

## **Zoneamento Agroecológico do Município de Caracol - 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 142***

### **Zoneamento Agroecológico do Município de Caracol - MS**

*Waldir de Carvalho Júnior*

*César da Silva Chagas*

*Silvio Barge Bhering*

*Enio Fraga da Silva*

*Fernando Cezar Saraiva do Amaral*

*Nilson Rendeiro Pereira*

*Alexandre Ortega Gonçalves*

*Maria José Zaroni*

*Mário Luiz Diamante Áglio*

*Ailton Martins Amorim*

*Carlos Henrique Lemos Lopes*

*Cláudio Guedes de Sá Earp*

*Thalita D. Pinheiro*

*Tamara G. Fernandes*

*Renata S. Rodrigues*

Rio de Janeiro, RJ

2009

**Embrapa Solos**

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

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274-5291

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

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

**Comitê Local de Publicações**

**Presidente:** *Daniel Vidal Pérez*

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

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

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

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

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

**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).

---

C331z Carvalho Júnior, Waldir de.

Zoneamento Agroecológico do Município de Caracol - MS / Waldir de Carvalho Júnior ... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2009.

49 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 142).

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. Chagas, César da Silva. II. Bhering, Silvio Barge. III. Silva, Enio Fraga da. IV. Amaral, Fernando Cezar Saraiva do. V. Pereira, Nilson Rendeiro. VI. Gonçalves, Alexandre Ortega. VII. Zaroni, Maria José. VIII. Áglio, Mário Luiz Diamante. IX. Amorim, Ailton Martins. X. Lopes, Carlos Henrique Lemos. XI. Earp, Cláudio Guedes de Sá. XII. Pinheiro, Thalita D. XIII. Fernandes, Tamara G. XIV. Rodrigues, Renata, S. XV. Título. XVI. Série.

CDD (21.ed.) 631.47

---

© Embrapa 2009

## Sumário

<b>Resumo .....</b>	<b>7</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Metodologia .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Resultados e discussão .....</b>	<b>32</b>
<b>4. Conclusões .....</b>	<b>46</b>
<b>5. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>47</b>
<b>Anexo - .....</b>	<b>49</b>

Mapa do Zoneamento Agroecológico do Município de Caracol (escala 1:100.000);

Mapa do Zoneamento Agroecológico da Uva no Município de Caracol;

Mapa do Zoneamento Agroecológico do Citrus no Município de Caracol;

Mapa do Zoneamento Agroecológico do Maracujá no Município de Caracol;

Mapa do Zoneamento Agroecológico da Goiaba no Município de Caracol;

Mapa do Zoneamento Agroecológico da Manga no Município de Caracol;

Mapa do Zoneamento Agroecológico do Mamão no Município de Caracol;

Mapa do Zoneamento Agroecológico da Banana no Município de Caracol;

Mapa do Zoneamento Agroecológico do Abacaxi no Município de Caracol;

Mapa do Zoneamento Agroecológico do Milho Safrinha no Município de Caracol;

Mapa do Zoneamento Agroecológico da Soja no Município de Caracol;

Mapa do Zoneamento Agroecológico da Cultura do Milho no Município de Caracol;

Mapa do Zoneamento Agroecológico da Cultura do Arroz no Município de Caracol.

## Equipe Técnica

**Waldir de Carvalho Júnior**

Pesquisador A Embrapa Solos.  
E-mail: waldir@cnps.embrapa.br

**César da Silva Chagas**

Pesquisador A Embrapa Solos.  
E-mail: cesar@cnps.embrapa.br

**Silvio Barge Bhering**

Pesquisador A Embrapa Solos.  
E-mail: silvio@cnps.embrapa.br

**Enio Fraga da Silva**

Pesquisador A Embrapa Solos.  
E-mail: enio@cnps.embrapa.br

**Fernando Cezar Saraiva do Amaral**

Pesquisador A Embrapa Solos.  
E-mail: fernando@cnps.embrapa.br

**Nilson Rendeiro Pereira**

Pesquisador B Embrapa Solos.  
E-mail: nilson@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

**Mário Luiz Diamante Áglio**

Assistente A Embrapa Solos.  
E-mail: mario@cnps.embrapa.br

**Ailton Martins Amorim**

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

**Carlos Henrique Lemos Lopes**

Membro SEPROTUR

**Cláudio Guedes de Sá Earp**

Membro SEPROTUR

**Thalita D. Pinheiro**

Bolsista Embrapa Solos/ UERJ/ UFF

**Tamara G. Fernandes**

Bolsista Embrapa Solos/ UERJ/ UFF

**Renata S. Rodrigues**

Bolsista Embrapa Solos/ UERJ/ UFF

## **Zoneamento Agroecológico do Município de Caracol – 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 Caracol, as zonas recomendadas para o uso com lavouras equivalem a 25,0% de sua área total, enquanto que as recomendadas para o uso com pastagens a 52,5% (154.310 ha). Dentre essas 43.550 ha (14,8%) apresentam restrição de drenagem, sendo recomendada para pastagem com a utilização de espécies forrageiras adaptadas a suas condições, bem como para o cultivo de arroz irrigado por inundação em pequenas áreas. As terras recomendadas para conservação dos recursos naturais somam 7,2% da área total do município, enquanto as identificadas para recuperação ambiental, perfazem 15,14% de sua área total.

*Termos para indexação:* planejamento de uso e ocupação das terras, planejamento ambiental, uso sustentável das terras, ordenamento territorial.

# Agroecological Zoning Caracol 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 Zoning of the Mato Grosso do Sul State (Stage I) with a view to contribute in the indication of susceptible areas to sustainable agricultural exploitation. During the development of this work, legal aspects, environmental restrictions, potential of the cultures, aspects of the climate, geomorphology and of the soils were considered, all integrated in a GIS environment (maps algebra) intended to evaluate the suitability land use and to present a use and occupation land planning. This research bulletin was conceived within results and the methodology consolidated by municipal district. The lands recommended as "crop production" are up to 25,0% while recommended for "pastures" sums 52,5%, within these, 43,550 ha, 14,8%, has some drainage restriction, wherefore recommends the use of forage species adapted to internal drainage restrictions and flood risk and the cultivation of flood rice in small areas. The lands recommended for natural resources conservation add up to 7,2% of the district's total area and the zones identified as environmental mitigation are 15,14%.*

*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 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 destacamos a busca por uma agricultura sustentável.

De acordo com a FAO (1997), o Zoneamento Agroecológico busca a definição de zonas homogêneas com base na combinação das características dos solos, da paisagem e do clima. Os parâmetros utilizados na definição são baseados 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 da terra existentes, através do aumento de produção e/ou pela redução da degradação das terras. Desta forma, o Zoneamento Agroecológico é uma ferramenta fundamental de planejamento no esforço da busca de perfil agrossocioeconômico sustentável.

Com base nestes preceitos, este estudo tem como objetivo apresentar os resultados do Zoneamento Agroecológico realizado para o município de Caracol, Estado do Mato Grosso do Sul e reiterar a expectativa que a incorporação de referências de produção particularizadas por ambiente e condições climáticas como sugerido por este estudo possa contribuir para oferecer maior segurança na indicação da ocorrência e distribuição de áreas passíveis de exploração agrícola sustentável.

## 2. METODOLOGIA

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

O município de Caracol localiza-se entre as coordenadas geográficas (UTM) 7.600.000 e 7.550.000 m de longitude oeste e 497.000 e 466.000 m de latitude sul correspondendo a 2.940 km<sup>2</sup>. Situa-se na região oeste do Estado do Mato Grosso do Sul (Figura 1).

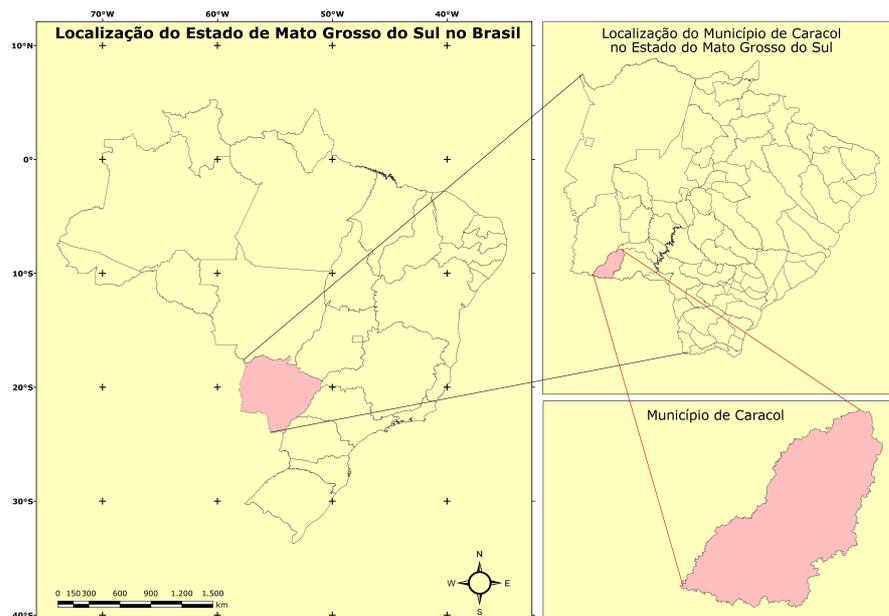


Figura 1. Mapa de localização do município de Caracol no Estado do Mato Grosso do Sul.

Caracteriza-se por apresentar um clima tropical seco e megatérmico com estação seca definida, que é classificado como Aw, segundo a classificação climática de Köppen (1948). A temperatura média anual do mês mais frio é superior a 18°C e a precipitação média anual é superior a 750 mm, atingindo 1.800 mm. Apresenta estação seca que varia de 2 a 3 meses, concentrando-se nos meses de junho a agosto, onde os totais pluviométricos médios são inferiores a 50 mm.

O diagrama do balanço hídrico do município (THORNTHWAITE; MATHER, 1955) evidencia a existência de excedente hídrico igual a 340 mm. Os períodos de reposição de água no solo se dão nos meses de abril e outubro, e de excedente nos meses de abril e junho e de outubro a fevereiro, onde o total de precipitação corresponde a cerca de 65% do total anual.

Os estudos geológicos existentes para o município de Caracol, embora de caráter generalizado (BRASIL, 1982), indicam que o material geológico da área estudada está inserido quase que completamente na Litoestratigrafia do Complexo do Rio Apa (Pré-cambriano). Sedimentos aluviais do quaternário da Formação Pantanal ocupam pequena extensão, sobretudo ao sul do município.

Do ponto de vista geomorfológico, a área do município está predominantemente inserida na unidade morfoescultural denominada por Brasil (1982) de "Planícies e Pantanaís Mato-grossenses" que apresenta um declive muito suave. Trata-se de uma área de sedimentos muito recentes sujeita, constantemente, a alagamentos e inundações, com fisionomia semelhantes a um pântano (BRASIL, 1982).

A vegetação original do município de Caracol era composta basicamente de transição entre cerrado tropical subcaducifólio e floresta tropical subcaducifólia e, por áreas de transição entre o cerrado tropical subcaducifólio e vegetação chaquenha típica do pantanal (BRASIL, 1982). Atualmente, verifica-se que 25,0% ainda apresentam vegetação natural. O restante do município teve a sua vegetação natural removida ao longo dos anos, sendo substituída principalmente por pastagem que cobre aproximadamente 75,0% da área.

## 2.2 Informações temáticas

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

### 2.2.1 Clima

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

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

2) Evapotranspiração Potencial (EP) - calculada mensalmente pelo método de Thornthwaite (1948). Com base na precipitação e na evapotranspiração potencial (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 Caracol (EMBRAPA, 2007).

### 2.2.3 **Geomorfologia**

As informações sobre a geomorfologia do município foram extraídas do levantamento de recursos naturais realizado pelo Projeto Radambrasil, conforme citado no item anterior. Dados do SRTM (UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY, 2005) 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 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.

#### 2.2.3.1 *Declividade*

A declividade tem sido considerada um dos mais importantes atributos topográficos primários que controlam os processos pedogenéticos, pois afetam diretamente a velocidade do fluxo superficial e subsuperficial de água e 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 folhas planialtimétricas: Colônia São Lourenço, Fazenda Margarida, Caracol e Bela Vista, na escala 1:100.000, disponibilizadas em meio digital pela Diretoria do Serviço Geográfico em convênio com o governo do Estado do Mato Grosso do Sul.

O método escolhido para a elaboração do MDE foi baseado no ajustamento da superfície, utilizando o módulo TOPOGRID do software 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).

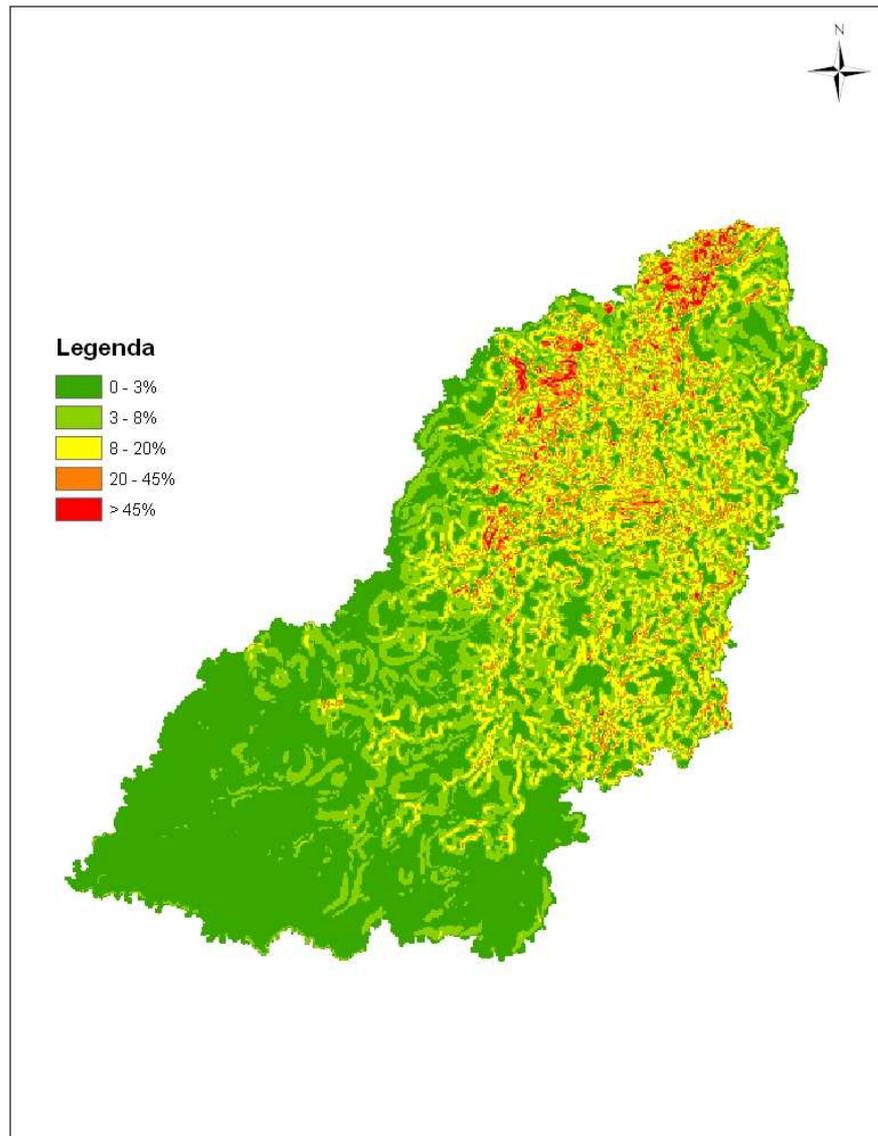


Figura 2. Mapa de classes de declividade do município de Caracol.

#### 2.2.4 Solos

Os dados sobre os solos foram obtidos no Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do município de Caracol (EMBRAPA, 2007), na escala 1:100.000. Com base nas características dos solos 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, os quais foram utilizados para auxiliar na avaliação da aptidão agroecológica das terras do município. Os critérios utilizados para a elaboração destes mapas são apresentados a seguir.

##### 2.2.4.1 Fertilidade

A fertilidade está na dependência, principalmente, da disponibilidade e fornecimento de macro e micronutrientes, incluindo também a presença ou ausência de certas substâncias tóxicas, solúveis, como a presença ou ausência de sais solúveis, especialmente sódio. É avaliada por meio dos dados analíticos de saturação por bases, saturação por alumínio, soma de bases trocáveis, capacidade de troca de cátions, relação C/N, fósforo assimilável, saturação por sódio, condutividade elétrica e acidez do solo, sendo obtidos quando da análise dos perfis do solo.

**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<sup>-1</sup> de solo e são livres de alumínio extraível na camada arável. A condutividade elétrica é menor que 4 dS m<sup>-1</sup> a 25°C e a concentração de sódio menor que 6%.

**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.

**Baixa** - a essa classe estão associados solos com 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.

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

#### 2.2.4.2 Capacidade de retenção de água

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

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

**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. São solos com teor de argila próximo a 15%, considerados como pertencentes ao tipo 1 de acordo com Sans et al. (2001);

**Moderada** - pertencem a esta classe os solos que apresentam média capacidade de retenção de água (40 - 60 mm), ou seja, solos com teor de 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);

**Alta** - foram agrupados nesta classe os solos que apresentam alta capacidade de retenção de água (> 60 mm), ou seja, solos com teor de água disponível > 15% e teores de argila superiores a 35%, De acordo com Sans et al. (2001), solos tipo 3.

#### 2.2.4.3 Drenagem interna

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

**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.

**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.

**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.

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

Na tabela 1 apresentada a seguir, são apresentadas a avaliação unidades de mapeamento quanto fertilidade/reserva de nutrientes, a capacidade de retenção de água e a drenagem dos solos identificados no município de Caracol.

**Tabela 1.** Classificação das unidades de mapeamento do mapa de solos do município de Caracol quanto às classes de fertilidade/reserva de nutrientes, capacidade de água disponível e drenagem.

Unidades de Mapeamento de Solos	Classe Fertilidade Reserva Nutrientes	Capacidade de Retenção de Água	Classe de Drenagem	Fator K
CXbe1	Elevada	Moderada	Moderada	0.0321
CXbe2	Elevada	Moderada	Baixa	0.03413
LVd1	Limitada	Boa	Muito baixa	0.01441
LVd2	Limitada	Boa	Muito baixa	0.01552
LVd3	Limitada	Boa	Muito baixa	0.01978
MXk	Elevada	Moderada	Muito baixa	0.07244
NVe1	Elevada	Boa	Muito baixa	0.02209
NVe2	Elevada	Boa	Muito baixa	0.02101
PVAd1	Muito baixa	Boa	Baixa	0.11235
PVAd2	Limitada	Boa	Moderada	0.11221
PVd1	Muito baixa	Boa	Baixa	0.1121
PVd2	Muito baixa	Boa	Moderada	0.1131
PVd3	Limitada	Boa	Moderada	0.112
PVe1	Limitada	Boa	Baixa	0.11187
PVe2	Elevada	Boa	Baixa	0.11233
PVe3	Elevada	Boa	Moderada	0.11213
PVe4	Elevada	Boa	Moderada	0.1156
RLe	Elevada	Moderada	Baixa	0.14529
RQg	Muito baixa	Imperfeita	Muito baixa	0.1113
RQo1	Muito baixa	Boa	Muito baixa	0.111
RQo2	Muito baixa	Boa	Muito baixa	0.115
RRd1	Limitada	Moderada	Baixa	0.15318
RRd2	Limitada	Moderada	Baixa	0.15322
RRd3	Limitada	Moderada	Baixa	0.15299
RRd4	Limitada	Moderada	Muito baixa	0.1518
RRd5	Limitada	Moderada	Baixa	0.1525
RRd6	Limitada	Moderada	Baixa	0.15302
RRd7	Limitada	Moderada	Baixa	0.15312
RRd8	Limitada	Moderada	Baixa	0.15319
RRe1	Elevada	Moderada	Muito baixa	0.153
RRe2	Elevada	Moderada	Baixa	0.15287
RRe3	Elevada	Moderada	Muito baixa	0.15312
RRe4	Elevada	Moderada	Muito baixa	0.1532
SNk	Muito BaixaToxidez	Imperfeita	Muito baixa	0.08072
SNo1	Muito BaixaToxidez	Imperfeita	Muito baixa	0.0809
SNo2	Muito BaixaToxidez	Imperfeita	Muito baixa	0.08084
SXd1	Muito Baixa	Moderada	Muito baixa	0.08066
SXd2	Muito baixa	Moderada	Muito baixa	0.08074
SXd3	Muito baixa	Moderada	Muito baixa	0.08069
SXd4	Muito baixa	Moderada	Muito baixa	0.0807
SXe	Limitada	Moderada	Baixa	0.08079
VGo	Elevada	Imperfeita	Alta	0.0328

### 2.2.5 Fragilidade ambiental

A fragilidade ambiental das terras do município de Caracol, 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), sendo definido pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) proposta por Wischmeier e Smith (1978). O PNE 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.

$$PNE = RKLS$$

(4)

onde: PNE = potencial natural de erosão (t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>); R = fator erosividade da chuva (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>); K = fator erodibilidade do solo (t h MJ<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup>); 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 <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
Baixa	0 - 10
Moderada	11 - 50
Alta	51 - 200
Muito Alta	> 201

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

A erosividade da chuva para o município de Caracol 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.

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 estimado para o município de Caracol foi de 5.342 Mj mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

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

O fator de erodibilidade dos solos identificados no Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do município de Caracol (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 um desses componentes destas unidades, e por meio do cálculo da média ponderada, levando-se em conta a proporção que cada componente tem na unidade de mapeamento foi obtido o valor de K para a unidade de mapeamento. Os resultados finais do fator de cada unidade de mapeamento de solos identificadas no município de Caracol foram apresentados na Tabela 1.

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

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

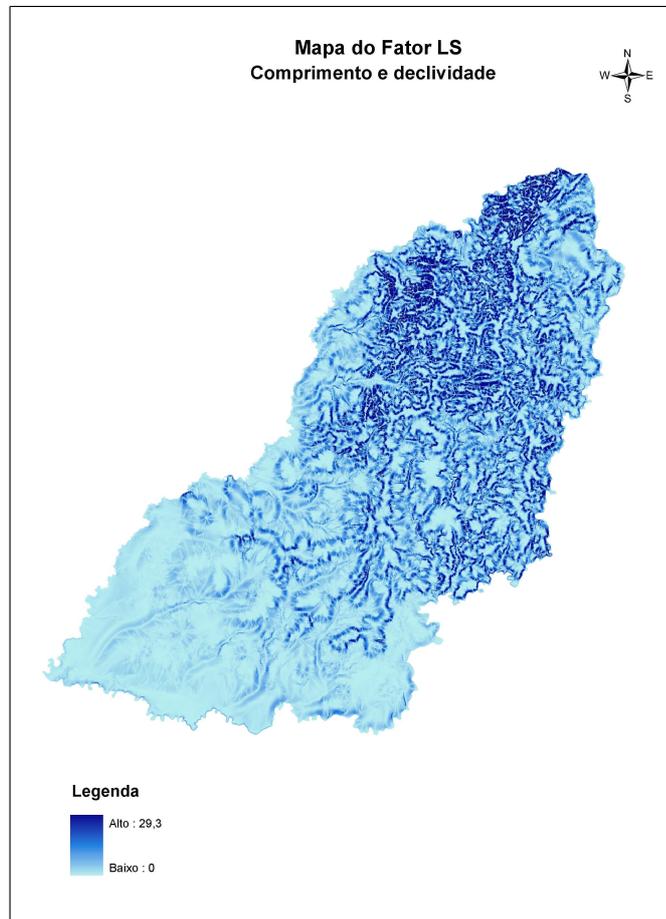


Figura 3. Mapa de classes do fator topográfico (LS) do município de Caracol.

### 2.2.5.4 Potencial natural de erosão

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

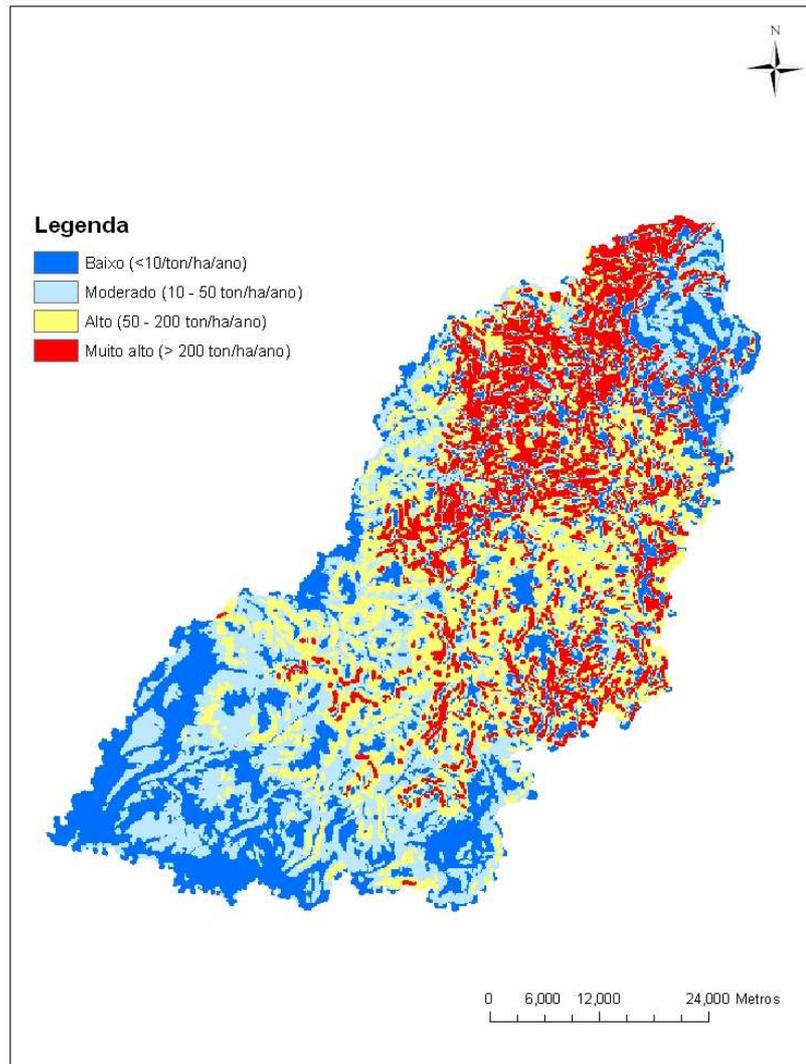


Figura 4. Mapa de classes do potencial natural de erosão do município de Caracol.

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

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura vegetal das terras foram utilizadas imagens disponíveis do satélite CBERS 2, bandas 2, 3 e 4 do sensor CCD (<http://www.cbers.inpe.br>). As características deste sensor são apresentadas na Tabela 3.

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

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

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

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

De modo a reduzir a subjetividade, inerente à interpretação visual, e aproveitar as vantagens do processo automático de análise de dados de sensoriamento remoto, entre elas, a redução do tempo no processo de classificação, optou-se pela utilização da classificação automática da imagem, embora as imagens apresentassem alguns ruídos que não puderam ser removidos. Para tanto, foram utilizados pontos de controle coletados com GPS (Global Position System) no campo por ocasião dos trabalhos de campo referentes a elaboração do levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do município de Caracol (EMBRAPA, 2007).

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

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

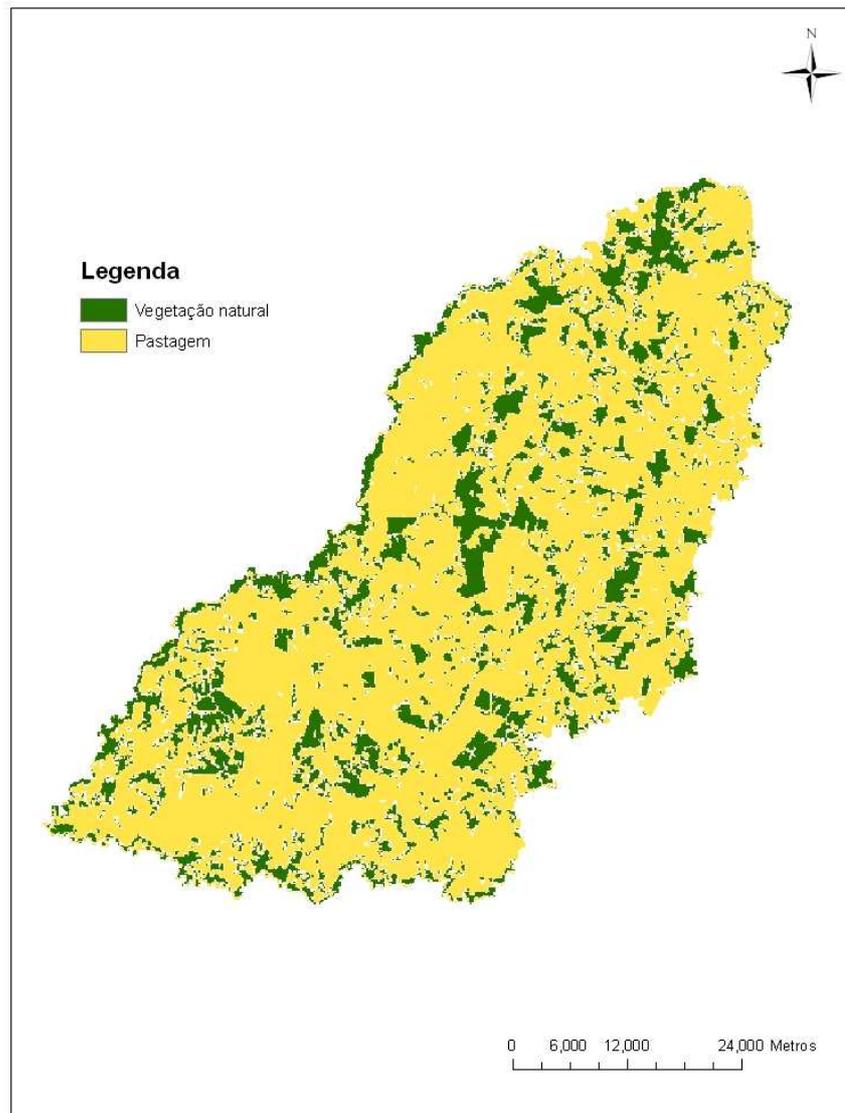


Figura 5. Mapa de classes de uso do solo e de cobertura vegetal do município de Caracol.

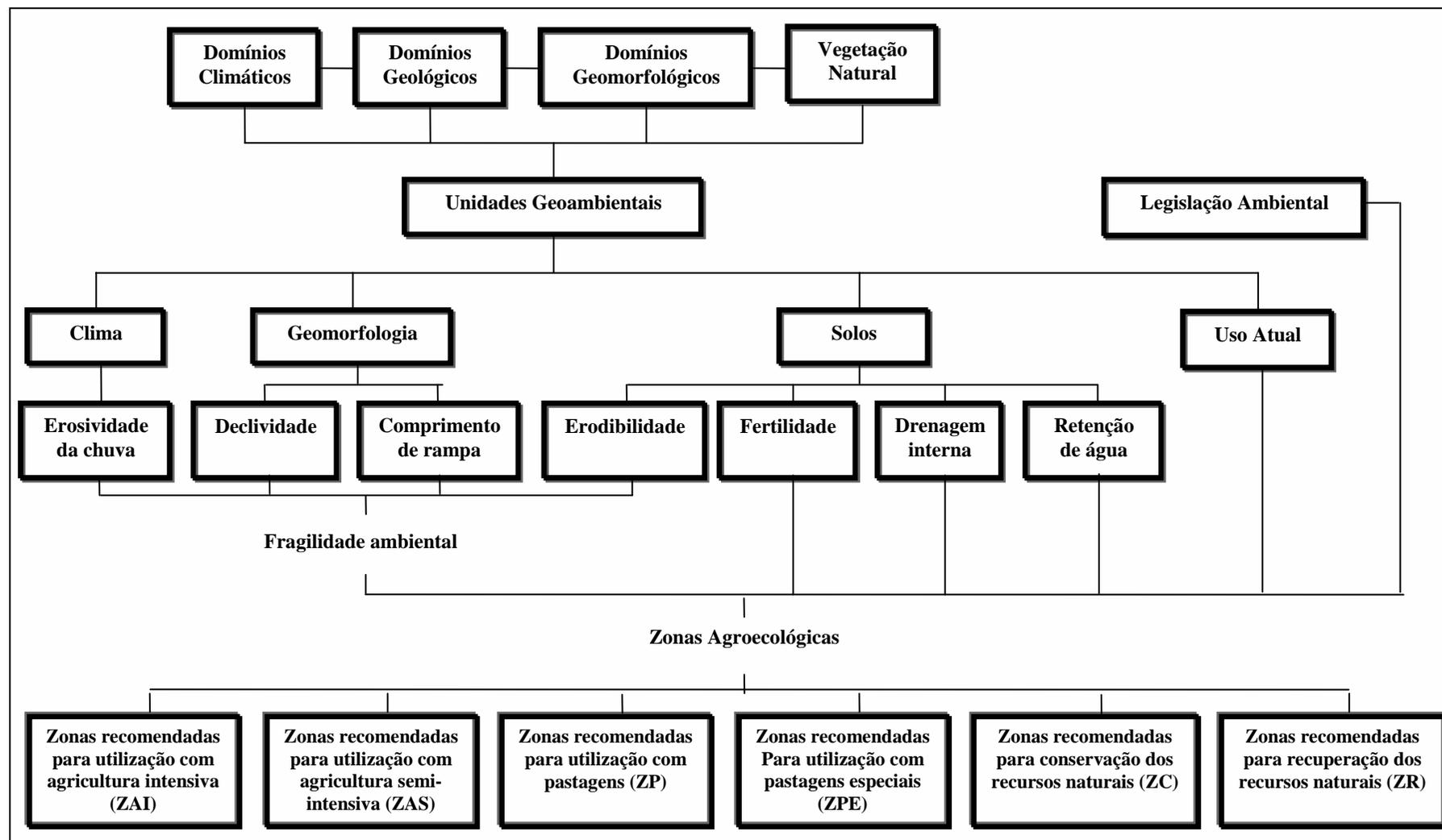
### 2.3 Análise de integrada das informações para elaboração do zoneamento agroecológico

De modo a facilitar a compreensão da metodologia de integração das informações utilizada neste estudo, é apresentado na Figura 6 um diagrama que ilustra a sistemática empregada no trabalho que conjuga os diferentes níveis de informação.

#### 2.3.1 Unidades Geoambientais

As Unidades Geoambientais formam o 1º nível hierárquico do Zoneamento Agroecológico do Estado do Mato Grosso do Sul, sendo, portanto, o de caráter mais generalizado. Estas refletem, de maneira geral, as características geomorfoclimáticas do estado 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), adaptadas ao nível de detalhe deste estudo.

No município de Caracol, estão presentes as seguintes Unidades Geoambientais: Região Chaquenha e a Região de Transição Chaquenha.



**Figura 6.** Diagrama da metodologia adotada para a elaboração do zoneamento agroecológico do estado do Mato Grosso do Sul.

### 2.3.1.1 *Região Chaquenha*

Segundo aspectos morfoestruturais, essa região corresponde ao prolongamento meridional da Região Pantaneira, constituindo-se numa vasta bacia de deposição, com altimetrias inferiores a 100 m. Aloja sedimentos pleistocênicos e holocênicos com profundidades bastante variáveis. Desta forma, a irregularidade do substrato falhado e/ou fraturado, interfere no escoamento superficial e colabora com um dos principais fatores, ao lado do clima, na definição dos diversos graus de alagamento, classificados como área de acumulação inundável. Distingue-se da Região Pantaneira por apresentar formações superficiais com alto teor de sódio e cobertura vegetal chaquenha (MATO GROSSO DO SUL, 1989).

O clima é do tipo Mesoxeroquimênico modificado “Tropical Brando de Transição” Submesoxérica (GAUSSEN; BAGNOULS, 1953). As temperaturas médias do mês mais frio variam entre 18°C e 20°C. O período seco estende-se de 3 a 5 meses. A precipitação varia entre 1.000 e 1.700 mm.

### 2.3.1.2 *Região de Transição Chaquenha*

Essa região corresponde a uma faixa situada entre o Planalto da Bodoquena e a Região Chaquenha (conhecida como Pantanal Babileque). Balizando a porção meridional desse Pantanal, ocorre uma vasta área de depósitos coluviais que delineiam interpenetrações de uma superfície aplanada e inundada, sendo caracterizada como planícies coluviais pré-pantanal (intermediária entre os pantanais e as áreas livres de inundações), que domina toda a orla ocidental do Planalto da Bodoquena. Para o Sul, coalesce com a Depressão do Apa (MATO GROSSO DO SUL, 1989).

Em meio a superfície baixa, com altimetrias de 100 a 130 m, emergem relevos residuais que constituem as Elevações Residuais do Mato Grosso do Sul, com altimetrias variáveis entre 400 e 750 m, os quais recebem denominações locais de serras. Esses relevos foram esculpido em rochas vulcânicas do Grupo Amoguijá (riolitos, brechas e dacitos), em rochas graníticas da “Suíte Intrusiva Alumizador” e em rochas do Complexo Rio Apa.

O clima é do tipo Mesoxeroquimênico modificado “Tropical Brando do Sul do Mato Grosso do Sul” Submesaxérica (GAUSSEN; BAGNOULS, 1953). As temperaturas médias do mês mais frio variam entre 18 e 20°C. O período seco estende-se de 3 a 5 meses. A precipitação varia entre 1.000 mm e 1.700 mm anuais (MATO GROSSO DO SUL, 1989).

### 2.3.2 *Legislação Ambiental*

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

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

No caso do município de Caracol, face as restrições de escala cartográfica, foram consideradas as áreas de preservação permanente, estando 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 combinação das condições climáticas, geomorfológicas, pedológicas e de uso e cobertura das terras 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.

Os solos identificados no levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do município de Caracol (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 à produção sustentável quanto à proteção ambiental (EMBRAPA, 2003).

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

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

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

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

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

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

Compreende zonas que apresentam moderadas limitações à motomecanização. Ocorrem nas partes altas da paisagem, em relevo ondulado (8 - 20% de declive), com moderada fragilidade ambiental e restrição no máximo moderada de fertilidade. De modo geral, apresentam solos das classes de retenção de água no solo alta e média. Quando ocorrem em baixadas, apresentam moderada restrição de drenagem (EMBRAPA, 2003). São áreas que apresentam limitações mais acentuadas para agricultura tecnificada. O reflorestamento com espécies exóticas está 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 contenham espécies com possibilidade de retorno econômico direto, visando reduzir o custo de sua implantação e manutenção. São áreas mais propícias para serem incorporadas à reserva legal da propriedade, por serem as que apresentam as maiores restrições de utilização. Estas zonas são significativas em áreas originalmente cobertas por vegetação de floresta, que não apresentam vocação agrícola, onde a vegetação natural foi suprimida para dar lugar a utilização com pastagens.

É importante ressaltar que as terras enquadradas nesta zona agroecológica não identificam e não delimitam as terras que devam ser recuperadas com relação as áreas de reserva legal exigidas

pelo código florestal, uma vez que, essas áreas devem ser, a partir de estudos técnicos específicos, identificadas, delineadas, recuperadas e averbadas por imóvel rural, conforme a legislação ambiental em vigor.

## **2.4 Avaliação da aptidão pedoclimática das culturas**

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

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

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

### **2.4.1 Definição das Classes de Aptidão Pedoclimática**

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

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

As classes de Aptidão e simbologias utilizadas na legenda do Mapa do Zoneamento Agroecológico das culturas são descritas na tabela 4. A simbologia utilizada representa a classe de aptidão do componente dominante indicando, com o símbolo "asterisco", a ocorrência de solos com aptidão superior ou inferior nas associações de solos identificadas no município de Caracol.

**Tabela 4.** Classes de Aptidão Agrícola e simbologia utilizada na legenda do Mapa do Zoneamento Agroecológico no município de Caracol.

Classes	Definição
B	Classe de aptidão agrícola BOA
B**	Classe de aptidão agrícola BOA que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão inferior
R	Classe de aptidão agrícola REGULAR
R*	Classe de aptidão agrícola REGULAR que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão superior
R**	Classe de aptidão agrícola REGULAR que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão inferior
M	Classe de aptidão agrícola MARGINAL.
M*	Classe de aptidão agrícola MARGINAL que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão superior
M**	Classe de aptidão agrícola MARGINAL que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão inferior
I	Classe de aptidão agrícola INAPTA
I*	Classe de aptidão agrícola INAPTA que apresenta, em menor proporção, áreas de classe de aptidão superior

#### 2.4.2 Parâmetros

Além dos parâmetros utilizados na definição das Zonas Agroecológicas, descritos nos itens 2.2.3.1, 2.2.4.1, 2.2.4.2 e 2.2.4.3 foram levados em consideração na avaliação da aptidão das culturas os seguintes fatores listados a seguir.

##### 2.4.2.1 Risco e intensidade de geada

Na avaliação do risco de ocorrência de geadas brandas (temperaturas mínimas absolutas inferiores a 4°C) e severas (temperaturas mínimas absolutas inferiores a 2°C), em razão da pouca disponibilidade de estações meteorológicas com séries longas, utilizou-se o método de regressão múltipla visando caracterizar a variabilidade espacial entre as variáveis independentes latitude, longitude e altitude, que melhor explicam a variável dependente, probabilidade anual de ocorrência de geadas brandas e severas, que foram calculadas e apresentadas por Camargo et al. (1990).

A espacialização da probabilidade de risco de ocorrência de geadas brandas e severas foi realizada em programa computacional de sistema de informação geográfica, através de algoritmo de interpolação pelo inverso da distância ao quadrado, baseadas em latitude e longitude. Os mapas de probabilidade de ocorrência de geadas foram classificados em quatro classes:

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

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

#### 2.4.2.2 Temperatura média

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

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

#### 2.4.2.3 Regime hídrico do solo

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

A subdivisão de unidades de mapeamento pode ser feita através de sua complementação com as chamadas fases. O estabelecimento das fases, objetiva principalmente, fornecer critérios referentes às condições das terras e que interferem, direta ou indiretamente, no comportamento e qualidade dos solos e, no tocante às possibilidades de alternativas de uso e manejo para fins essencialmente agrícolas (EMBRAPA, 1998).

Na insuficiência de dados de clima do solo, normalmente hídricos, que abrangem todas os solos das unidades de mapeamento as fases de vegetação são comumente empregadas para facultar inferências sobre relevantes variações estacionais de condições de umidade dos solos, uma vez que a vegetação primária reflete diferenças climáticas imperantes nas diversas condições das terras (EMBRAPA, 2006).

A tabela 5 apresenta correlações tentativas entre as fases de vegetação utilizadas comumente nos levantamentos de solos da Embrapa Solos (que buscam inferir o regime hídrico do solo através do percentual de caducidade da vegetação primária), o período seco de acordo com o balanço hídrico e os índices hídricos. Os valores assumidos (principalmente aqueles referentes ao índice hídrico) são estimativos e embasados em estudos generalizados (MINAS GERAIS, 1980), além de se referirem a organismos vivos e heterogêneos e portanto, naturalmente variáveis.

**Tabela 5.** Compatibilização das fases 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:

- 1) registram-se menos de 10 mm de chuva, a uma temperatura média inferior a 10°C;
- 2) registram-se menos de 25 mm de chuva, a uma temperatura media compreendida entre 10 a 20°C;

- 3) registram-se menos de 50 mm de chuva, a uma temperatura média compreendida entre 20 a 30°C; e
- 4) 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.

#### 2.4.3 *Requerimentos das Culturas*

Fez-se a avaliação da aptidão pedoclimática das culturas considerando-se a adoção de um pacote tecnológico adequado (adubação técnica, sementes/mudas certificadas, práticas de controle da erosão, rotação/sucessão de culturas anuais, entre outras) satisfatório (todas as culturas em todas as regiões) 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 (EMBRAPA, 2003) que se seguem:

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

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

**Tabela 7.** Classes de risco de geada por cultura por classe de aptidão agrícola.

Cultura	Classes de aptidão agrícola			
	Boa	Regular	Marginal	Inapta
Abacaxi	1	2	3	4
Arroz de sequeiro			Cultura de verão	
Banana	1	2	3	4
Citrus	1 ou 2	3	4	5
Goiaba	1 ou 2	3	4	5
Mamão	1	2	3	4
Manga	1	2	3	4
Maracujá	1	2	3	4
Milho			Cultura de verão	
Milho safrinha	1	2	3	4
Soja			Cultura de verão	
Uva	1 ou 2	3	4	4

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

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

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

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No município de Caracol foram identificadas seis zonas agroecológicas distintas (Figuras 7 e 8), cuja distribuição e ocorrência são apresentadas a seguir.

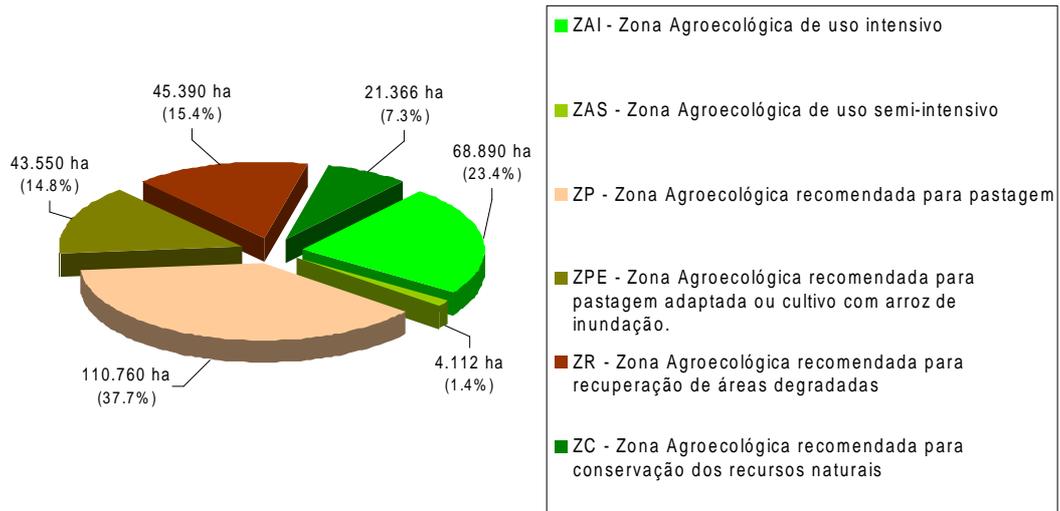


Figura 7. Distribuição percentual da ocorrência das Zonas Agroecológicas no município de Caracol.

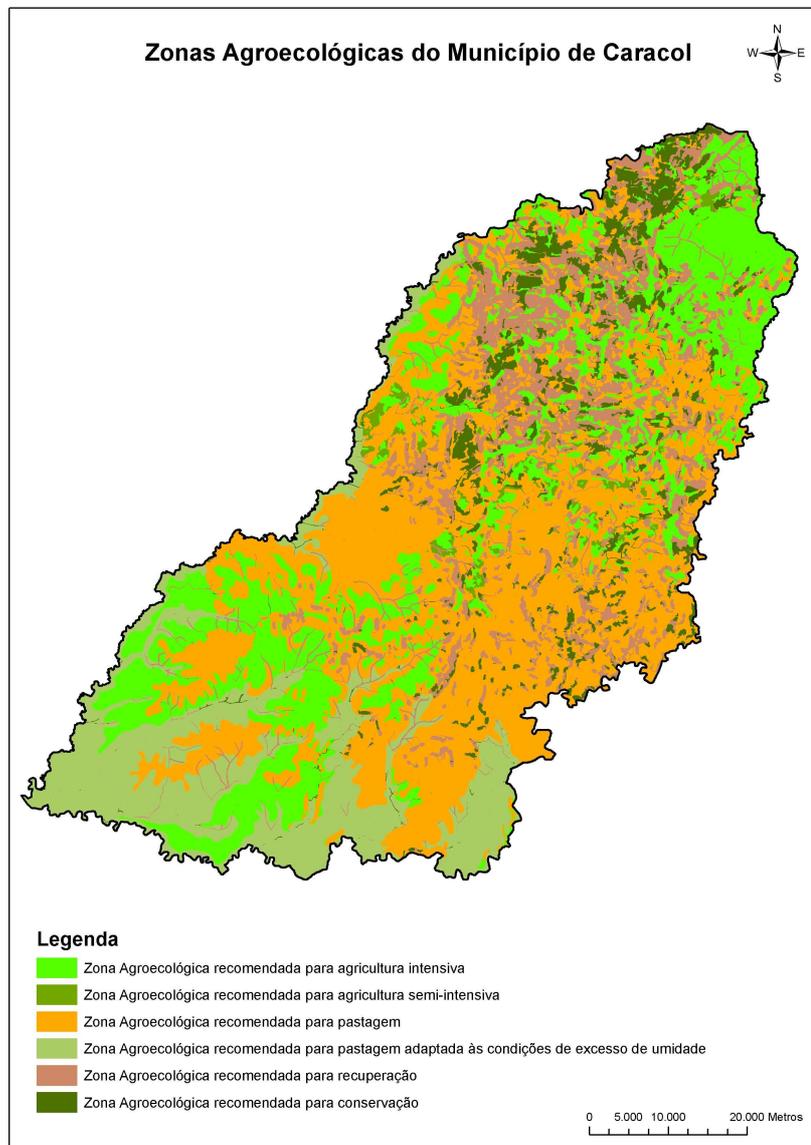


Figura 8. Mapas com a distribuição e ocorrência das Zonas Agroecológicas no município de Caracol.

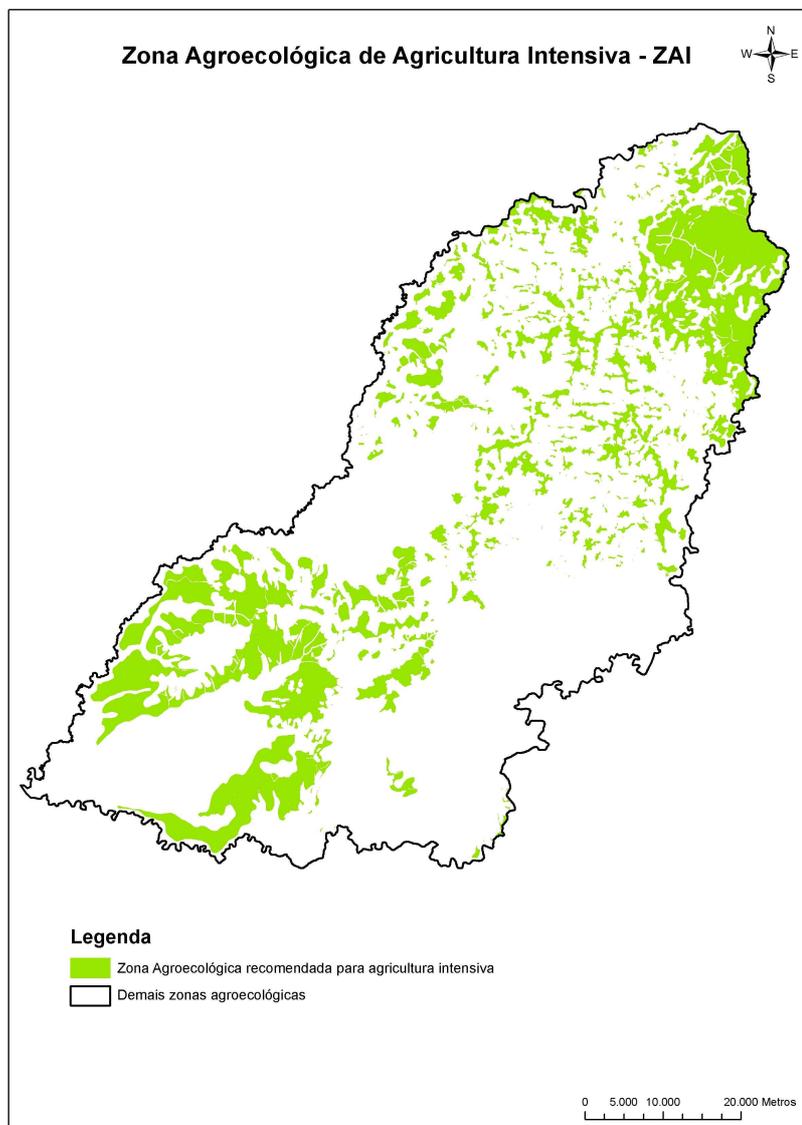
A descrição geral, principais limitações e o potencial de uso das Zonas Agroecológicas do município são apresentadas a seguir:

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

A Zona Agroecológica ZAI (Figura 9) ocupa cerca de 68.890 ha. Em função das características ambientais relacionadas às características das classes de solo e de relevo, apresenta baixa fragilidade ambiental.

Ocorre em áreas de relevo plano (75,0% da área), suave ondulado (20,0%) e ondulado (5,0%), sendo constituída pelas seguintes classes de solo: Latossolo Vermelho Distrófico típico, A moderado, textura muito argilosa; Nitossolo Vermelho Eutrófico chernossólico, textura média/argilosa; Argissolo Vermelho Eutrófico latossólico, A moderado, textura média/argilosa; Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico, A moderado, textura média

Atualmente, as terras são utilizadas com pastagens (80,0%) enquanto 20,0% ainda apresentam vegetação natural.



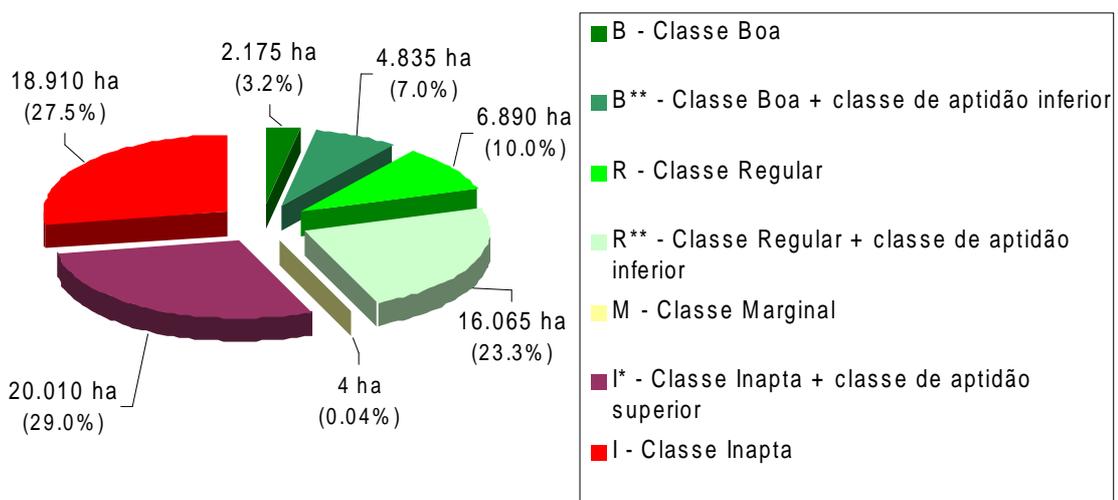
**Figura 9.** Mapa mostrando a distribuição das zonas agroecológicas indicadas para uso intensivo (ZAI) em relação as demais zonas agroecológicas no município de Caracol-MS.

**Principais limitações**

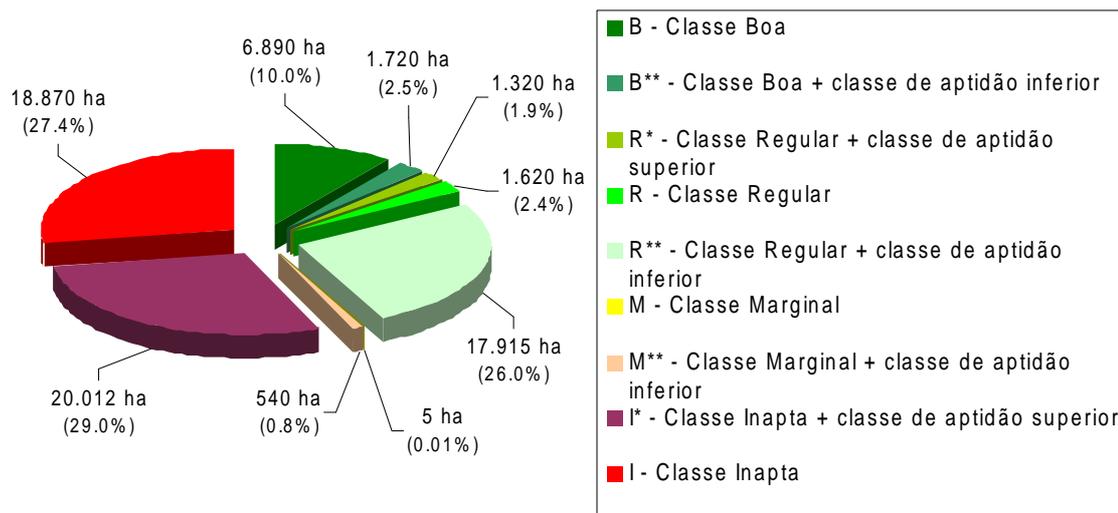
Praticamente esta zona não apresenta limitações para utilização agrícola, já que grande parte das classes de solo apresenta baixa fragilidade ambiental. No entanto, os teores de fósforo assimilável são baixos, assim como na maioria dos solos brasileiros, requerendo maiores cuidados na adubação para que seja possível atingir produtividades satisfatórias.

**Potencial agroecológico**

O potencial desta zona é elevado para utilização com lavouras intensivas, podendo também ser utilizada com cultivos menos intensivos. Apresenta aptidão Boa para utilização, considerando um nível tecnológico de médio a alto, com soja, milho, milho safrinha, citrus, goiaba, e uva (Figuras 10, 11, 12 e 13) e aptidão Regular para as culturas de abacaxi, banana, maracujá, manga e mamão (Figuras 14, 15 e 16). Além destas culturas, a área tem aptidão para pastagem e reflorestamento com espécies exóticas.



**Figura 10.** Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para as culturas de soja e de milho na Zona Agroecológica de Uso Intensivo.



**Figura 11.** Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para a cultura de milho safrinha na Zona Agroecológica de Uso Intensivo.

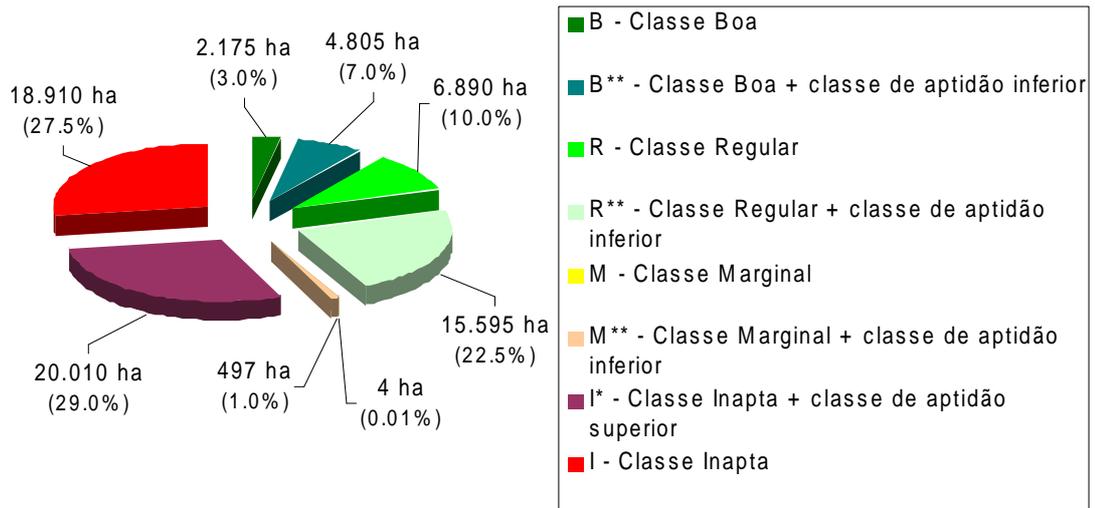


Figura 12. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para as culturas de citrus e goiaba na Zona Agroecológica de Uso Intensivo.

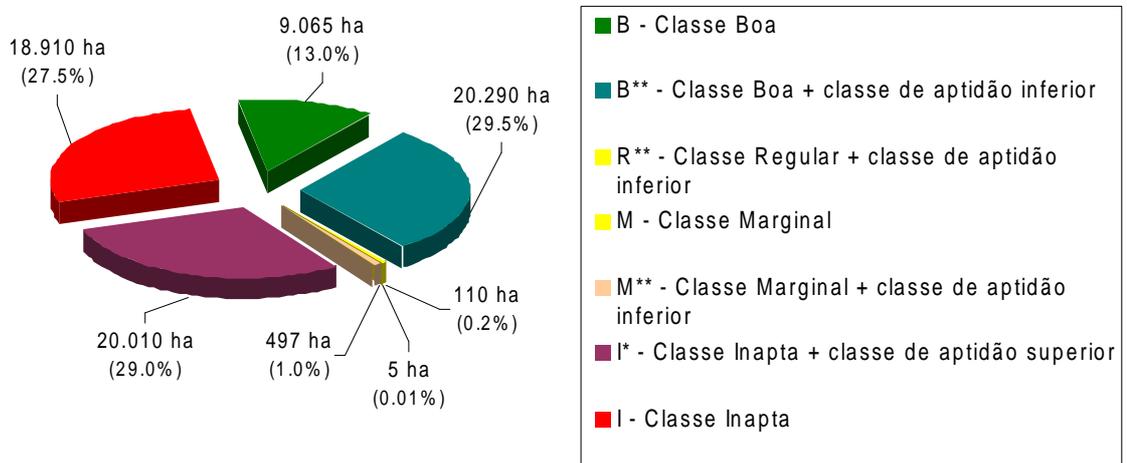


Figura 13. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para a cultura de uva na Zona Agroecológica de Uso Intensivo.

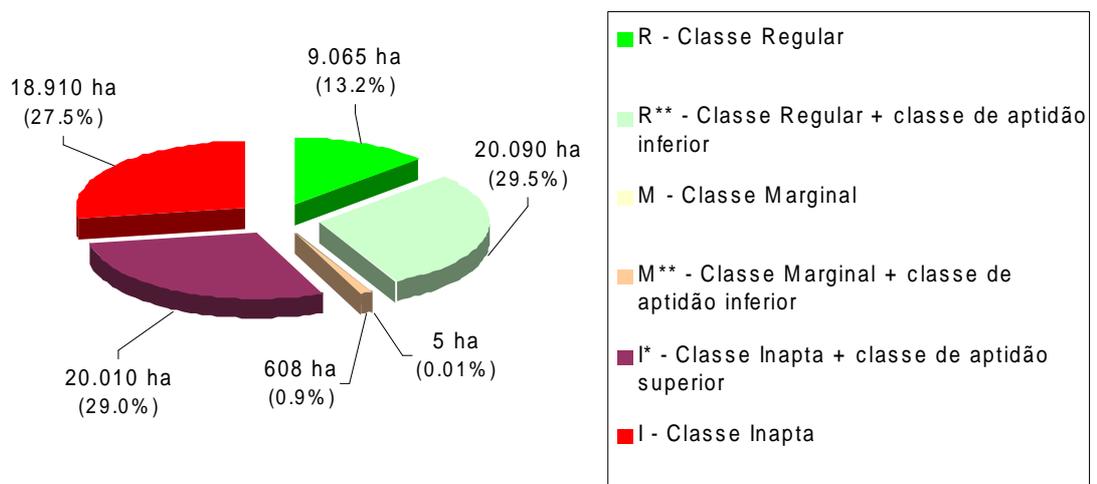


Figura 14. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para a cultura de abacaxi na Zona Agroecológica de Uso Intensivo.

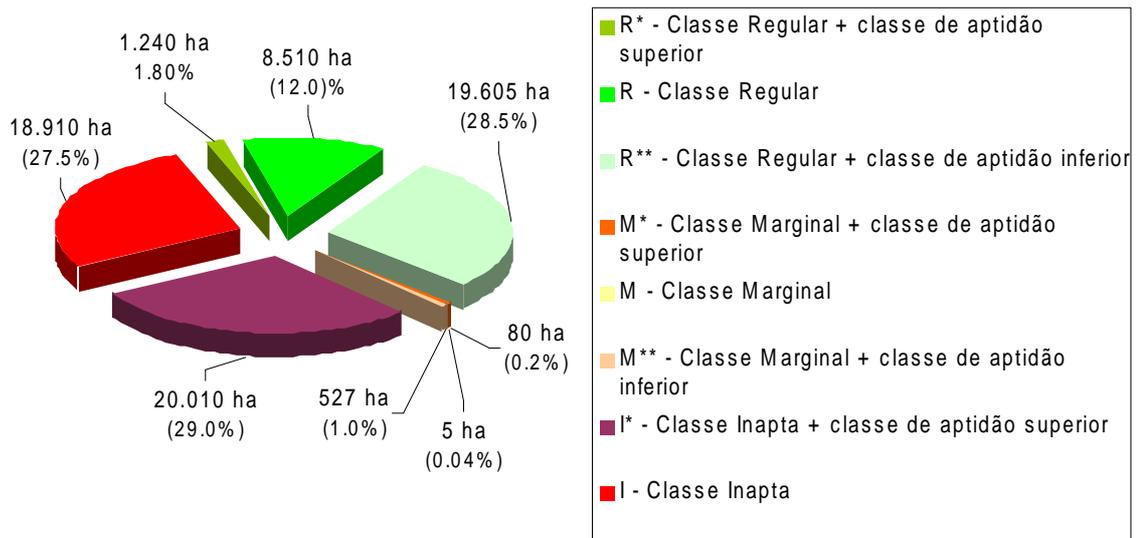


Figura 15. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para a cultura da banana na Zona Agroecológica de Uso Intensivo.

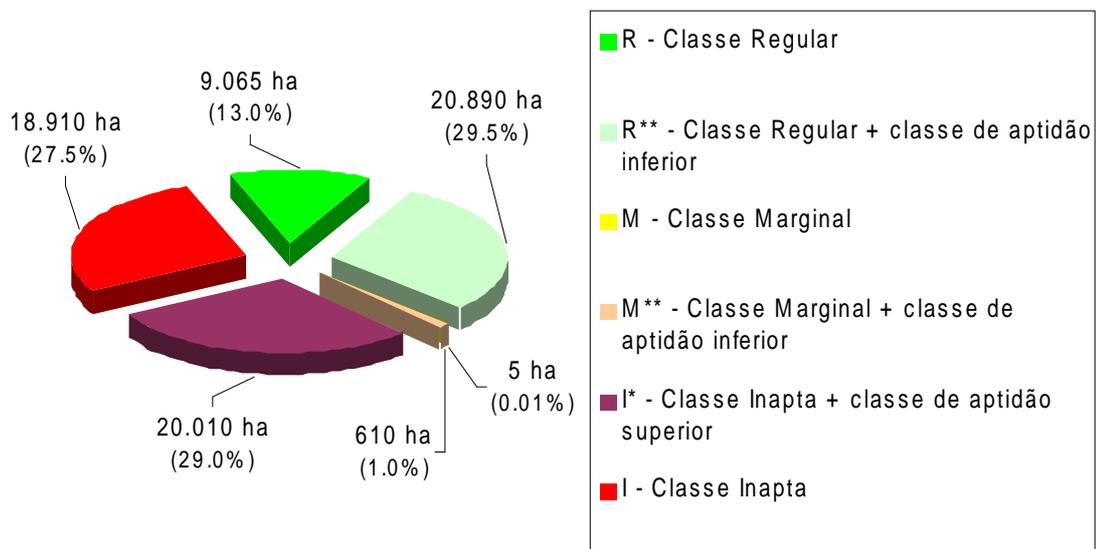
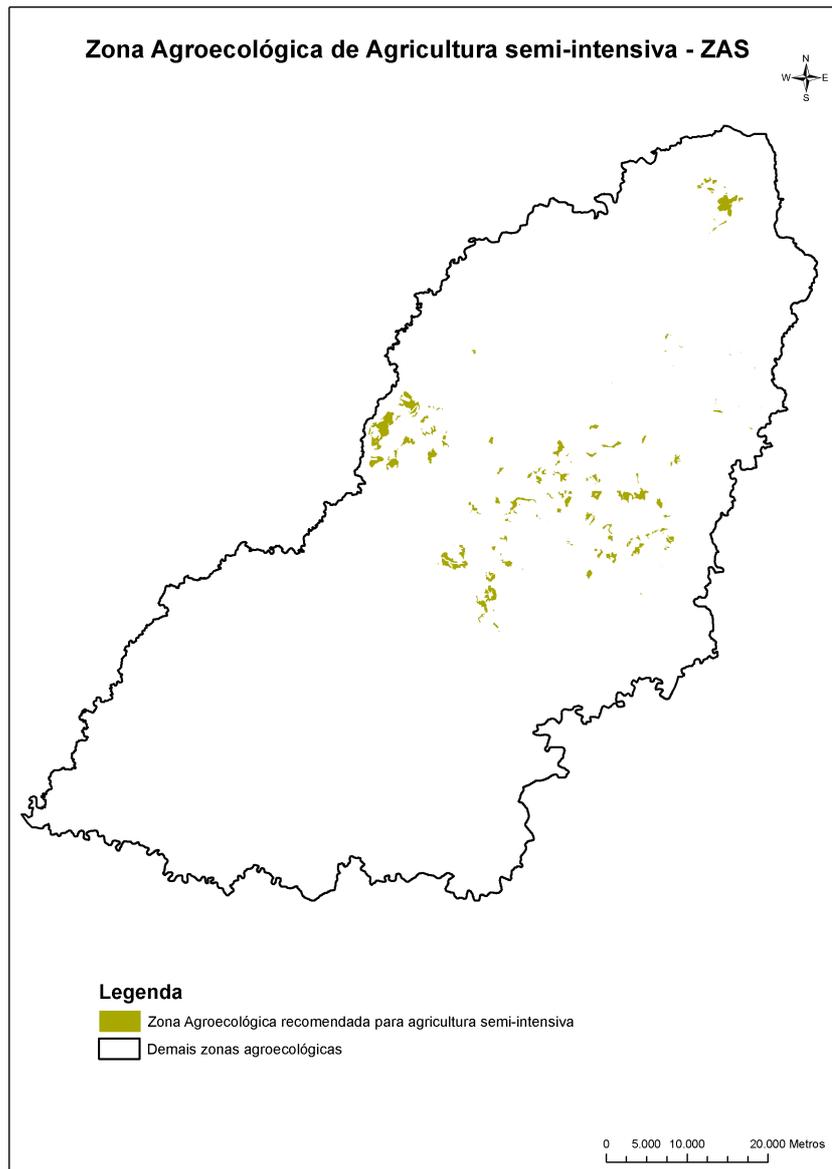


Figura 16. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para as culturas de maracujá, mamão e manga na Zona Agroecológica de Uso Intensivo.

### 3.2 Unidade recomendada para utilização com agricultura semi-intensiva - ZAS

A Zona Agroecológica indicada para uso semi-intensivo ocupa cerca de 4.110 ha da área do município (Figura 17). Apresenta moderada fragilidade ambiental em função das características ambientais. Ocorre em áreas de relevo plano (77,0% da área), suave ondulado (22,0%) e ondulado (1,0%), associada principalmente às seguintes classes de solo: Latossolo Vermelho textura argilosa/muito argilosa e Argissolo Vermelho de textura média arenosa /média argilosa ou média ambos Distróficos típicos, com limitada reserva de nutrientes, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, A moderado, textura média.

Atualmente, tem sido utilizada com pastagens (86,0%), sendo que 14,0% da área ainda preservam sua vegetação natural.



**Figura 17.** Mapa mostrando a distribuição das zonas agroecológicas indicadas para uso semi-intensivo, em relação as demais zonas agroecológicas no município de Caracol-MS.

### Principais limitações

A principal limitação desta zona é a sua moderada fragilidade ambiental das suas terras, condicionada, pelo maior comprimento de rampa, que torna as terras desta zona moderadamente suscetível à erosão. Os teores de fósforo assimilável, assim como na maior parte dos solos de Caracol, são baixos, requerendo maiores cuidados na adubação para que seja possível atingir produtividades satisfatórias.

### Potencial agroecológico

Devido à sua moderada fragilidade ambiental, esta zona é mais recomendada para utilização com lavouras semi-intensivas, embora seja possível sua utilização com pastagens. Apresenta elevado potencial (aptidão boa) para utilização, considerando um nível tecnológico de médio a alto, com citrus, goiaba e uva (Figuras 18 e 19) e, aptidão regular para banana, maracujá, manga, mamão (Figuras 20 e 21). Além destas culturas, a área tem aptidão para pastagem e reflorestamento com espécies exóticas.

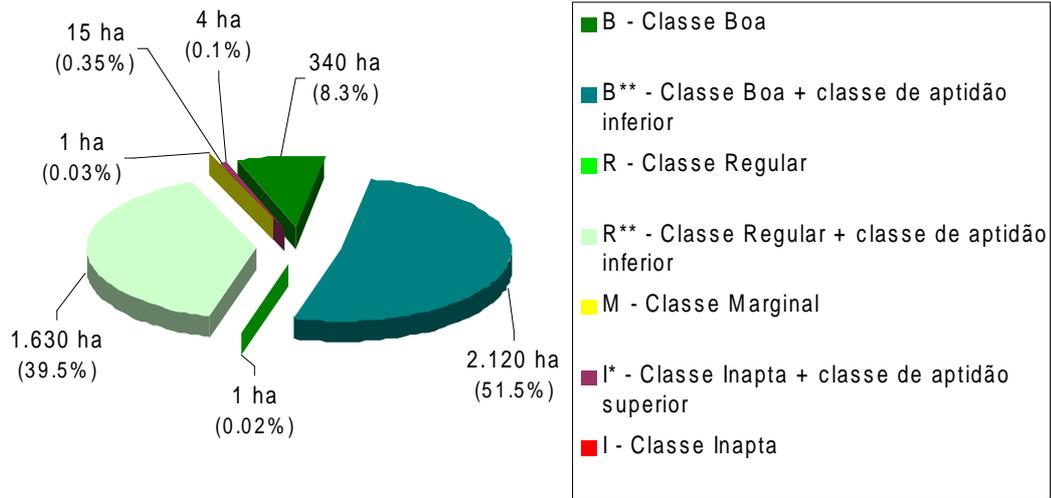


Figura 18. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para as culturas de citrus e goiaba na Zona Agroecológica indicada para uso semi-intensivo.

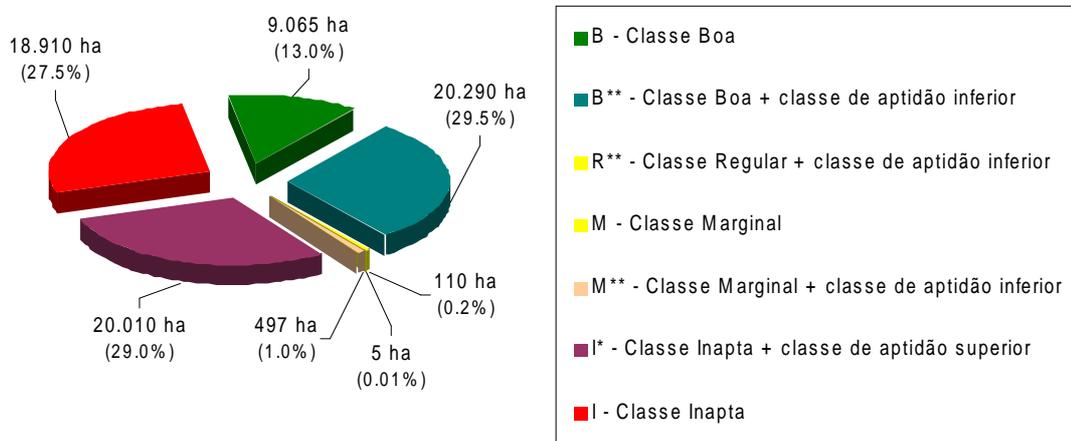


Figura 19. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para a cultura da uva na Zona Agroecológica indicada para uso semi-intensivo.

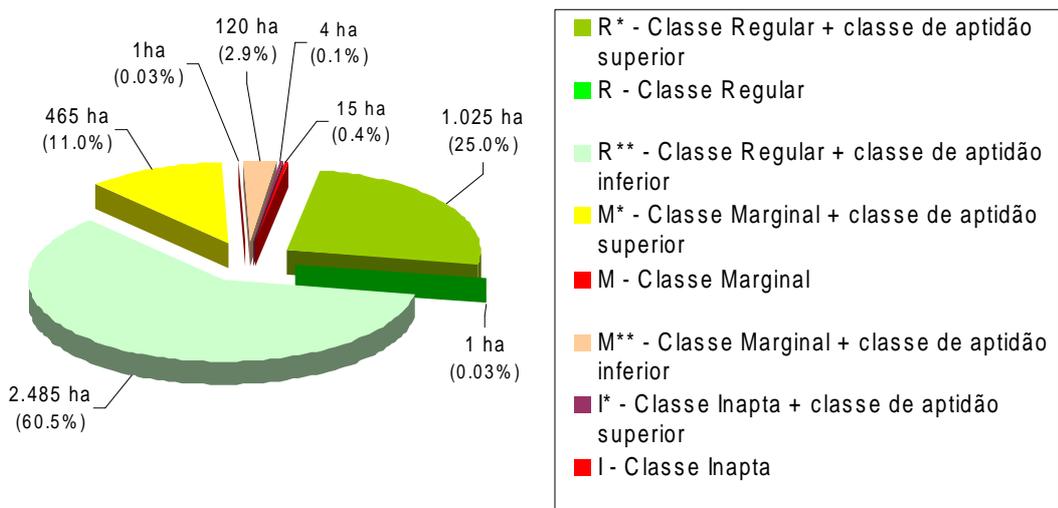
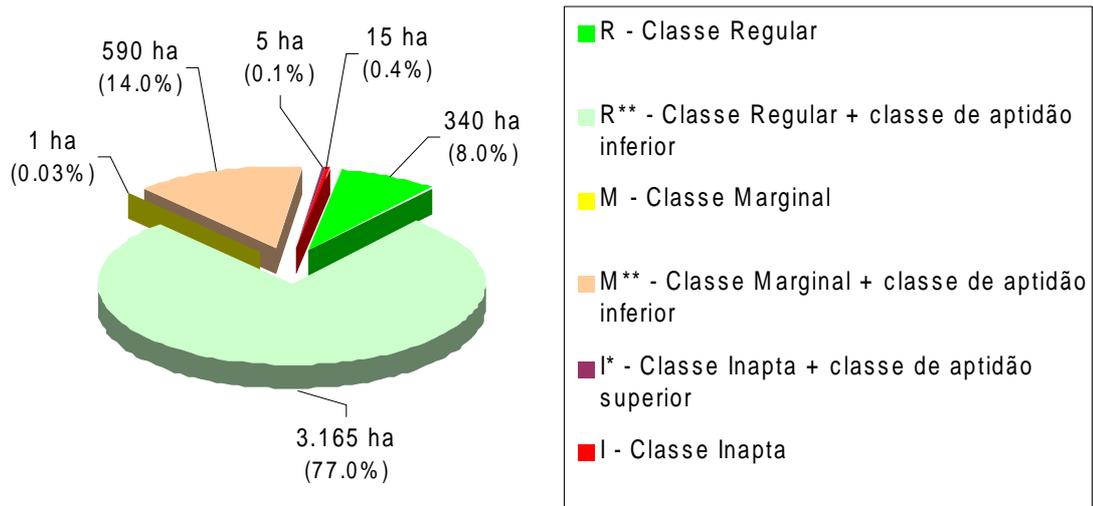


Figura 20. Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para a cultura da banana na Zona Agroecológica indicada para uso semi-intensivo.



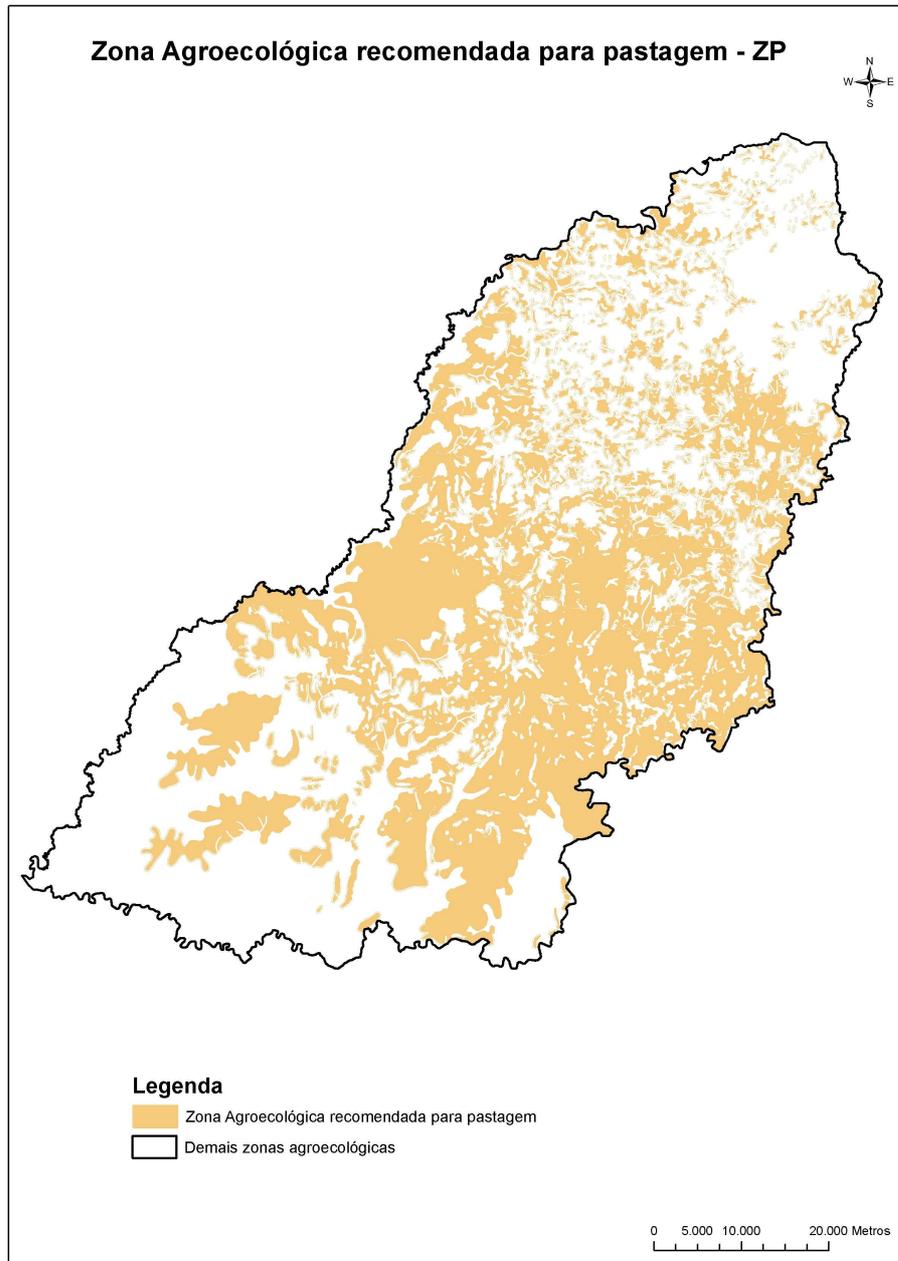
**Figura 21.** Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para as culturas de maracujá, mamão e manga na Zona Agroecológica indicada para uso semi-intensivo.

### 3.3 Zonas recomendadas para pastagem - ZP

A Zona Agroecológica indicada para o uso com pastagens ocupam cerca de 110.760 ha, o equivalente a 37,7 % da área do município (Figura 22). Caracterizam-se por apresentar restrições devido a baixa capacidade de retenção de água no solo, sendo, portanto, não adequadas para usos mais intensivos (moderada a forte fragilidade ambiental).

Ocorre em áreas de relevo plano (40,07%), suave ondulado (47,0%) e ondulado (12,0%), associada às seguintes classes de solo: Argissolo Vermelho Eutrófico latossólico, A moderado, textura arenosa/média, Argissolo Vermelho Eutrófico chernossólico, textura média muito cascalhenta/argilosa cascalhenta, Argissolo Vermelho Distrófico arênico ou abruptico ambos A moderado, textura arenosa/média; Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico léptico, A moderado, textura média, Argissolo Vermelho Distrófico típico, A moderado, textura média ou arenosa sobre média ou argilosa; Neossolo Regolítico Eutrófico e Distrófico léptico e típico, A moderado ou A fraco, textura arenosa/média, média e arenosa cascalhenta, média/média pouco cascalhenta ou média muito cascalhenta; Cambissolo Háptico Tb Eutrófico léptico ou latossólico, A moderado ou chernozêmico de textura variável; Planossolo Háptico Eutrófico típico, A moderado, textura média.

Atualmente, tem sido utilizada predominantemente com pastagens (74,5%), sendo que 25,5% da sua área ainda apresentam vegetação natural.



**Figura 22.** Mapa mostrando a distribuição das zonas agroecológicas indicadas para uso com pastagem, em relação às demais zonas agroecológicas no município de Caracol-MS.

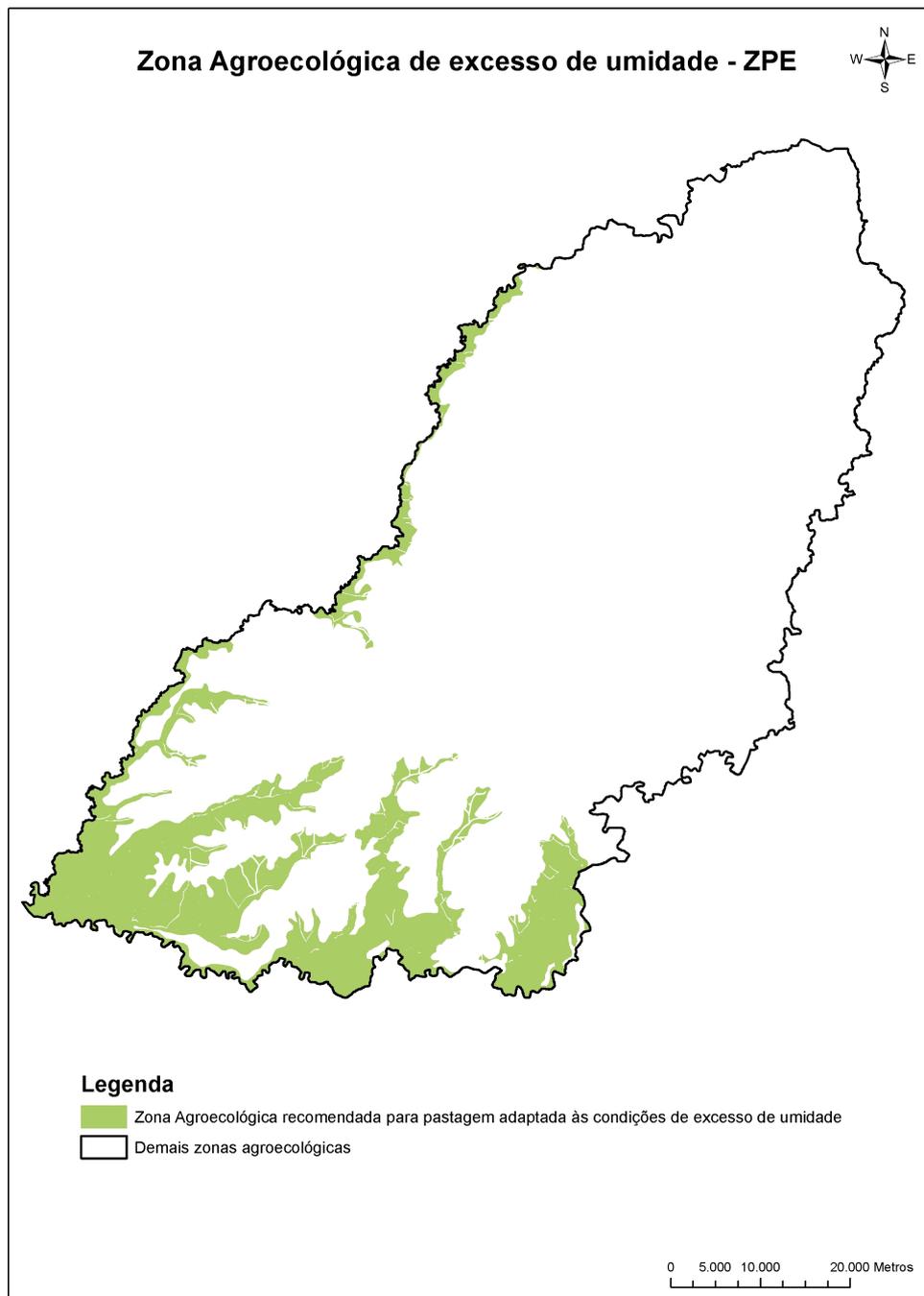
### Principais limitações e potencial agroecológico

As principais limitações desta zona agroecológica são: as baixas capacidade retenção de água e fertilidade natural dos seus solos. Desta maneira, a utilização dessas terras sem irrigação, ou práticas frequentes de adubação e calagem, indicam a sua utilização com pastagens plantadas, não sendo indicados usos mais intensivos.

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

A Zona Agroecológica indicada para pastagens especiais apresenta, de maneira geral, fragilidade ambiental baixa ou moderada e restrição de drenagem muito forte (figura 23). Ocorre

predominantemente em relevo plano (93,0%), sendo que 7,0% estão associadas a relevo suave ondulado, ocupando cerca de 43.550 ha, ou 14,8% da área do município. É constituída por Neossolo Quartzarênico Hidromórfico léptico ou Órtico gleissólico, ambos A moderado; Planossolo Háptico Eutrófico típico, A moderado, textura média/argilosa; Vertissolo Hidromórfico Órtico típico e solódico, A moderado, textura argilosa, Gleissolo Háptico Ta Eutrófico solódico, A moderado, textura argilosa. Apresentam-se normalmente as classes dos Planossolos com altos teores de sódio (Planossolos Nátricos ou com caráter solódico). Atualmente, essas terras tem sido utilizadas preferencialmente como pastagem (70,5%), sendo que 29,5% ainda preservam sua vegetação natural.

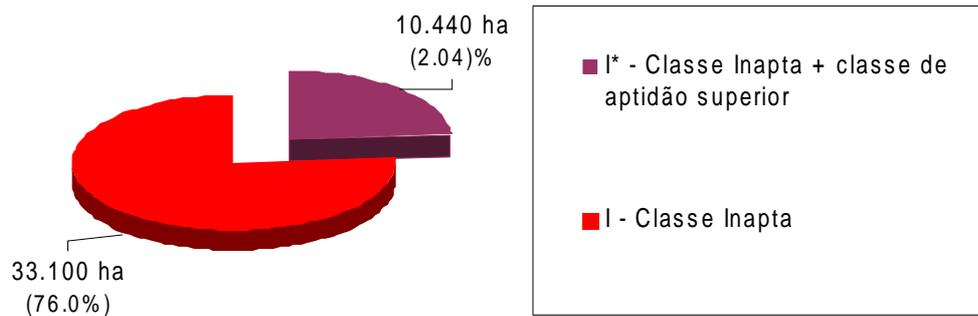


**Figura 23.** Mapa mostrando a distribuição das zonas agroecológicas indicadas para uso com pastagem especial, adaptada a condição de excesso de umidade em relação as demais zonas agroecológicas no município de Caracol-MS.

### Principais limitações e potencial agroecológico

Estas zonas, que apresentam restrições devido à condição de drenagem, estando localizadas em áreas de baixada aliada, por vezes, à baixíssima fertilidade natural ou à presença de sódio em percentagem tóxica à maioria das plantas.

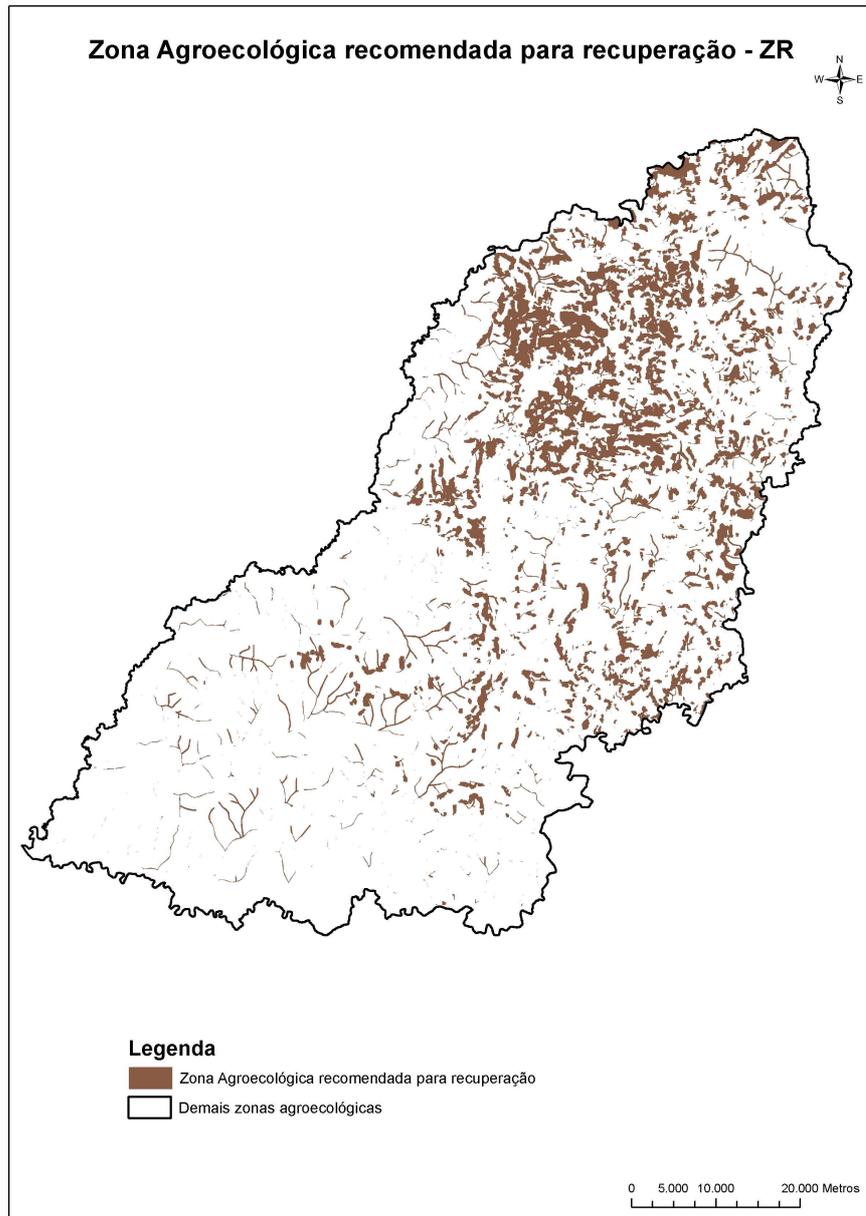
São mais indicadas para utilização com espécies forrageiras adaptadas a restrições de drenagem interna e risco de inundação. No município somente foram identificadas pequenas áreas com aptidão para uso com a cultura do arroz de inundação (Figura 24), sendo que 76,0% foram classificadas como inaptas.



**Figura 24.** Distribuição percentual das classes de aptidão agrícola e sua respectiva área para a cultura de arroz na Zona Agroecológica indicada para o uso com pastagem especial.

### 3.5 Zonas recomendadas para recuperação - ZR

A Zona Agroecológica ZR (Figura 25) está relacionada às áreas onde parte da vegetação natural foi retirada para dar lugar, sobretudo, a pastagens altamente degradadas (94,0%), sendo recomendadas para recuperação da vegetação natural. Ocupa cerca de 45.390 ha, o que equivale a 15,4% da área total do município de Caracol em situação topográfica de relevo ondulado (42,0%) e forte ondulado (23,0%), associadas aos Neossolos Litólicos e às classes dos Neossolos Quartzarênicos e Regolíticos de textura arenosa, em áreas de relevo plano (15,0%) e suave ondulado (20,0%). Apresentam as mesmas características da Zona de Conservação, diferindo desta pelo fato de que toda a vegetação natural na Zona de Recuperação foi retirada para dar lugar a pastagens altamente degradadas. Deste modo, as indicações para recuperação são as mesmas apresentadas no item 3.1.1.4, devendo 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).

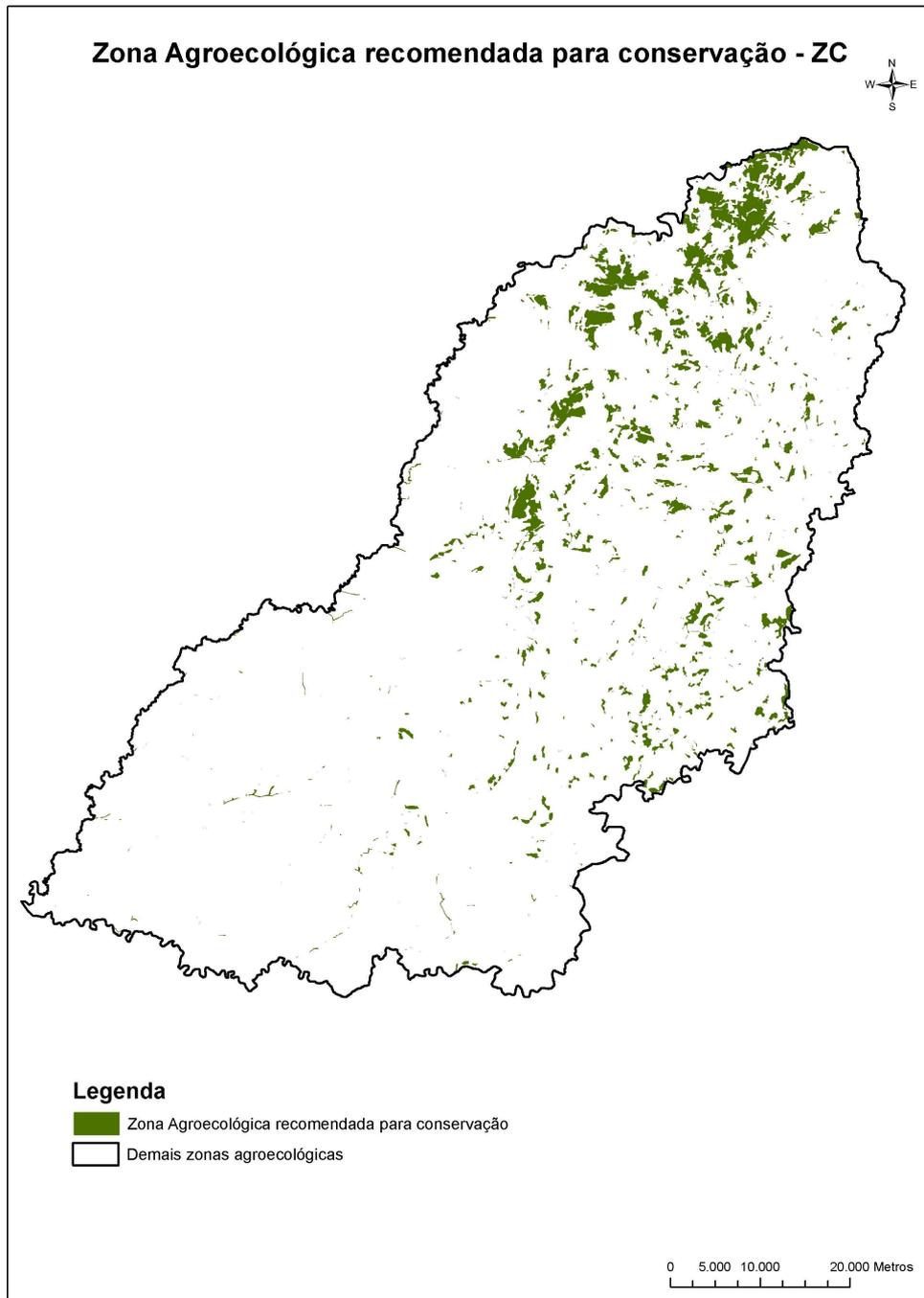


**Figura 25.** Mapa mostrando a distribuição das zonas agroecológicas indicadas para a recuperação ambiental em relação as demais zonas agroecológicas no município de Caracol-MS.

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

A Zona Agroecológica ZC (Figuras 26 e 27) é caracterizada por apresentar áreas com fragilidade ambiental muito alta ou áreas com restrições de uso relacionado com a legislação ambiental (áreas de proteção permanente) e onde a vegetação natural ainda está presente em diferentes estágios de conservação.

No município de Caracol ocupa uma área de 21.370 ha, que equivalem a 7,3% da área total do município, apresentando fragilidade ambiental relacionadas a margem dos rios e nas áreas de relevos mais declivosos, onde predomina a classe de solo Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico associados aos Cambissolo Háplico Tb Eutrófico ambos lépticos e A moderado, com texturas média e às classes dos Neossolos Litólicos Chernossólicos, textura média ou Neossolo Litólico típico, A moderado, textura argilosa, e áreas de afloramentos rochosos. Ocorre em áreas de relevo plano (12,0%), suave ondulado (18,0%), ondulado (37,0%) e forte ondulado (26,0%) e montanhoso (7,0%).



**Figura 26:** Mapa mostrando a distribuição das zonas agroecológicas indicadas para a conservação ambiental em relação as demais zonas agroecológicas no município de Caracol-MS.

### Principais limitações

A principal razão para o enquadramento destas áreas como zona recomendada para a preservação dos recursos naturais é a sua elevada fragilidade ambiental determinada principalmente pelo relevo, além das restrições impostas pela legislação ambiental. Estas áreas devem ser prioritariamente destinadas para conservação da flora e da fauna. Não devem ser utilizadas, pois devido a sua fragilidade, podem ser facilmente degradadas.

## 4 CONCLUSÕES

A análise dos dados ambientais, através da metodologia aqui proposta, permitiu a estratificação do município de Caracol em três principais unidades de paisagem (zonas agroecológicas, zonas de conservação e zonas de recuperação);

As zonas recomendadas para o uso com lavouras (intensivas e semi-intensivas) somam cerca de 73.000 ha, o que equivale a 25,0% da área total do município.

As Zonas Agroecológicas recomendadas para o uso com pastagens somam 154.310 ha, o equivalente a 52,5% da área total do município, sendo que dentre estas, 43.550 ha apresentam restrição de drenagem, sendo recomendada para pastagem com a utilização de espécies forrageiras adaptadas a restrições de drenagem interna e risco de inundação, e para o cultivo de arroz de inundação, em pequenas áreas.

A Zona Agroecológica recomendada para conservação dos recursos naturais soma 21.370 ha, representando 7,2% da área total do município. Apresentam alta fragilidade ambiental e/ou restrições legais, não sendo indicada para uso agropecuário.

As áreas identificadas como Zona Agroecológica recomendada para recuperação ambiental somam 45.390 ha, que representam 15,14% da área total do município. São áreas de alta fragilidade ambiental e/ou que embora, apresentassem restrições legais de uso foram incorretamente desmatadas para o estabelecimento de pastagens.

A área do município de Caracol apresenta grau moderado a alto de degradação antrópica. Atualmente, 74,0% dessas terras estão sendo utilizadas com pastagens, sendo que a maioria apresenta algum grau de degradação. Este quadro exige ações de correção ambiental quanto à recuperação de mata ciliar (áreas de preservação permanente), bem como, 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](http://www.cpa.unicamp.br/cafe/MS_menu.html)>. Acesso em: 03 nov. de 2006.

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

BRASIL. Ministério 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. **Zoneamento agropedoclimático do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 17).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Zoneamento agroecológico do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 33).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento pedológico do Município de Caracol**: parte do projeto do zoneamento agroecológico do Estado do Mato Grosso do Sul. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.
- 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).
- FAO. **Zonificación agro-ecológica**: guia general. Roma: FAO, 1997. 82 p. (FAO. Boletim 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.
- GAUSSEN, H.; BAGNOULS, F. **Saison sèche et indice xerothermique**. Toulouse: Faculté de Sciences de Toulouse, 1953.
- 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.; MOLDENHAEUR, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, v. 51, p.189-196, 1992.
- LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. 1977. 53 f. Dissertation (Master of Science) - Purdue University, West Lafayette.
- MANNIGEL, A. R.; PASSOS e CARVALHO, M.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
- 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.

- MINAS GERAIS. **Zoneamento agroclimático do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado da Agricultura, 1980.
- PILLAR, V. D. **Clima e vegetação**. [Porto Alegre]: UFRGS, 1995. Disponível em: <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>>. Acesso em: 24 mar. 2009
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras: metodologia de Interpretação de levantamentos**. Brasília: BINAGRI; Rio de Janeiro: Embrapa SNLCS, 1983b. 71 p.
- RAMALHO FILHO, A.; HIRANO, C.; DINIZ, T. D. A.; BACH, J. C. **Aptidão Pedoclimática - Zoneamento Por Produto. Região do Programa Grande Carajás**. Brasília: BINAGRI; Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS: IBGE, 1983a. 30 p.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS, 1995. 65 p.
- Richards, J. A. **Remote sensing digital image analysis**. Berlin: Springer-Verlag, 1999. 240 p.
- RODRIGUES, G. S. Conceitos ecológicos aplicados à agricultura. **Revista Científica Rural**, Santa Maria, v. 4, n. 2. p.155-166, 1999.
- ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C. **Balanço hídrico normal por Thornthwaite & Mather**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1999. 5 v.
- SANS, L. M. A.; ASSAD, D.; GUIMARÃES, D. P.; AVELAR, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho na região centro-oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 9, n. 3, p. 527-539, 2001.
- SILVA, F. B. R.; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L. T. L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, A. B. da; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste, diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA - CNPS, 1993. 2 v.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev.**, v. 38, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104 p. 1955.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)**. 2005. Disponível em: <<http://edc.usgs.gov/products/elevation/srtm>>. Acesso em: nov. 2005.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, D.C: USDA, 1978. 57 p. (USDA. Agricultural Handbook).

#### **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

- CAMARGO, A. P.; PEDRO JUNIOR, M. J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R. Aptidão ecológica de culturas agrícolas. In: SECRETARIA DA AGRICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO (Org.). **Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo**. Campinas, 1977, 2. v. p.7-131.
- CEPA. **Aptidão pedoclimática por cultura do Estado da Bahia**. Salvador, 1985. 50 p.

- DIEPES, V. C. A.; RAPPALST, C.; WOLF, J.; van KEULEN, H. **CWFS Crop Growth Simulation Model WOFOST**. Wageningen: Center for World Food Studies, 1988.
- EUCLIDES, V. P. B. **Algumas considerações sobre manejo de pastagens**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1994. 31p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 57).
- FAO. **Manual CROPWAT**. Rome: FAO, 1989.
- IBSNAT. Agrotechnology Transfer. **Newsletter IBSNAT**, Honolulu, n. 6, 1987.
- JANSSEN, B. H.; GUIKING, F. C. T.; van DER EIJK, D.; SMALLING, E. M. A.; WOLF, J.; van REULER, H. **QUEFTS**. Wageningen: Winand Staring Center. 1989.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1983. 175 p.
- LEROHL, M. L. The sustainability of selected prairie crop rotations. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v. 39, p. 667-676, 1991.
- 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.
- SINGH, U.; THORNTON, P. K. Using crop models for sustainability and environmental quality assessment. **Outlook on Agriculture**, v. 21, p. 209-218. 2002.
- ZIMMER, A. H; EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K.; MACEDO, M. C. M. **Considerações sobre índices de produtividade da pecuária de corte em Mato Grosso do Sul**. Campo Grande:EMBRAPA-CNPGC, 1998. 53 p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 70).

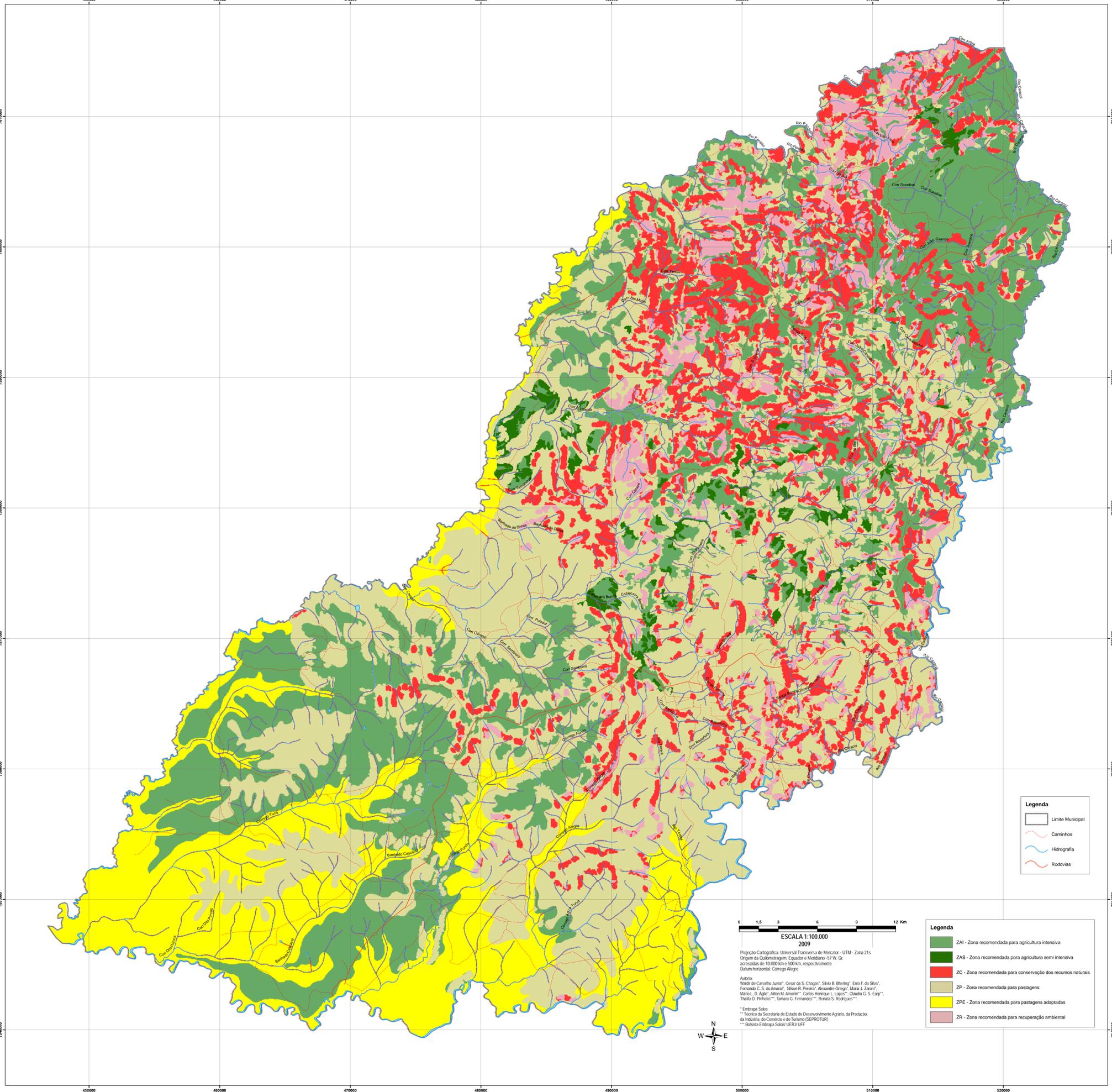
## **Anexos**

---

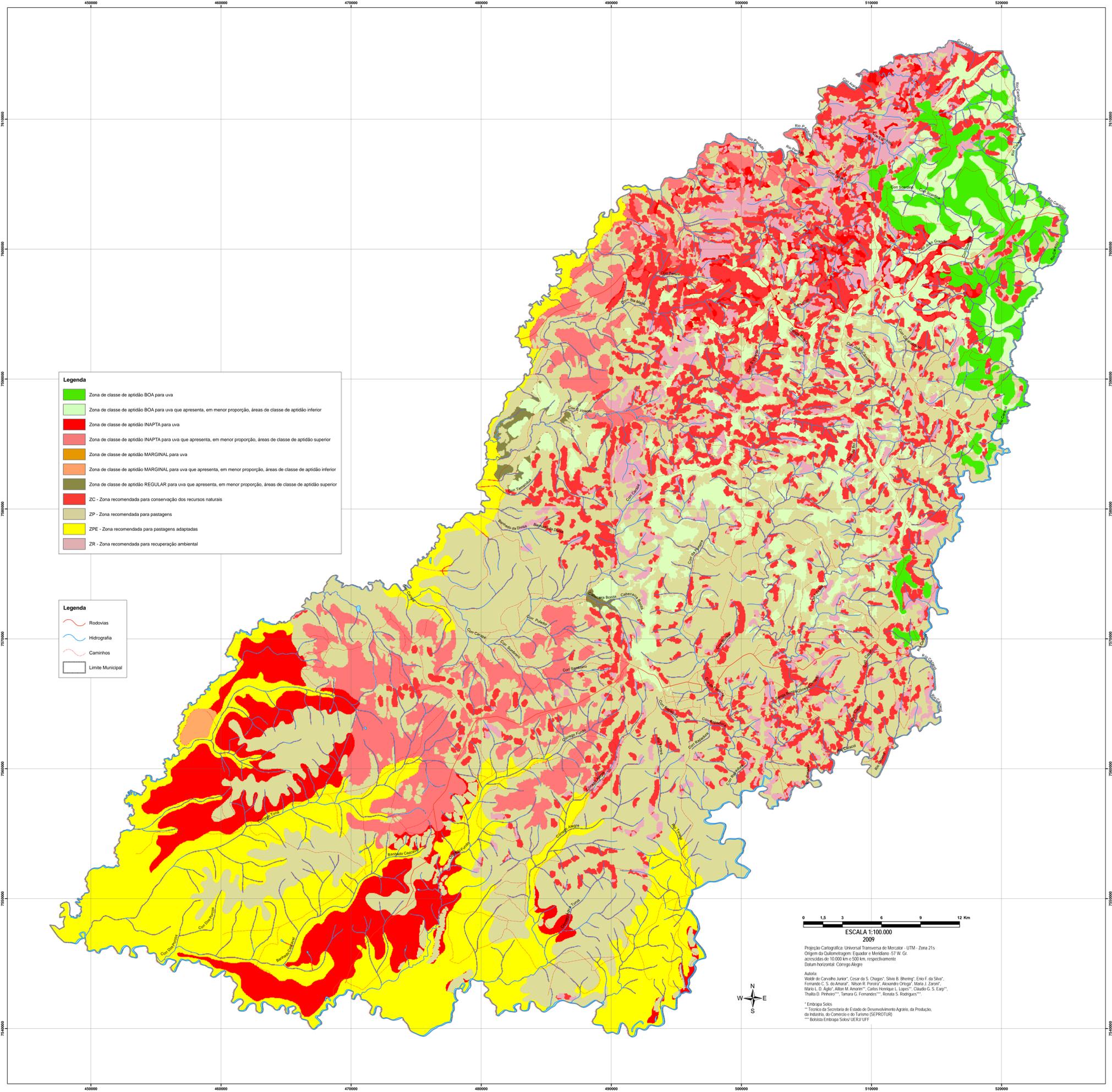
### **Mapa do zoneamento agroecológico do município de Caracol (escala 1:100.000)**

Mapa do Zoneamento Agroecológico da Uva no Município de Caracol;  
Mapa do Zoneamento Agroecológico do Citrus no Município de Caracol;  
Mapa do Zoneamento Agroecológico do Maracujá no Município de Caracol;  
Mapa do Zoneamento Agroecológico da Goiaba no Município de Caracol;  
Mapa do Zoneamento Agroecológico da Manga no Município de Caracol;  
Mapa do Zoneamento Agroecológico do Mamão no Município de Caracol;  
Mapa do Zoneamento Agroecológico da Banana no Município de Caracol;  
Mapa do Zoneamento Agroecológico do Abacaxi no Município de Caracol;  
Mapa do Zoneamento Agroecológico do Milho Safrinha no Município de Caracol;  
Mapa do Zoneamento Agroecológico da Soja no Município de Caracol;  
Mapa do Zoneamento Agroecológico da Cultura do Milho no Município de Caracol;  
Mapa do Zoneamento Agroecológico da Cultura do Arroz no Município de Caracol.

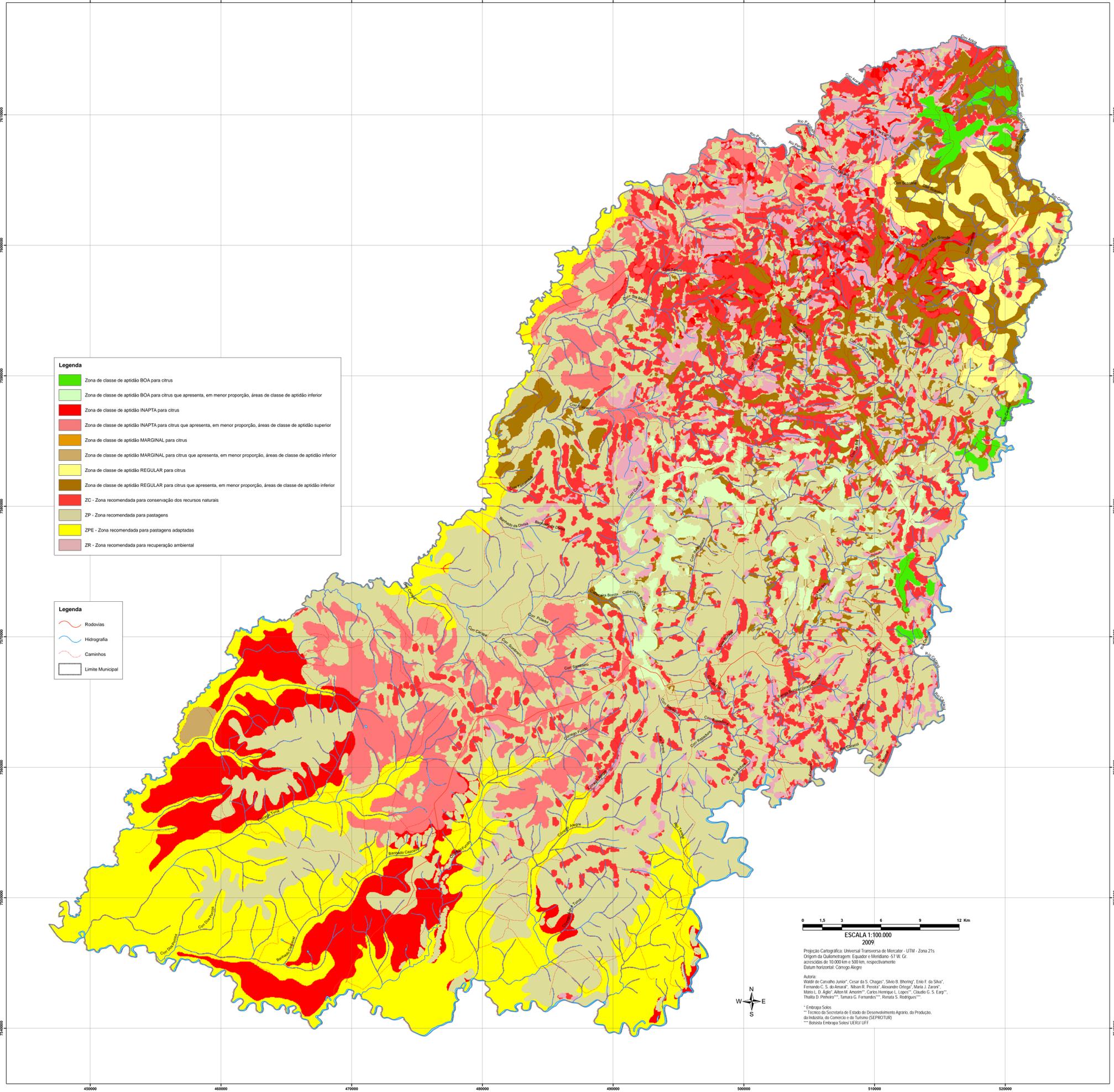
# Zoneamento Agroecológico do Município de Caracol (MS)



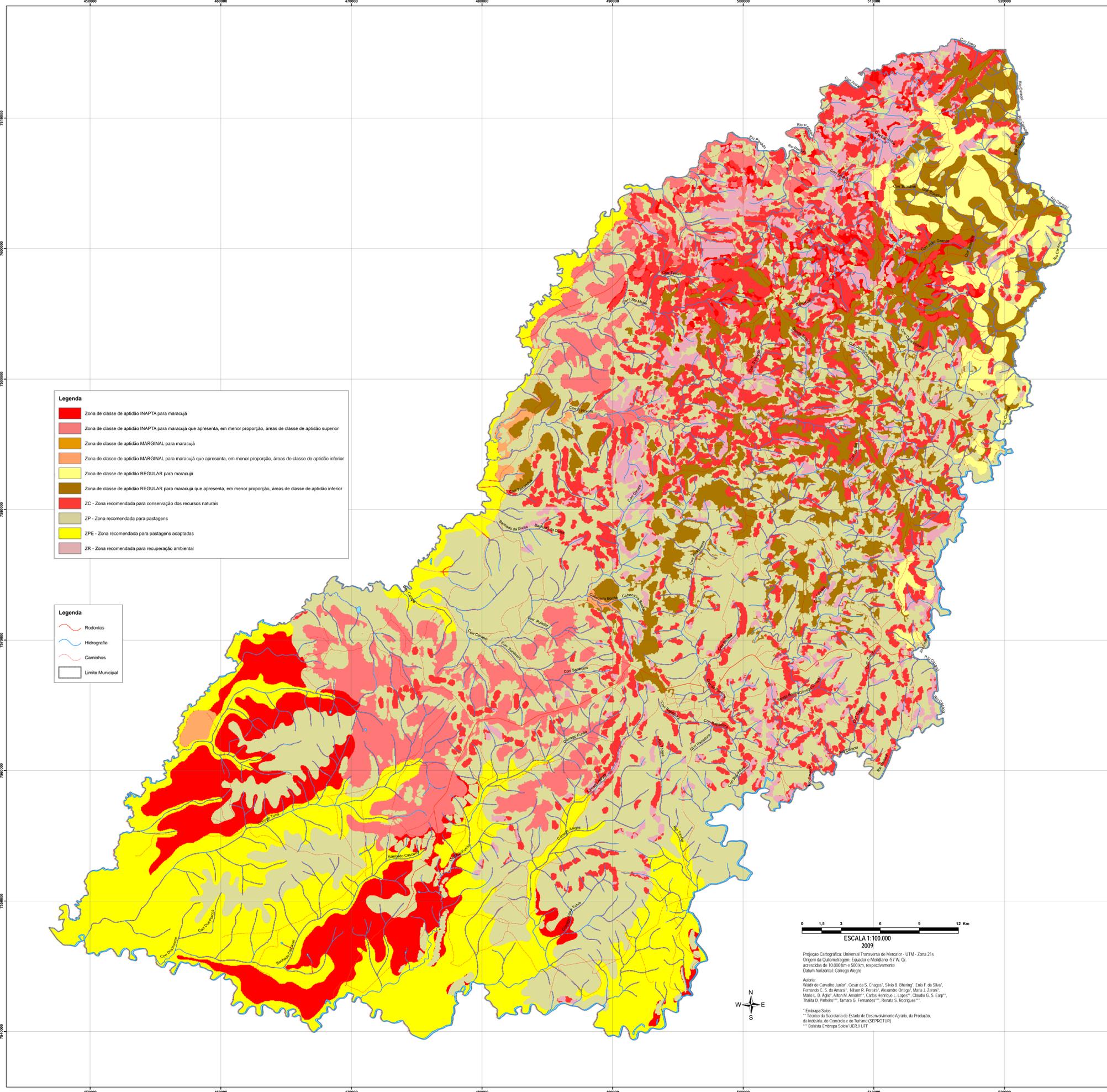
# Zoneamento Agroecológico para Uva no Município de Caracol (MS)



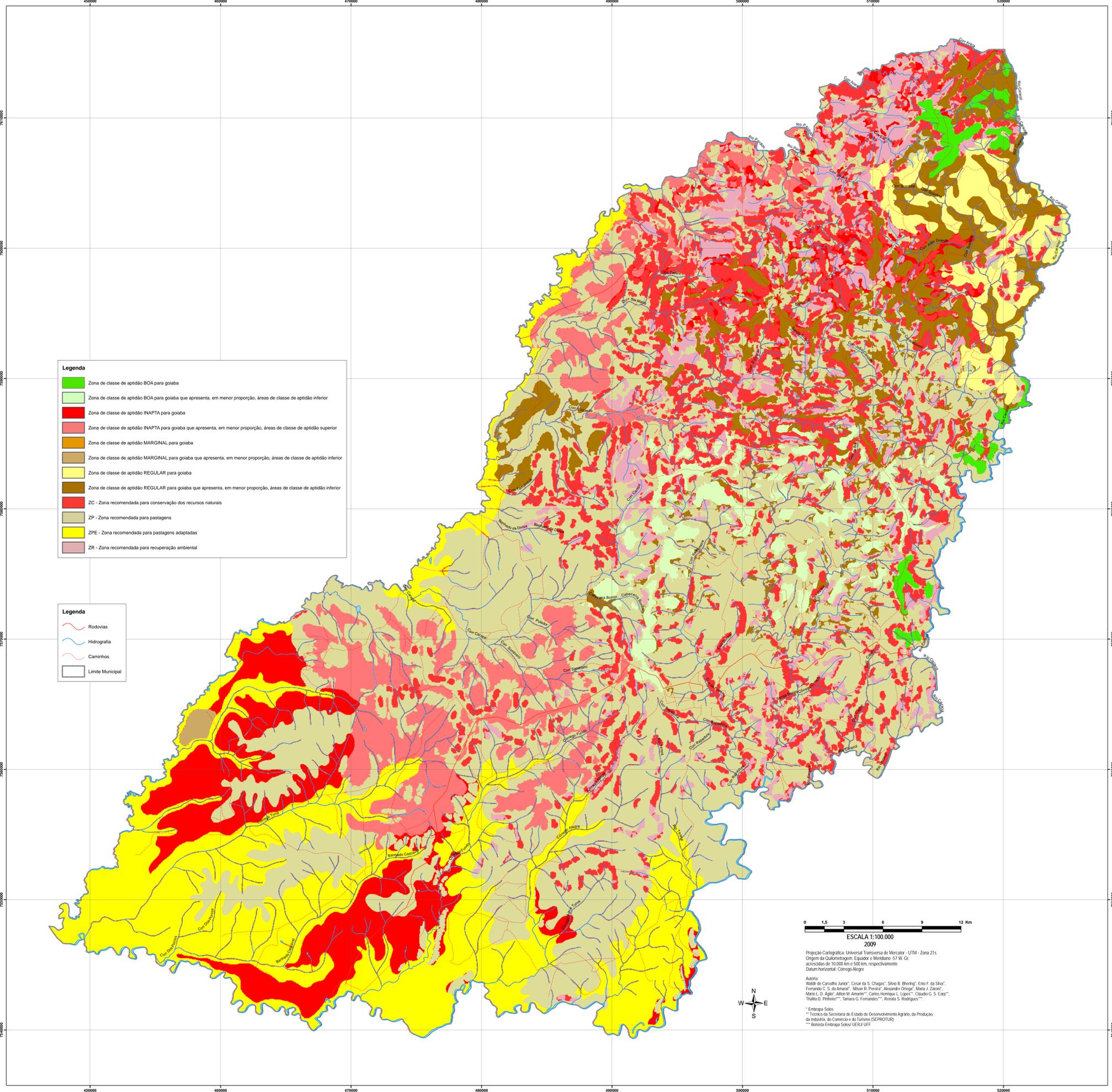
# Zoneamento Agroecológico para Citrus no Município de Caracol (MS)



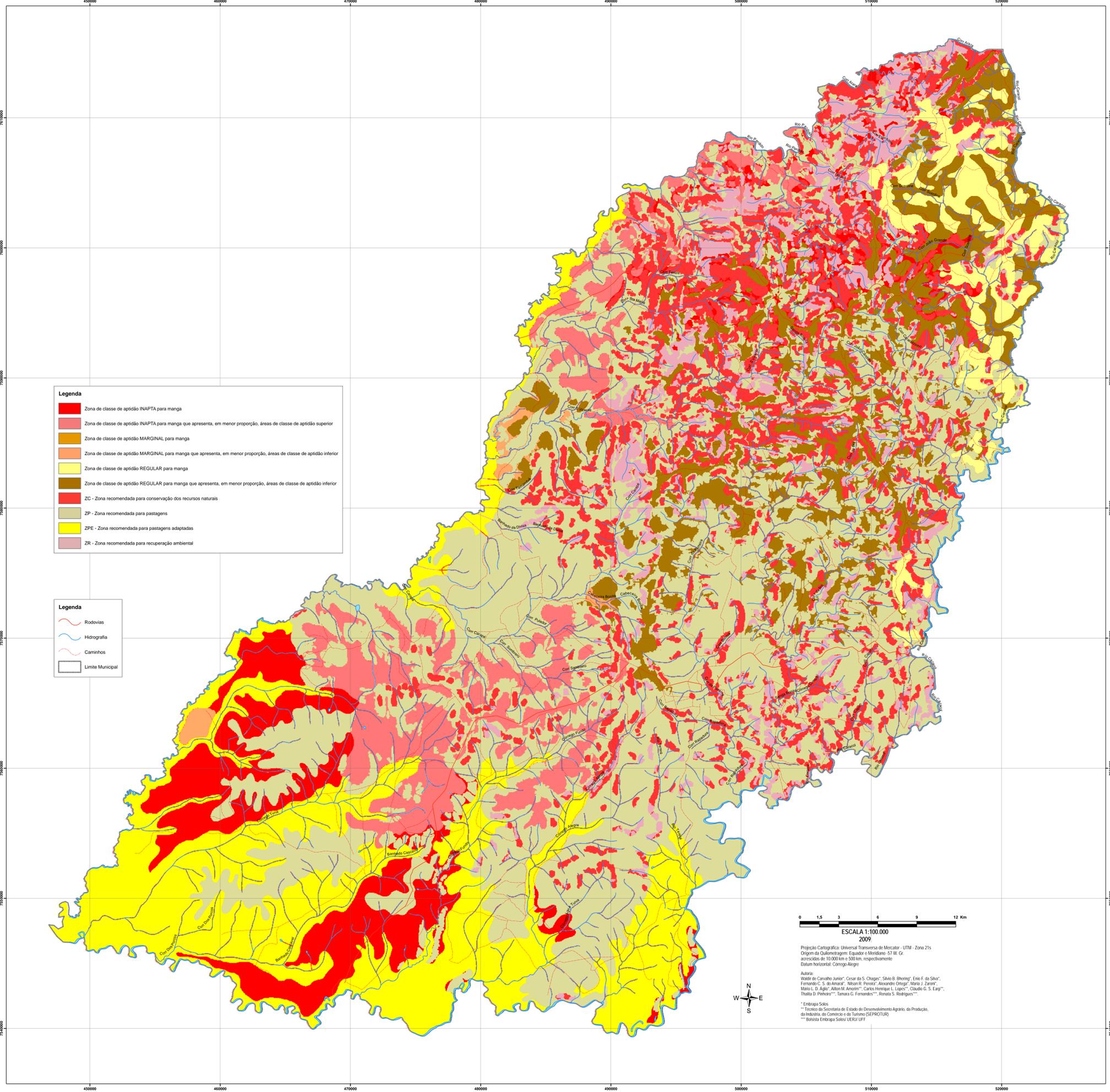
# Zoneamento Agroecológico para Maracujá no Município de Caracol (MS)



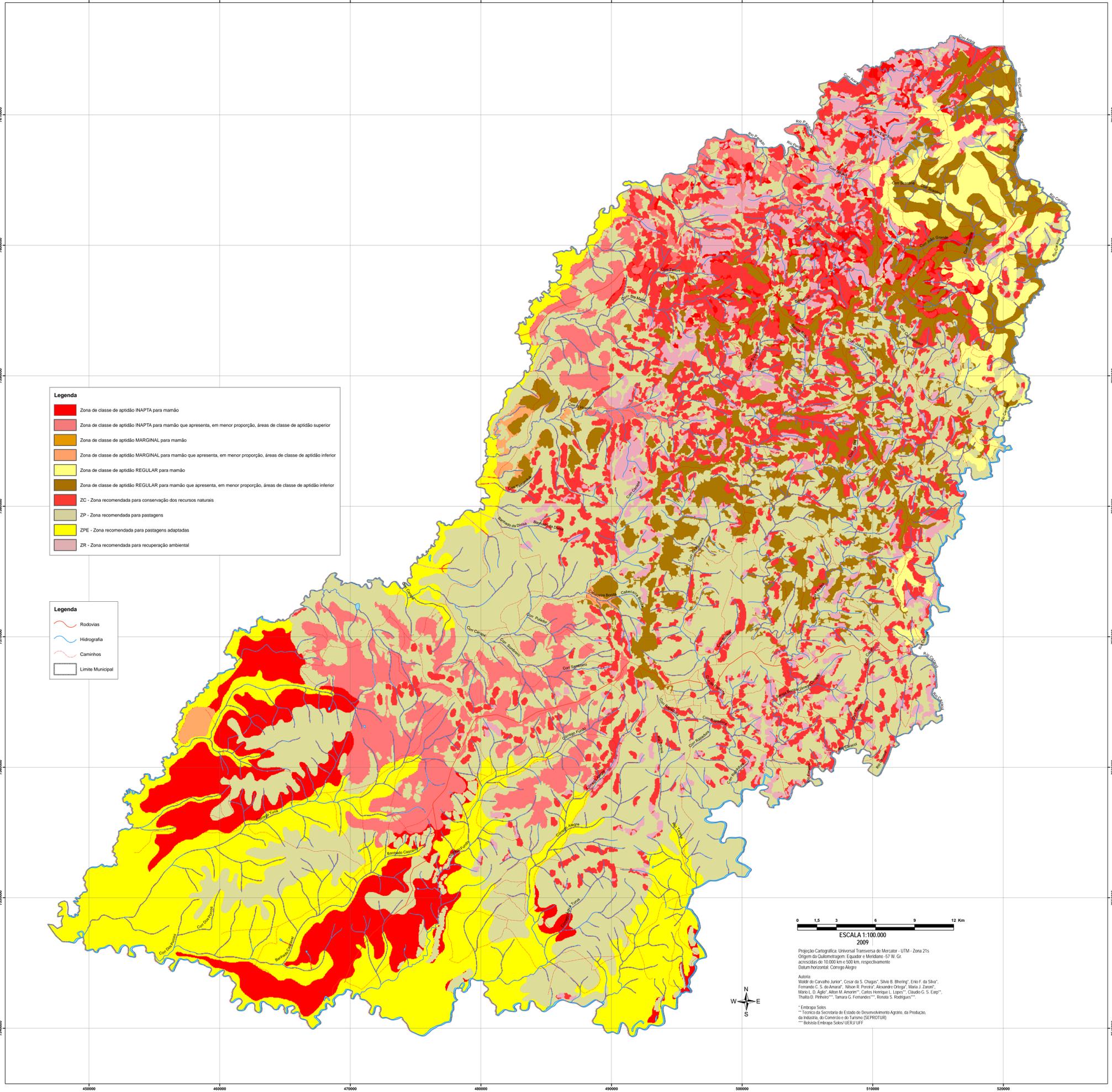
# Zoneamento Agroecológico para Goiaba no Município de Caracol (MS)



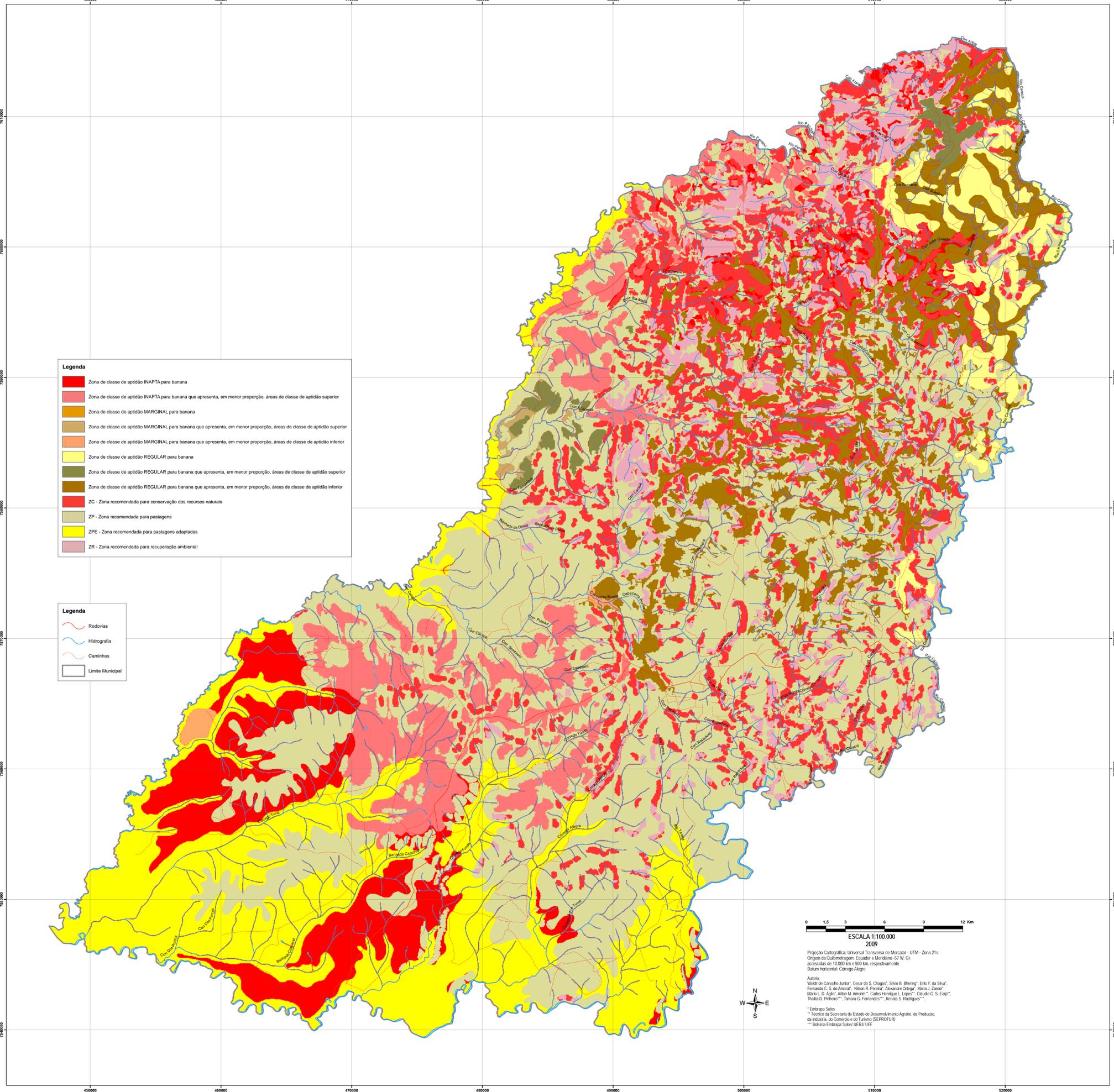
# Zoneamento Agroecológico para Manga no Município de Caracol (MS)



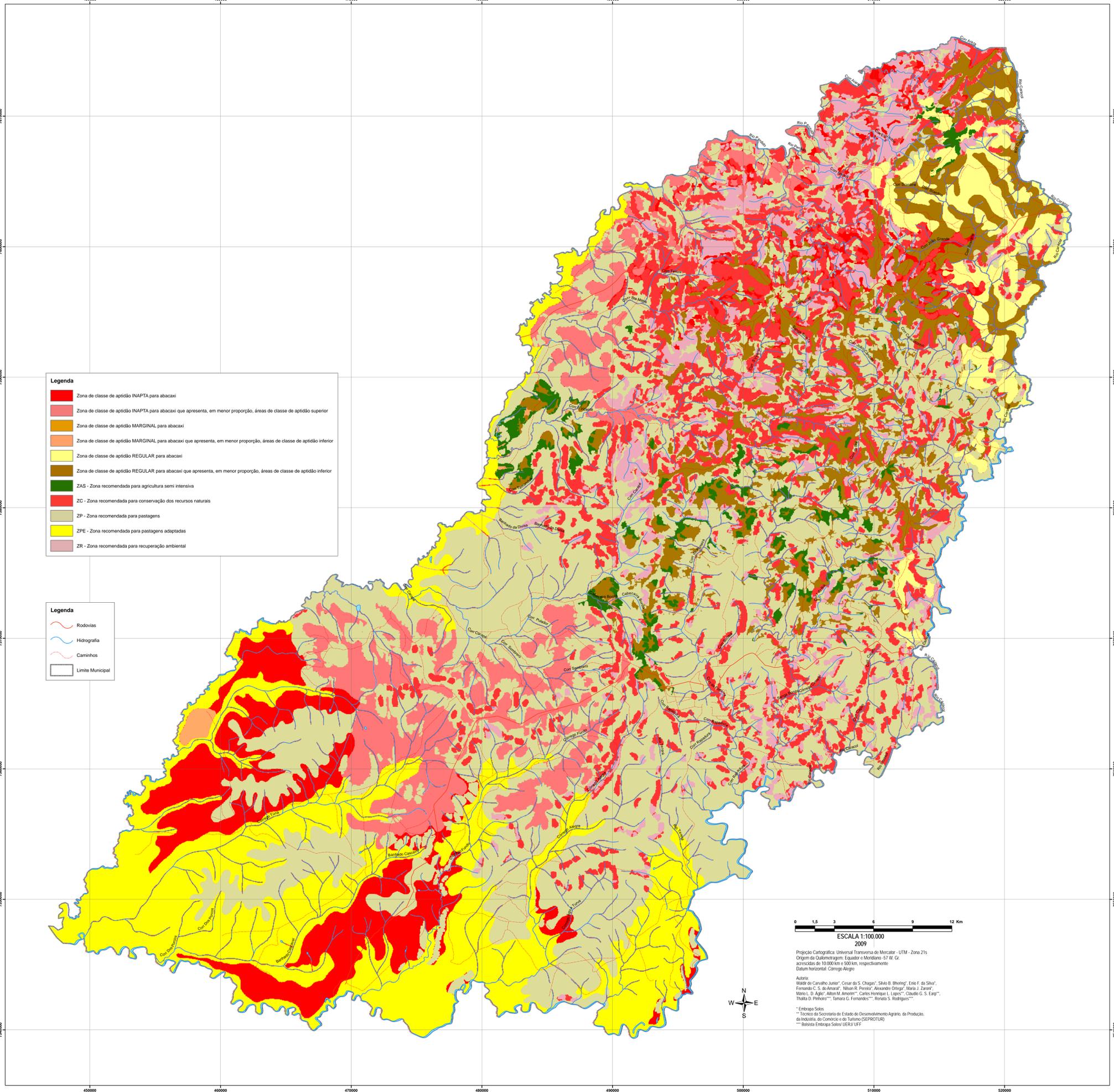
# Zoneamento Agroecológico para Mamão no Município de Caracol (MS)



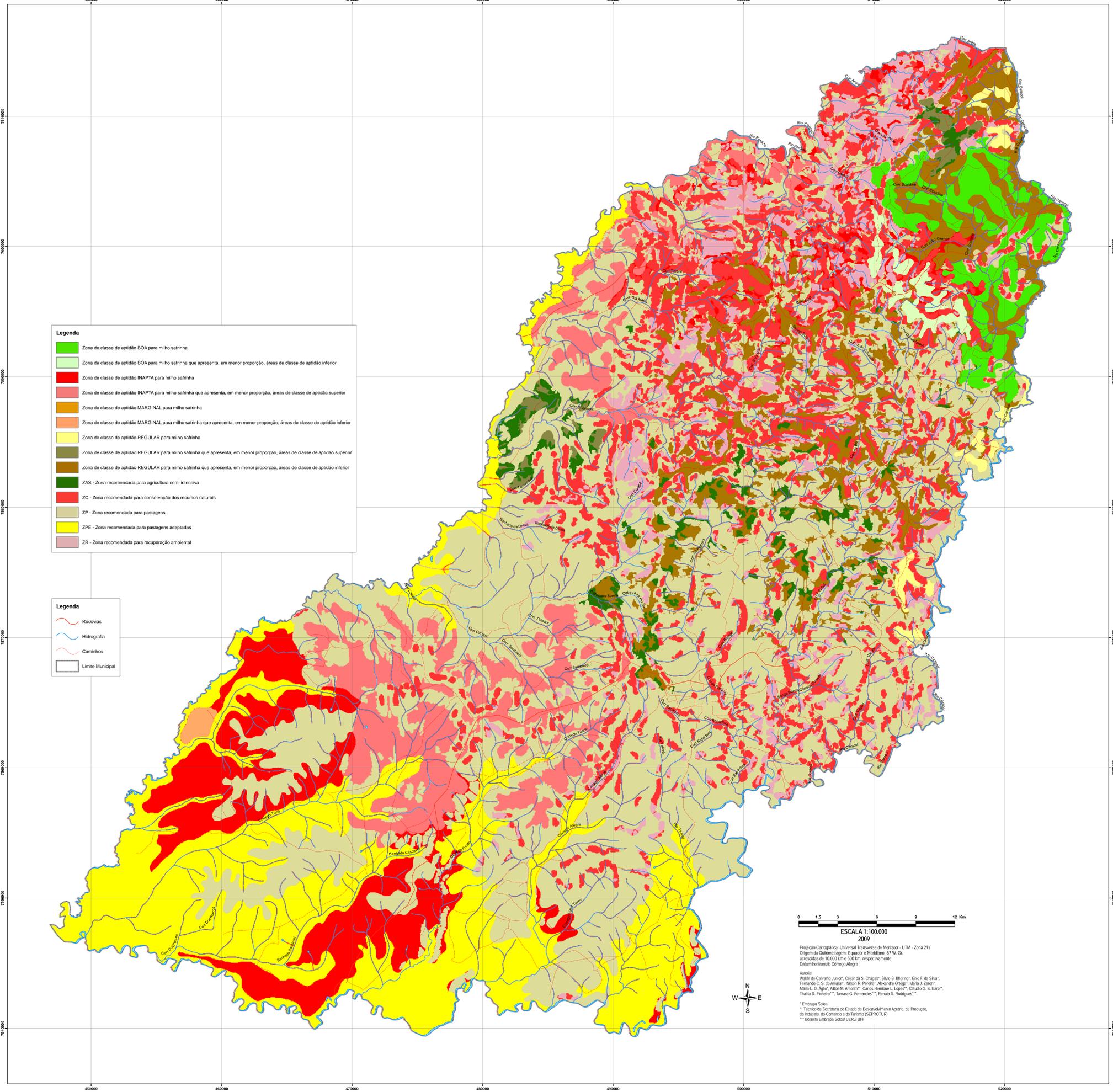
# Zoneamento Agroecológico para Banana no Município de Caracol (MS)



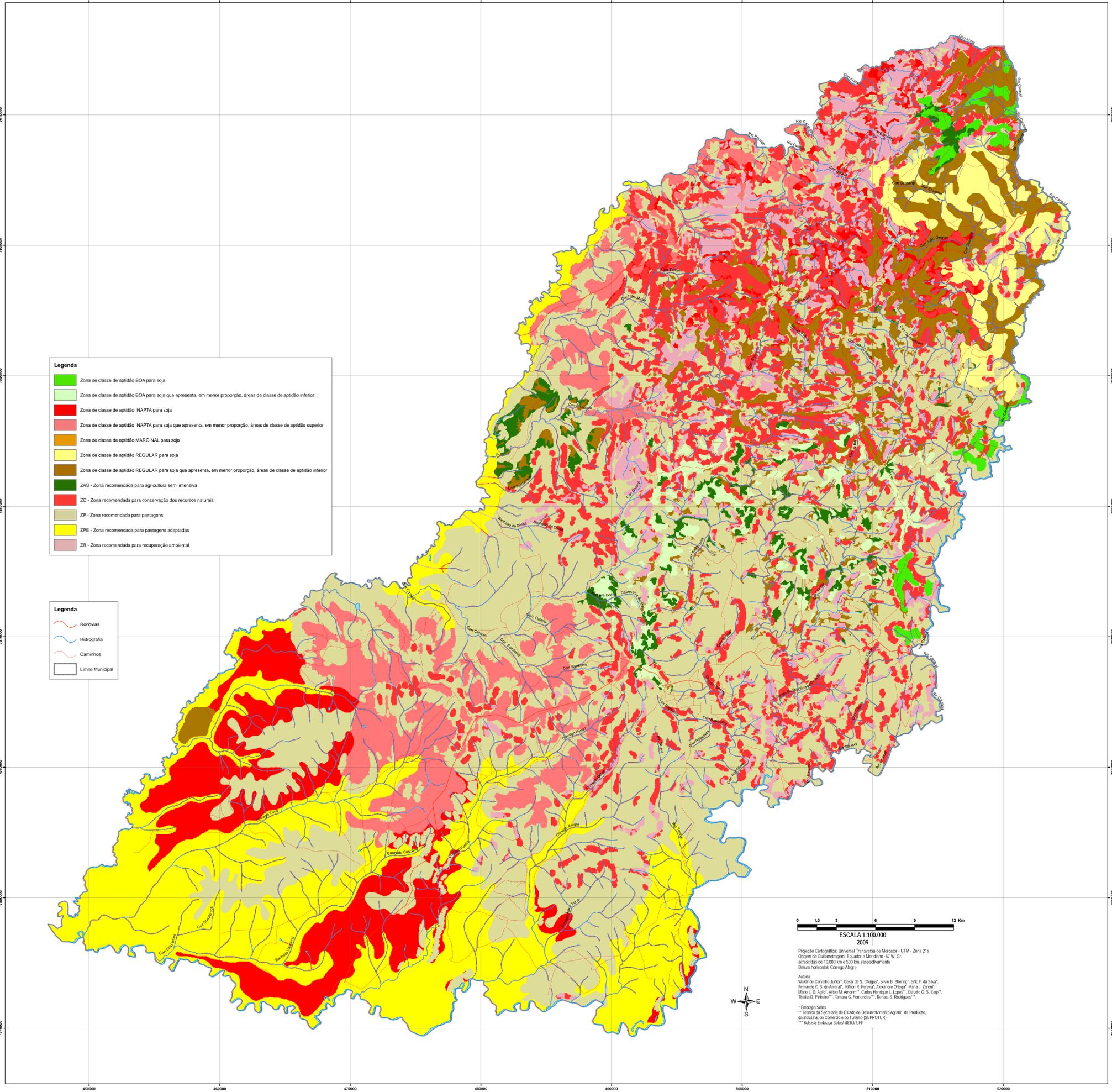
# Zoneamento Agroecológico para Abacaxi no Município de Caracol (MS)



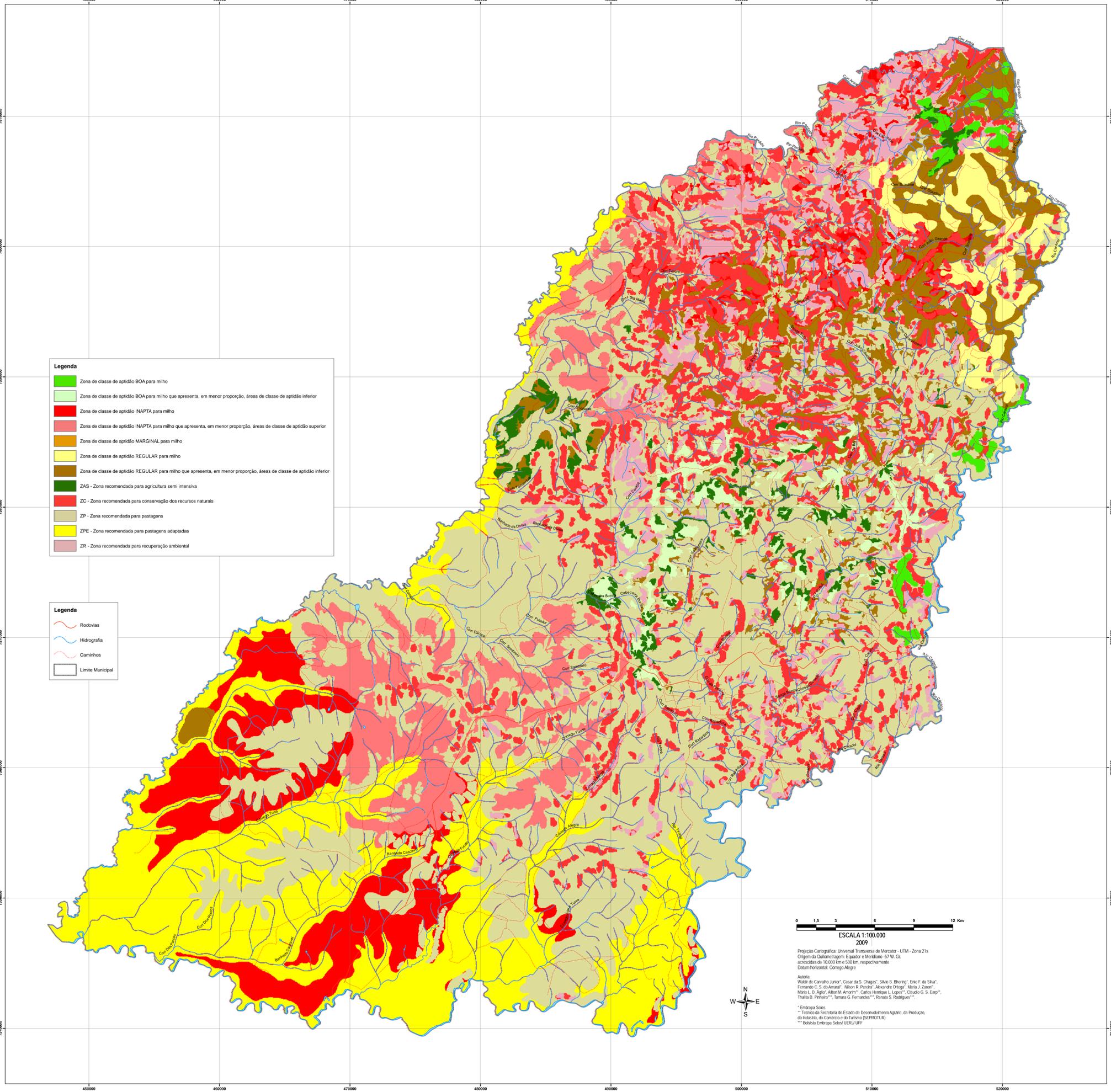
# Zoneamento Agroecológico para Milho Safrinha no Município de Caracol (MS)



# Zoneamento Agroecológico para Soja no Município de Caracol (MS)



# Zoneamento Agroecológico para Milho no Município de Caracol (MS)



# Zoneamento Agroecológico para Arroz no Município de Caracol (MS)

