

RAFAEL ALVARENGA ALMEIDA

**ÍNDICE PARA CARACTERIZAR A ADEQUAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO SOLO
À SUA CAPACIDADE DE USO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA

MINAS GERAIS-BRASIL

2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

A447i
2014

Almeida, Rafael Alvarenga, 1990-
Índice para caracterizar a adequação da ocupação do
solo à sua capacidade de uso / Rafael Alvarenga Almeida. -
Viçosa, MG, 2014.
x, 46f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Sílvio Bueno Pereira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.
Referências bibliográficas: f.41-46.

1. Solos - Conservação. 2. Proteção do solo. 3. Solos -
Manejo. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em
Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 631.4

RAFAEL ALVARENGA ALMEIDA

**ÍNDICE PARA CARACTERIZAR A ADEQUAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO SOLO
À SUA CAPACIDADE DE USO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 19 de Fevereiro de 2014.

Roberto Avelino Cecílio

Mauro Aparecido Martinez
(Coorientador)

Fernando Falco Pruski
(Coorientador)

Silvio Bueno Pereira
(Orientador)

AOS MEUS QUERIDOS PAIS E MINHA IRMÃ,
MAXLEY, CIBELE E ISABELA,
As pessoas que sempre me apoiaram
nos momentos mais difíceis,
me instruíram e orientaram.

À CAMILA,
Que apesar do pouco tempo de convivência,
já se tornou indispensável a mim.

OFEREÇO

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica nossa ignorância”

(John F. Kennedy)

AGRADECIMENTOS

Inicio os meus agradecimentos aos meus pais, que sempre primaram pela minha educação. Obrigado Sr. Maxley e Sra. Cibele, por além de me oferecerem a oportunidade de estudar, sempre estiveram presentes em minha vida.

Estendo também à minha família, em especial aos meus queridos “Vó Dilza e Vô Bgair” pelo carinho, paciência e incentivo.

A Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminho nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

Ao meu orientador e amigo Professor Silvio Bueno Pereira por acreditar em mim, me mostrar o caminho da ciência, fazer parte da minha vida nos momentos bons e ruins, por ser um exemplo de profissional.

Aos coorientadores Fernando Falco Pruski e Mauro Aparecido Martinez pelo apoio, pelas reuniões que se estendiam além do horário, pelos conselhos e ajuda no trabalho desenvolvido e é claro pelos momentos de descontração.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo conhecimento e experiência passada.

Aos amigos da “República Tindóida” de Lavras e “República Os Largados” de Viçosa, que conviveram mais intensamente, ajudando de diversas formas.

Aos amigos do Laboratório de Hidráulica, do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, que tanto ajudaram nos momentos de aperto.

Aos amigos, colegas e demais pessoas que seriam impossível nomear todas, que fizeram parte desses momentos sempre me ajudando e incentivando.

Aos meus colegas de trabalho, técnicos de laboratório, funcionários e demais pessoas que participaram diretamente deste trabalho e me ajudaram em todos os momentos.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

E por último, e não menos importante, a pessoa que ultimamente tem feito meus dias mais felizes, me apoiando, amando, respeitando, e fazendo parte da minha vida, meu agradecimento mais profundo e sincero. Sou grato por cada momento ao seu lado, cada gesto carinhoso, cada sorriso e ansioso por estar ao seu lado pelo resto da minha vida. Obrigado Camila, Meu AMOR.

BIOGRAFIA

Rafael Alvarenga Almeida, filho de Maxley Sandrs Mendes de Almeida e Cibele Monterrey Alvarenga, nasceu na cidade de Lavras, estado de Minas Gerais, em 04 de setembro de 1990.

Em Julho de 2008 ingressou no curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde graduou-se em 2012. Foi bolsista de Iniciação Científica FAPEMIG durante os anos de 2010, 2011 e 2012.

Em Dezembro de 2012 iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, na área de Recursos Hídricos e Ambientais, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo a defesa de sua dissertação em Fevereiro de 2014.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Sustentabilidade.....	3
2.2. Pagamento por serviços ambientais.....	4
2.3. Capacidade de uso do solo	5
3. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO.....	10
3.1. Avaliação da capacidade de uso do solo	10
3.2. Caracterização do uso do solo	14
3.2.1. Análise técnica local	14
3.2.2. Geoprocessamento	14
3.3. Comparação entre o uso atual e a capacidade de uso do solo	15
3.4. Índice de Boas Práticas (IBP)	15
4. APLICAÇÃO PRÁTICA	18
4.1. Caracterização da bacia	18

4.1.1.	Relevo	19
4.1.2.	Solo	22
4.2.	Classificação das características da bacia.....	24
4.3.	Caracterização do uso do solo	28
4.4.1.	Uso atual.....	30
4.4.2.	Usos futuros	31
i.	Uso do solo baseado no novo código florestal	31
ii.	Totalidade de uso da bacia como agricultura.....	34
iii.	Totalidade de uso da bacia como pastagem	35
iv.	Totalidade de uso da bacia como uso florestal.....	37
5.	RESUMO E CONCLUSÕES	40
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

RESUMO

ALMEIDA, Rafael Alvarenga, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2014. **Índice para caracterizar a adequação da ocupação do solo à sua capacidade de uso.** Orientador: Silvio Bueno Pereira. Coorientadores: Fernando Falco Pruski e Mauro Aparecido Martinez.

Assuntos relacionados ao pagamento por serviços ambientais são, atualmente, realidade nos fóruns de discussão mundiais, porém ainda não há um consenso sobre a melhor forma de implantação e manutenção dos mesmos, de acordo com os conceitos de sustentabilidade. Dessa forma este trabalho objetivou o desenvolvimento de um índice que permita caracterizar a adequação da ocupação do solo à sua capacidade de uso, visando o pagamento por serviços ambientais. Desenvolveu-se ferramentas de avaliação da adequação à capacidade de uso e ocupação do solo através do enquadramento do solo em classes de capacidade de uso, segundo metodologia proposta por Rio Grande do Sul (1983), e a comparação do mesmo com a situação atual de ocupação do solo. Este confronto permitiu obter o número de classes acima da capacidade de uso do solo e, conseqüentemente, o índice de boas práticas. Para melhor entendimento dos valores obtidos pelo índice de boas práticas foi proposto uma escala de classificação destes valores. Para efetivação da metodologia proposta, foi realizada a aplicação prática desta metodologia na bacia hidrográfica do rio Pomba. Além da análise da situação atual da bacia, foram propostos quatro cenários para a avaliação de uso do solo na bacia, sendo: i) cenário baseado no novo código florestal; ii) cenário baseado na totalidade de uso da bacia como agricultura; iii) cenário baseado na totalidade de uso da bacia como pastagem; e iv) cenário baseado na totalidade de uso da bacia como uso florestal. A escala proposta apresentou boa aplicabilidade para bacia, sendo sensível à variação do uso do solo proposto pela variação de uso nos cenários. A aplicação do índice permitiu caracterizá-lo como avaliador da adequação à capacidade de uso e ocupação do solo. A classificação do uso atual da bacia do rio Pomba é considerada moderada; e os cenários propostos foram considerados, respectivamente: bom, péssima, moderada e ideal.

ABSTRACT

ALMEIDA, Rafael Alvarenga, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2014. **Index to characterize the adequacy of occupation to its use capacity.** Adviser: Silvio Bueno Pereira. Co-advisers: Fernando Falco Pruski and Mauro Aparecido Martinez.

Related to payment for environmental services issues are currently reality in global forums, but there is still no consensus on how best to implement and maintain them in accordance with the concepts of sustainability. Therefore, this study aimed to develop an index that allows characterizing the adequacy of land cover to its capacity, aiming payment for environmental services. Developed the ability to use the suitability and land through the framing of the soil classes of usability assessment tools, according to the methodology proposed by Rio Grande do Sul (1983), and compared the same with the current situation of occupation soil. This comparison yielded the number of classes beyond the capability of land use and, consequently, the rate of good practice. For better understanding of the values obtained by best practices index was proposed a classification scale these values. For realization of the proposed methodology, the practical application of this methodology in the basin of the River Pomba was performed. Besides the analysis of the current situation of the basin, four scenarios have been proposed for the evaluation of land use in the basin, namely: i) based on the new forest code scenario, ii) scenario based on the totality of use as agriculture, iii) scenario based on the totality of the basin use as pasture, and iv) based on the total usage of the as forest use scenario. The proposed scale showed good applicability to bowl, being sensitive to the change of land use proposed by the variation usage scenarios. The application of the index allowed characterizing him as an evaluator of the adequacy of capacity use and occupation of land. The classification of the current use of the Pomba River basin were considered moderate and the proposed scenarios were considered, respectively, good, poor, moderate and ideal.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização, o ser humano interage com a natureza, com intensidade diferenciada em função de seu respectivo desenvolvimento científico e tecnológico. A relação do homem com a natureza tende a se tornar cada vez mais intensa, quanto maior sua necessidade por insumos.

Por ser oferecido de forma gratuita e abundante, o ser humano não tem atribuído o devido valor aos recursos naturais, ainda que de suma importância para a sobrevivência e desenvolvimento da civilização. A utilização não eficiente e sustentável pela ação humana tem ocasionado a cada vez mais intensa degradação ambiental.

O principal problema que se tem visto ao longo do tempo, se encontra nas bases legais para a manutenção do meio ambiente: quando não são desconhecidas, são ignoradas em detrimento dos interesses econômicos. Toda essa problemática tem criado um cenário favorável para que sejam valorizadas as ações que visem a conservação dos recursos naturais, objetivando a manutenção dos serviços ambientais (FOLETO; LEITE, 2011).

A criação do pagamento por serviços ambientais é vista como um possível recurso para a melhoria das condições ambientais, a fim de remunerar os agentes que fazem proteção do meio ambiente na forma de conservação ou recuperação dos recursos naturais.

Uma forma eficiente de avaliar a qualidade da utilização dos recursos naturais de maneira sustentável, no que diz respeito ao solo e água, é a utilização correta do solo. A correta utilização do solo pode ser analisada de várias formas, porém o solo deve ser usado segundo alguns atributos que tendem a ser restritivos à sua utilização, tais como:

declividade, presença de erosão, fertilidade do solo, profundidade efetiva, risco de inundação, declividade, dentre outros.

A adoção de um critério para caracterizar a adequação da capacidade de uso e ocupação do solo visa reconhecer as boas práticas de uso e conservação da água e poderá, se aplicado corretamente, resultar em um aumento da disponibilidade hídrica ou na melhoria da qualidade de água da bacia. Desta forma, também traz a perspectiva de suporte aos programas de pagamento por serviços ambientais no que se refere à questão dos recursos hídricos.

É de extrema importância que se tenha uma metodologia de avaliação da compatibilização entre a capacidade de uso e o uso atual do solo, visando o pagamento por serviços ambientais de forma justa e igualitária.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um índice que permita caracterizar a adequação do uso do solo à sua capacidade, para dar suporte a programas de pagamento por serviços ambientais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sustentabilidade

O conceito de sustentabilidade vem sendo popularizado no mundo desde a década de 1980. Ele se baseia em três princípios básicos: economicamente viável, ambientalmente correto e socialmente justo (BLACKBURN, 2007). Estudos atuais indicam que os cidadãos europeus veem com igual importância os três princípios da sustentabilidade (ORDOÑEZ; ENTRENA; SAYADI, 2011). Da mesma forma, na agricultura, busca-se com que sempre haja a maior produção possível, sem que haja degradação do meio ambiente e de forma a não abusar da situação do produtor (COTTER et al., 2014).

Diversas estratégias econômicas são utilizadas para a melhor remuneração do produtor e sua consequente fixação no campo. Alguns países passaram a subsidiar a produção de alimentos para que não sofram com a falta destes no futuro. Outra estratégia adotada é o planejamento da melhor ocupação do solo em função das necessidades de produção (PASAKARNIS; MORLEY; MALIENE, 2012).

A produção agrícola tem aumentado com a difusão de novas tecnologias, por exemplo, com o aumento da produtividade dos cultivares através da seleção genética e melhoria das condições de manejo das culturas.

No que diz respeito à questão ambiental, muito se tem discutido atualmente para a busca do equilíbrio entre a alta demanda por produção de alimentos/diminuição da cobertura florestal nativa (LAMBIN, 2012). A diminuição da cobertura florestal causa grande impacto ao meio ambiente, incluindo a extinção de espécies, aumento do efeito

estufa, mudanças climáticas, aumento de enchentes, aumento da erosão, entre outros (BAJRACHARYA; DAHAL, 2012; HUBER et al., 2013a; MEYFROIDT et al., 2013).

Visando a fixação do homem no campo e um melhor pagamento do mesmo, e ainda pensando do ponto de vista ambiental têm sido muito discutido a remuneração por serviços ambientais e a sustentabilidade da mesma (AMADO; PÉREZ; GARCÍA, 2013).

2.2. Pagamento por serviços ambientais

Segundo Young (2008), os recursos naturais não possuem preço, e em consequência disso há grande dificuldade em valorar o benefício real obtido pelo favorecido. Existem diversas experiências bem sucedidas na América Latina relativas ao pagamento por serviços ambientais. As principais experiências neste campo são realizadas por Organizações Não Governamentais (ONG's), as quais obtêm seus recursos financiados junto ao governo que solicita projetos de recuperação e conservação ambiental (MONTAGNINI; FINNEY, 2011; LEGRAND; FROGER; LE COQ, 2013).

O pagamento por serviços ambientais é um instrumento econômico que incentiva o proprietário a considerar o serviço ambiental nas suas decisões, quanto ao planejamento do uso e ocupação da terra, dos recursos hídricos e da vegetação. Assim, a conservação do meio ambiente passa a ser uma opção econômica.

O esquema de organização dos pagamentos têm alguns pontos a serem analisados, como: (i) geração de novas fontes de capital (financiamentos) para os produtores, (ii) grande probabilidade de se tornar um negócio totalmente sustentável e (iii) é um negócio eficiente, visto que conserva os serviços cujos benefícios são maiores que o custo pago por eles e não conserva os serviços quando o oposto não é verdadeiro (PAGIOLA et al., 2012).

Projetos que objetivam compensar ou gratificar pessoas físicas, jurídicas ou comunidades que mantenham os serviços ambientais prestados pela natureza já existem ou estão em fase de desenvolvimento no Brasil e no mundo (HUBER et al., 2013b; ANGOMBE et al., 2013). Segundo Pheteram e Campbell (2010), o pagamento por serviços ambientais é amplamente discutido na esfera global, sendo que este se mostra como potencial instrumento para a gestão ambiental em diferentes escalas. Neste contexto, o pagamento por serviços ambientais é um potencial instrumento a contribuir

para a manutenção dos recursos naturais e na melhoria das condições dos produtores rurais que realmente preservam.

No Brasil, o pagamento por serviços ambientais está sendo desenvolvido junto a Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do programa “Produtor de Água”. Este programa busca a melhoria da qualidade de água por meio do incentivo à adoção de boas práticas na conservação de água e solo. Tais práticas buscam a redução da erosão e do assoreamento dos cursos d’água, aumentando a infiltração de água e conseqüentemente promovem o abastecimento dos lençóis freáticos. Assim, temos mais disponibilidade de água e uma maior qualidade dos recursos hídricos disponíveis. Além disso, esse programa deseja que se tenha uma conscientização sobre a importância das boas práticas de conservação dos recursos naturais (VILAR et al., 2010).

O fator solo está estritamente relacionado à água, principalmente no que tange a conservação. Desta maneira, a utilização adequada do solo é necessária pra a conservação da água.

2.3. Capacidade de uso do solo

O conceito de solo pode ser considerado, segundo Lepsch (1991), como o conjunto de corpos tridimensionais que ocupam a porção superior da crosta terrestre, capazes de suportar plantas. O solo possui atributos internos próprios e características externas, com as quais é possível descrevê-los e classificá-los.

O processo de colonização e expansão das fronteiras agrícolas faz com que os ambientes naturais sejam gradativamente eliminados e substituídos, remanescendo poucas áreas naturais, concentradas principalmente em unidades de conservação. A necessidade de estabelecimento de zonas de uso agropastoril é necessária, principalmente em regiões cuja economia baseia-se nessa atividade.

O uso apropriado do solo, segundo Lepsch et al. (1991) e Bertolini e Bellinazzi Jr. (1991), consiste na etapa inicial para estabelecimento de uma agricultura sustentável. A definição de zonas de manejo possibilita o estabelecimento de atividades previstas para cada área em questão, considerando-se a sua capacidade de suporte e aptidão.

O aprimoramento de metodologias para levantamentos de uso do solo é primordial para a elaboração de uma estratégia para a preservação dos recursos naturais, pois é

possível que se preceitue os esforços necessários para a elaboração de políticas públicas de ordenamento territorial (ABDALA; CASTRO, 2010). Alguns estudos mostram que: o conhecimento dos agricultores, programas de extensão sobre a conservação dos solos, programas governamentais que aumentem a renda dos produtores e a pesquisa em conservação dos solos são fatores que proporcionam diretamente a implantação das práticas conservacionistas pelos produtores rurais (ARAYA; ASAFU-ADJAYE, 2001).

Para Muramoto et al. (1993), o diagnóstico da adequação agrícola das terras rurais de uma região envolve a caracterização do meio físico, do uso atual e a determinação da capacidade de uso das terras. Com esses dados é possível identificar a compatibilidade entre a capacidade de uso e o uso atual do solo, além das áreas utilizadas com prejuízo potencial ao ambiente (acima da capacidade) e as subutilizadas (abaixo da capacidade).

Segundo Lepsch et al. (1991), a capacidade de uso do solo pode ser conceituada como a adaptabilidade do solo às diversas formas de utilização agrícola, sem que ocorra o depauperamento do solo pelos fatores de desgaste e empobrecimento, devido seu uso.

Em seguida deve-se entender que a capacidade de uso indica o grau de intensidade de cultivo que se pode aplicar em um terreno sem que o solo sofra diminuição de sua produtividade por efeito da erosão, ou seja, tem o propósito de definir a máxima capacidade de uso do solo sem risco de degradação. De acordo com Pruski (2006), o uso adequado da terra é o primeiro passo para a conservação do solo.

A erosão acelerada constitui fenômeno de grande importância em razão da rapidez com que se processa e pelo fato de acarretar grandes prejuízos, não só para a exploração agropecuária, mas também para diversas outras atividades econômicas e ao próprio meio ambiente. Para entendimento do processo erosivo é importante ressaltar que a erosão consiste no processo de desprendimento e arraste das partículas do solo, ocasionado pela ação da água (erosão hídrica) e do vento (erosão eólica), constituindo a principal causa da degradação das terras agrícolas. Grandes áreas cultivadas podem se tornar improdutivas, ou economicamente inviáveis, se a erosão não for mantida em níveis toleráveis (PRUSKI, 2006).

No Brasil, a erosão hídrica é verificada, em grande parte, na região tropical, e é alvo de estudos por ser de ocorrência mais frequente, processar-se com maior rapidez e causar grandes prejuízos não só ao setor agrícola, como também a diversas outras atividades econômicas e ao próprio meio ambiente.

A erosão hídrica ocorre quando há ruptura do equilíbrio natural existente no solo, e as forças advindas de elementos climáticos, como a chuva, principalmente, passa a ser suficientes para desequilibrar esse sistema. Associadas a outros fatores relativos às condições do terreno sobre o qual a chuva incide, essas forças determinam a intensidade do processo erosivo. Dentre os fatores relacionados às condições do terreno que interferem no processo erosivo, destacam-se a declividade, a capacidade de infiltração de água no solo, a distância percorrida pelo escoamento superficial, a rugosidade superficial, a resistência do solo à ação erosiva da chuva e a porcentagem de cobertura do solo existente à época da ocorrência da chuva (PEREIRA et al., 2003).

Segundo Lepsch et al. (1991), o sistema de capacidade de uso da terra é uma classificação técnica interpretativa, originalmente desenvolvida pelo Serviço de Conservação do Solo dos EUA, para agrupar solos em Classes de Capacidade de Uso. Esta classificação foi adaptada para as condições brasileiras, visando identificar as limitações permanentes e possibilidades de uso das terras, por meio de sistematização das informações de uma determinada área para definir a máxima capacidade de uso, sem que esta corra o risco de degradação do solo, especialmente no que diz respeito à erosão acelerada (PRUSKI, 2006).

Em termos de avaliação do potencial de uso das terras, apesar da existência de diversos sistemas adaptados as condições do Brasil, os mais adotados são: o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras, que é utilizada pela EMBRAPA (RAMALHO-FILHO; BEEK, 1995), o “Sistema de Capacidade de Uso” de Lepsch et al. (1991) e o “Manual de Conservação do Solo” (RIO GRANDE DO SUL, 1983). As diferenças básicas entre esses sistemas consistem nos limites de suas classes.

A capacidade de uso do solo é um indicador do nível de intensidade de cultivo a que o solo pode ser submetido sem que ocorra sua degradação pelo processo erosivo. Tal indicador é eficaz no planejamento conservacionista de uso do solo e, por isso, quanto maior o detalhamento do levantamento dos atributos em campo, mais sólidas serão as bases para o planejamento (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

Este fato mostra a importância de se trabalhar o solo conforme a capacidade de uso. Diversos trabalhos tem sido publicados no intuito de auxiliar no processo de tomada de decisão no que se refere a utilização do solo conforme sua capacidade de uso e ocupação (BRANDÃO ROCHA; ROSA, 2008; FERNANDES et al., 2010; CAMPOS et al., 2010a; CAMPOS et al., 2010b; SANTOS et al., 2012).

Diversos trabalhos também tem sido realizados no mundo, com o intuito de se determinar a capacidade de uso das terras. Panhalkar (2011) realizou um estudo em uma bacia hidrográfica na região sudoeste da Índia, sendo que esta análise permitiu a tomada de decisão quanto ao uso do solo na região. Ainda na Índia, foi realizado um trabalho para a automatização do processo de classificação da capacidade de uso do solo a partir de um algoritmo, fato este que melhorou a qualidade da classificação e diminuiu o tempo para obtenção da mesma (KUMAR et al., 2012).

A classificação do solo segundo suas classes de capacidade de uso está ligada às possibilidades e limitações que as terras apresentam, ou seja, indica a intensidade de cultivo que pode ser aplicada ao solo sem que este sofra diminuição da capacidade produtiva por efeito da erosão (Figura 1).

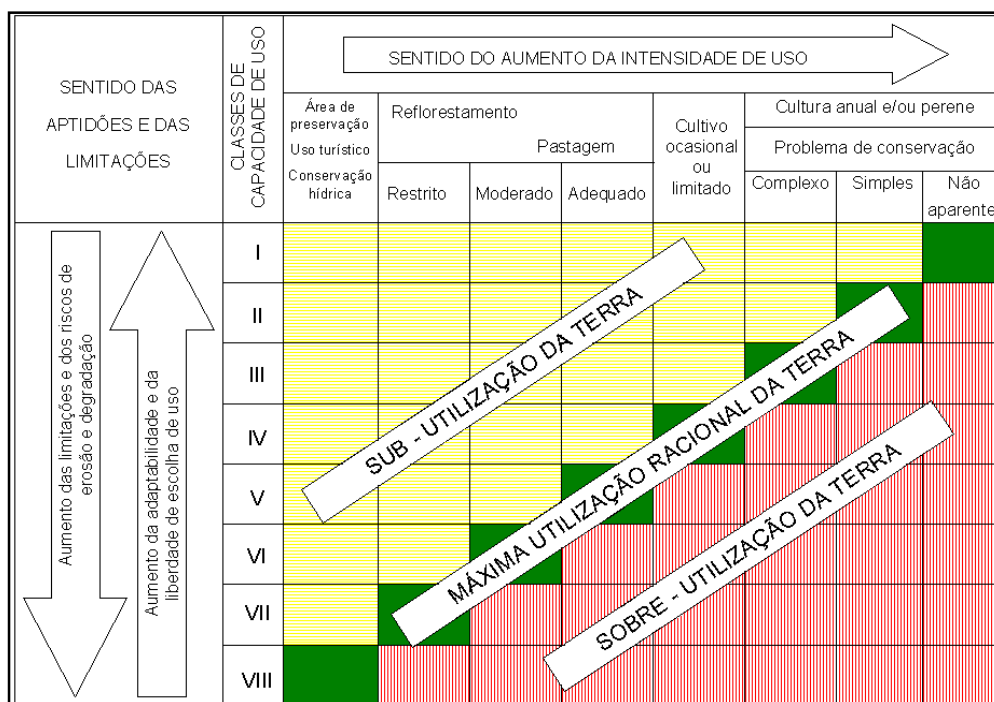


Figura 1 – Alternativas de uso da terra e intensidade máxima de utilização. (LEPSCH et al., 1991).

No entanto, a classificação do solo conforme a sua capacidade de uso não tem caráter permanente, pois as modificações naturais por eles sofridas ou a inserção de novas práticas de manejo podem acarretar alterações em sua capacidade de uso, o que torna a avaliação continua fundamental (PRUSKI, 2006).

Na Escócia, foi realizado um trabalho que avaliou as mudanças climáticas, e suas consequentes implicações no cenário de capacidade de uso do solo, ressaltando, de acordo com a classificação, o aumento dos riscos de uso do solo por volta do ano de 2050 (BROWN et al., 2010).

3. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

A avaliação dos serviços ambientais prestados pelo produtor é um grande desafio para o órgão responsável, visto que não é conhecida uma metodologia para sua avaliação. Portanto, a proposta do presente estudo foi desenvolver uma metodologia que permita a avaliação da adequação do uso do solo à sua capacidade, visando o pagamento por serviços ambientais. Dessa forma, o princípio de desenvolvimento da metodologia parte da comparação entre a capacidade de uso do solo e sua ocupação.

3.1. Avaliação da capacidade de uso do solo

No que diz respeito a agricultura sustentável é cada vez maior a demanda pela produção de alimentos e pela consequente fixação do homem no campo de forma sustentável (HOSSEINI; SABOURI, 2011). O conceito de sustentabilidade para a utilização do solo está fortemente atrelado as suas boas práticas, sendo que do ponto de vista ambiental é necessário que este não sofra esgotamento de seus nutrientes para que continue produzindo.

O uso adequado do solo é o primeiro passo para uma agricultura correta. Para isso, deve-se saber que cada parcela do terreno possui uma capacidade de uso. A capacidade de uso da terra é a adaptabilidade do solo às várias modalidades de utilização, sem que este sofra esgotamento pelos fatores de desgastes e empobrecimento.

O sistema de classificação do solo utilizado para a avaliação da ocupação foi o proposto por Rio Grande do Sul (1983), e que propõe critérios para a sua classificação dentro das condições brasileiras. Segundo este, são vários aspectos que devem ser analisados para classificação do solo, como por exemplo: risco de erosão, declividade,

permeabilidade/drenagem interna do perfil, limitação a fertilidade, pedregosidade, risco de inundação, dentre outros.

O enquadramento das classes é feito a partir da identificação e quantificação dos fatores de uso. As classes são divididas em:

- Classe I – terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;
- Classe II – terras cultiváveis com problemas simples de conservação e, ou de manutenção de melhoramentos;
- Classe III – terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e, ou de manutenção de melhoramentos;
- Classe IV – terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação;
- Classe V – terras adaptadas em geral para pastagens e, em alguns casos, para reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, são cultiváveis apenas em casos muito especiais;
- Classe VI – terras adaptadas em geral para pastagens e, ou reflorestamento, com problemas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;
- Classe VII – terras adaptadas em geral somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação; e
- Classe VIII – terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água.

Na Tabela 1 estão apresentados os fatores determinantes das classes de capacidade de uso, conforme proposto por Rio Grande do Sul (1983).

Tabela 1 - Fatores determinantes das classes de capacidade de uso.

FATOR	CARACTERIZAÇÃO	GRAUS DE IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO			CLASSES DE CAPACIDADE USO							
		Descrição	Quantificação	Simb.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Profundidade Efetiva	- muito profundo	mais de 200 cm	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	- profundo	100 a 200 cm	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	- moderado	50 a 100 cm	3		x	x	x	x	x	x	x	x
	- raso	25 a 50 cm	4				x	x	x	x	x	x
	- muito raso	menos de 25 cm	5							x	x	x
Drenagem Interna	- excessiva		1	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	- boa		2		x	x	x	x	x	x	x	x
	- moderada		3		x	x	x	x	x	x	x	x
	- pobre		4			x	x	x	x	x	x	x
	- muito pobre		5					x	x	x	x	x
Declividade	- levemente ondulado	0 a 3 %	A	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	- pouco ondulado	3 a 5 %	B		x	x	x		x	x	x	
	- ondulado	5 a 12 %	C			x	x		x	x		
	- acidentado	12 a 20 %	D				x		x	x	x	
	- muito acidentado	20 a 40 %	E						x	x	x	
	excessivamente acidentado	mais de 40 %	F								x	x
Fertilidade Aparente	- muito alta		1	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	- alta		2	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	- média		3		x	x	x	x	x	x	x	x
	- baixa		4			x	x		x	x	x	x
	- muito baixa		5						x	x	x	x
Pedregosidade	- sem pedra		P1	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	- menor que 1%		P2		x	x	x	x	x	x	x	x
	- 1 a 10%		P3			x	x	x	x	x	x	x
	- 10 a 30%		P4				x	x	x	x	x	x
	- 30 a 50%		P5						x	x	x	x
	- maior de 50%		P6							x	x	x
Risco de Inundação	- ocasional		1			x		x				x
	- frequente		2					x				x
	- muito frequente		3									x

Cont. Tabela 1.

Erosão	LAMINAR: avaliada em forma decrescente, pela espessura da camada restante de solo superficial.	- não aparente	+ de 25 cm	0	x	x	x	x	x	x	x	x	
		- ligeira	25 a 15 cm	1		x	x	x	x	x	x	x	
		- moderada	15 a 5 cm	2			x	x		x	x	x	
		- severa (horizonte "B" exposto)	-	3						x	x	x	
		- muito severa ("B" + erodido)	-	4							x	x	
		- extremamente severa ("C" exposto)	-	5								x	
	EM VOÇOROCAS				6								x
	EM SULCOS: seguindo a frequência de aparecimento em toda a área da gleba.	- ocasional	menos de 30 sulcos	7		x	x	x		x	x	x	
		- frequente	mais de 30 sulcos	8			x	x		x	x	x	
		- muito frequente	mais de 75% da área	9				x		x	x	x	
	EM SULCOS: em função da profundidade e da dificuldade de trânsito e ao trabalho das máquinas no preparo do solo	- superficiais	Podem ser cruzados e desfeitos	7, 8, 9			x	x		x	x	x	
		- rasos	Podem ser cruzados / não desfeitos por preparo normal	7, 8, 9				x		x	x	x	
		- profundos	Não podem ser cruzados por máquinas	7, 8, 9							x	x	

Fonte: Rio Grande do Sul (1983)

3.2. Caracterização do uso do solo

Vários fatores devem ser considerados na classificação do solo no quesito capacidade de uso, sendo que a classificação é um índice técnico relativo, que pode assumir diferentes aspectos em função do técnico executor. No entanto, a classificação do solo conforme a sua capacidade de uso não tem caráter permanente, pois as modificações naturais por ele sofrida ou a inserção de novas práticas de manejo podem acarretar alterações em sua capacidade de uso, o que torna a avaliação contínua fundamental.

A delimitação da área em glebas que possuem características divergentes quanto aos fatores analisados é essencial na maior parte dos casos para proceder a determinação da capacidade de uso e manejo.

3.2.1. Análise técnica local

A análise técnica local é uma avaliação local, em nível de pequenas propriedades, na qual se busca avaliar o meio físico na forma de observações, medições ou análises laboratoriais para que as classes de capacidade de uso do solo sejam determinadas, segundo o sistema de classificação proposto. Ela baseia-se na observação de um técnico capacitado e elaboração de um mapa dividindo a área em glebas de acordo com as classes de capacidade de uso do solo.

3.2.2. Geoprocessamento

A análise por meio de geoprocessamento é uma análise em ampla escala (grandes propriedades, bacias hidrográficas, dentre outras), através de ferramentas dos softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e estudos disponíveis e/ou elaboração de mapas temáticos advindos de observações locais, para a classificação do meio físico segundo suas classes de capacidade de uso.

3.3. Comparação entre o uso atual e a capacidade de uso do solo

A metodologia proposta parte do princípio da comparação entre o uso atual e a capacidade de uso do solo. Busca-se o enquadramento da situação atual do solo baseado no sistema de classificação. De maneira análoga, é aplicada a metodologia de Rio Grande do Sul (1983) para obtenção da capacidade de uso do solo, que refere-se ao limite de uso recomendável.

A Equação 1 é a diferença entre a capacidade de uso e o uso atual do solo. Essa diferença é definida como sendo o Número de Classes Acima da Capacidade de Uso do Solo (N_{CA}), que representa o quanto o solo está sendo utilizado acima de sua capacidade.

$$N_{CA} = CI - Ca \quad (1)$$

em que,

N_{CA} = número de classes acima da capacidade de uso do solo, adimensional;

CI = classe de capacidade de uso do solo, adimensional;

Ca = classe de uso atual do solo, adimensional;

A equação permite obter resultados positivo (sobreutilização do solo), nulo (utilização racional) e negativo (subutilização do solo). No entanto, para aplicação da metodologia serão considerados somente os valores positivos e nulos. Valores negativos resultantes serão considerados nulos para que não ocorra influência na determinação do índice de boas práticas.

3.4. Índice de Boas Práticas (IBP)

O Índice de Boas Práticas (IBP) proposto é uma média ponderada da comparação entre a atual utilização do solo e da sua capacidade de uso em função da área, determinado pela Equação 2.

$$I_{BP} = \sum_{i=0}^n \frac{A_c N_{CA}}{A_t} \quad (2)$$

em que,

A_c = área correspondente, (km², ha, m², %);

N_{CA} = número de classes acima da capacidade de uso, adimensional; e

A_t = área total em questão, (km², ha, m², %).

Os limites de abrangência do I_{BP} variam de zero a sete, que é a diferença entre utilização do solo na Classe I (agricultura sem práticas conservacionistas), quando o mesmo apresenta capacidade de uso para a Classe VIII (uso impróprio para exploração financeira) em 100% da área em questão. A equação proposta permite caracterizar a ocupação do solo em função do N_{CA} e das áreas correspondente a cada uso.

Para interpretação do I_{BP} foi proposta uma classificação (Tabela 2) dos valores resultante do I_{BP} , visando atrelá-los aos programas de pagamento por serviços ambientais.

Tabela 2 – Escala propositiva do Índice de Boas práticas e sua classificação

Índice de Boas Práticas	Classificação
0,00	Ideal
0,00 até 0,50	Bom
0,51 até 1,00	Moderada
1,01 até 2,50	Ruim
Maior que 2,50	Péssima

Os valores do I_{BP} iguais a zero remetem a uma situação limite de utilização do solo, sem que este perca sua condição natural de fertilidade por meio da erosão.

Para os demais valores foi proposto um escalonamento dos valores de acordo com alguns conceitos relativos à conservação de solos. É importante que se tenha cuidado nessa classificação, visto que esse índice, por ser uma média ponderada, pode apresentar valores baixos e, mesmo assim, apresentar problemas localizados, como exemplo a utilização de 95% de uma grande área dentro da capacidade de uso do solo e 5% desta

estando 7 classes acima da capacidade de uso do solo, o I_{BP} apresentará valor de 0,35, classificado como “Bom”, porém os 5% da área serão fonte de um grande problema ambiental.

4. APLICAÇÃO PRÁTICA

É apresentada, na sequência, a aplicação prática e discussão de um estudo de caso. Para propiciar a aplicação da metodologia como forma de avaliação do índice proposto foi utilizada a bacia hidrográfica do rio Pomba, abordando o uso atual do solo e a aplicação de cenários de variação do seu uso.

4.1. Caracterização da bacia

A bacia de estudo consiste na sub-bacia hidrográfica do rio Pomba (Figura 2), com área de drenagem da ordem de 8.600 km², localizada no estado de Minas Gerais e no estado do Rio de Janeiro. Abrange cerca de 35 municípios mineiros e três municípios do estado do Rio de Janeiro, com um total de 450 mil habitantes. As águas da bacia são utilizadas em diversas atividades econômicas, como a agropecuária, indústrias de móveis, indústria de polpa de frutas, geração de energia elétrica e mineração. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb (tropical de altitude) na nascente e Cwa (tropical quente úmido) no restante da área da bacia (AGEVAP, 2012).

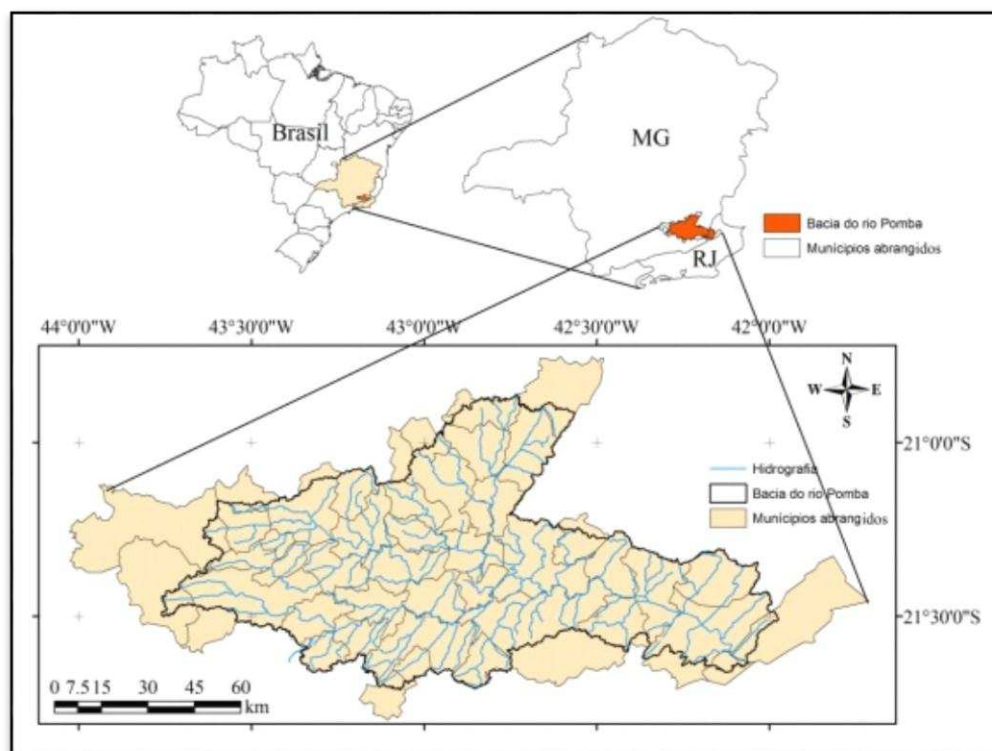


Figura 2 – Localização da bacia hidrográfica do rio Pomba (PEREIRA, 2013).

Em função da pequena disponibilidade de bancos de dados foi proposta a caracterização da capacidade de uso e ocupação do solo segundo os critérios relacionados apenas ao relevo (declividade) e tipo de solo (drenagem interna do perfil e profundidade efetiva).

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados portanto: modelo digital de elevação hidrograficamente condicionado, mapa de solo e mapa de ocupação atual da bacia com resoluções espaciais de 30 metros obtidos de imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento com o uso do software ArcGis 10.

4.1.1. Relevo

A Figura 3 mostra o Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC), no qual verifica-se que a bacia possui uma grande faixa variação de altitudes, com valores da ordem de 51 a 1.477 metros.

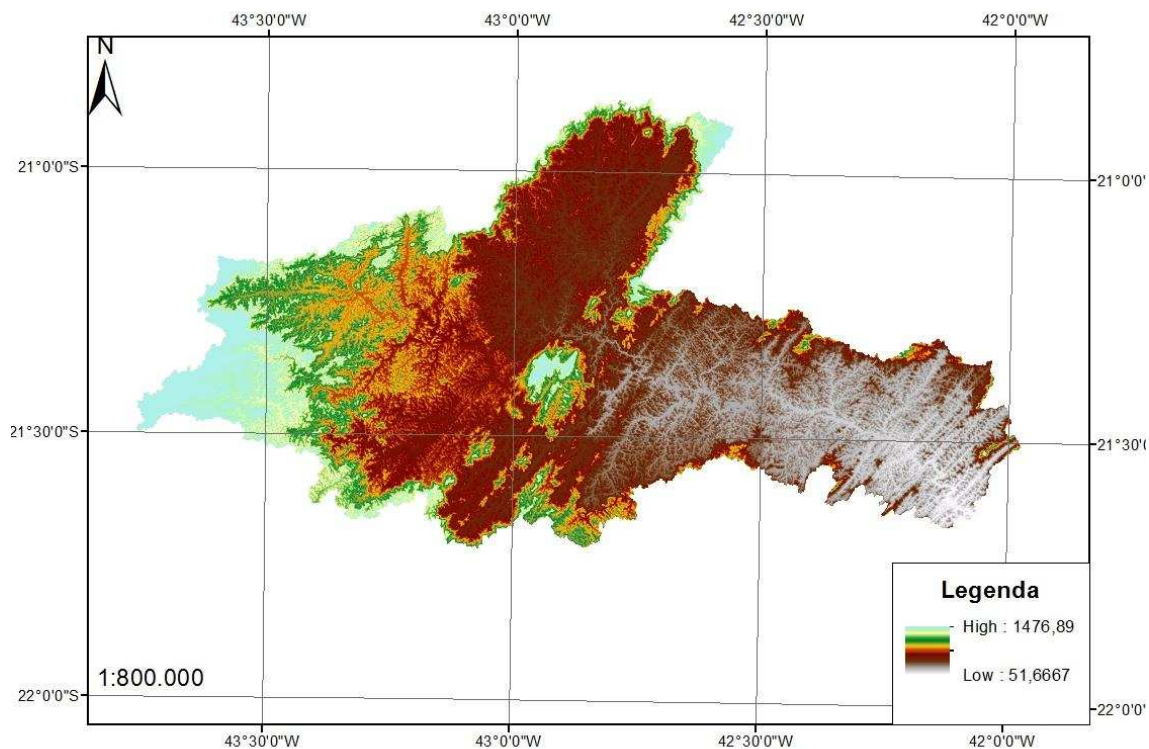


Figura 3 – Modelo digital de elevação hidrograficamente condicionado (PEREIRA, 2013).

Na Figura 4 é apresentado o mapa de declividade da bacia conforme as classes de declividade da metodologia proposta. A bacia do rio Pomba apresenta grande variação da declividade, com valores próximos a 0% até 237% e com média de 17,3%. Os valores mais baixos são encontrados nas áreas mais próximas à foz, e os valores mais altos são encontrados na região noroeste da bacia.

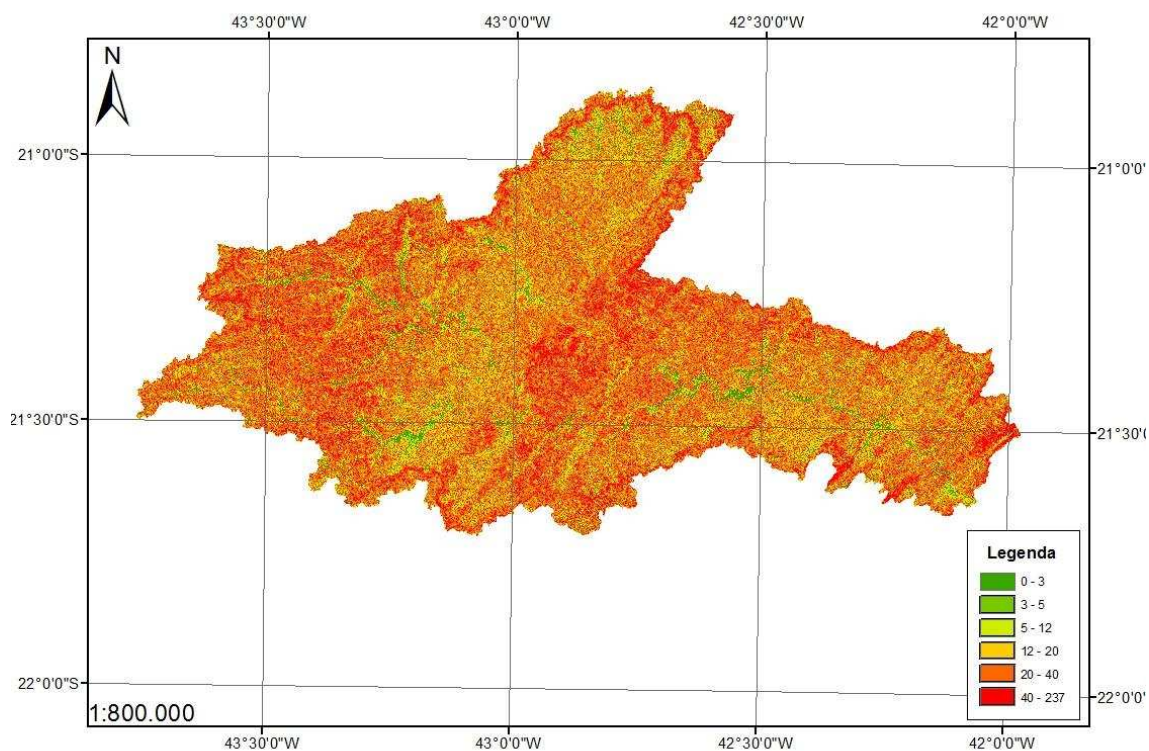


Figura 4 – Mapa de declividade da bacia do rio Pomba.

A Tabela 3 apresenta a distribuição das porcentagens de área por classe de declividade. Observa-se um grande predomínio das maiores faixas de declividade, com mais de 60% da área da bacia numa declividade superior a 20%, sendo que mais de 20% da área possui declividade maior que 40%.

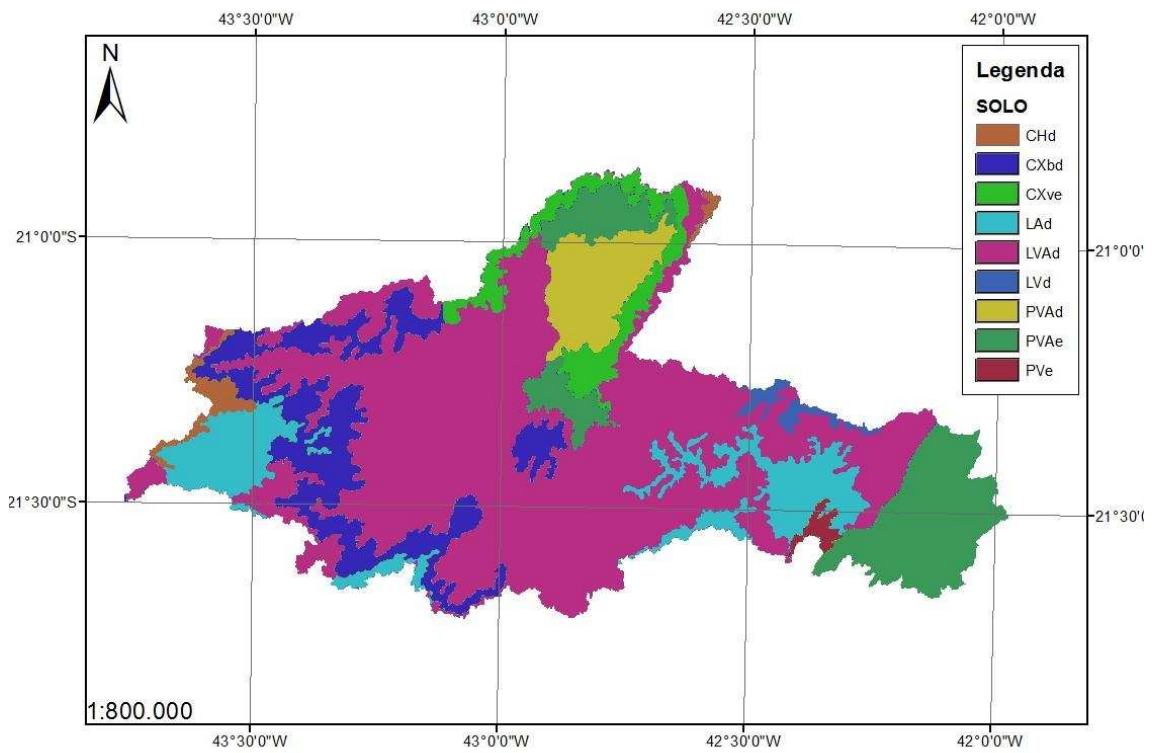
Tabela 3 – Percentagens de área por faixas de declividade

Declividade (%)	% da área	% da área acumulada
0-3	4,24	4,24
3-5	2,41	6,65
5-12	12,22	18,87
12-20	18,95	37,82
20-40	41,36	79,18
Maior que 40	20,82	100,00

4.1.2. Solo

A Figura 5a apresenta o mapa de solos da bacia do rio Pomba de acordo com o levantamento feito por Pereira (2013). Os solos predominantes na área foram os Latossolos, Cambissolos e Argissolos, 1º nível categórico, segundo classificação de Embrapa (2006). A partir de uma classificação mais refinada dos solos, segundo o 3º nível categórico, pode-se observar os seguintes solos na bacia: Latossolo Amarelo Distrófico (LAd), Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LVAd), Argissolo Vermelho Eutrófico (PVe), Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico (PVAd), Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAd), Cambissolo Háptico Tb Distrófico (CXbd), Cambissolo Háptico Tb Eutrófico (CXve) e Cambissolo Húmico Distrófico (CHd). Para a utilização do mapa de solos no presente trabalho foi feito o agrupamento do 3º nível para o 1º nível categórico, segundo Embrapa (2006), tal como apresentado na Figura 5b.

A.



B.

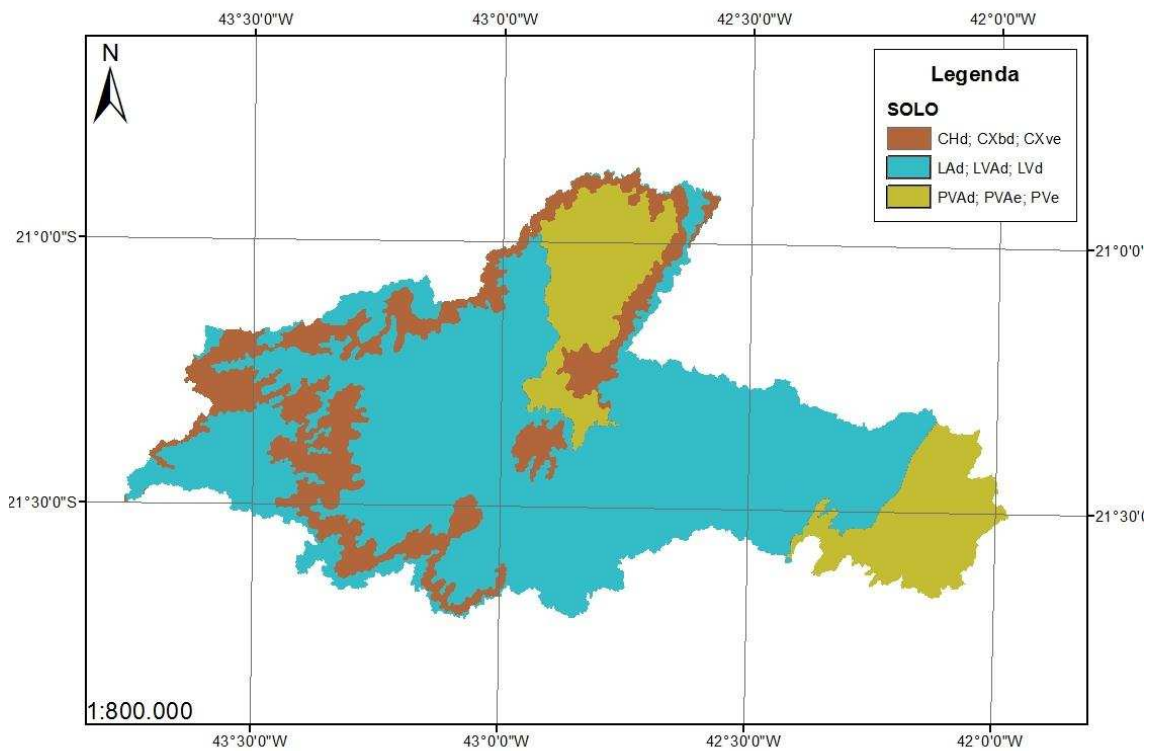


Figura 5 – Mapa de Solos da bacia do rio Pomba. a) 3º nível categórico segundo Embrapa (2006) (PEREIRA, 2013); e b) 1º nível categórico segundo Embrapa (2006).

A Tabela 4 apresenta a distribuição das porcentagens de área por tipo de solo. Há predomínio dos Latossolos, com mais de 60% da área da bacia com este tipo de solo e os Argissolos e os Cambissolos ocorrem em, aproximadamente, 18% da área para cada um deles.

Tabela 4 - Tipos de solo em função da área

Tipo de Solo (3° Nível categórico)	% de Área	Tipo de Solo (1° Nível categórico)	% de Área
PVe	0,57	Argissolos	17,98
PVAd	5,19		
PVAe	12,22		
CXbd	11,61	Cambissolos	17,64
CXve	4,61		
CHd	1,42		
LAd	10,45	Latosolos	64,38
LVd	0,94		
LVAd	52,99		

Pela sequência deveria ser apresentado o mapa de uso atual do solo, porém este será abordado no Tópico 4.3, o qual trata da caracterização do uso do solo na bacia.

4.2. Classificação das características da bacia

Para a classificação das terras da bacia do rio Pomba quanto ao relevo, foram utilizadas faixas de declividade apresentadas na Tabela 1, aplicando assim a metodologia proposta. De acordo com a metodologia proposta, a Classe V não está atrelada ao fator declividade e, portanto, apresenta a mesma classificação da Classe IV. Em geral, a classe de capacidade de uso V remete a terras com problemas de permeabilidade e drenagem, nas quais geralmente existem alagamentos frequentes.

A profundidade efetiva e a drenagem interna foram avaliadas a partir do tipo do solo da bacia (Tabela 4).

Quanto à classificação dos solos da bacia em função da sua profundidade efetiva, buscou-se na literatura referências para aplicação deste nos solos da região. Em estudo

apresentado por Menezes et al. (2011), os Latossolos da região centro leste de Minas Gerais apresentam, em média, 158,0 cm de profundidade efetiva, os Argissolos apresentam 116,7 cm e, por fim, os Cambissolos apresentam 107,5 cm de profundidade efetiva. Desta forma, segundo a Tabela 1, todos estes são enquadrados na classe de capacidade de uso do solo I.

Ainda visando a classificação do solo, porém quanto à sua permeabilidade e drenagem interna, também foi realizada uma consulta de trabalhos sobre o assunto. Vários trabalhos realizados com o objetivo de medição da condutividade hidráulica de diferentes tipos de solo foram publicados recentemente (SILVA et. al., 2012; PEREIRA et. al., 2010; FIORI, CAMPOS e ALMEIDA, 2010). Fiori, Campos e Almeida (2010) apresentaram valores de condutividade hidráulica do solo para cada um dos grupos em questão. Estes valores são apresentados na superfície do solo e em profundidade (camadas maiores que 50 cm, ou em contato com o horizonte C), os valores estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores encontrados de condutividade hidráulica do solo para diferente tipos de solo

Média da condutividade hidráulica do solo (ms^{-1})			
	Latossolos	Argissolos	Cambissolos
Superfície	$3,3 \cdot 10^{-5}$	$< 1,0 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
Profundidade	$4,0 \cdot 10^{-6}$	$< 1,0 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$

Fonte: Fiori, Campos e Almeida (2010).

Em Fetter (1994) e Freeze e Cherry (1979) são apresentados valores limites de condutividade hidráulica do solo. Na Tabela 6 são apresentados os valores limites para a classificação da condutividade hidráulica.

Tabela 6 - Valores limite de condutividade hidráulica do solo

Valor da condutividade hidráulica do solo (ms^{-1})	Classificação
$>10^{-3}$	Muito alta
10^{-3} até 10^{-5}	Alta
10^{-5} até 10^{-7}	Moderada
10^{-7} até 10^{-8}	Baixa
$<10^{-8}$	Muito baixa

Fonte: Fetter (1994); Freeze; Cherry (1979).

Observa-se, em função dos limites propostos pelas Tabelas 5 e 6, que os Latossolos, Argissolos e Cambissolos são de moderada condutividade hidráulica. De posse destes dados foi feito o enquadramento da classe de capacidade de uso do solo, através da metodologia descrita por Rio Grande do Sul (1983).

Desta forma, é apresentado, na Figura 6, o mapa da capacidade de uso do solo para a bacia do rio Pomba.

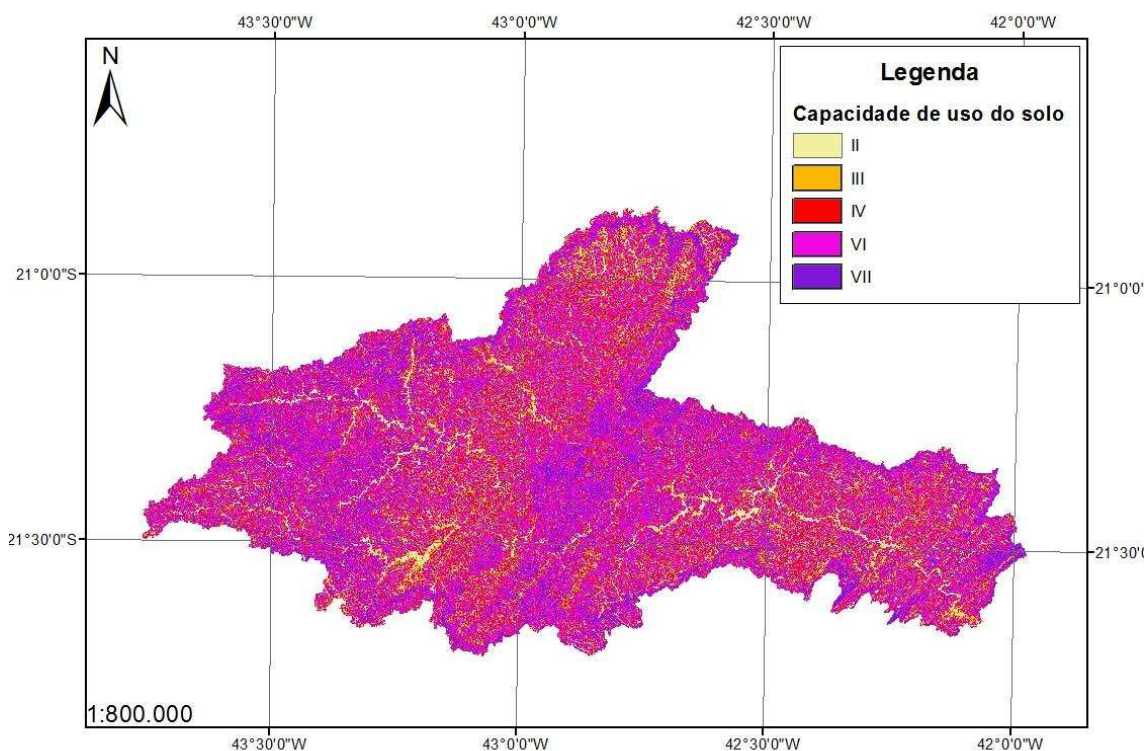


Figura 6 - Mapa de capacidade de uso do solo na bacia do rio Pomba.

As porcentagens da área relativas a cada classe de capacidade de uso do solo são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Percentagens das classes de capacidade de uso do solo por área

Classe de capacidade	% da área	% da área acumulada
II	6,65	6,65
III	12,22	18,87
IV	18,95	37,82
VI	41,36	79,18
VII	20,82	100,00

Como observado a predominância na bacia do rio Pomba é da classe de capacidade VI, seguida das classes VII, IV, III e II. Este fato está relacionado principalmente às características do relevo acidentado apresentadas pela bacia no geral.

Diferentes fatores afetam na classificação do solo segundo suas classes de capacidade de uso. Na metodologia proposta foram analisados os fatores relacionados ao tipo de solo (profundidade efetiva e permeabilidade/drenagem interna do perfil) e o fator relacionado à topografia (declividade). A Figura 7 apresenta o fator limitante para cada pixel na bacia do rio Pomba.

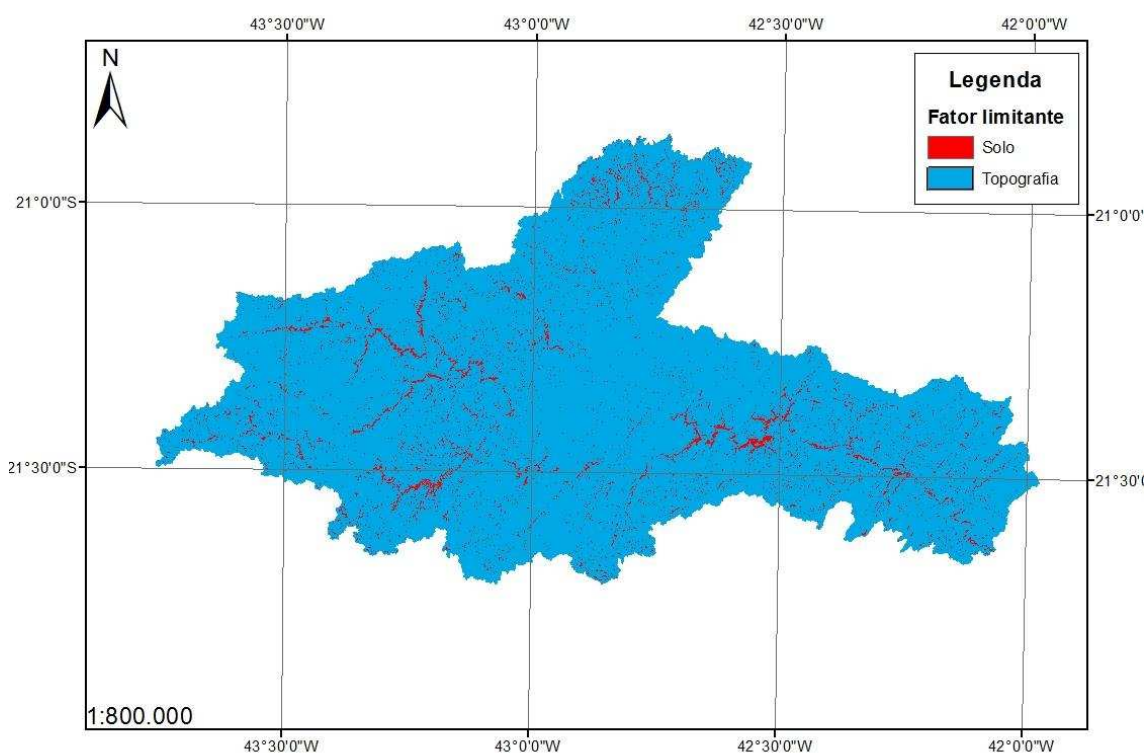


Figura 7 - Fator limitante para cada pixel na bacia do rio Pomba.

Observou-se, pela análise da Figura 7, que a grande maioria da bacia do rio Pomba é limitada pela sua topografia (95,76% da área); e o restante é limitado pelo tipo de solo (4,24%). O fato da região ser limitada principalmente pela topografia era esperado, visto que a bacia apresenta grandes porções de terra com altas declividades, por ser uma região bastante acidentada.

A questão referente à limitação da bacia pela topografia é uma característica da região, sendo que outras bacias, localizadas em regiões diferentes, podem apresentar

fatores limitantes para o uso do solo diferentes. Santos et al. (2012) apresentaram, em seu estudo, o caso de uma bacia no Estado de Santa Catarina, região Sul do Brasil, na qual têm-se grandes problemas relativos a solos mal drenados.

4.3. Caracterização do uso do solo

Na Figura 8 é apresentado o mapa de uso do solo para a bacia, obtido do trabalho de Pereira (2013). Constata-se na ocupação do solo 0,4% de espelho d'água, 1,5% de áreas ou manchas urbanas, 7,7% destinados a agricultura, 1,2% de solo exposto, 31,0% de vegetação nativa, 2,8% de eucalipto e 55,4% de pastagens. Portanto, conforme caracterizado, a grande maioria da ocupação da região é do tipo “pastagem”.

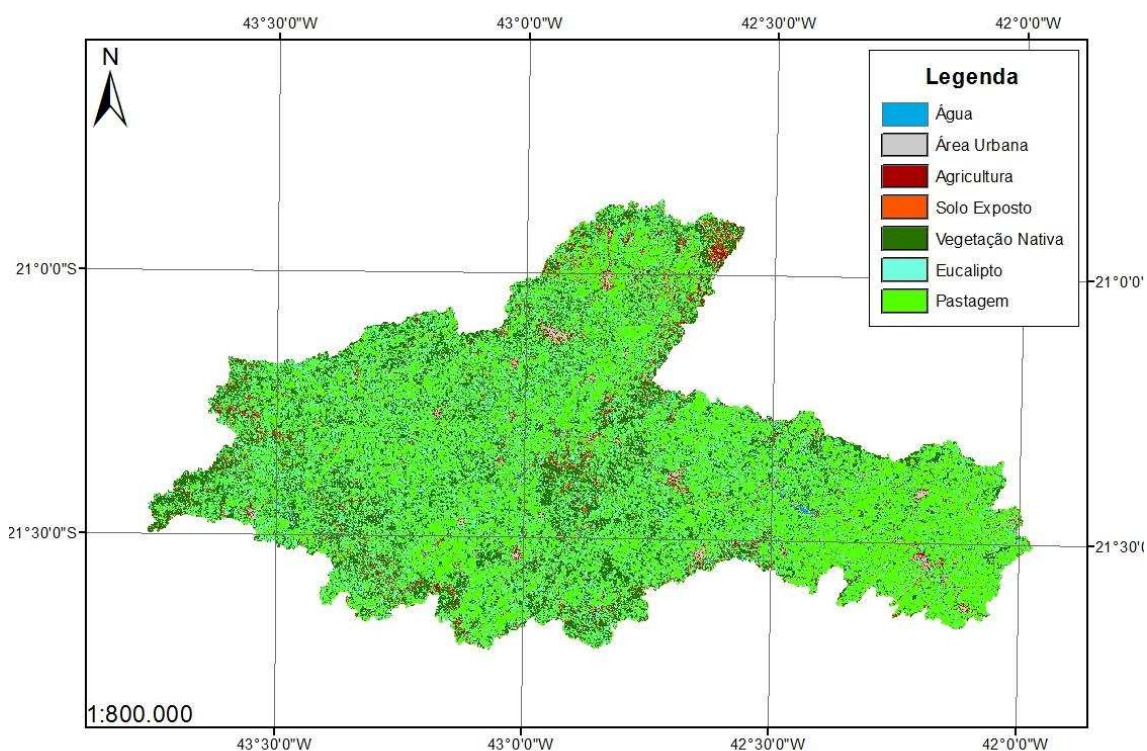


Figura 8 - Mapa de uso do solo na bacia do rio Pomba (PEREIRA, 2013).

Para utilização do mapa de uso do solo na aplicação da metodologia proposta foi realizada, primeiramente, a atribuição de classes de uso ao uso atual (Figura 8), para posterior comparação com a capacidade de uso.

Para a classificação “Agricultura” considerou-se o manejo do tipo convencional sem a utilização de práticas conservacionistas (Classe II); para a classificação “Pastagem” considerou-se como pastagens bem manejadas (Classe V); e para as classificações “Eucalipto”, “Vegetação nativa”, “Água”, “Solo exposto” e “Área urbana” considerou-se práticas de Reflorestamento (Classe VII).

A adaptação nas classes de uso atual foi promovida pois, através do geoprocessamento, dificilmente seria possível identificar o manejo das culturas, uma vez que dentro dos grupos de capacidade de uso do solo o que diferencia as classes é o manejo. Além disso, embora “água”, “área urbana” e “solo exposto” não possam ser considerados como classe de uso VII, foram classificados como tal para não interferir nos resultados, visto que representam muito pouco em área, apenas 3,1% do total.

As classes de uso do solo na bacia do rio Pomba estão apresentadas na Figura 9, segundo enquadramento proposto. O mapa mostra a distribuição das classes de uso atual, sendo: 7,7% enquadrada na de Classe II, 55,4% na Classe V e 37,9% na Classe de uso VII.

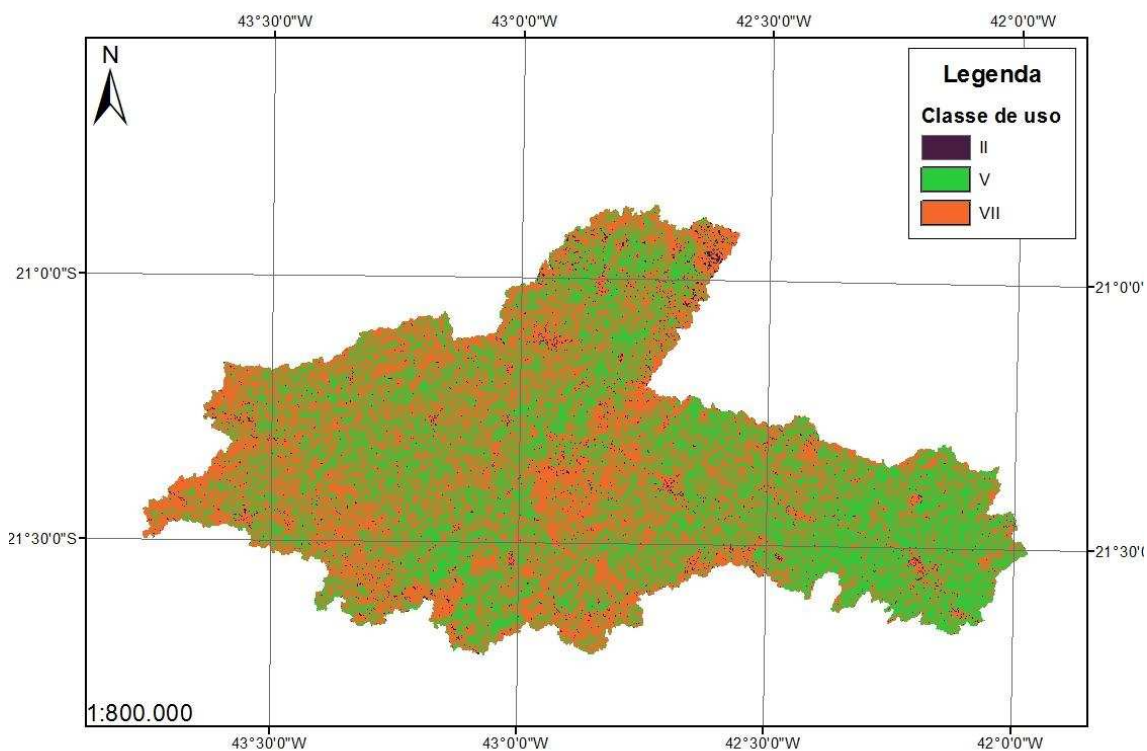


Figura 9 - Mapa das classes de uso do solo considerados na bacia do rio Pomba.

4.4. Cálculo do Índice de Boas Práticas (IBP)

4.4.1. Uso atual

O mapa do número de classes acima da capacidade de uso do solo (N_{CA}), apresentado na Figura 10, foi gerado a partir do mapa de declividade (Figura 4), do mapa de solos da bacia (Figura 5), e através da comparação entre eles pela Equação 1.

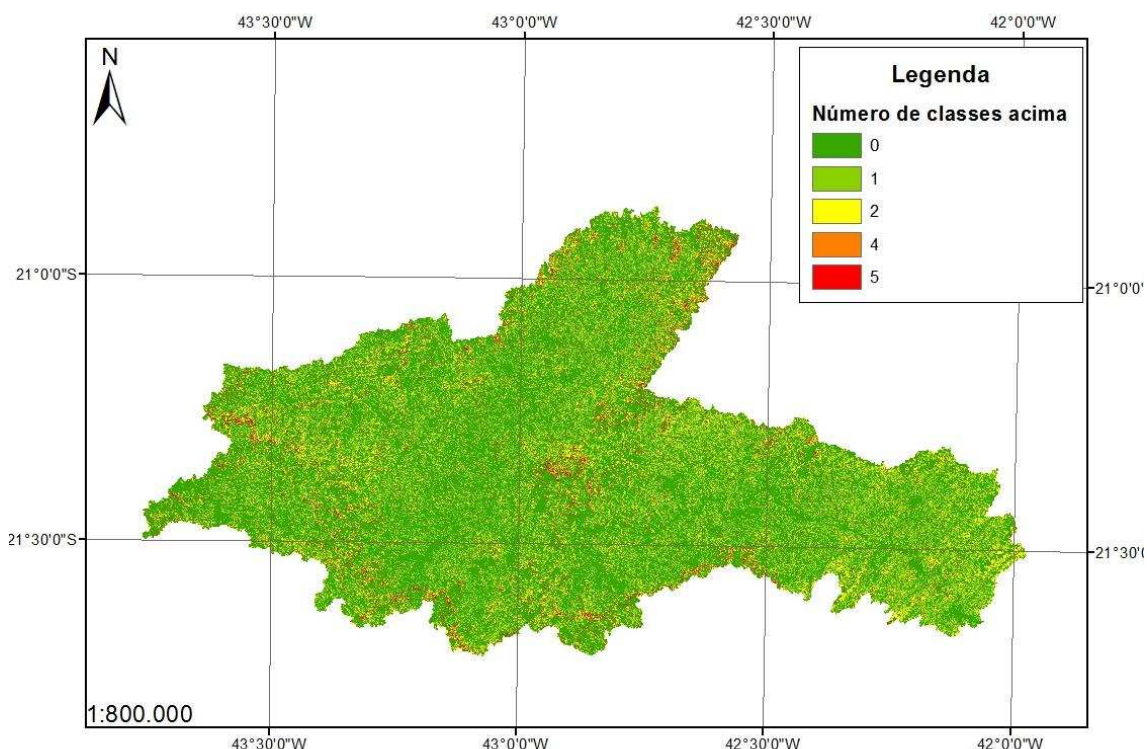


Figura 10 - Mapa do número de classes acima da capacidade de uso do solo na bacia do rio Pomba.

Este mapa retrata uma situação interessante, caracterizando que 59,9% da área da bacia está sendo utilizada corretamente, ou seja, utilizada dentro do limite de capacidade de uso do solo (N_{CA} igual a zero), no entanto constata-se que 24,2% da área apresenta um N_{CA} igual a uma unidade, 10,9% da área estão duas classes acima, 3,2% se encontram quatro classes acima da capacidade de uso do solo e 1,8% da área da bacia se apresenta cinco classes acima da capacidade de uso do solo. Desta forma o I_{BP} resultante do uso atual é 0,678. Resultado considerado moderado.

Diversos trabalhos classificaram o uso do solo no Estado de Minas Gerais, concluindo que ocorre predominância da utilização de pastagens (LIMA et al., 2013; SILVA; NOGUEIRA; UBERTI, 2010; LEITE et al., 2012). Este uso predominante também foi observado na bacia do rio Pomba, pois grande parte da bacia (95%) enquadra-se com utilização de até duas classes acima da capacidade de uso do solo. É importante ressaltar que pastagens são consideradas práticas conservacionistas, desde que bem manejadas (classe de uso do solo V), logo o número de classes acima da capacidade de uso do solo é pequeno.

4.4.2. Usos futuros

Foi proposto a criação de cenários de uso do solo para se ter ideia da variação do índice de boas práticas, escala de alcance e sensibilidade. Os cenários foram:

- i. Cenário de utilização baseado na adequação ao novo código florestal, sendo 100 metros de Área de Preservação Permanente (APP) resguardadas ao entorno dos cursos d'água, prevalecendo o uso atual nas áreas demais.
- ii. Cenário de utilização do solo em sua totalidade com agricultura.
- iii. Cenário de utilização do solo em sua totalidade com pastagens.
- iv. Cenário de utilização do solo em sua totalidade com uso florestal.

i. Uso do solo baseado no novo código florestal

A Figura 11 apresenta as classes de uso do solo considerando o cenário “i”, sendo evidente a mudança ocorrida no sentido de melhoria das condições relativas aos recursos hídricos.

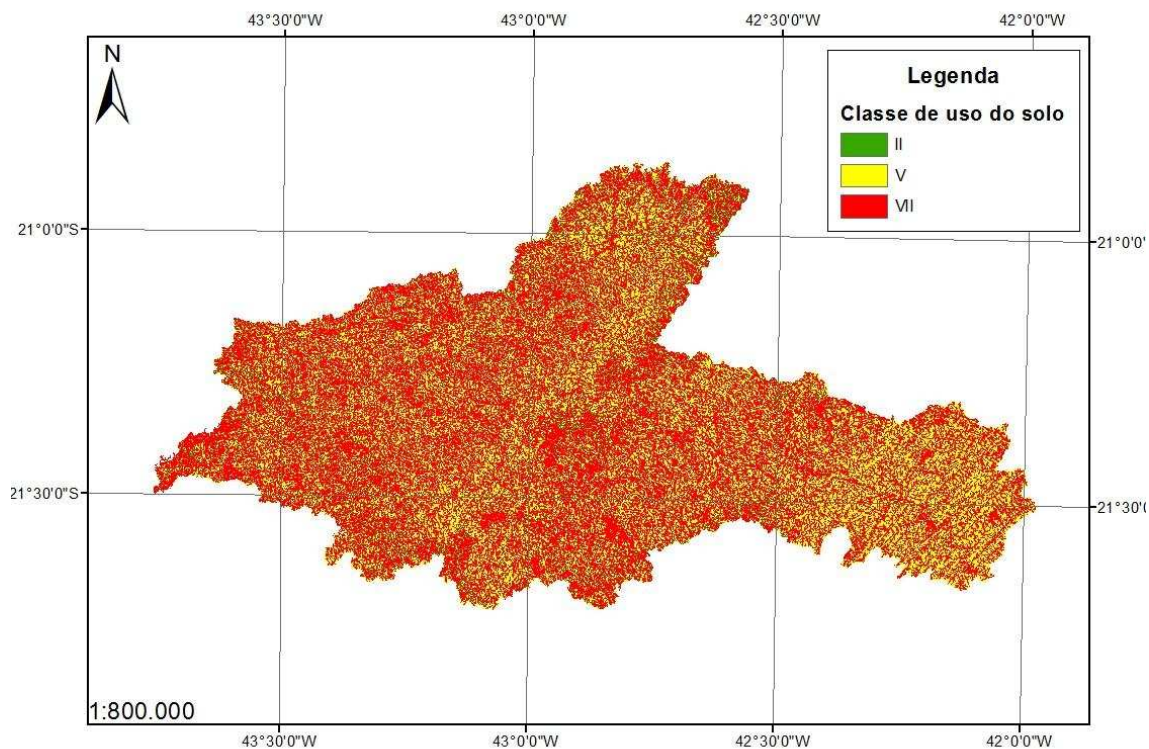


Figura 11 - Mapa de classes de uso do solo na bacia do rio Pomba para o cenário “i”.

A proposta do cenário “i” remete a uma distribuição de 5,1% na Classe de uso II, 33,0% na Classe V e 61,9% para a Classe de uso VII. Anteriormente esta distribuição era de 7,7%, 55,4% e 37,9%, respectivamente. Na Figura 12 estão apresentadas as classes acima da capacidade de uso do solo (NCA) para o Cenário proposto.

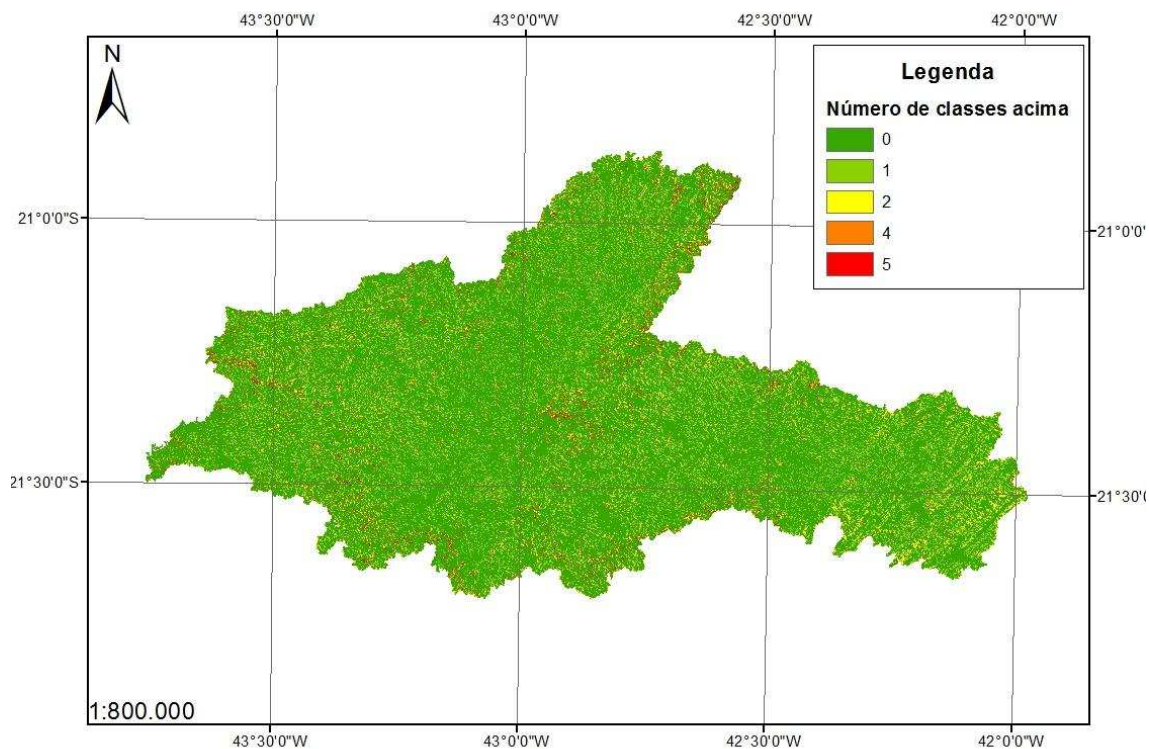


Figura 12 - Mapa do número de classes acima da capacidade de uso do solo na bacia do rio Pomba para o cenário “i”.

Pode-se observar que o mapa se encontra predominantemente com zero N_{CA} , com área correspondente a esta de 74,6%. Este fato é totalmente explicado pelo aumento do uso florestal proposto pelo cenário i.

As áreas correspondentes a 1, 2, 4 e 5 N_{CA} são de 16,1%, 5,6%, 2,4% e 1,2%, respectivamente. Observa-se um decréscimo de áreas em função do aumento do N_{CA} , basicamente pela melhoria do uso do solo.

Ao aplicar as Equações 1 e 2 para este cenário, observou-se uma melhoria no Índice de Boas Práticas, sendo que este atinge o valor de 0,430. A melhoria está relacionada ao aumento das áreas de preservação permanente na bacia, o que conseqüentemente ocorre uma diminuição do uso mais intensivo do solo.

ii. Totalidade de uso da bacia como agricultura

O solo sendo usado na sua totalidade para a bacia do rio Pomba, haverá um grande aumento de seu N_{CA} , através da Figura 13 percebe-se este aumento da defasagem de classes de capacidade de uso do solo. A nova distribuição é de apenas 6,6% para zero N_{CA} , 12,2% para 1 N_{CA} , 19,0% para 2 N_{CA} , 41,4% para 4 N_{CA} e 20,8% para 5 N_{CA} .

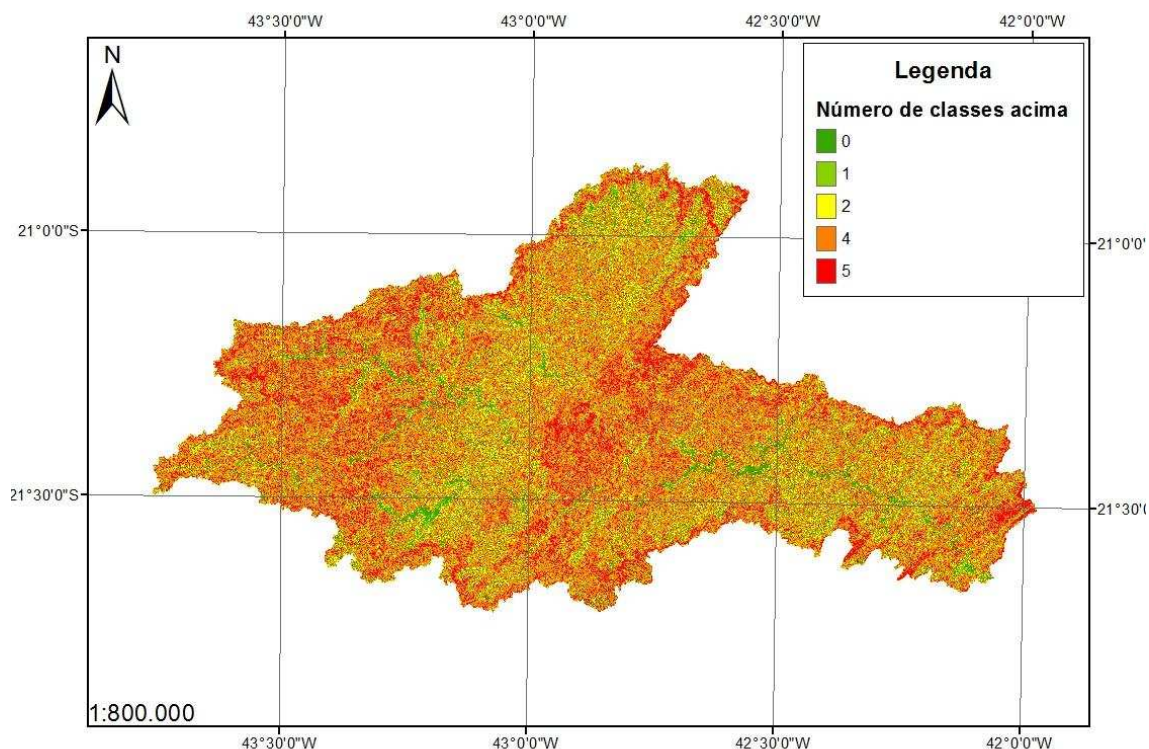


Figura 13 - Mapa do número de classes acima da capacidade de uso do solo na bacia do rio Pomba para o cenário “ii”.

Esses baixos valores para os menores N_{CA} são explicados pela utilização do solo como área de agricultura, pois de acordo com a metodologia proposta por Rio Grande do Sul (1983) evidenciou-se que a máxima utilização de um solo foi a agricultura, e a bacia em questão apresentou grandes problemas relacionados a topografia. Em função dessa nova distribuição do N_{CA} , o I_{BP} calculado para a bacia passa para 3,197.

O valor encontrado pelo I_{BP} encontrado foi alto, este fato pode ser justificado de acordo com a Figura 14, a qual apresenta as terras aptas a agricultura, sem a utilização de práticas conservacionistas, cerca de 6,65% da área.

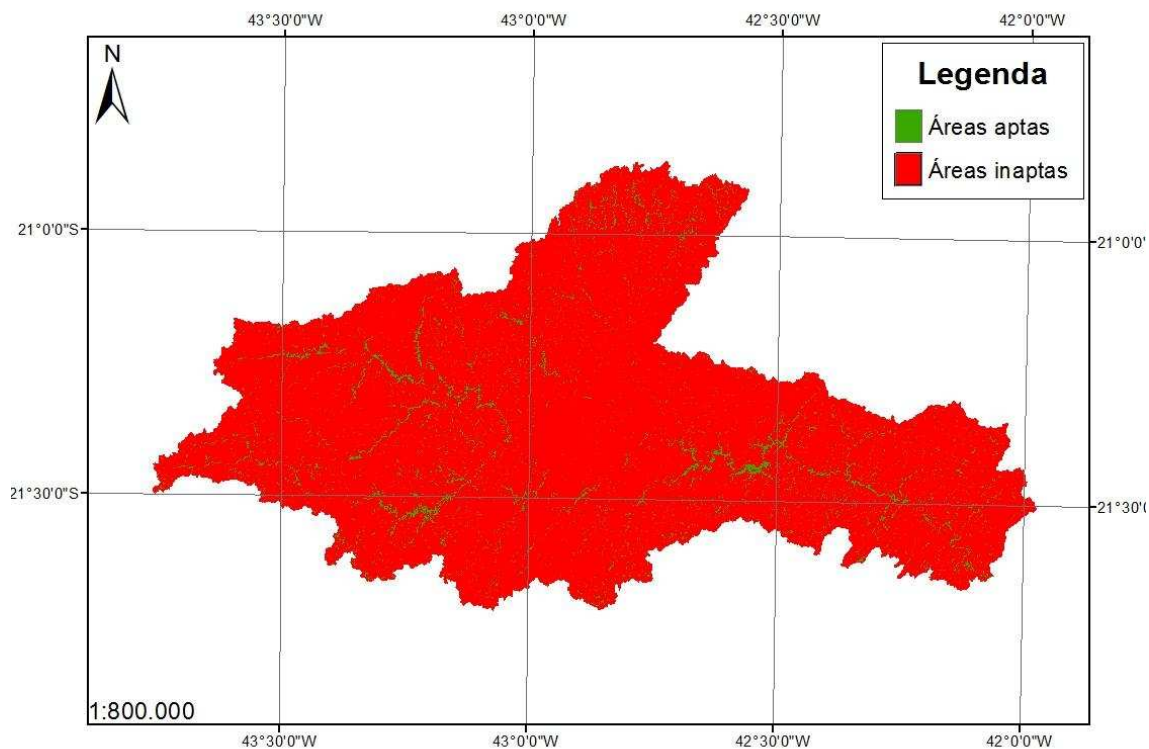


Figura 14 – Terras aptas a agricultura sem utilização de práticas conservacionistas.

iii. Totalidade de uso da bacia como pastagem

Segundo observações oriundas de trabalhos de diversos pesquisadores as quais estudaram o uso do solo no estado de Minas Gerais o uso do solo com pastagem é o principal uso no estado (LIMA et al., 2013; SILVA; NOGUEIRA; UBERTI, 2010; LEITE et al., 2012).

Dessa forma um dos cenários propostos para simulação do uso na bacia do rio Pomba prevê o uso do solo na sua totalidade como pastagens. A Figura 15 apresenta o mapa com NCA para tal utilização.

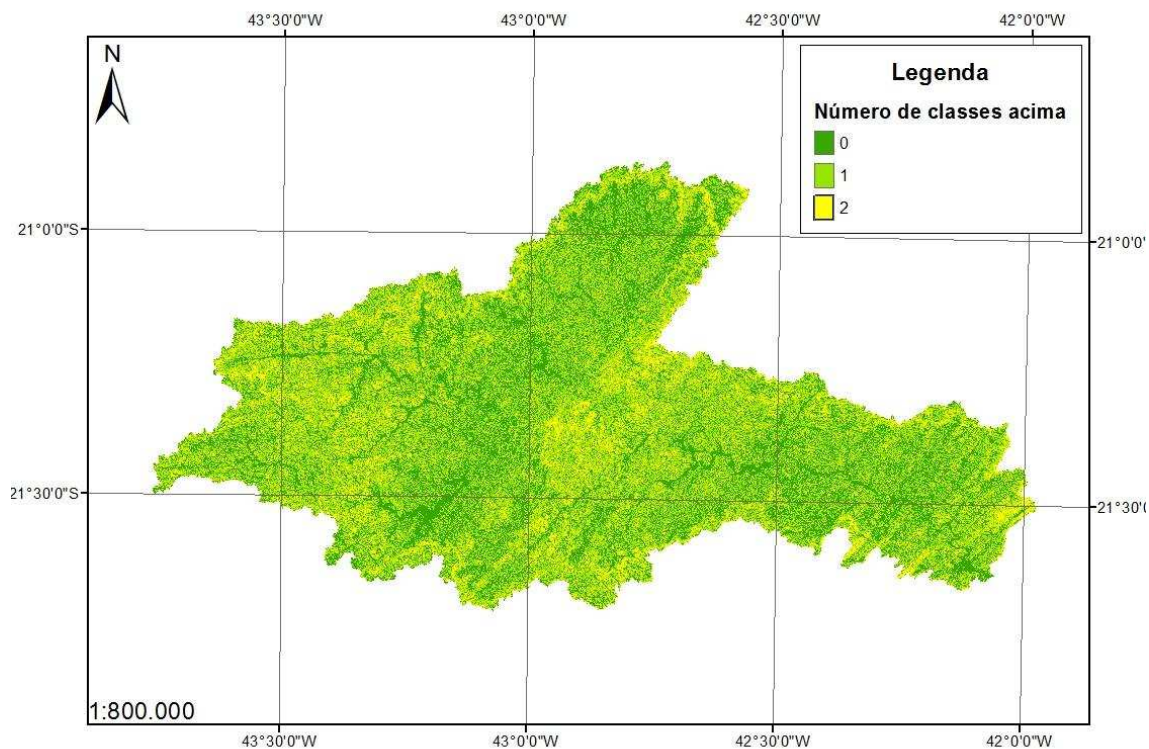


Figura 15 - Mapa do número de classes acima da capacidade de uso do solo na bacia do rio Pomba para o cenário “iii”.

Observou-se que para esta situação o máximo de N_{CA} que temos para a bacia em questão é da diferença da classe de uso atual V (pastagens) para o uso VII (declividade maior que 40%). A distribuição em área para os diversos N_{CA} ficaram da seguinte forma: 37,8%, 41,4% e 20,8% respectivamente para 0, 1 e 2 N_{CA} . Dessa forma o I_{BP} para o cenário em questão foi de 0,830.

O valor do I_{BP} apresentado ocorreu pois de acordo com a Figura 16, existem 37,82% de área disponível para a implantação de pastagens bem manejadas.

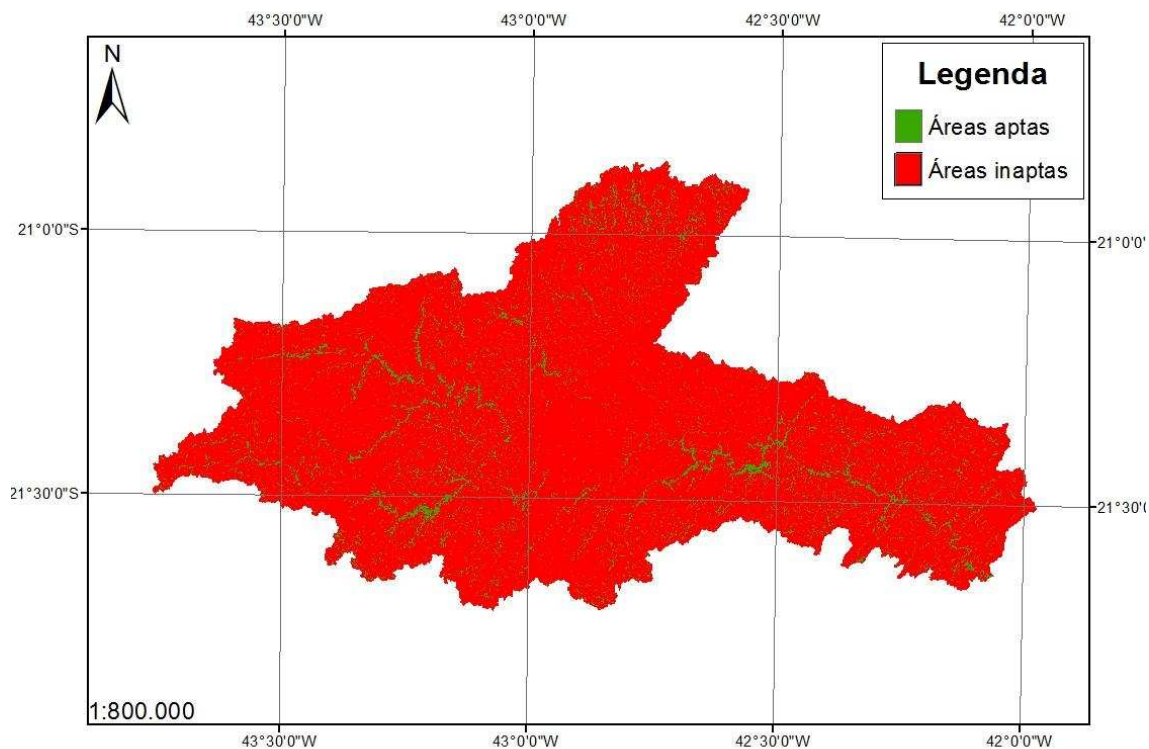


Figura 16 – Terras aptas a pastagens bem manejadas.

iv. Totalidade de uso da bacia como uso florestal

O cenário de uso florestal (cenário “iv”) foi proposto como forma de análise de um cenário ideal, a qual não haverá nenhum ponto a qual haverá superação da capacidade de uso do solo. Este uso todavia não é um uso racional, visto que não estaria utilizando o máximo dos recursos disponíveis do solo sem propiciar seu esgotamento. A Figura 17 apresenta como fica o mapa do N_{CA} para a bacia do rio Pomba.

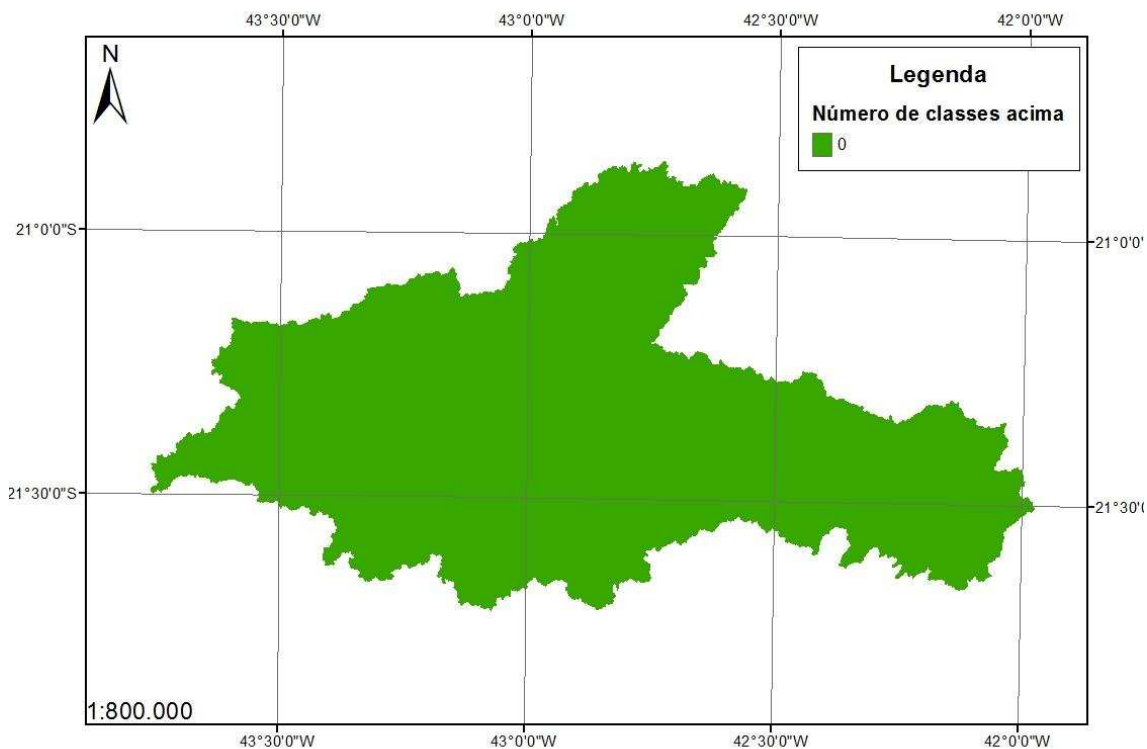


Figura 17 - Mapa do número de classes acima da capacidade de uso do solo na bacia do rio Pomba para o cenário “iv”.

Observou-se que o mapa em questão, a sua totalidade referentes a zero N_{CA} , remete ao I_{BP} igual a 0,000.

Conforme a Tabela 2, que apresenta os valores limites do I_{BP} , o uso atual da bacia do rio Pomba e cenários de mudança de uso do solo avaliados podem ser enquadrados na classificação apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 - Classificação dos cenários de uso do solo

Cenário	I_{BP}	Classificação
Uso Atual	0,678	Moderada
Cenário i	0,430	Bom
Cenário ii	3,197	Péssima
Cenário iii	0,830	Moderada
Cenário iv	0,000	Ideal

De acordo com os resultados obtidos, o cenário “iv” é o de uso ideal para a bacia do ponto de vista ambiental. Do ponto de vista socioeconômico e ambiental seria um cenário em que IBP obtivesse o valor 0,000 e o solo seria utilizado com o seu máximo potencial de geração de renda.

Com a utilização do cenário “i”, baseado no Novo Código Florestal, o IBP diminui quando comparado ao uso atual, fato este que é explicado pela implantação de usos florestais em áreas as quais não estão sendo utilizadas desta forma.

Os cenários “ii” e “iii” foram apresentados de forma a se ter uma simulação do IBP, para diferentes condições. O cenário “ii” resultou em uma péssima condição de uso, fato que pode ser explicado devido ao solo não ter capacidade para a agricultura em todos os seus pontos. Na utilização do cenário “iii”, pode-se observar que as pastagens, se utilizadas como um todo na bacia, também não seriam usos sustentáveis, pois estas degradariam o solo ao longo do tempo.

Deste modo deve-se repensar a utilização do solo em todas as áreas, pois é interessante que o solo sempre seja utilizado ao máximo de sua capacidade, sem que ocorra degradação do mesmo.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho objetivou o desenvolvimento de um índice que permite caracterizar a adequação da ocupação do solo à sua capacidade de uso, visando o pagamento por serviços ambientais. Para tanto desenvolveu-se ferramentas de avaliação da adequação à capacidade de uso e ocupação do solo através do enquadramento do solo em classes de capacidade de uso e a comparação do mesmo com a situação atual de ocupação do solo. Esta comparação permite obter o número de classes acima da capacidade de uso do solo e o índice de boas práticas.

Para análise da metodologia proposta foi realizada a aplicação prática na bacia hidrográfica do rio Pomba, visando a avaliação da situação atual e a análise do impacto de quatro cenários de variação do uso do solo, concluindo-se que: a aplicação do índice permitiu caracterizá-lo como avaliador da adequação de uso do solo à sua capacidade de uso; a escala proposta apresentou boa aplicabilidade para bacia, sendo sensível à variação do uso do solo; a classificação do uso atual da bacia do rio Pomba foi considerada moderada; e os cenários propostos foram considerados, respectivamente: bom, péssimo, moderado e ideal.

A metodologia do índice de boas práticas para caracterização da adequação do uso do solo à sua capacidade apresenta potencialidade para dar suporte aos programas de pagamento por serviços ambientais, no entanto é limitada em função das bases de dados disponíveis.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALA, K.O.; CASTRO, S. S. Dinâmica de uso do solo da expansão sucroalcooleira na microrregião Meia Ponte, Estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 64, pp 661-674. 2010.
- AMADO, L. R. G.; PÉREZ, M. R.; GARCÍA, S. B. Motivation for conservation: Assessing integrated conservation and development projects and payments for environmental services in La Sepultura Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. **Ecological Economics**. v. 89, pp 92–100. 2013.
- ANGOMBE, S.; BLOEMERTZ, M.; KACH, S.; ASINO, J.; KUHN, N. J. Payments for Environmental Services as source of development funding for small-scale farmers in northern Namibia: preliminary results. **Geophysical Research Abstracts**. v. 15. 2013.
- ARAYA, B.; ASAFU-ADJAYE, J. Adoption of Farm-Level Soil Conservation Practices in Eritrea. **Indian Journal of Agricultural Economics**. v. 56, pp 239-52. 2001.
- ASSOCIAÇÃO PRÓ GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. Plano de recursos hídricos da bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo. **Caderno de Ações Bacia do Rio Pomba**. Disponível em: www.ceivap.org.br/downloads/caderno%205%20%20Pomba.pdf. Acesso em 12 de janeiro de 2013.

- BAJRACHARYA, R. M.; DAHAL, N. Effects of Sustainable Soil Management Practices on Distribution of Soil Organic Carbon in Upland Agricultural Soils of Mid-hills of Nepal. **Nepal Journal of Science and Technology**. v. 13, pp 133-141. 2012.
- BERTOLINI, D.; BELLINAZZI JÚNIOR, R. **Levantamento do meio físico para determinação da capacidade de uso das terras**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1991. 29p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7.ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355p.
- BLACKBURN, W. R. **The Sustainability Handbook: The complete management guide to achieving social, economic and environmental responsibility**. 1st. Ed. London, Earthscan, 2007. 787 p.
- BRANDÃO ROCHA, M. B.; ROSA, R. Caracterização do meio físico e monitoramento do uso da terra em 1985 e 2005 do município de Araxá -MG.. **Caminhos de Geografia**. v.9. 2008.
- BROWN, I. POGGIO, L.; GIMONA, A.; CASTELLAZZI, M. Climate change, drought risk and land capability for agriculture: implications for land use in Scotland. **Regional Environmental Change**. v. 11, pp 503–518. 2011.
- CAMPOS, S.; MOREIRA, K. F.; PISSARRA, T. C. T.; SOARES, M. C.; GRANATO, M.; MASHIKI, M. Y.; RUGGIERO, J. K. C. Geoprocessamento aplicado na discriminação das classes de capacidade de uso da terra da microbacia do Alto Capivara, visando sua sustentabilidade ambiental. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.3. 2010a.
- CAMPOS, S.; NARDINI, R. C.; BARROS, Z. X. de; CARDOSO, L. G. Sistema de informações geográficas aplicado à espacialização da capacidade de uso da terra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.40. 2010b.
- COTTER, M.; BERKHOFF, K.; GIBREEL, T.; GHORBANI, A.; GOLBON, R.; NUPPENAU, E. A.; SAUERBORN, J. Designing a sustainable land use scenario based on a combination of ecological assessments and economic optimization. **Ecological Indicators**. v. 36, pp 779– 787. 2014.
- FETTER, C. W. (1994). **Applied Hidrogeology**. Prentice Hall, 3rd Ed., 691 p.

- FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. (1979). **Groundwater**. Prentice Hall, Inc. U.S. 604p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília, Produção de Informação, 2006. 306p.
- FERNANDES, N. B.; MOREAU, M. S.; MOREAU, A. M. S. dos S.; COSTA, L. M. da. Capacidade de uso das terras na bacia hidrográfica do jiquiriçá, recôncavo sul da bahia. **Caminhos da Geografia**. v.11. 2010.
- FIORI, J. P. de O.; CAMPOS, J. E. G. e ALMEIDA, L. Variabilidade Da Condutividade Hidráulica Das Principais Classes De Solos Do Estado De Goiás. **Geociências**. v.29, pp. 229-235. 2010.
- FOLETO, E. M.; LEITE, M. B. Perspectivas do pagamento por serviços ambientais e exemplos de caso no Brasil. **Revista de Estudos Ambientais**. v.13. 2011.
- HOSSEINI, S. J.; SABOURI, M. S. Adoption of Sustainable Soil Management by Farmers in Iran. **Advances in Environmental Biology**. v. 5, pp 1429-1432. 2011
- HUBER, R.; BRINER, S.; PERINGER, A.; LAUBER, S.; SEIDL, R.; WIDMER, A.; GILLET, F.; BUTTLER, A.; LE, Q. B.; HIRSCHI, C. Modeling social-ecological feedback effects in the implementation of payments for environmental services in pasture-woodlands. **Ecology and Society**. v. 18. 2013b.
- HUBER, R.; BUGMANN, H.; BUTTLER, A.; RIGLING, A. Sustainable land-use practices in European mountain regions under global change: an integrated research approach. **Ecology and Society**. v. 18. 2013a.
- KUMAR, G. P. N.; REDDY, G. P. O.; CHATTERJI, S.; SARKAR, D. An application of ID3 Decision Tree Algorithm in land capability classification. **Agropedology**. v. 22, pp 35-42. 2012
- LAMBIN, E. F. Global land availability: Malthus versus Ricardo. **Global Food Security**. v.1, pp 83-87. 2012.
- LEGRAND, T.; FROGER, G.; LE COQ, J. F. Institutional performance of Payments for Environmental Services: An analysis of the Costa Rican Program. **Forest Policy and Economics**. v. 37, pp 115–123. 2013.

- LEITE, M. E.; ALMEIDA, M. I. S. de; VELOSO, G. A.; FERREIRA, M. F. F. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento da dinâmica do uso do solo na bacia do rio pacuí, no norte de Minas Gerais, nos anos de 1989, 1999 e 2009. **Revista do Departamento de Geografia – USP**. v. 23, pp 217-231. 2012.
- LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI, J.R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.
- LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A. da; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. N.; UMMUS, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normatizada (IVDN). **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. v. 8, n.2, 2013.
- MENEZES, A. A.; COSTA, L. M. da; MOREAU, A. M. S. dos S.; MOREAU, M. S. Interrelações entre a profundidade do solo e o substrato geológico na região centro-leste de Minas Gerais. **Revista Ceres**. v. 58, pp. 794-801. 2011.
- MEYFROIDT, P.; LAMBIN, E. F.; ERB, K. H.; HERTEL, T. W. Globalization of land use: distant drivers of land change and geographic displacement of land use. **Sciverse Sciencedirect**. v. 5, pp 438–444. 2013.
- MONTAGNINI, F.; FINNEY, C. Payments for environmental services in Latin America as a tool for restoration and rural development. **Ambio: a journal of the human environment**, v.40, n.3, 2011.
- MURAMOTO, J. et al. Adequação do uso das terras de Piracicaba (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993.
- ORDOÑEZ, M. S.; ENTRENA, M. R.; SAYADI, S. Agricultural Sustainability from a Societal View: An Analysis of Southern Spanish Citizens. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**. v. 26, pp 473–490. 2013
- PAGIOLA, S.; GLEHN, H. C. von; TAFARELLO, D. **Experiências de pagamento por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo: SMA/CBRN, 2012. 274 p.

- PANHALKAR, S. Land capability classification for integrated watershed development by applying remote sensing and gis techniques. **Journal of Agricultural and Biological Science**. v. 6, pp 46-55. 2011.
- PASSAKARNIS, G.; MORLEY, D.; MALIENE, V. Rural development and challenges establishing sustainable land use in Eastern European countries. **Land Use Policy**. v. 30, pp 703– 710. 2013.
- PEREIRA, D. R. **Simulação hidrológica na bacia hidrográfica do rio Pomba usando o modelo SWAT**. 2013. 126 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- PEREIRA, S.B.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D.; MATOS, A.T. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.7, n.3, 2003.
- PEREIRA, T. C. P.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L.; ALMEIDA, C. C. Gênese de latossolos e cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do grupo bambuí – Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 34; pp.1283-1295, 2010.
- PRUSKI, F. F. Conservação de solo e água – **Práticas mecânicas para o controle de erosão hídrica**. Viçosa: Editora UFV, 2006.
- PETHERAM, L.; CAMPBELL, B. M. Listening to locals on payments for environmental services. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n.5, 2010.
- RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.
- RIO GRANDE DO SUL. **Manual de Conservação de Solo e Água**. Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura. Porto Alegre, RS. 1983. 227 p.
- SANTOS, P. G. dos; BERTOL, I.; CAMPOS, M. L.; NETO, S. L. R.; MAFRA, A. L. Classificação de terras segundo sua capacidade de uso e identificação de conflito de uso do solo em microbacia hidrográfica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v.11 n.2, 2012.

SILVA, E. B. da; NOGUEIRA, R. E.; UBERTI, A. A. A. Avaliação da aptidão agrícola das terras como subsídio ao assentamento de famílias rurais, utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Vol. 34; pp.1977-1990, 2010.

SILVA, J. R. L. da; MONTENEGRO, A. A. A; SANTOS, T. E. M. dos. Caracterização física e hidráulica de solos em bacias experimentais do semiárido brasileiro, sob manejo conservacionista. **Revista brasileira engenharia agrícola e ambiental**. vol.16, n.1, pp. 27-36. 2012.

VILAR, M. B.; OLIVEIRA, A. C. C. de; JACOVINE, L. A. G.; FERREIRA, M. G.; SOUZA, A. L. Environmental valuation of farms of the Xopotó river watershed counties, MG. **CERNE**, v.16, n.4, 2010.

YOUNG, C.E.F. **Pagamentos por serviços ambientais no Brasil e nos Andes Tropicais. Grupo de Economia do Meio Ambiente – GEMA – Instituto de Economia – UFRJ**, 2008.