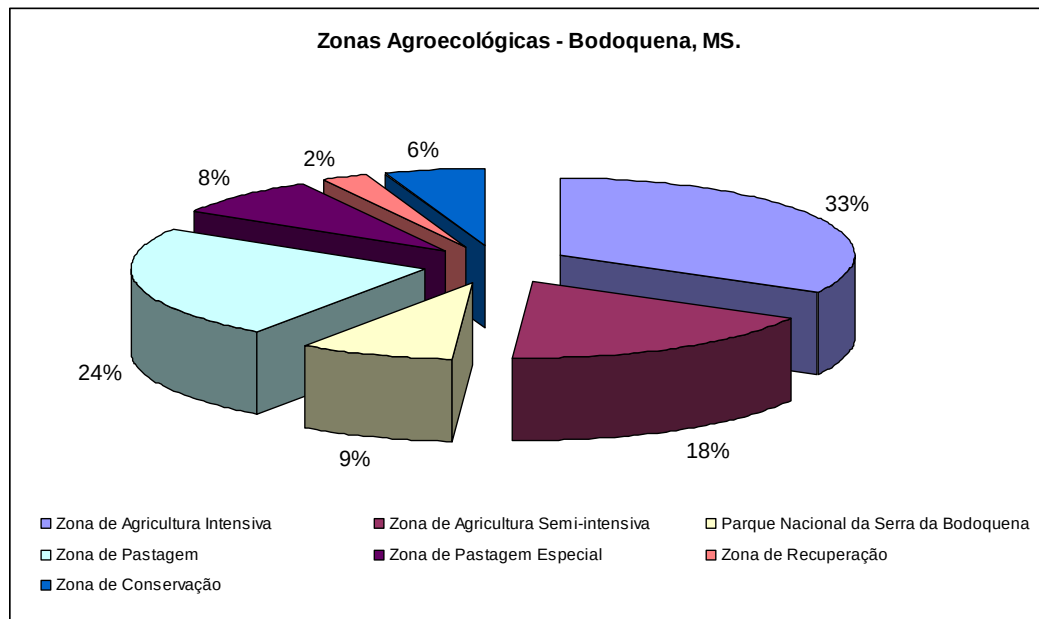


Figura 13. Distribuição percentual das zonas agroecológicas segundo o Zoneamento Agroecológico do Município de Bodoquena.

Dentre as áreas indicadas para utilização – Zona Agroecológica de Agricultura Intensiva – Zona Agroecológica de Agricultura Semi-Intensiva – Zona Agroecológica de Pastagem e Zona Agroecológica de Pastagem especial, apresenta-se nas tabelas a seguir os seguintes resultados.

As tabelas 9, 10 e 11 exibem as áreas em km² com as interpretações para as diferentes classes de aptidão avaliadas por conjunto de culturas e por zona agroecológica indicada.

Tabela 9. Área em km² por classes de aptidão por conjunto de culturas nas zonas agroecológicas indicadas para sistema intensivo de manejo (ZAI).

Classes Culturas	B	B**	R	R*	R**	M	M*	M**	I	I*
Soja e Milho	69,28	272,91	86,34	58,05	37,55	2,34	101,74	95,33	0,54	101,29
Abacaxi	43,97	19,55	117,71		215,78	6,03	150,05	170,46	0,54	101,29
Milho Safrinha	43,42	93,38	121,96		190,71	2,34	150,09	121,71	0,50	101,29

As figuras 14, 15 e 16 mostram a ocorrência percentual das classes de aptidão por grupo de culturas indicadas para as zonas agroecológicas de agricultura intensiva no município de Bodoquena.

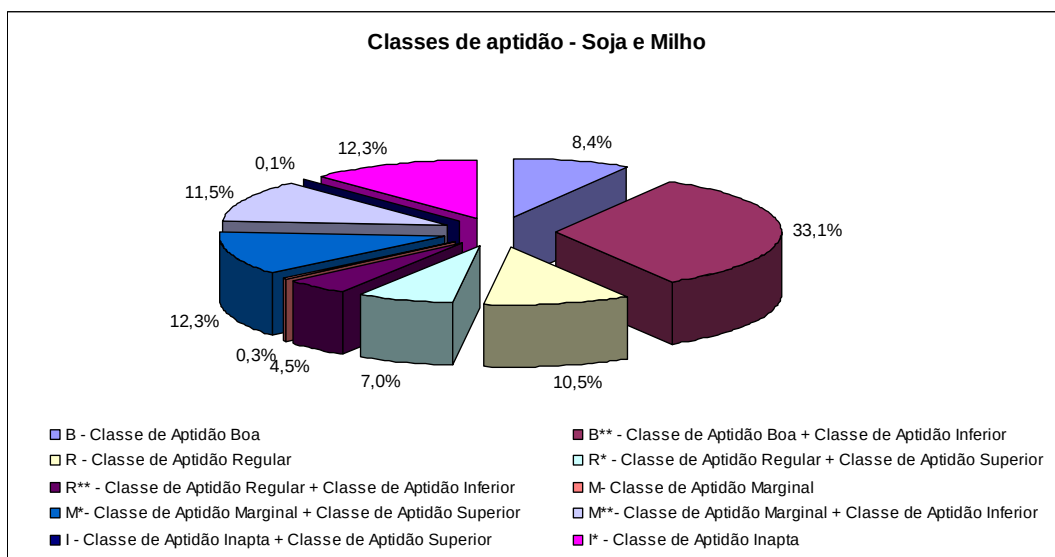


Figura 14. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola das culturas da soja e milho nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura intensiva.

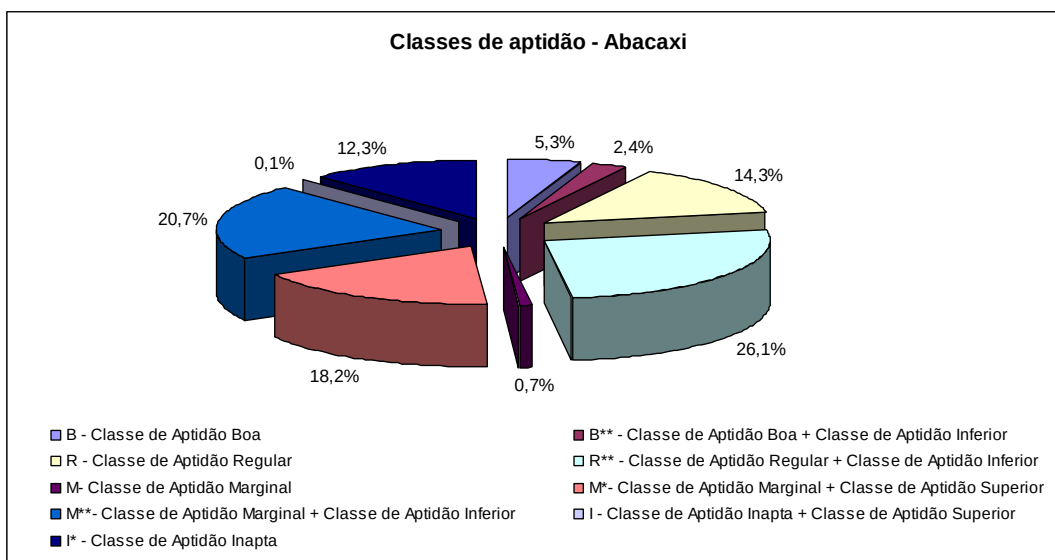


Figura 15. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola da cultura do abacaxi nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura intensiva.

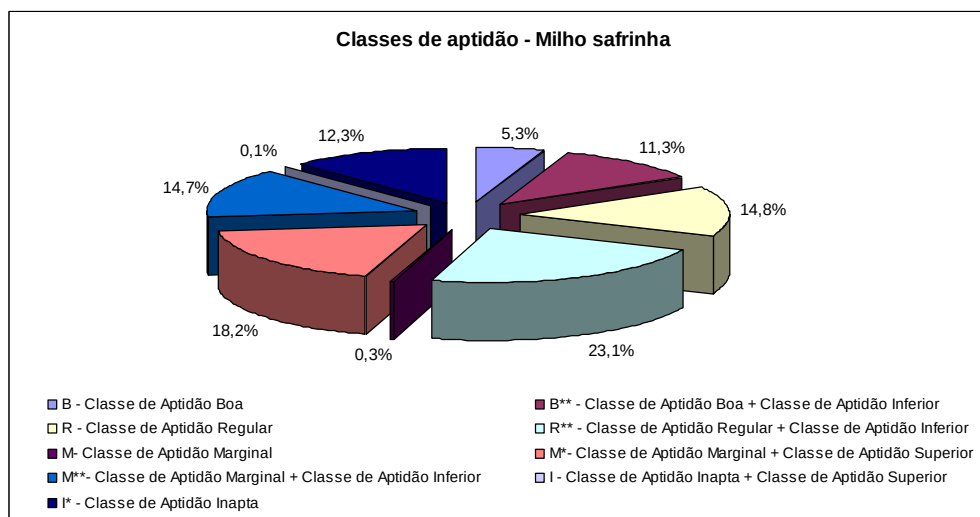


Figura 16. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola da cultura do milho safrinha nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura intensiva.

Tabela 10. Área em km² por classes de aptidão por conjunto de culturas nas zonas agroecológicas indicadas para sistema semi-intensivo de manejo (ZAS).

Classes Culturas	B	B**	R	R*	R**	M	M*	M**	I	I*
Banana	76,2	11,5	172,6	31,2	487,3	23,7	379,3	100,1	0,0	0,8
Uva	115,3	251,3	145,7	343,7	11,5		379,3	35,0	0,0	0,8
Citrus Goiaba	0,2	214,2	228,3	63,7	349,6	11,5	379,3	35,0	0,0	0,8
Manga Maracujá Mamão		25,9	218,8	61,2	472,8	23,7	379,3	100,1	0,0	0,8

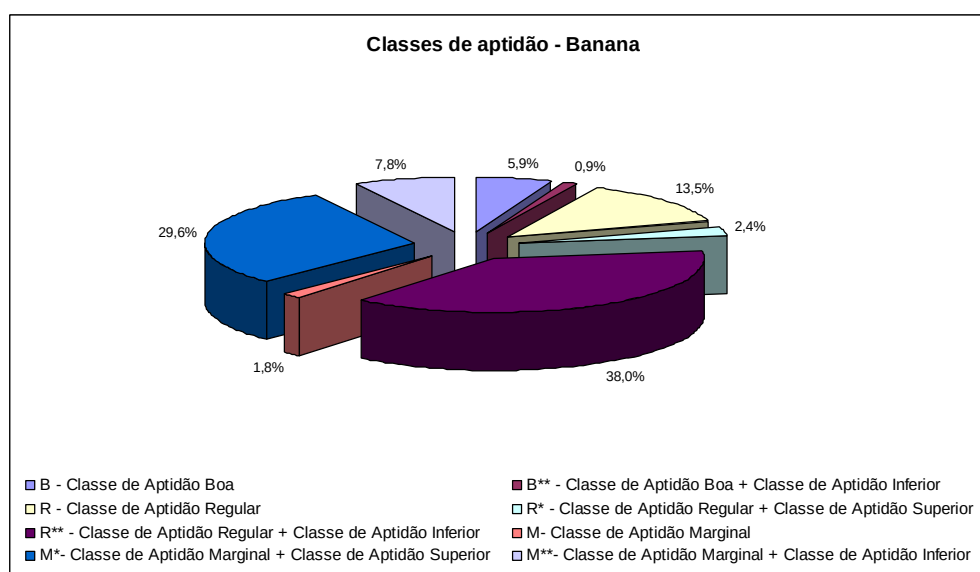


Figura 17. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola das cultura da banana nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura semi-intensiva.

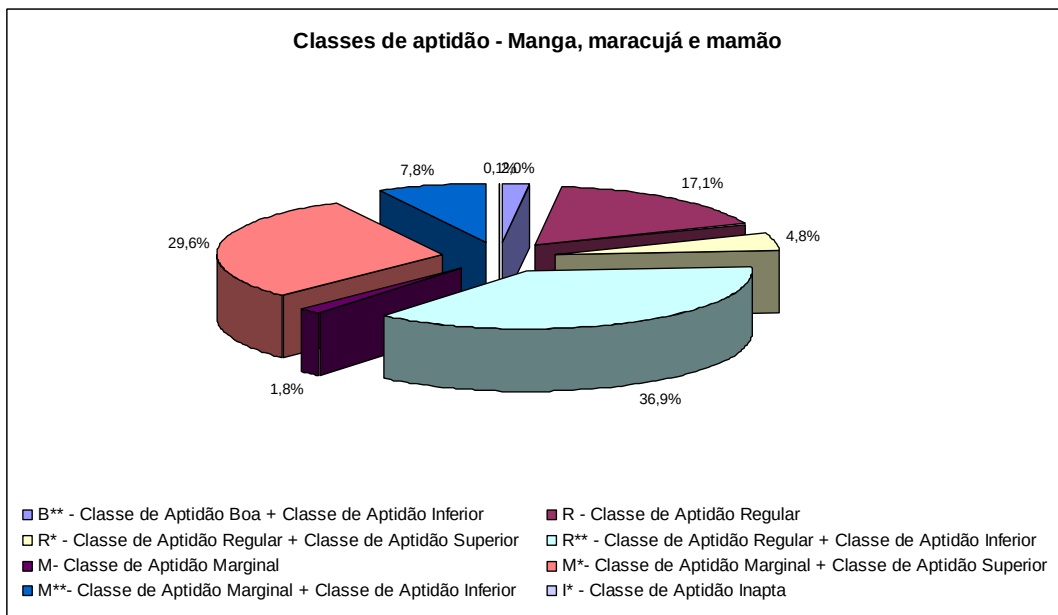


Figura 18. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola das culturas de manga, do maracujá e do mamão nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura semi-intensiva.

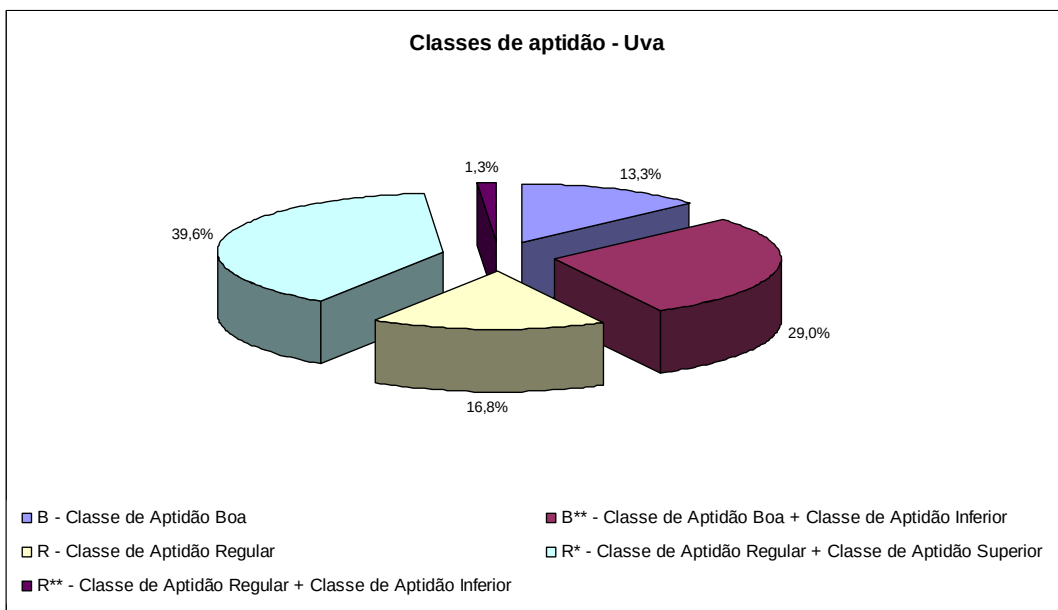


Figura 19. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola da cultura da uva nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura semi-intensiva.

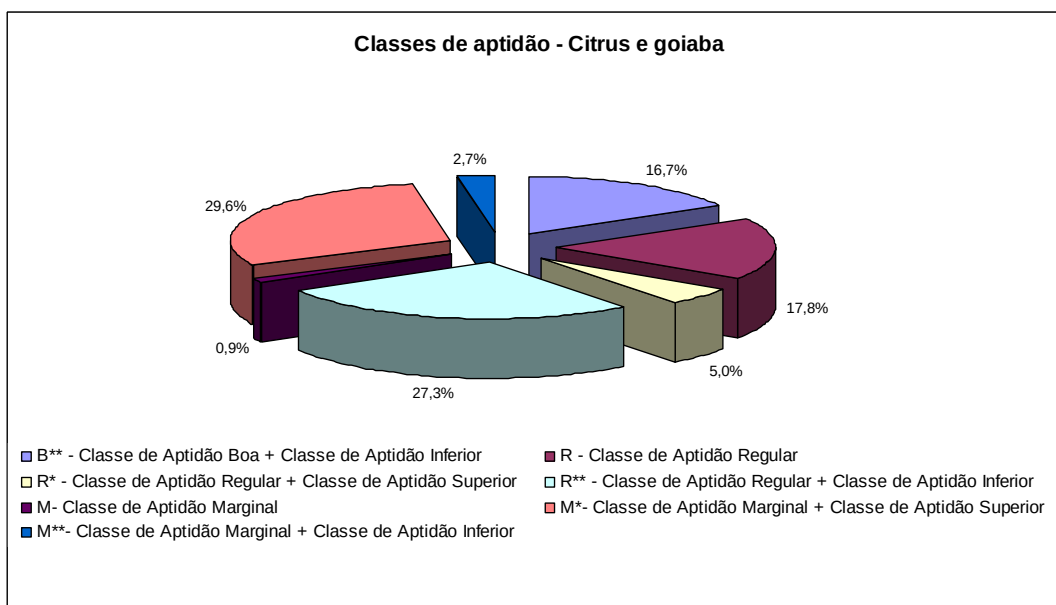


Figura 20. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola das culturas dos citruss e da goiaba nas terras da zona agroecológica indicadas para uso com agricultura semi-intensiva.

Tabela 11. Área em km² por classes de aptidão para a cultura do arroz nas zonas agroecológicas indicadas para sistema de manejo especial (ZPE).

Classes Cultura	B	B**	R	R*	R**	M	M*	M**	I	I*
Arroz	142,5		107,4			21,6	0,04	0,0	0,5	

4. CONCLUSÕES

A análise dos dados ambientais através da metodologia proposta permitiu a estratificação do município de Bodoquena em diferentes unidades de paisagem (zonas agroecológicas, zonas de conservação e zonas de recuperação).

As zonas agroecológicas recomendadas para o uso com lavouras (intensivas e semi-intensivas) somam cerca de 128.000 ha, o que equivale a 51,2% da área total do município.

As zonas agroecológicas recomendadas para o uso com pastagens somam cerca de 60.000 ha, o equivalente a 24% da área total do município, enquanto que as áreas recomendadas para pastagem especial ou cultivo de arroz correspondem a aproximadamente 8,4% da área do município que corresponde a algo como 21.000 hectares. Nestas unidades é fundamental avaliar-se criteriosamente a utilização de pastagens nestas terras quando essas ainda se encontram sob cobertura vegetal, visto que, praticamente 50% destas terras ainda permanecem com vegetação natural em seus diversos graus de conservação.

As áreas identificadas como zonas recomendadas para conservação dos recursos naturais somam 14.250,50 ha, 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 5.792 ha e constituem áreas de alta fragilidade ambiental e/ou que apresentam restrições legais de uso e que foram desmatadas para o uso com pastagens (100%). O restante constitui-se exclusivamente de áreas de preservação permanente, que também foram erradamente desmatadas para o estabelecimento de pastagens e/ou agricultura.

A área do município de Bodoquena apresenta alto grau de degradação antrópica, onde mais de 52% das terras estão sendo utilizadas com pastagens e com agricultura com algum nível de degradação. Este quadro exige ações de correção ambiental quanto à recuperação de mata ciliar (áreas de preservação permanente) e a elaboração de um plano participativo de uso sustentado dos recursos naturais.

A utilização por parte do poder público, seja em nível municipal ou estadual, deste trabalho, permite a elaboração de políticas públicas destinadas ao reordenamento territorial rural com sustentabilidade ambiental.

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>. Acesso em: 03 nov. de 2006.

AMARAL, F. C. S. **Aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais**: avaliação e adequação. 1993. 155 f. Dissertação (Mestrado) – ESALQ - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

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.

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. **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. **Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação – Enfoque na Região Semi-Árida**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005.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. **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. **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. **Zoneamento agropedoclimático do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 17).

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**: guía general. Roma: FAO, 1997. 82 p. (FAO. Boletín de Suelos, 73).
- 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.
- GAUSSEN, H. **Théorie et classification des climats et microclimats**. In: CONGRÈS INTERNATIONAL BOTANIQUE, 7.; 1954, Paris: [Société Botanique de France], 1954. p. 125-30.
- GONÇALVES, A. O., PEREIRA, N. R.; COSTA, L. L. da. **Caracterização climática e aptidão das culturas anuais e perenes no zoneamento pedoclimático do Estado do Mato Grosso do Sul – 1ª fase**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006 (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 99).
- 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.
- 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.
- 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.
- 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**. 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.

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

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

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.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. **Saison sèche et indice xerothermique**. Toulouse: Faculté de Sciences de Toulouse, 1954.

EMBRAPA SOLOS. **Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 63).

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

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

Anexos

Mapas do Zoneamento Agroecológico do Município de Bodoquena (escala 1:100.000)

Zoneamento Agroecológico da Uva no Município de Bodoquena

Zoneamento Agroecológico do Citrus no Município de Bodoquena

Zoneamento Agroecológico do Maracujá no Município de Bodoquena

Zoneamento Agroecológico da Goiaba no Município de Bodoquena

Zoneamento Agroecológico da Manga no Município de Bodoquena

Zoneamento Agroecológico do Mamão no Município de Bodoquena

Zoneamento Agroecológico da Banana no Município de Bodoquena

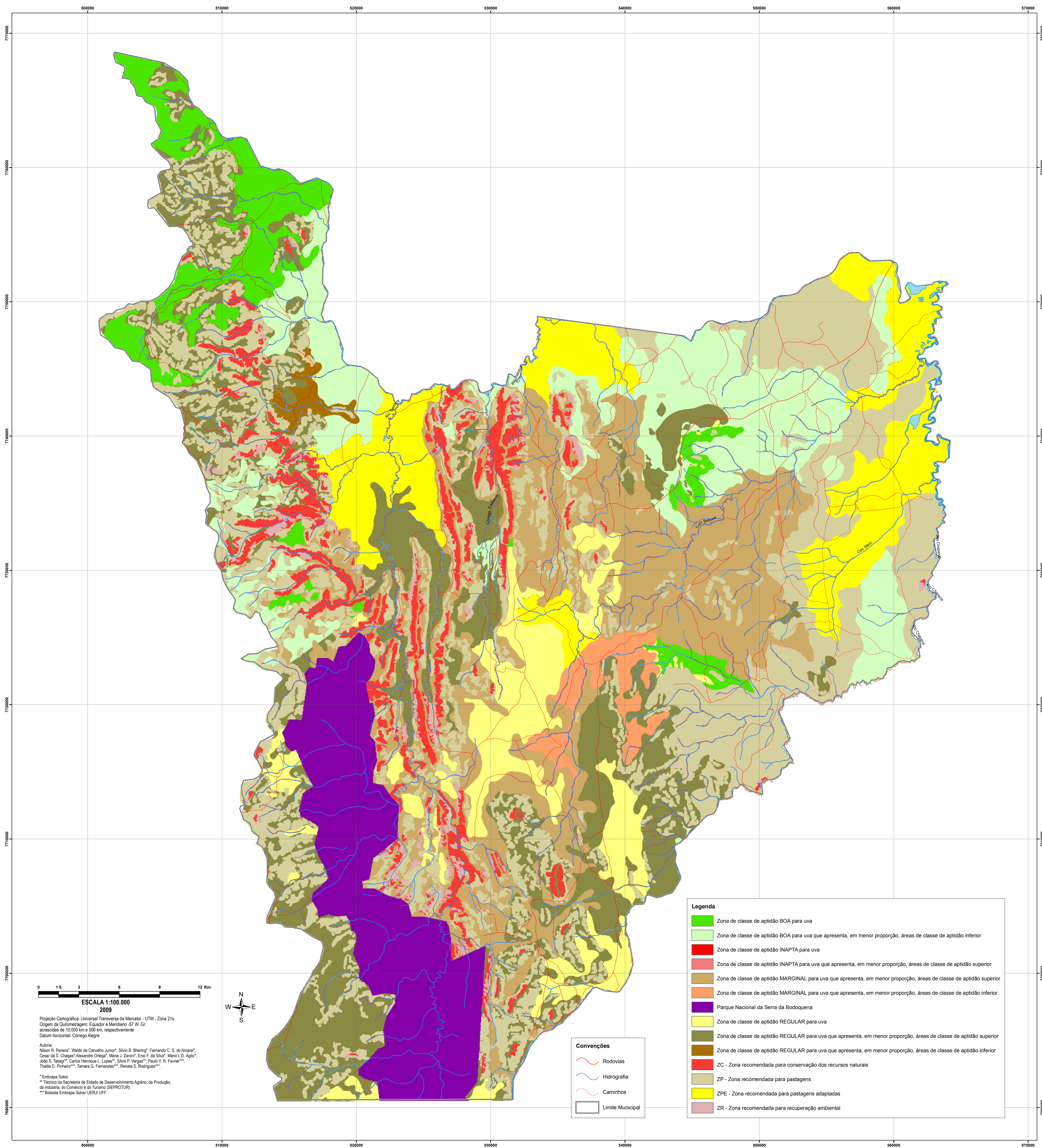
Zoneamento Agroecológico do Abacaxi no Município de Bodoquena

Zoneamento Agroecológico do Milho Safrinha no Município de Bodoquena

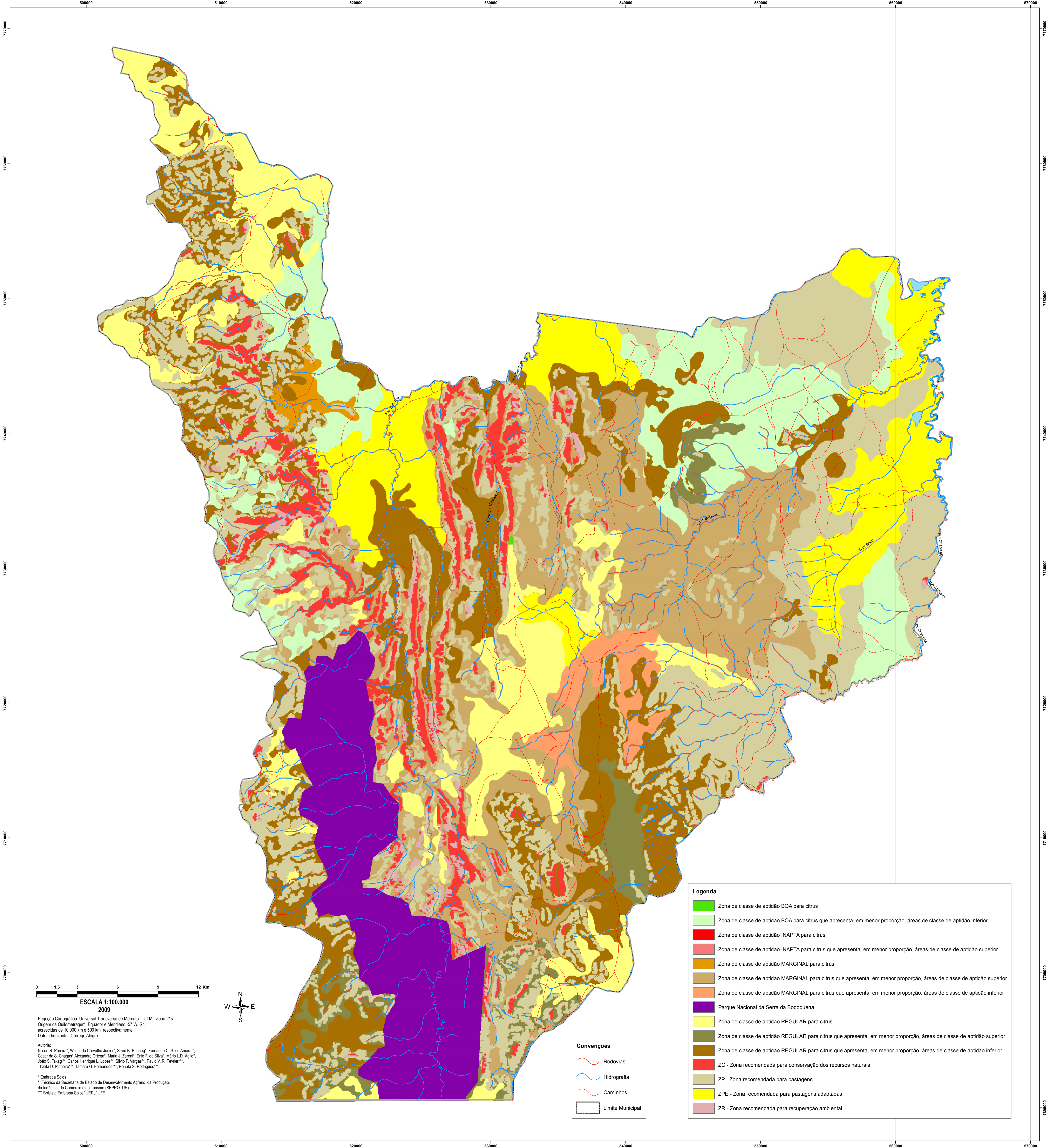
Zoneamento Agroecológico da Soja no Município de Bodoquena

Zoneamento Agroecológico do Milho no Município de Bodoquena

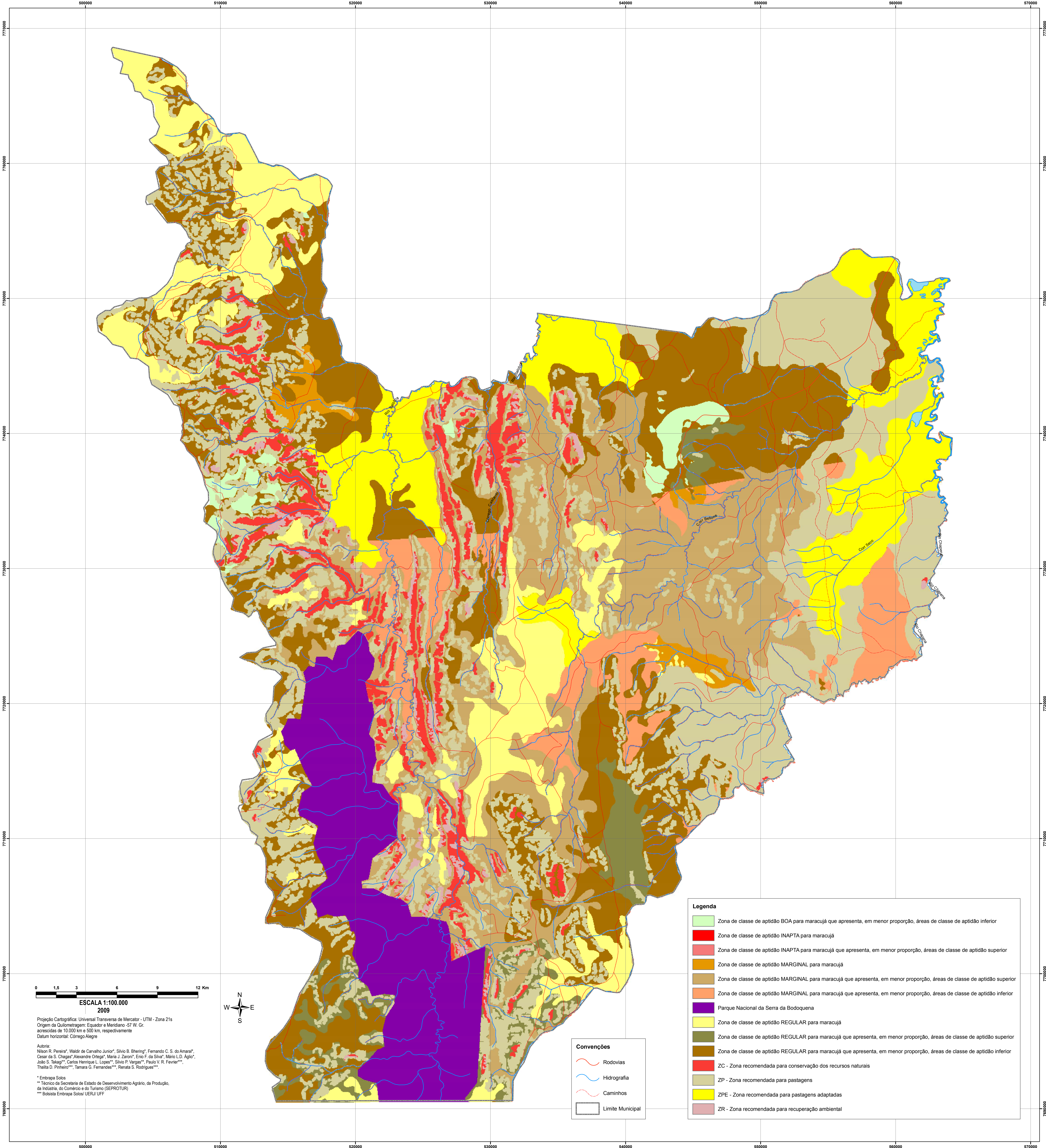
Zoneamento Agroecológico do Arroz no Município de Bodoquena



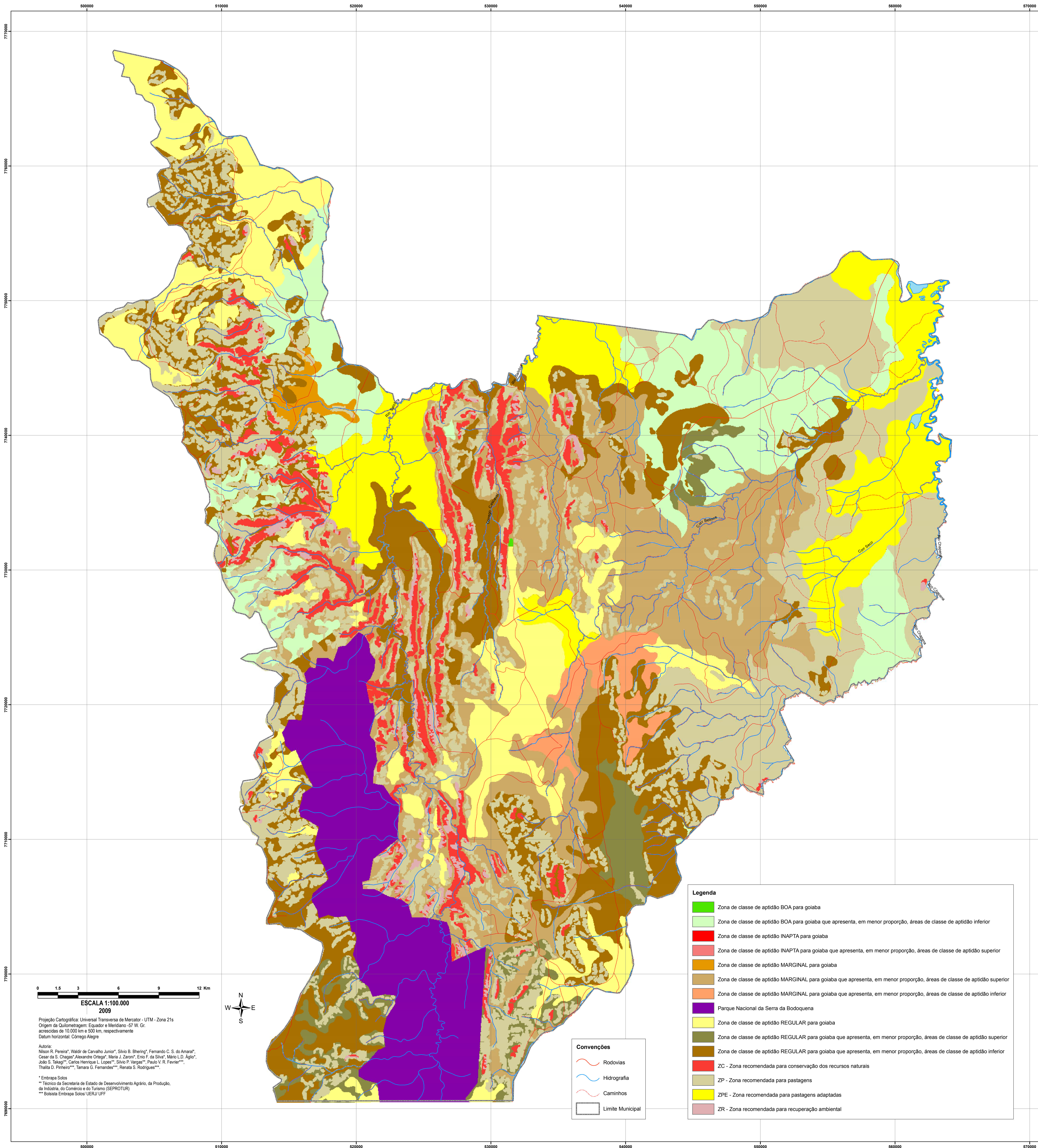
Zoneamento Agroecológico para Citrus no Município de Bodoquena (MS)



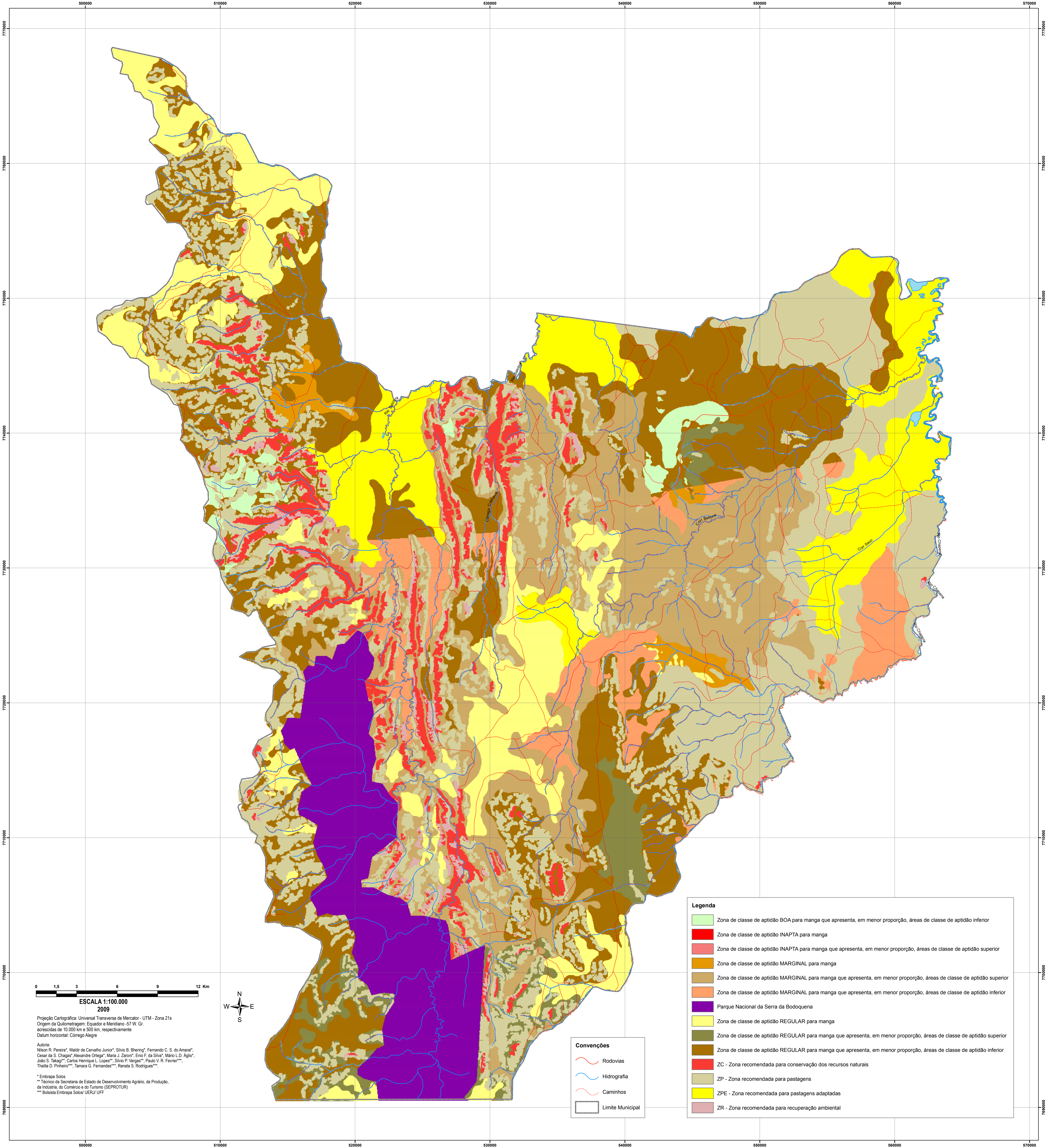
Zoneamento Agroecológico para Maracujá no Município de Bodoquena (MS)



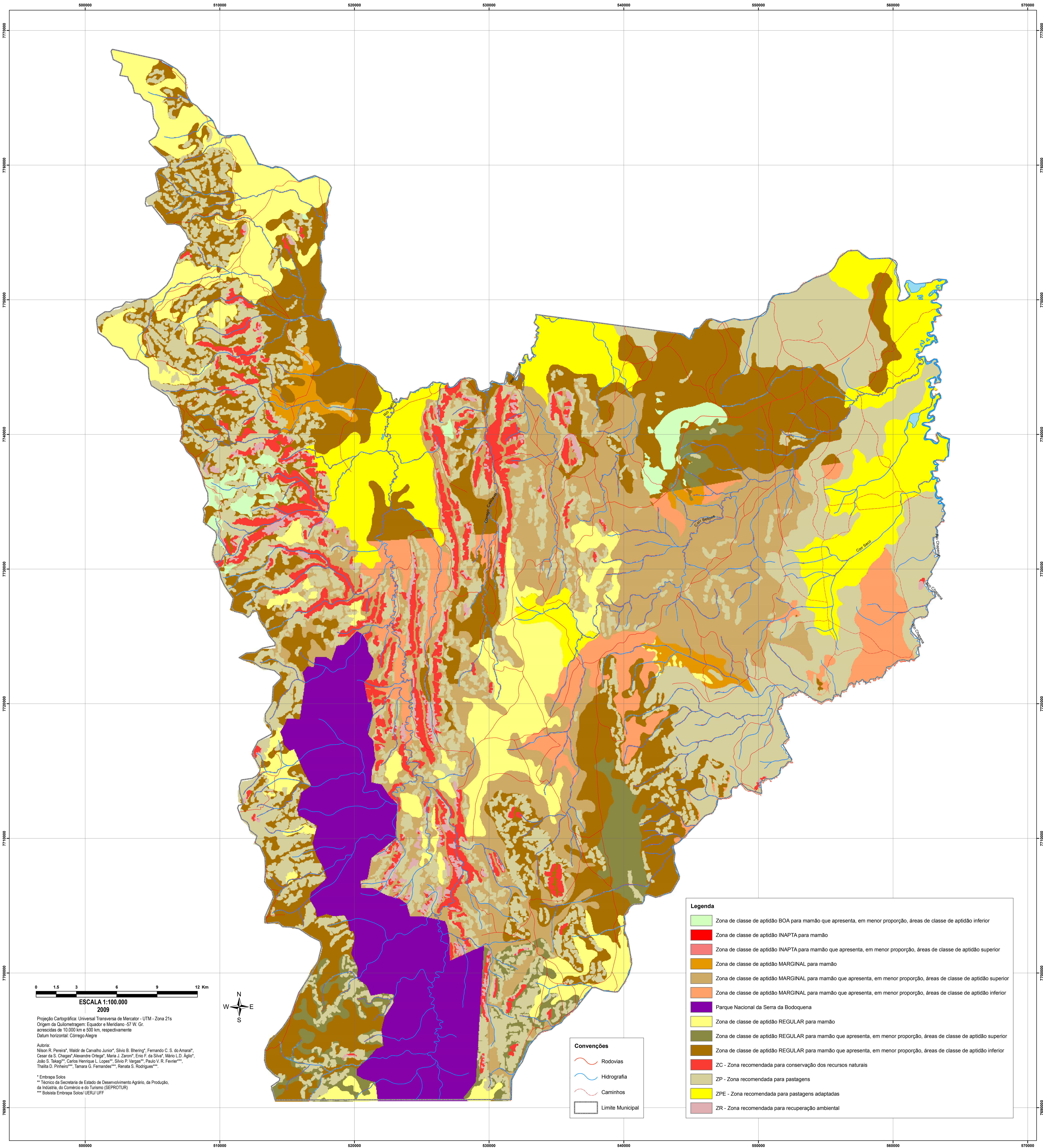
Zoneamento Agroecológico para Goiaba no Município de Bodoquena (MS)



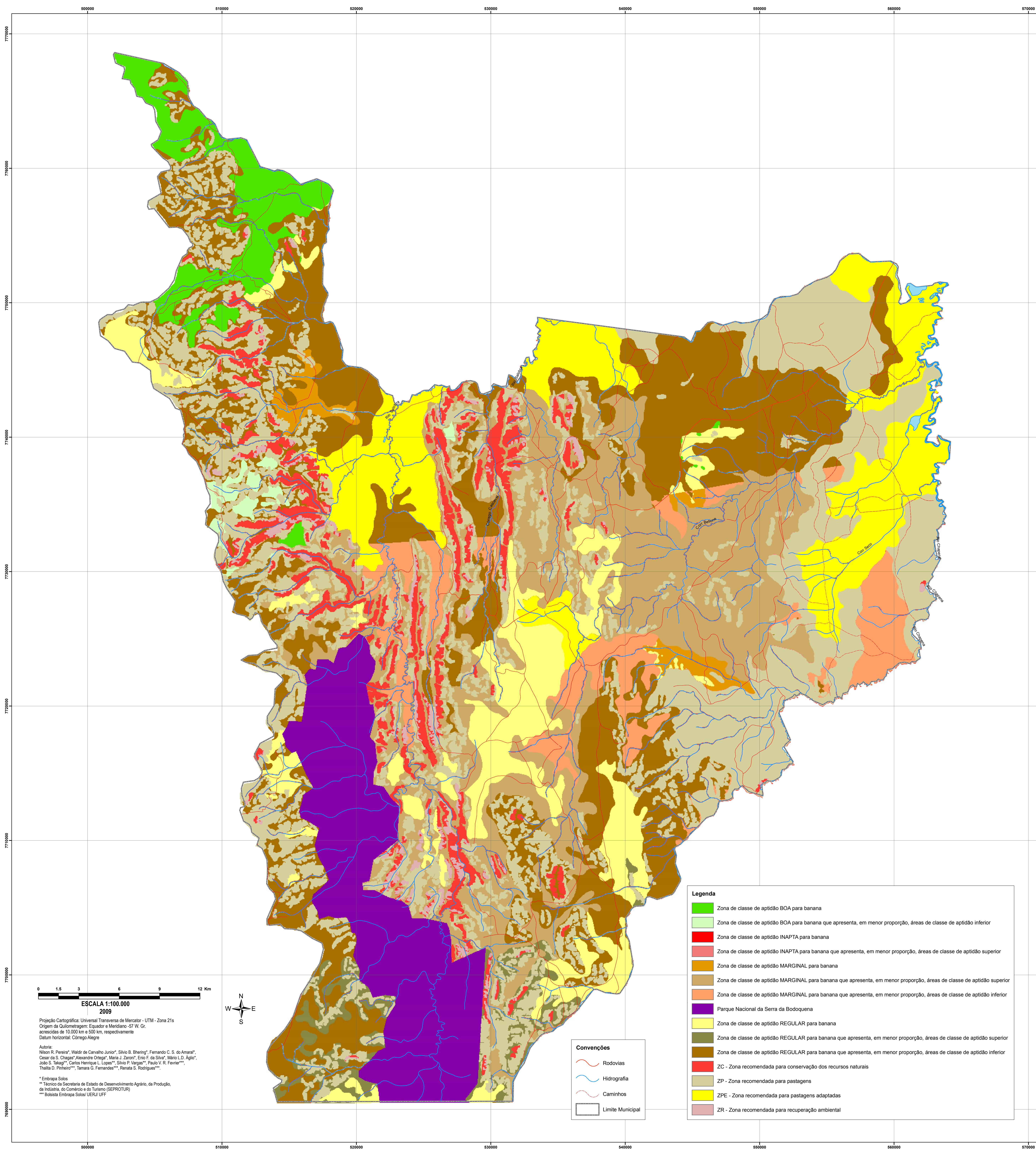
Zoneamento Agroecológico para Manga no Município de Bodoquena (MS)



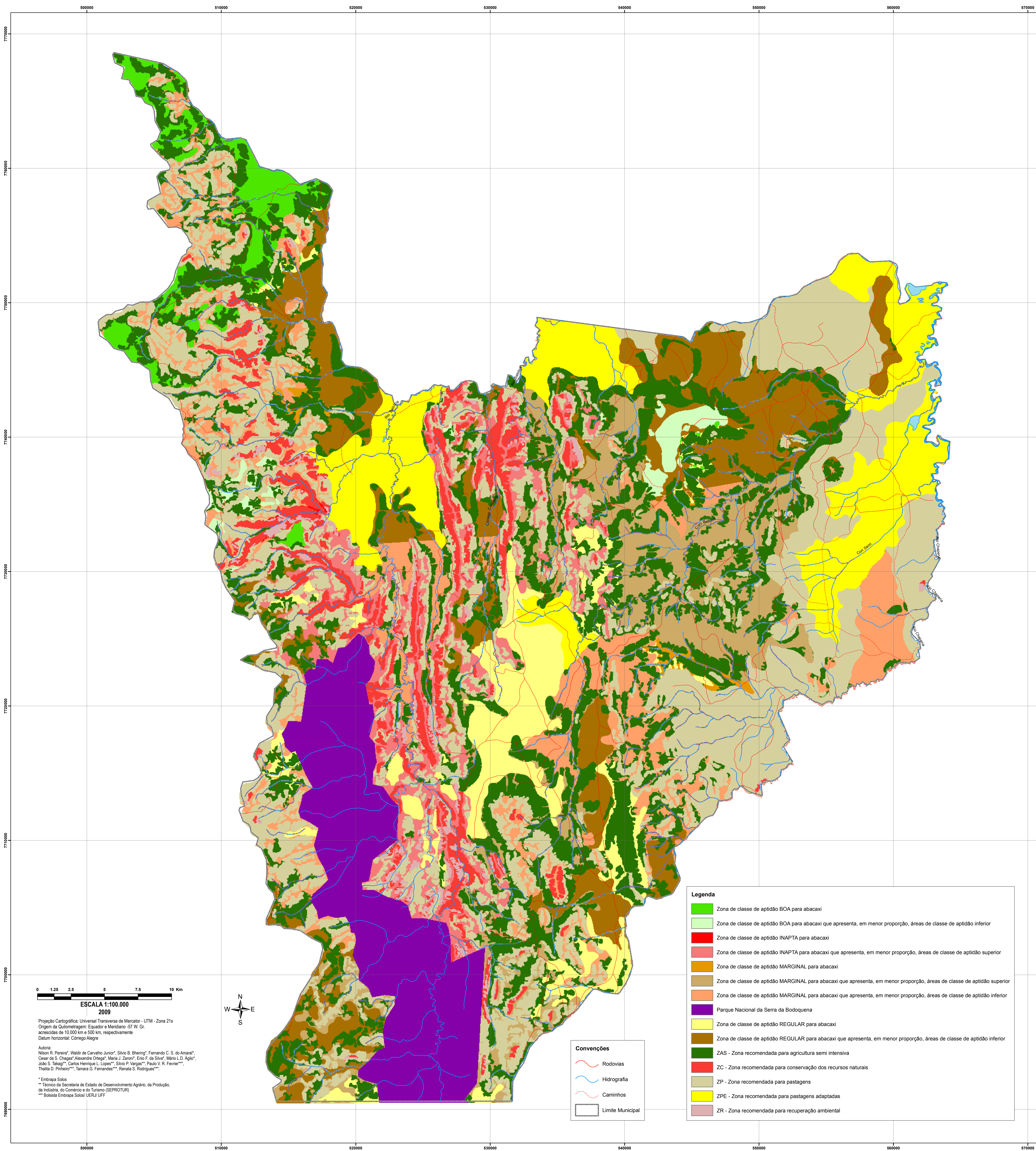
Zoneamento Agroecológico para Mamão no Município de Bodoquena (MS)

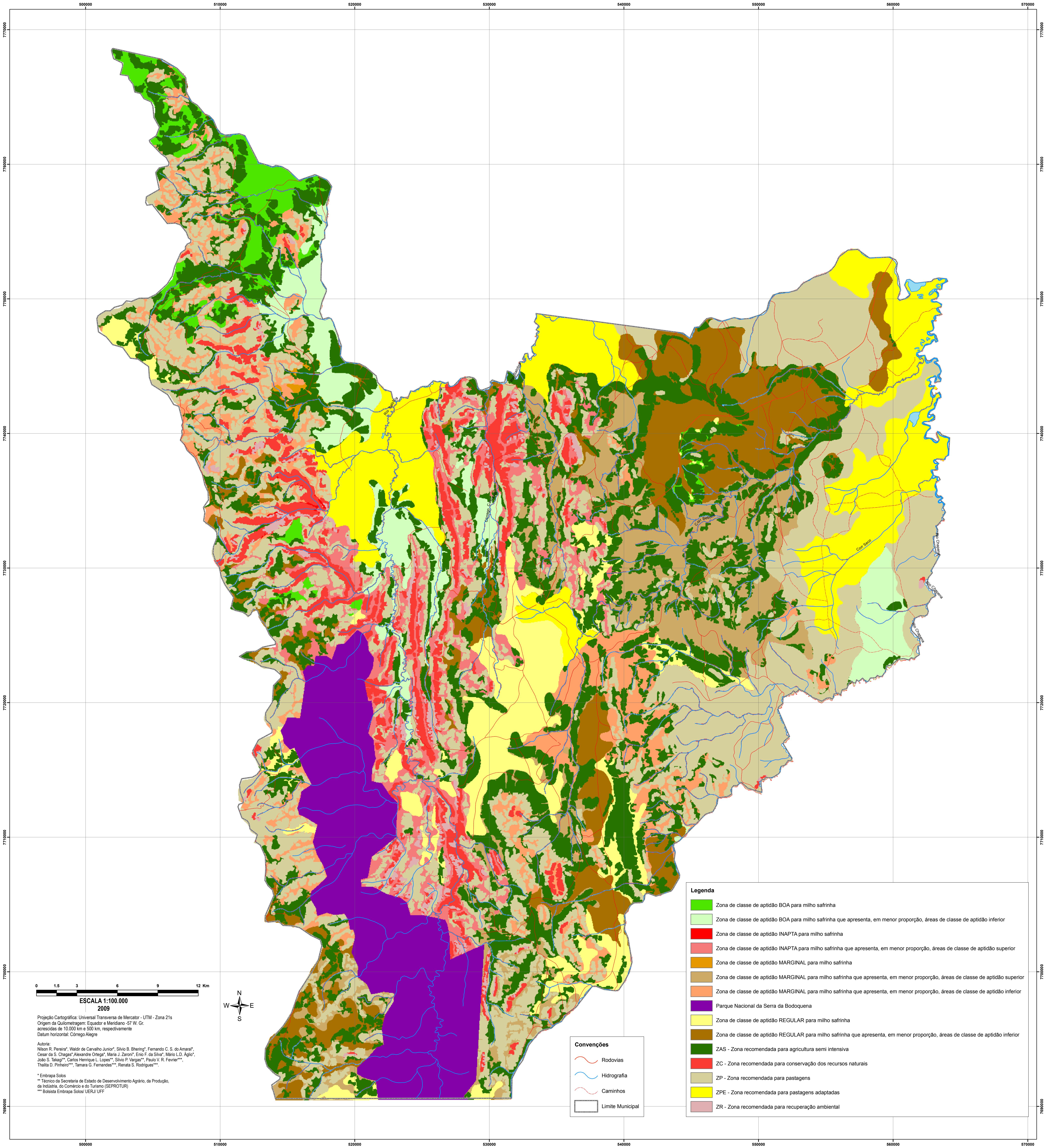


Zoneamento Agroecológico para Banana no Município de Bodoquena (MS)

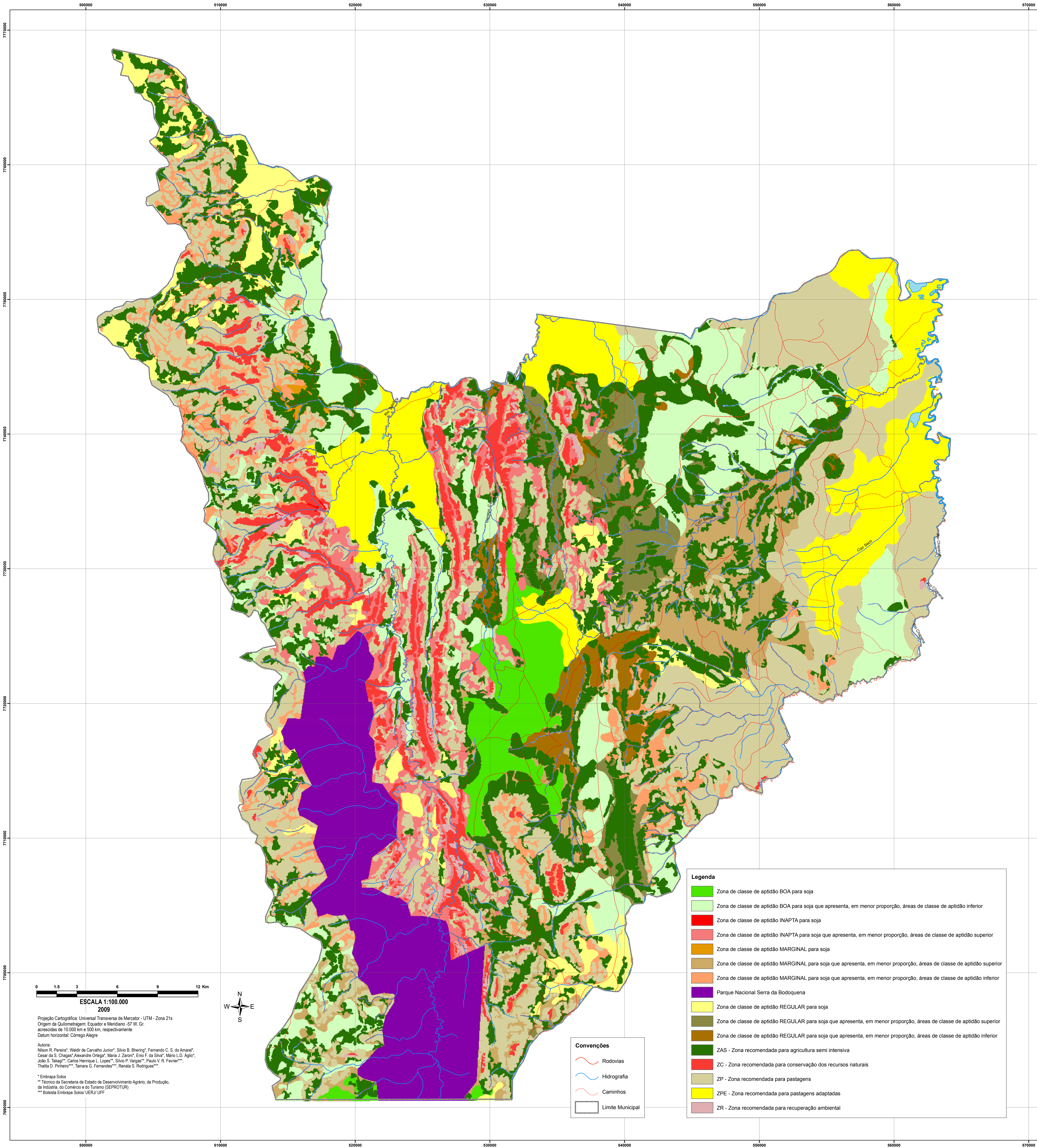


Zoneamento Agroecológico para Abacaxi no Município de Bodoquena (MS)

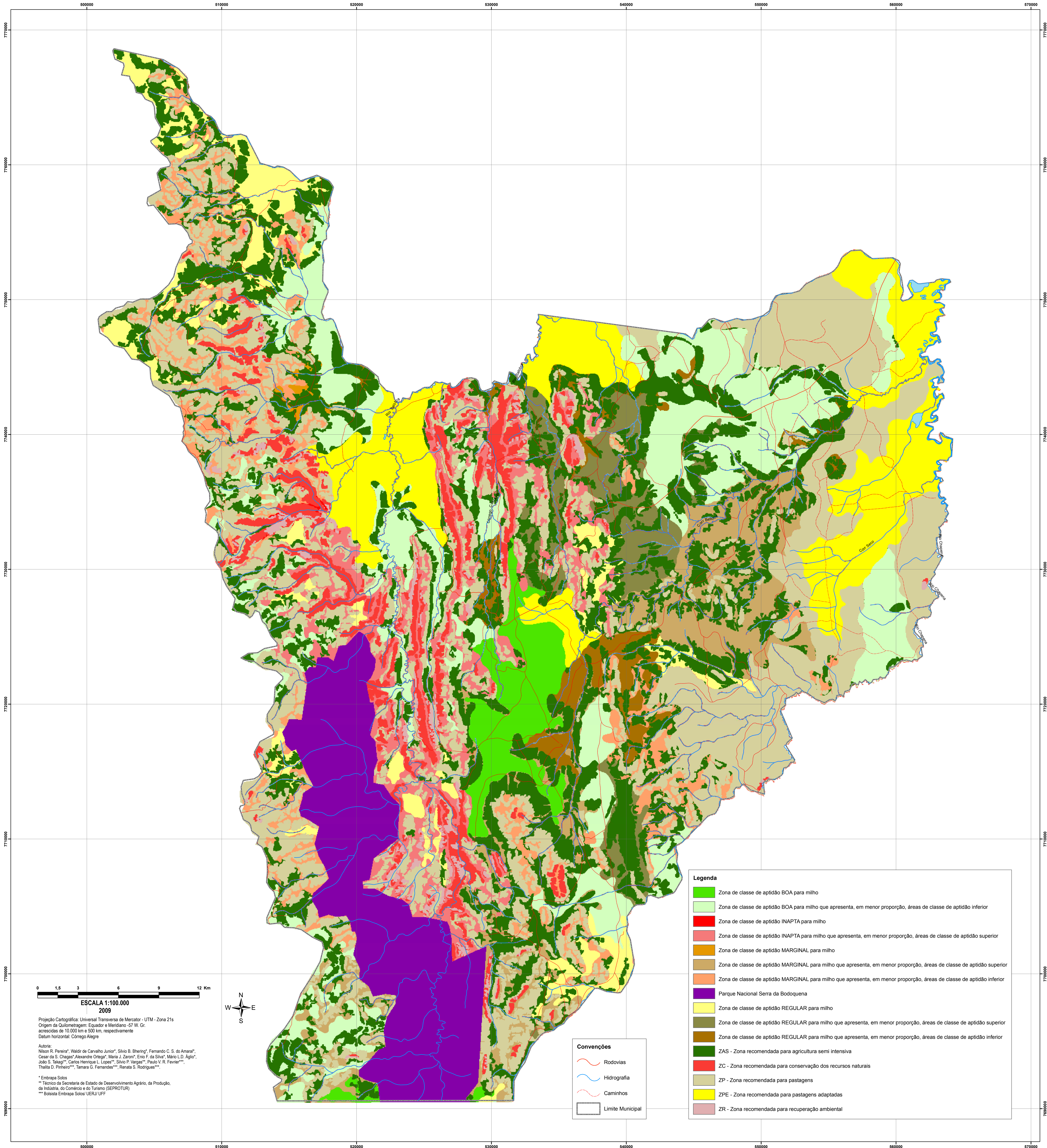


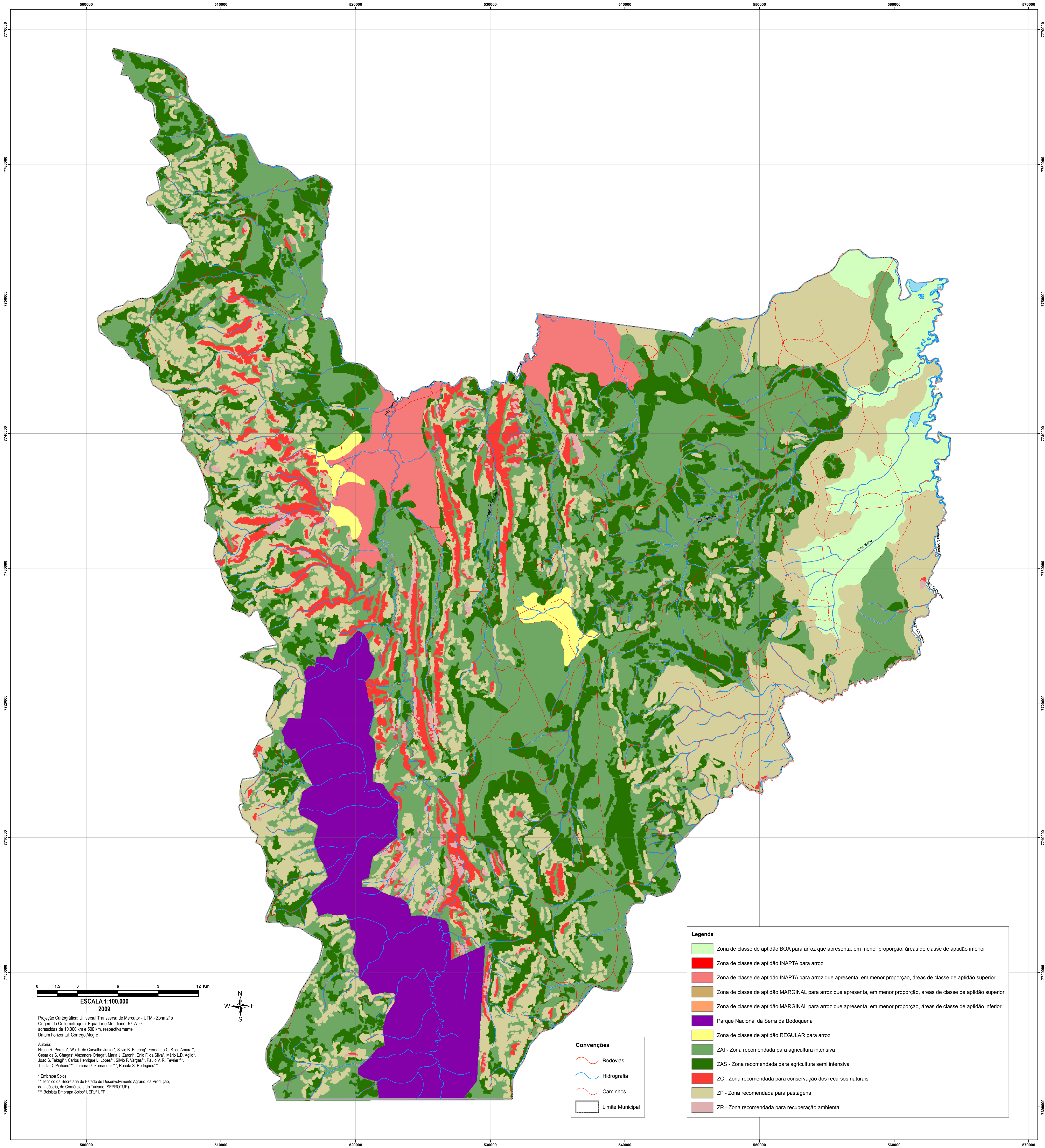


Zoneamento Agroecológico para Soja no Município de Bodoquena (MS)

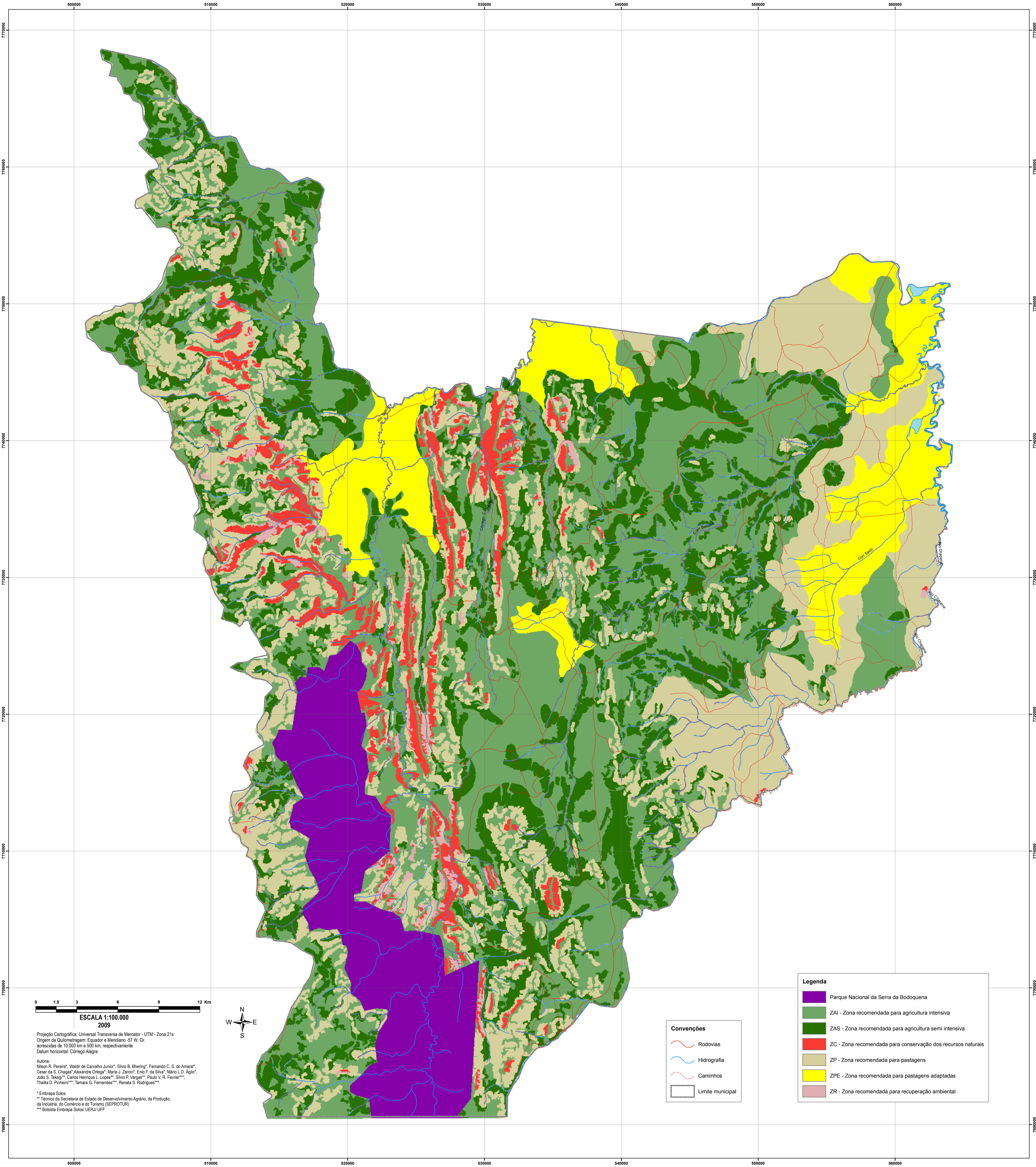


Zoneamento Agroecológico para Milho no Município de Bodoquena (MS)





Zoneamento Agroecológico do Município de Bodoquena (MS)





Solos