

XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Aptidão Agrícola das Terras por Sistema Especialista: Estudo de Caso no Projeto de Assentamento Favo de Mel, Sena Madureira, AC¹

ELAINE ALMEIDA DELARMELINDA⁽²⁾, WANDERSON HENRIQUE COUTO⁽³⁾, LÚCIA HELENA CUNHA DOS ANJOS⁽⁴⁾, CLEIGIANE DE OLIVEIRA LEMOS⁽⁵⁾ & PAULO GUILHERME SALVADOR WADT⁽⁶⁾

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi testar proposição de sistema especialista para o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras. A proposta consiste da definição de regras objetivas para a interpretação dos indicadores pedológicos, inclusão de novos tipos de uso da terra, modificação da conceituação e da interpretação de nível tecnológico e redefinição do escopo para os graus de limitação quanto a fertilidade do solo, deficiência de água, deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. Na avaliação do sistema, foram utilizados dados publicados de levantamento de reconhecimento dos solos do projeto de Assentamento Favo de Mel, Sena Madureira. O novo sistema, mesmo adotando critérios distintos, principalmente quanto a definição de nível tecnológico e de sistemas de uso da terra, apresentou algumas semelhanças com o sistema não especialista. Entretanto, o sistema especialista resultou sempre em uma análise mais detalhada dos fatores de limitação de uso da terra, refletindo maiores variações nos graus de limitação mesmo para solos pertencentes a mesma ordem e subordem.

Palavras-Chave: (aptidão agrícola; uso da terra; capacidade de uso)

Introdução

O desenvolvimento de sistemas de avaliação do potencial agrícola das terras baseados em regras objetivas tem sido proposto por vários autores nos últimos anos, como por exemplo, Pereira & Lombardi Neto [1], Pereira et al [2] e Schneider et al [3]. Esses autores propuseram modificações no sistema de avaliação e classificação das terras com a inclusão de novos indicadores e dos respectivos parâmetros diagnósticos, visando tanto diminuir a dependência de levantamentos de solos, como também tornar as regras de decisão compatíveis com algoritmos computacionais.

Outros autores (Giboshi [4] e Fernandes Filho [5]) têm procurado desenvolver sistemas especialistas que possam interpretar os dados obtidos de levantamento

de solos. Todos estes sistemas apresentam em comum o fato de que são preparados para serem aplicados a uma condição específica, como por exemplo, uma determinada bacia hidrográfica [3], um determinado nível tecnológico [1] ou dada região geográfica [5], de forma que as regras propostas somente se aplicam para as condições previamente estabelecidas nestes estudos.

Outro denominador comum nesses novos sistemas é que raramente procuram a revisão do sistema original no qual se basearam, normalmente, o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras [6], de modo que sua aplicação fica restrita à condição para a qual foram propostos.

Neste contexto, o presente trabalho aplicou uma nova proposta de sistema especialista para o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras. A proposta consiste na inclusão de novos tipos de uso da terra, modificando a conceituação e a interpretação de nível tecnológico e redefinindo o escopo para os graus de limitação quanto a fertilidade do solo, deficiência de água, deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar a aplicação do sistema original de avaliação da aptidão agrícola com a nova proposição, testando seu desempenho na interpretação da capacidade de uso da terra de um projeto de assentamento agrícola de Sena Madureira, Acre.

Material e Métodos

Para a classificação da aptidão agrícola das terras pelo sistema especialista foram utilizados dados obtidos de estudo de levantamento de reconhecimento dos solos do projeto de assentamento Favo de Mel, em Sena Madureira, AC, publicado pela Embrapa Acre [7].

Somente as informações publicadas no referido levantamento foram utilizadas, incluindo dados da caracterização do local de abertura de perfis de solos e a descrição morfológica e caracterização física e química dos horizontes pedológicos [7].

O sistema especialista é baseado em algoritmo computacional que utiliza equações de pedotransferência para estimar propriedades do solo não determinadas

¹ Projeto de pesquisa financiado pelo CNPq (Editais CT-Hidro e CT-Amazônia) e Embrapa

² Mestrando do Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, Bolsista CNPq, Universidade Federal do Acre. BR 364, km4, Campus Universitário, Rio Branco, AC, CEP 69900-970. E-mail: elaineadell@gmail.com.br.

³ Mestrando do Curso de Pós-graduação em Agronomia, Ciência do Solo, Bolsista CAPES, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. BR 465, km 7, Campus da UFRRJ, Seropédica, RJ, CEP 23890-000. E-mail: whcouth@gmail.com.br.

⁴ Professor Associado do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. BR 465, km 7, Seropédica, RJ, CEP 23890-000. E-mail: lanjosh@ufrj.br. Bolsista CNPq e FAPERJ

⁵ Sistemas de Informação, Bolsista CNPq/Embrapa Acre. Rod BR 364, KM 14. Caixa Postal 321, Rio Branco, AC. CEP 69910-350. E-mail: cleigiane@cpafac.embrapa.br.

⁶ Engenheiro Agrônomo, D.Sci., Pesquisador A, Embrapa Acre. Rod BR 364, KM 14. Caixa Postal 321, Rio Branco, AC. CEP 69910-350. E-mail: paulo@cpafac.embrapa.br.

analiticamente, como também, possui regras baseadas em decisões booleanas para a interpretação dos dados primários (informados pelo usuário) ou secundários (produzidos pelo sistema informatizado). O sistema pode ser acessado pela internet (www.satira.eti.br), na opção de menu de avaliação da aptidão agrícola das terras (SAAAT).

Outras informações necessárias para a realização da interpretação e não existentes na publicação original [7] foram: precipitação média anual, valor de referência de 1900 mm; a densidade das partículas, considerada para todos os solos como sendo de $2,6 \text{ dag dm}^{-3}$, e o teor de fósforo remanescente, estabelecido como sendo de 10 mg dm^{-3} para solos com teor de argila maior que 35 dag kg^{-1} ; de 20 mg dm^{-3} para solos com teor de argila entre 15 e 35 dag kg^{-1} ; e de 30 mg dm^{-3} para solos com teor de argila menor que 15 dag kg^{-1} . Para a declividade da gleba foi considerada a mediana do intervalo de declividade informado através da classe de relevo local.

Todas as unidades de paisagem na área de estudo foram representadas, cada uma, por um perfil pedológico, e foi considerado não haver risco de salinidade ou sodicidade.

As informações sobre a profundidade de restrição à drenagem foram associadas aos horizontes com presença de cores mosqueadas ou variegadas ou a indicativos de cores acinzentadas, independente da composição do material do respectivo horizonte. A profundidade do solo para avaliação das propriedades foi tomada como de até um metro, e nos perfis os horizontes foram descritos até esta profundidade ou abaixo desta, desde que não tenha sido relatado nenhum impedimento físico nas camadas superiores. A rochiosidade e a pedregosidade foram identificadas como ausentes em todas as unidades de paisagem.

Para os demais dados requeridos pelo sistema (análises químicas e físicas nas profundidades de 0 a 25 cm, 25 a 60 cm e de 60 a 100 cm), foram calculados os valores das médias ponderadas de cada uma das camadas, a partir dos valores informados para cada horizonte pedológico. Para o cálculo da média ponderada, somou-se o produto do valor de cada propriedade do solo pela espessura do respectivo horizonte, dividindo-se pela espessura de cada uma das camadas a serem informadas no sistema (25 cm para a camada de 0 a 25 cm; 35 cm para a camada de 25 a 60 cm e, 40 cm para a camada de 60 a 100 cm).

As informações obtidas por meio da média ponderada foram: os teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, potássio e sódio disponível e acidez potencial; teor de argila, areia e silte; e teor de carbono orgânico.

Exclusivamente para fins de atualização da classificação dos solos, os perfis pedológicos foram reclassificados quanto a Ordem e Subordem com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos [8].

Os níveis tecnológicos (ou nível de manejo adotado) foram avaliados de acordo com os seguintes conceitos:

Para nível tecnológico A (NT-A) foi considerado o manejo onde há baixo uso de insumos externos e o máximo aproveitamento de recursos internos à propriedade; o nível tecnológico B (NT-B) foi considerado aquele onde há maior intensidade no uso de insumos que sejam dependentes de capital, porém, sem dependência com a escala de aplicação (insumos cuja viabilidade econômica depende da escala produtiva, como por exemplo, a mecanização agrícola com uso de tratores); e, finalmente, o nível tecnológico C (NT-C) foi considerado como aquele dependente de capital e de escala de aplicação.

Os graus de limitação quanto à fertilidade do solo, deficiência de água, deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização foram classificados em cinco níveis (nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte), associados a um numeral indicativo do fator de limitação predominante (e não como indicativo da viabilidade de correção da limitação, como proposto no método original [6]).

Quanto ao uso da terra foram considerados:

- Culturas anuais: espécies cultivadas anualmente, representando a condição de uso mais intensivo do solo. Adotou-se a notação A, B e C para este uso da terra, respectivamente para os NT-A, NT-B e NT-C;

- Culturas perenes: espécies que fazem uso do solo com alta intensidade, porém com baixa frequência de operações de preparo do solo e de plantio. Adotou-se a notação D, E e F para este uso da terra, respectivamente para os NT-A, NT-B e NT-C;

- Sistemas agroflorestais: combinação de culturas arbóreas com outras espécies, em sistema consorciado. Representam o uso de solo de média intensidade, porém, com maior plasticidade quanto a exigências edáficas. Adotou-se a notação G, H e I para este uso da terra, respectivamente para os NT-A, NT-B e NT-C;

- Pastagens e silvipastoris: utilização do solo com sistemas de baixa intensidade de uso, porém, com predomínio de gramíneas e leguminosas. Adotou-se a notação J, K e L para este uso da terra, respectivamente para os NT-A, NT-B e NT-C;

- Silvicultura: utilização do solo com sistemas de menor intensidade de uso do solo. Adotou-se a notação M, N e O para este uso da terra, respectivamente para os NT-A, NT-B e NT-C;

- Extrativismo: sistema de uso da terra que não implica em alterações no uso do solo, preservando sua vegetação original. Adotou-se a notação P, Q e R para este uso da terra, respectivamente para os NT-A, NT-B e NT-C.

A aptidão agrícola, para cada um destes sistemas pode ser classificada em Boa, Regular, Restrita e Inapta. As classes de aptidão agrícola foram avaliadas independentemente para cada um dos três níveis tecnológicos.

Classe Boa: terras onde não houver nenhum fator de limitação que cause limitação abaixo de 90% de seu potencial de uso quando a viabilidade econômica e a viabilidade biológica das culturas cultivadas. Esta classe é representada pela notação grafada em letras maiúsculas.

Classe Regular: quando houver fatores de limitação que causem restrição ao uso da terra, diminuindo sua viabilidade econômica abaixo de 90% de seu potencial,

porém, sem comprometer a viabilidade biológica em menos de 90% de seu potencial. Esta classe é representada pela notação grafada em letras minúsculas;

Classe Restrita: quando houver fatores de limitação que causem restrição ao uso da terra, diminuindo tanto a viabilidade econômica e biológica abaixo de 90% de seu potencial. Esta classe é representada pela notação grafada em letras minúsculas entre parênteses; e

Classe Inapta: quando houver fatores de limitação que causem inviabilização econômica a exploração agrícola ou resultem em degradação da capacidade produtiva da terra. Esta classe de aptidão é representada pela palavra 'inapta'.

A classificação da aptidão agrícola das terras, obtida pelo sistema especialista conforme os conceitos acima expostos, foi comparada com a classificação não especialista realizada no trabalho original, a qual foi feita conforme o sistema preconizado por Ramalho Filho & Beek [6].

Resultados e Discussão

Os nove perfis avaliados foram classificados como sendo três Argissolos Amarelos, dois Argissolos Vermelhos, um Gleissolo e três Plintossolos Argilúvicos (Tabela 1).

Na classificação da aptidão agrícola das terras pelo sistema não especialista, os três perfis de Argissolos Amarelos indicaram a classe de aptidão restrita para pastagem natural, enquanto que no sistema informatizado, houve a indicação de aptidão para uso mais intensivo, inclusive para culturas anuais.

Considerando que a vegetação natural é a floresta tropical úmida e não há ocorrência de pastagens naturais na região, a indicação do sistema não especialista de aptidão para pastagens naturais (em qualquer grau) é inadequada do ponto de vista prático e ambiental.

O sistema não especialista indicou, também, sempre o mesmo tipo de restrição para os três perfis de solos: limitação quanto ao relevo (regional), toxicidade de alumínio e baixo estoque de nutrientes (Tabela 1). Já o sistema informatizado, identificou limitação moderada ou forte para fertilidade apenas nos perfis 1 e 4, não havendo indicativo de baixo estoque de nutrientes (o que é esperado em solos com CTC de média a alta, como os avaliados).

Assim, o perfil extra 4, que foi apontado como de aptidão restrita para pastagens naturais no sistema não especialista, foi considerado como tendo aptidão boa no NT-B para culturas anuais e para culturas perenes nos NT-A e NT-C. Esta discordância entre os métodos, inclusive em relação aos demais perfis, deve-se a interpretação da toxicidade do alumínio em solos de alta atividade de argila. O sistema especialista interpretou o grau de limitação quanto à erosão de forma semelhante ao método não especialista, apesar de considerar também a erodibilidade como um indicador de susceptibilidade à erosão.

Para os Argissolos Vermelhos, o sistema não especialista indicou aptidão para silvicultura e, ou,

pastagem natural (Perfil 2) e restrita (NT_A) a regular (NT-B e NT-C) para lavouras (Perfil 5), respectivamente, atribuídas aos fatores relevo, toxicidade de alumínio e baixo estoque de nutrientes no primeiro caso, e restrições à drenagem no segundo caso. A restrição à drenagem não foi identificada no sistema informatizado e não é justificada com base na descrição morfológica de qualquer um dos Argissolos Vermelhos conforme descritos originalmente [7]. O sistema especialista indicou aptidão de classe boa para culturas anuais no NT-B e boa para culturas perenes nos NT-A e NT-C, o que é coerente com Argissolos Vermelhos com susceptibilidade moderada à erosão, sem impedimentos à mecanização e com grau de limitação ligeiro quanto à fertilidade do solo. Houve identificação de grau de limitação ligeiro para deficiência de água, o que se explica pelo sistema informatizado considerar a estimativa do potencial de água disponível no solo.

O único perfil de Gleissolo avaliado foi classificado como de aptidão regular para lavouras nos sistemas de manejo primitivo e intermediário, e sem aptidão para o sistema de manejo avançado, tendo sido identificada como principal limitação à deficiência de oxigênio. No sistema especialista, foi considerado como tendo aptidão boa para culturas perenes no NT-A e NT-B e boa para pastagens no NT-C. O sistema informatizado identificou como fatores de limitação a fertilidade e a deficiência de oxigênio (grau ligeiro), susceptibilidade à erosão (moderado) e impedimentos à mecanização (forte). Claramente, falhou ao indicar moderada susceptibilidade à erosão para um Gleissolo (onde os processos de sedimentação e adição na formação deste solo são mais relevantes que os de remoção). Ainda, por não identificar maior grau de restrição por deficiência de oxigênio (já que esses solos são sujeitos à inundação periódica). Portanto, deve ser feita a revisão das regras adotadas pelo sistema especialista para tratar de forma adequada solos desta classe ou com características de drenagem semelhantes.

Para o Plintossolo Argilúvico, o sistema não especialista indicou aptidão variando de regular a restrita para lavouras, nos três níveis tecnológicos. A drenagem foi identificada como de classe imperfeita nos três perfis analisados. Por outro lado, o sistema informatizado associou estes solos ao grau de limitação ligeiro quanto à deficiência de oxigênio, moderado a forte quanto a impedimentos a mecanização, moderado quanto à susceptibilidade à erosão e ligeiro quanto à fertilidade do solo. Em dois perfis, foi também encontrado grau de limitação de ligeiro a moderado para deficiência de água. Este quadro resultou em indicação de menor aptidão para os Plintossolos, principalmente no NT-C, cuja melhor aptidão foi para pastagens e silvipastoril. Para o NT-B, a aptidão variou de boa para culturas anuais (perfil Extra 1) a boa para pastagens e silvipastoril (perfil 3). Já para o NT-A, a aptidão variou de boa para culturas perenes nos perfis Extra 1 e Extra 2, a boa para silvicultura no Perfil 3.

Embora os dois sistemas testados não sejam completamente comparáveis, por adotarem critérios distintos, principalmente quanto à definição do nível tecnológico e de sistemas de uso da terra, foi possível constatar algumas semelhanças entre as interpretações para o potencial de uso da terra indicado por cada sistema.

Em geral, o sistema especialista resultou em uma análise mais detalhada, refletindo maiores variações nos graus de limitação, mesmo para solos pertencentes a mesma ordem e subordem. Por outro lado, o sistema especialista mostrou-se incoerente para a análise do Gleissolo, sugerindo a necessidade de aprimoramento das regras de decisão. A constatação de grau forte para impedimentos à mecanização, devido à profundidade de restrição à drenagem, também pode estar sendo estimada de forma imprecisa.

Conclusão

A utilização de um sistema especialista, baseado unicamente na análise das propriedades físicas e químicas de solos, mostrou-se promissora para a interpretação da potencialidade de uso da terra, alcançando na maioria dos perfis avaliados resultados mais coerentes que o sistema não especialista.

Agradecimentos

Ao CNPq, pelo apoio financeiro por meio dos editais CT-Amazônia, Casadinho e CT-Hidro.

Referências

[1] PEREIRA, L.C.; LOMBARDI NETO, F. 2004. Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras: proposta metodológica. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 36p. (Documentos, 43)

- [2] PEREIRA, L.C.; LOMBARDI NETO, F.; TOCCHETTO, M.R.L.; GOMES, M.A.F. 2004. Nova Abordagem do Fator de Limitação "Fertilidade do Solo" Utilizado na Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras. In: XV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e de Água, Santa Maria. Manejo: integrando a ciência do solo na produção de alimentos, 2004.
- [3] SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; KLANT, E. 2007. Classificação da aptidão agrícola das terras: um sistema alternativo. Guaíba: Agrolivros, 70p.
- [4] GIBOSHI, M.L. 1999. Desenvolvimento de um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra. Campinas:UNICAMP, 77p. (Dissertação de Mestrado).
- [5] FERNANDES FILHO, E.I. 1996. Desenvolvimento de um sistema especialista para determinação da aptidão agrícola de duas bacias hidrográficas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 71p. (Tese de Doutorado).
- [6] RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K.J. 1995. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3.ed. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 65p.
- [7] AMARAL, E.F. do; ARAÚJO NETO, S.E. 1998. Levantamento de reconhecimento dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do projeto de assentamento Favo de Mel, Sena Madureira, AC. Rio Branco: Embrapa Acre, 75p (Documentos, 36).
- [8] EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2006, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2a. Edição. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p.

Tabela 1. Comparativo das classificações da aptidão agrícola das terras realizadas pelo sistema não especialista e pelo sistema especialista adaptado para a escala de propriedade rural.

Classe de solo	Perfil	SAAAT	Considerações	SAAAT-NP	Considerações
Argissolo Amarelo	Extra 4	5(n): restrita pastagem natural.	para O relevo é bastante limitante, porém a classe apresenta a alta toxidez de alumínio e o baixo conteúdo de nutrientes como principais fatores limitantes.	DBF: boa para culturas anuais no nível NT-B e boa para culturas perenes nos demais níveis tecnológicos (NT-A e NT-C).	Grau de limitação ligeiro para deficiência de água (L) e moderado para erosão (M1).
Argissolo Amarelo	4	5(n): restrita pastagem natural.	para Idem acima.	JBL: boa para culturas anuais no nível NT-B e boa para pastagens e silvipastoris nos demais níveis tecnológicos (NT-A e NT-C).	Graus de limitação moderado para fertilidade (L) e moderado para deficiência de oxigênio (L) e moderado para susceptibilidade à erosão (M1).
Argissolo Amarelo	1	5(n): restrita pastagem natural.	para Idem acima.	JKF: boa para culturas perenes no NT-C e boa para pastagens e silvipastoris nos demais níveis tecnológicos (NT-A e NT-B).	Grau de limitação forte para fertilidade (F3) e moderada para susceptibilidade à erosão (M1).
Argissolo Vermelho	5	2(a)bc: restrita lavoura no nível de manejo primitivo, regular para lavoura no nível de manejo intermediário e avançado.	para Devido à associação esta classe apresenta drenagem imperfeita como fator limitante.	DBF: boa para culturas anuais no NT-B e boa para perenes nos demais níveis tecnológicos (NT-A e NT-C).	Grau de limitação ligeiro para fertilidade (L) e moderado para deficiência de água (L) e moderado para susceptibilidade à erosão (M1).

Continuação da Tabela 1

Classe de solo	Perfil	SAAAT	Considerações	SAAAT-NP	Considerações
Argissolo Vermelho	2	5sn: restrita para silvicultura e, ou, pastagem natural.	para O relevo é bastante limitante, porém a classe apresenta a alta toxidez de alumínio e o baixo conteúdo de nutrientes como principais fatores limitantes.	DBF: boa para culturas perenes nos NT-A e NT-C, e boa para culturas anuais no NT-B.	Grau de limitação ligeiro para fertilidade (L) e deficiência de água (L), e moderado para susceptibilidade à erosão (M1).
Gleissolo Háplico	Extra 3	2ab: regular para lavoura nos níveis de manejo primitivo e intermediário.	O principal fator limitante para esta classe é a deficiência de oxigênio.	DEL: boa para culturas perenes nos NT-A e NT-B e boa para pastagens e silvipastoris no NT-C.	Grau de limitação ligeiro para fertilidade (L) e deficiência de oxigênio (L), moderado para susceptibilidade à erosão (M1) e forte para impedimentos à mecanização (F1).
Plintossolo Argilúvico	3	3(abc): restrita para lavoura nos níveis de manejo primitivo, intermediário e avançado.	Deficiência de oxigênio, devido à drenagem imperfeita.	MKL: boa para silvicultura no NT-A e boa para pastagens e silvipastoris no NT-B e NT-C.	Grau de limitação ligeiro para fertilidade (L) e deficiência de oxigênio (L), moderado para deficiência de água (M1) e susceptibilidade a erosão (M1), e forte para impedimentos a mecanização (F1).
Plintossolo Argilúvico	Extra 2	2(a)bc: restrita para lavoura no manejo primitivo, regular para lavoura nos níveis de manejo intermediário e avançado.	Idem acima.	DEL: boa para culturas perenes nos NT-A e NT-B e boa para pastagens e silvipastoris no NT-C.	Grau de limitação ligeiro para fertilidade (L) e deficiência de oxigênio (L), moderado para susceptibilidade a erosão (M1) e forte para impedimentos à mecanização (F1)
Plintossolo Argilúvico	Extra 1	2(a)bc: restrita para lavoura no manejo primitivo, regular p/ lavoura nos níveis de manejo intermediário e avançado.	Idem acima.	DBL: boa para culturas anuais no NT-B, boa para culturas perenes nos NT-A e boa para pastagens e silvipastoris no NT-C.	Grau de limitação ligeiro para fertilidade (L), deficiência de água (L) e deficiência de oxigênio (L), moderado para susceptibilidade a erosão (M1) e ligeiro para impedimentos a mecanização (L1).