

APTIDÃO AGRÍCOLA DE TERRAS COM ESTIMATIVA DE RISCO CLIMÁTICO PARA A CULTURA DO MILHO UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO⁽¹⁾

M. J. S. GODOY⁽²⁾ & M. L. LOPES-ASSAD⁽³⁾

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a aptidão agrícola das terras para cultura do milho em sistema de produção tecnificado, a partir de dados extraídos de levantamento de solos em escala 1:50.000 e da estimativa do risco climático, usando um sistema de informações geográficas. A área de estudo foi a bacia hidrográfica do rio Jardim, no Distrito Federal. Utilizou-se um modelo de balanço hídrico para simular o risco climático para a cultura do milho (*Zea mays* L.), considerando nove datas de plantio. Foram definidos valores quantitativos para cada um das propriedades condicionadoras da produtividade do milho em áreas de cerrado e, por meio de algoritmos de lógica booleana estabelecidos com base em critérios definidos em tabelas-guia previamente elaboradas, foram realizados cruzamentos consecutivos que permitiram a elaboração de mapas de aptidão agrícola das terras para a cultura do milho, com cinco classes, que evidenciaram a variação temporal da aptidão. Constatou-se que 66,5 % da área total não apresentou limitações físicas, 96% das terras foram restritas em fertilidade e o período de menor risco climático foi de 11 a 20/10.

Termos de indexação: avaliação de terras, SIG, cerrado.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado da primeira autora, apresentada à FAV, Universidade de Brasília – UnB. Projeto financiado pela FAP-DF. Recebido para publicação em fevereiro de 2000 e aprovado em dezembro de 2001.

⁽²⁾ Engenheira-Agrônoma, Mestre em Agronomia, Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura – DAS/MA. Esplanada dos Ministérios, Bloco D, CEP 70043-000 Brasília (DF). E-mail: mgodoy@agricultura.gov.br

⁽³⁾ Professora do Instituto de Geociências, Universidade de Brasília – UnB. CEP 70919-970. Brasília (DF).

SUMMARY: *LAND EVALUATION COMBINED WITH CLIMATIC RISK ESTIMATE FOR CORN USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM*

*The objective of this work was to propose a methodology for land evaluation based on planting information, soil data extracted from a soil survey in a scale 1:50,000, and estimate of climatic risk, using a geographic information system (GIS). The reference area was the Jardim watershed, in the Federal District (Brazil). A water balance model was used to simulate the climatic risk for the corn crop (*Zea mays L.*), at nine different planting dates. Quantitative values for corn productivity parameters were defined for the cerrado region. Using algorithms of Boolean logic, established by a previously elaborated guide, serial crossings were accomplished allowing the elaboration of agricultural suitability maps of the lands for corn production, with five classes. The results showed a land instability variation, with time. It was verified that 66.5 % of the total area did not present physical limitations, 96 % of the lands had their soil fertility restricted and the period of least climatic risk was October 11-20.*

Index terms: land evaluation, GIS, cerrado.

INTRODUÇÃO

Uma das grandes dificuldades na avaliação de terras para fins agrícolas consiste em conciliar as demandas fisiológicas da cultura, as potencialidades do ambiente e as condições sócio-econômicas do sistema de produção. Distinguem-se duas categorias gerais de avaliação do potencial de terras (Burrough, 1976). Na primeira, a avaliação é feita para fins generalizados e não são consideradas variáveis sócio-econômicas. Na segunda, a terra é avaliada para fins específicos e integram-se dados físicos, ambientais e econômicos. Nesta categoria, destaca-se o trabalho de Bennema et al. (1964), a partir do qual foram desenvolvidos o sistema de avaliação de aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho et al., 1978) e o método FAO (1976), que consagrou o termo avaliação da aptidão das terras, conferindo-lhe reconhecimento internacional, sobretudo nos países tropicais (Ramalho Filho & Pereira, 1999).

Os sistemas de avaliação da aptidão de terras para agricultura mais utilizados no Brasil (Ramalho Filho et al., 1978; Lepsch et al., 1983) foram estruturados a partir de levantamentos de solos, considerados como elemento estratificador da terra, agregando-se interpretações genéricas a partir de elementos da paisagem (Lopes Assad, 1995). Alguns métodos alternativos foram desenvolvidos, nos quais tabelas-guia relacionam as diferentes limitações que ocorrem no ambiente com suas respectivas intensidades, permitindo separar glebas homogêneas e indicar usos e manejos apropriados (Streck, 1992; Uberti et al., 1992; Neubert, 1995).

Resende et al. (1995), avaliando o sistema proposto por Ramalho Filho et al. (1978), ressaltaram a necessidade de adaptá-lo para as principais culturas e circunstanciar melhor as estimativas das

qualidades do solo, visando viabilizar o melhoramento dessas qualidades. O ideal seria dispor de uma tabela de conversão própria para cada cultura, pois as limitações ambientais são distintas mesmo em duas culturas de ciclo longo (Ker et al., 1992).

Um sistema de aptidão agrícola das terras para culturas específicas deve quantificar os fatores condicionadores da produção, conforme o nível de manejo a ser adotado, pela seleção de características que permitam identificar os riscos decorrentes das atividades agrícolas.

Dentre os atributos de solo que condicionam a aptidão agrícola das terras, especial atenção deve ser dada à disponibilidade de água na zona radicular. No Brasil, grande parte das atividades agrícolas é dependente da distribuição das chuvas, pois predominam sistemas de produção de sequeiro, nos quais os riscos de perda por eventos do clima são elevados (Assad, 1994). Na região dos cerrados, a variabilidade interanual da precipitação pluviométrica é nitidamente superior à de outros parâmetros climáticos, justificando o uso de modelos de balanço hídrico para avaliar e mapear o risco climático para agricultura (Affholder & Silva, 1997).

Atualmente, registram-se inúmeras aplicações de SIGs na análise ambiental e de potencialidades de terras (Formaggio et al., 1992; Lopes Assad, 1995; Bönisch et al., 1999; Araújo & Lopes Assad, 2001), sendo fundamental que os objetivos e critérios de integração sejam bem definidos.

Este trabalho objetivou determinar a aptidão agrícola de terras para cultura do milho, com estimativa do risco climático para diferentes datas de plantio, em uma bacia hidrográfica do Distrito Federal, utilizando sistema de informações geográficas.

MÉTODOS

A área estudada, bacia hidrográfica do rio Jardim, abrange 52,9 km². Localiza-se na porção sudeste do Distrito Federal, entre as latitudes 15° 40' S e 16° 02' S e longitudes 47° 20' W e 47° 40' W. Esta área insere-se no grupo Bambuí (Freitas-Silva & Campos, 1998) e é dominada por metarritmitos siltosos, siltoargilosos e argilosos, com raras intercalações de arcóseos. O clima, conforme classificação de Koppen, é do tipo Aw (Reatto et al., 2000), com temperatura para o mês mais frio superior a 18 °C, verão chuvoso, inverno seco e, no mês mais seco, com precipitação inferior a 60 mm. Predominam terrenos planos (53% da área) e suave ondulados (43%), principalmente na parte oeste da bacia e nas áreas de interflúvios. Na margem esquerda do rio Jardim, ocorrem terrenos ondulados, onde predominam Cambissolos (Dolabella, 1996).

Os dados utilizados foram extraídos do levantamento semidetalhado da Bacia do rio Jardim, na escala 1:50.000 (Reatto et al., 2000), quando foram

descritos e analisados 21 perfis de solos, correspondentes a 37 unidades de mapeamento.

A curva característica de umidade foi estabelecida em laboratório, em amostras indeformadas, coletadas em cada horizonte e com três repetições, em anéis volumétricos de 100 cm³, utilizando o método da membrana em diferentes tensões (-6; -10; -30; -60; -100 e -1.500 kPa). A capacidade de água disponível dos solos (CAD) foi calculada a partir da retenção de água nas tensões de -10 kPa, considerada como limite superior de água disponível, e -1.500 Kpa, considerada como limite inferior de água disponível. Os valores médios de CAD, em mm m⁻¹, foram extrapolados para as unidades de mapeamento correspondentes (Godoy, 1998).

A cultura de referência foi o milho e os fatores edáficos limitantes para essa cultura foram definidos a partir de indicadores que permitiram o estabelecimento de tabelas-guia, considerando critérios propostos por Ramalho Filho et al. (1978) (Quadro 1).

Quadro 1. Tabela-guia de avaliação da aptidão física e da fertilidade das terras para a cultura do milho em área de cerrado, elaborada a partir de parâmetros definidos por Ramalho Filho et al. (1978) e de exigências da planta

Atributo físico ⁽¹⁾	Grau de limitação			
	Nulo	Ligeiro	Moderado	Forte
Declividade ⁽²⁾ (%)	0 a 3	3 a 8	8 a 18	> 18
Profundidade ⁽³⁾ (m)	> 1,00	--	0,61 a 1,00	< 0,60
Deficiência de oxigenação ⁽⁴⁾	bem drenado e moderadamente drenado	--	imperfeitamente drenado	mal drenado e muito mal drenado
Restrição à mecanização ⁽⁵⁾	ausência de pedregosidade e de rochosidade	--	ausência de pedregosidade e presença de rochosidade	presença de pedregosidade e de rochosidade
Atributo químico	Teor de argila (%)	Expectativa de produção (% da produtividade)		
		Nulo	Moderado	Forte
		> 80	40 a 80	< 40
P extraível ⁽⁶⁾ (mg dm ⁻³)	61 a 80	> 3	1,1 a 3,0	< 1
	41 a 60	> 8	3,1 a 8,0	< 3
	21 a 40	> 14	5,1 a 14,0	< 5
	< 20	> 18	6,1 a 18,0	< 6
CTC ⁽⁷⁾ (cmolc dm ⁻³)		7 a 12	4 a 7	< 4
V ⁽⁸⁾ (%)		50 a 60	40 a 50	> 60 e < 40

⁽¹⁾ As características profundidade, deficiência à oxigenação e restrição à mecanização não apresentam grau de limitação moderado. Fonte: ⁽²⁾ Alvarenga, R. (comunicação pessoal). ⁽³⁾ Sans, L.M. (comunicação pessoal). ⁽⁴⁾ Lepsch (1989). ⁽⁵⁾ Ramalho Filho et al. (1978). ⁽⁶⁾ Souza & Miranda (1991). ⁽⁷⁾ Lopes (1983). ⁽⁸⁾ Souza & Lobato (1996).

O balanço hídrico para a cultura do milho foi simulado, utilizando o modelo SARRA® (Système d'Analyse Régionale du Risque Climatique), validado para a cultura do milho nos cerrados do Brasil (Affholder et al., 1997), e cujo principal resultado fornecido é o índice de satisfação da necessidade de água (ISNA). As características de entrada do modelo foram: precipitação diária registrada na Estação Barreiro DF-15 (15°40'00" S e 47°43'00" W), da CAESB - Companhia de Águas, Esgotos e Saneamento de Brasília, no período de 1979 a 1996; evapotranspiração potencial (ETP) extraída do banco de dados SISCLIMA, do Laboratório de Biofísica Ambiental da Embrapa-Cerrados; coeficientes de cultura (Kc) do milho para períodos de 10 dias (Brasil, 1997), conforme FAO (1980); duração do ciclo, considerado de 120 dias, e das fases fenológicas da cultura do milho; capacidade de água disponível do

solo (CAD) para cada tipo de solo (Quadro 2), e profundidade efetiva do sistema radicular.

Foram consideradas quatro fases fenológicas (germinação até emergência, vegetativa, florescimento até enchimento de grãos e maturação), com duração de 30, 35, 40 e 15 dias, respectivamente. A fase do florescimento até enchimento de grãos foi considerada crítica e a simulação foi feita para duas profundidades efetivas de enraizamento da planta (0,60 e 1,02 m), correspondentes a duas velocidades de crescimento radicular (0,01 e 0,017 m dia⁻¹, respectivamente) até 60 dias; após esse período, o crescimento foi considerado nulo.

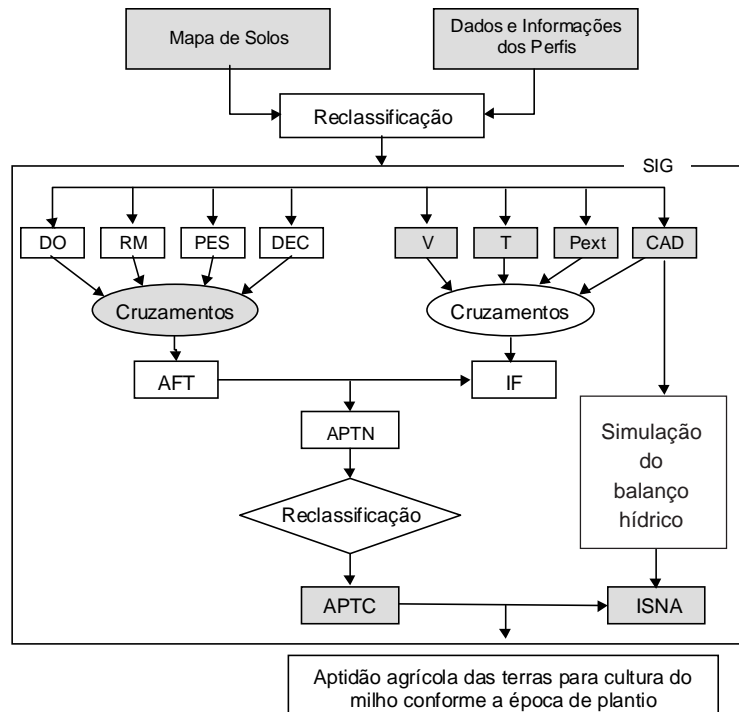
Na simulação, foram estimados valores de ISNA para nove períodos de plantio de dez dias cada um, calculados a partir de 01/10. Foram definidas três classes: favorável, quando ISNA ≥ 0,55; intermediária,

Quadro 2. Valores de capacidade de água disponível média (CAD), em mm m⁻¹, considerados na simulação do balanço hídrico para a cultura do milho para os solos da Bacia do rio Jardim (DF)

Solo ⁽¹⁾	CAD média
	mm m ⁻¹
Plintossolo Háplico distrófico típico textura argilosa; Plintossolo Háplico distrófico típico textura média.	103
Latossolo Vermelho ácrico típico oxidíco-gibbsítico textura muito argilosa fase cerrado sentido restrito; Latossolo Vermelho ácrico típico textura argilosa; Latossolo Vermelho distrófico típico álico textura argilosa; Latossolo Vermelho distrófico típico epialco caulinitico textura muito argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico álico textura muito argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico plintico textura argilosa; Latossolo Amarelo distrófico ácrico endopetroplintico oxidíco-gibbsítico textura muito argilosa.	76
Latossolo Vermelho distrófico típico textura muito argilosa; Latossolo Vermelho distrófico típico textura argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico oxidíco-gibbsítico textura média; Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico álico endopetroplintico textura argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico plintico álico textura argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico epialco textura muito argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico câmbico álico textura argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico álico textura média; Latossolo Amarelo ácrico típico oxidíco-gibbsítico textura argilosa.	64
Latossolo Vermelho ácrico típico oxidíco-gibbsítico textura muito argilosa fase floresta tropical subcaducifolia; Latossolo Vermelho distrófico epialco Háplico textura argilosa; Latossolo Vermelho distrófico típico álico textura argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico oxidíco-gibbsítico textura muito argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico epialco textura muito argilosa; Nitossolo Vermelho distrófico típico álico endocascalhento textura muito argilosa.	55
Neossolo Quartzarênico órtico típico álico.	48
Nitossolo Háplico distrófico latossólico álico textura muito argilosa; Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa fase cerrado ralo.	45
Nitossolo Vermelho distrófico latossólico textura muito argilosa.	35
Cambissolo Háplico Tb distrófico álico textura argilosa; Cambissolo Háplico Tb distrófico plintico textura argilosa fase cerrado sentido restrito; Cambissolo Háplico Tb distrófico lítico textura argilosa; Cambissolo Háplico Tb distrófico típico textura argilosa; Cambissolo Háplico Tb distrófico plintico álico textura argilosa fase cerrado sentido restrito; Associação Cambissolo Háplico Tb distrófico plintico textura argilosa e Cambissolo Háplico Tb ácrico endopetroplintico textura argilosa.	20
Nitossolo Háplico distrófico típico álico plintico textura argilosa; Nitossolo Háplico distrófico argilossólico plintico textura argilosa; Cambissolo Háplico Tb distrófico plintico textura argilosa fase cerrado ralo; Cambissolo Háplico Tb distrófico típico textura média; Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa fase floresta tropical subcaducifolia; Cambissolo Háplico Tb distrófico plintico álico textura argilosa fase cerrado ralo.	15

⁽¹⁾ Solos agrupados quanto à profundidade e CAD similares. Não foi feita determinação de CAD nos solos hidromórficos, aluviais e nas associações de solos litólicos e afloramentos rochosos.

Fonte: Godoy (1998) e Reatto et al. (2000).



DO: Deficiência de oxigenação; RM: Restrição à mecanização; PES: Profundidade dos perfis; DEC: Declividade; T: Capacidade de troca catiônica; Pext.: Fósforo extraível; IF: Indicativo de fertilidade; CAD: Capacidade de água disponível; AFT: Aptidão física das terras; APTN: Aptidão natural das terras; APTC: Aptidão agrícola em nível de manejo C; ISNA: Índice de satisfação de necessidade de água.

Figura 1. Fluxograma do método de determinação da aptidão agrícola das terras da Bacia do rio Jardim (DF) com estimativa do risco climático para cultura do milho.

quando $0,45 \leq ISNA < 0,55$; desfavorável, quando $ISNA < 0,45$ (Brasil, 1997). Considerou-se sempre uma frequência mínima de 80% de ocorrência do valor fixado para cada uma das três classes estabelecidas, ou seja, os valores de ISNA foram iguais ou superiores aos definidos para cada classe em oito de cada dez anos das séries históricas analisadas.

Todas as etapas de integração de dados georreferenciados (Figura 1) foram realizadas em um sistema de informações geográficas (SGI/INPE® versão 2.5), tendo sido utilizado o princípio das escalas decrescentes (Lopes Assad, 1995).

O mapa de solos da Bacia (EMBRAPA, 1998) foi digitalizado e gerou-se o plano de informação (PI) dos solos. A partir dos dados de solos e das exigências da cultura de milho, reclassificou-se o PI solos, gerando-se oito PIs: declividade (DEC), profundidade dos solos (PES), deficiência de oxigenação (DO), restrição à mecanização (RM), saturação por bases (V), capacidade de troca catiônica (T), fósforo extraível pelo Mehlich-1 (PEXT) e capacidade de água disponível (CAD). Cada um desses planos apresentava três classes (nulo, moderado e forte) com exceção do PI DEC, com quatro classes (nulo, ligeiro, moderado e forte) e do PI CAD, com nove classes (Quadro 2).

A partir dos critérios propostos por Ramalho Filho et al. (1978) e com base em exigências da cultura do milho no nível de manejo tecnificado (Quadro 1), foram definidos algoritmos para elaboração dos PIs aptidão física (AFT), com três classes (apta, restrita e inapta) e resultante da integração dos PIs DO, RM, PES e DEC; e indicativo de fertilidade das terras (IFT), com quatro classes (apta, regular, restrita e inapta), gerado a partir dos PIs V, T e PEXT.

Os PIs AFT e IFT foram cruzados entre si e o plano gerado foi reclassificado segundo critérios de adoção de tecnologias adaptadas a sistema de manejo tecnificado, para correção das limitações em fertilidade e para controle de erosão. Obteve-se, assim, o PI aptidão agrícola no nível de manejo C (APTC), com três classes (Quadro 3).

Em seguida, foram gerados 18 PIs de risco climático para a cultura do milho na Bacia do rio Jardim (PIs $ISNA_n$), a partir da reclassificação do PI CAD. Esta reclassificação teve por base os valores de ISNA para cada unidade de solo mapeada na Bacia do rio Jardim, em cada um dos nove períodos de plantio considerados e para as duas profundidades máximas de crescimento de raízes.

Finalmente, a integração dos PIs $ISNA_n$ e APTC deu origem a 18 mapas de aptidão agrícola de terras

Quadro 3. Características de classes de aptidão agrícola natural (APTN) e com adoção de práticas de melhoramento compatíveis com o nível de manejo C (APTC)

Classe de aptidão natural (APTN)	
APTN 1	Áreas de solos férteis e sem impedimentos físicos ao desenvolvimento da cultura do milho
APTN 2	Áreas onde são necessárias práticas de adubação, compatíveis com a pequena agricultura, para que a cultura do milho alcance a produtividade ideal, sem deficiência de oxigenação e sem impedimentos físicos
APTN3	Áreas sem impedimentos físicos e restritas quanto à fertilidade
APTN 4	Áreas inaptas para a cultura do milho por apresentarem valores de $T < 4 \text{ cmol. dm}^{-3}$ e impedimentos físicos
APTN 5	Áreas restritas quanto à aptidão física e à fertilidade
APTN 6	Áreas restritas quanto à aptidão física das terras
APTN 7	Áreas inaptas para cultura do milho
Classe de aptidão agrícola no nível de manejo C	
APTC 1	Áreas sem impedimentos físicos, férteis e, ou, que requerem práticas simples de melhoramento de fertilidade
APTC 2	Áreas com fertilidade boa, regular ou restrita e com limitações físicas (solos imperfeitamente drenados, relevo ondulado, restrição à mecanização), que necessitam de melhoramentos (adoção de variedades adaptadas, terraceamento, plantio direto, adubação fosfatada e calagem), compatíveis com sistemas tecnificados
APTC 3	Áreas inaptas por apresentarem impedimentos físicos para o desenvolvimento da cultura do milho e valores de $T < 4 \text{ cmol. dm}^{-3}$

para nove períodos de plantio do milho e duas profundidades efetivas do sistema radicular. Os mapas de aptidão agrícola gerados para a cultura do milho abrangem cinco classes: plantio de milho recomendado com adoção de práticas simples de manejo; plantio de milho recomendado com adoção de práticas especiais de manejo; plantio de milho restrito por risco de deficiência de água; plantio restrito por outra limitação, e plantio não recomendado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição dos solos na Bacia do rio Jardim

Da digitalização do mapa de solos (EMBRAPA, 1998) e sua reclassificação em diferentes PIs no ambiente do SGI/INPE®, constatou-se que os Latossolos ocupam 65 % da área da Bacia, enquanto os Cambissolos correspondem a 29,5 %. Em menores proporções, ocorrem também Nitossolos (1,4 %), Hidromórficos (1,2 %), Neossolos Quartzarênicos e Flúvicos (0,8 % cada), Plintossolos (0,5 %) e associações de Neossolos Litólicos e Afloramentos Rochosos (0,1 %). Cerca de 43,7 % dos solos são álicos, enquanto 28,6 % são áricos e os demais são distróficos. Em relação à textura, 66 % dos solos da área são argilosos, 29 % são muito argilosos e apenas 4 % são de textura média, refletindo bem a textura fina do material de origem.

Aptidão física das terras

A maior parte das terras da Bacia do rio Jardim apresenta limitações ligeiras às propriedades

indicadoras de aptidão física (Figura 2). Analisando o sistema de manejo e as características da mecanização na área estudada, as terras com declives superiores a 18 % foram consideradas com limitação forte e as com declividade entre 8 e 18 % foram consideradas restritas para a cultura de milho. Também foram consideradas restritas as terras com profundidade inferior a 0,6 m, o que representava apenas 1 % da área mapeada.

Portanto, cerca de 8.542 ha são fisicamente restritos e compreendem Cambissolos cascalhentos localizados em declives superiores a 8 %, Plintossolos imperfeitamente drenados e Neossolos Quartzarênicos, com susceptibilidade à erosão moderada e forte. As áreas fisicamente inaptas (limitação forte), que correspondem a 17,2 % da área da Bacia, compreendem solos Hidromórficos, com forte limitação em drenagem, e alguns Cambissolos e Plintossolos, com grau de limitação forte à mecanização atribuído à declividade, profundidade efetiva ou deficiência de oxigenação.

Limitações quanto à fertilidade dos solos

O fósforo é um dos nutrientes mais importantes para a maioria das culturas graníferas e, na Bacia do rio Jardim, a disponibilidade desse elemento é, em geral, muito baixa (Figura 3a). No entanto, a área estudada vem sendo cultivada há pelo menos 20 anos, por integrar o Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD-DF), onde práticas de fertilização dos solos, como adubação fosfatada, são tradicionalmente utilizadas. As áreas com limitação em fósforo nula correspondem a

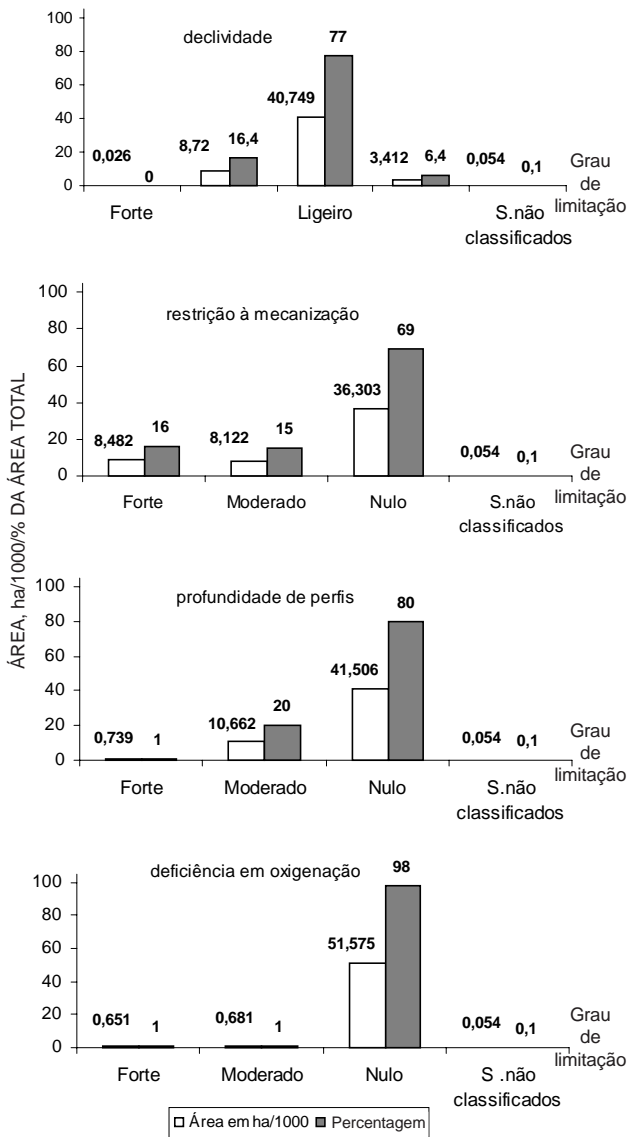


Figura 2. Distribuição das áreas, em hectares e percentagem, da Bacia do rio Jardim (DF) conforme as propriedades físicas selecionadas para a aptidão física das terras para a cultura do milho.

Cambissolos distróficos, epieutróficos, cascalhentos, A moderado e textura argilosa, cultivados com grãos, e que, por verificação de campo, têm apresentado elevadas produtividades com culturas, inclusive de milho (Godoy, 1998).

Os solos com limitação nula e moderada quanto à CTC para a cultura do milho (Figura 3b) podem ser cultivados, desde que sejam adotadas práticas de correção e fertilização compatíveis com sistemas de manejo tecnificados. A incorporação em cultivos intensivos de solos com baixa CTC (< 4 cmol_c dm⁻³) pode levar a perdas de fertilizantes por lixiviação e baixa produtividade.

Sousa et al. (1996), a partir de critérios definidos experimentalmente, constataram que, na região dos Cerrados, a produção de grãos é máxima quando a saturação por bases se encontra entre 40 e 60 %, decrescendo quando V > 60 % e V < 40 %, pois pode ocorrer deficiência de Zn, Cu e, ou, Mn. Assim, adotando esses limites, verificou-se que apenas alguns Latossolos mapeados não apresentaram limitação de fertilidade causada pela saturação por bases (Figura 3c).

O cruzamento dos PIs PEXT, T e V evidenciou que, na Bacia do rio Jardim, os solos (96,2 %) apresentam fertilidade restrita para a cultura do milho e exigem, portanto, a adoção de calagem, adubação fosfatada, gessagem, manejo de matéria orgânica, próprias de sistemas tecnificados. Os 3,8 % restantes, considerados inaptos, constituem Latossolos distróficos de textura média que apresentam valores de CTC inferiores a 4 cmol_c dm⁻³.

Determinação e espacialização do ISNA para a cultura do milho

Os valores de CAD obtidos e as profundidades dos perfis permitiram o reagrupamento dos solos

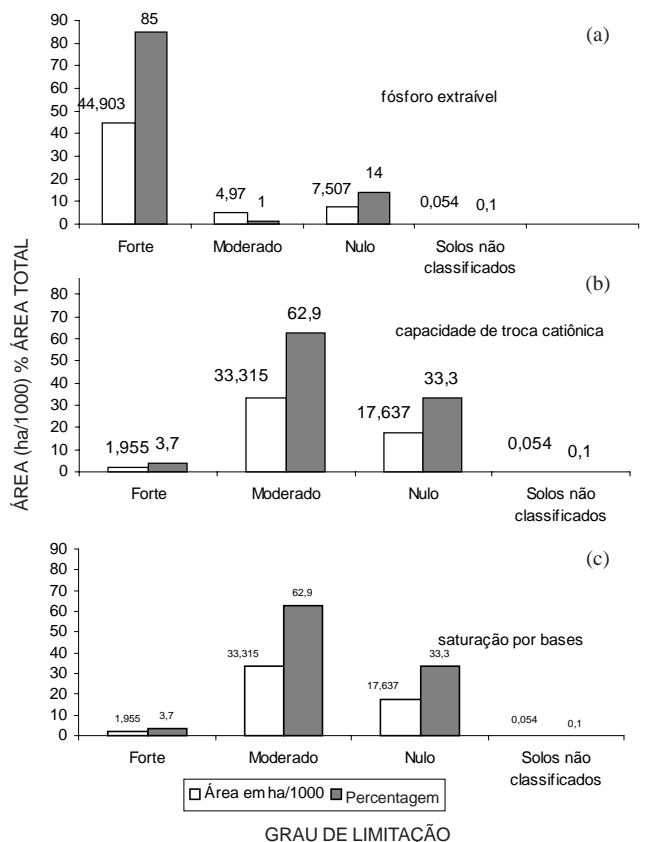


Figura 3. Distribuição das áreas da Bacia do rio Jardim (DF) quanto ao grau de limitação das propriedades selecionadas para a definição do fator fertilidade para a cultura do milho, em hectares e percentagem da área total.

estudados (Quadro 2). A simulação do balanço hídrico para as condições estabelecidas gerou os valores de ISNA, que permitiram, posteriormente, a reclassificação do PÍ CAD. Neste trabalho, são apresentados os dados relativos à profundidade máxima de enraizamento a 1,02 m e três períodos de plantio (11 a 20/10, 11 a 20/11 e 11 a 20/12), considerados ilustrativos das possíveis variações da oferta pluviométrica na fase crítica da cultura (do florescimento até o enchimento de grãos) (Quadro 4).

Em condições de sequeiro, os solos cultivados com milho devem apresentar boa capacidade de água disponível (Lepsch, 1989); além disso, essa planta é muito sensível aos excessos de água, mesmo que temporários (Baruqui, 1980). A determinação dos valores de ISNA permitiu evidenciar a variabilidade temporal do risco climático no Distrito Federal. Assim, o planejamento adequado da data de plantio, a partir da simulação do balanço hídrico, pode minimizar as perdas de produtividade por déficit hídrico que podem ocorrer, mesmo quando os solos apresentam fertilidade e condições físicas adequadas.

Aptidão agrícola das terras da Bacia do rio Jardim para a cultura do milho

Os mapas de aptidão agrícola gerados evidenciam as potencialidades das terras da Bacia para a cultura do milho, considerando o risco climático, o que permite selecionar épocas favoráveis ao plantio. No primeiro decêndio estudado, as terras, em sua maioria (64 %), foram classificadas aptas para o plantio, mediante a adoção de práticas simples de correção de acidez e adubação dos solos, e somente

0,3% identificadas como de plantio restrito por risco climático (Figura 4a). No entanto, no período de 11 a 20/11, houve redução drástica da área de plantio recomendado com práticas simples de manejo e cerca de 63 % das terras apresentaram restrições decorrentes do risco climático (Figura 4b). No terceiro decêndio (11 a 20/12), ocorreu ligeiro aumento nas áreas de plantio recomendado com práticas simples de manejo, quando comparadas com a época de plantio de 11 a 20/11. Entretanto, as áreas de plantio restrito por risco climático mantiveram-se praticamente iguais (Figura 4c).

No período de 11 a 20/10 foram identificados 1.172 ha de áreas cujo plantio é recomendado somente com adoção de práticas especiais de manejo como plantio direto, variedades adaptadas e terraços (Quadro 4), mas, nos períodos de 11 a 20/11 e de 11 a 20/12, houve redução dessa classe em aproximadamente 1.000 ha. A classe de aptidão 'plantio restrito' engloba as áreas cujo rendimento da cultura é afetado pelo risco climático ($0,45 \leq \text{ISNA} < 0,55$) e que necessitam de práticas de conservação do solo e da água e de fertilidade. A redução dessas áreas, nas épocas de plantio de 11 a 20/11 e de 11 a 20/12, é resultado do ISNA obtido no período, desfavorável para plantio do milho.

A seleção de épocas de plantio favoráveis, a partir do risco de déficit hídrico na fase de florescimento até enchimento de grãos, e recursos para financiamento de práticas de adubação e conservação dos solos são imprescindíveis à produção de milho na Bacia do Rio Jardim. A avaliação da aptidão agrícola das terras incorporando a estimativa de risco climático da cultura constitui

Quadro 4. Distribuição das áreas da Bacia do rio Jardim, em hectares (ha) e em percentagem da área total (%), segundo classes de risco climático e de aptidão agrícola para a cultura do milho, considerando três épocas de plantio (11 a 21/10, 11 a 21/11, 11 a 21/12) e profundidade máxima de raízes de 1,02 m

Classe ⁽¹⁾	11 a 20/10		11 a 20/11		11 a 20/12	
	ha	%	ha	%	ha	%
Risco climático						
Favorável	44.530	84,1	262	0,5	327	0,6
Intermediária	7.306	13,8	35.054	66,2	35.495	67,0
Desfavorável	0	0	16.520	31,2	16.014	30,3
Aptidão agrícola						
Plantio recomendado com práticas simples de manejo	32.943	64	6	0,01	69	0,1
Plantio recomendado com práticas especiais de manejo	1.172	2,7	171	0,3	170	0,2
Plantio restrito por risco climático	177	0,3	32.301	63	32.308	63
Plantio restrito por outra limitação	6.946	13	521	1	950	1,7
Plantio não recomendado	10.472	20	18.711	36	18.213	35

⁽¹⁾ Não incluídos 1.125 ha de áreas com solos hidromórficos e Neossolos Flúvicos e com associações de Neossolos Litólicos e afloramentos rochosos, nos quais não foram feitas determinações de CAD.

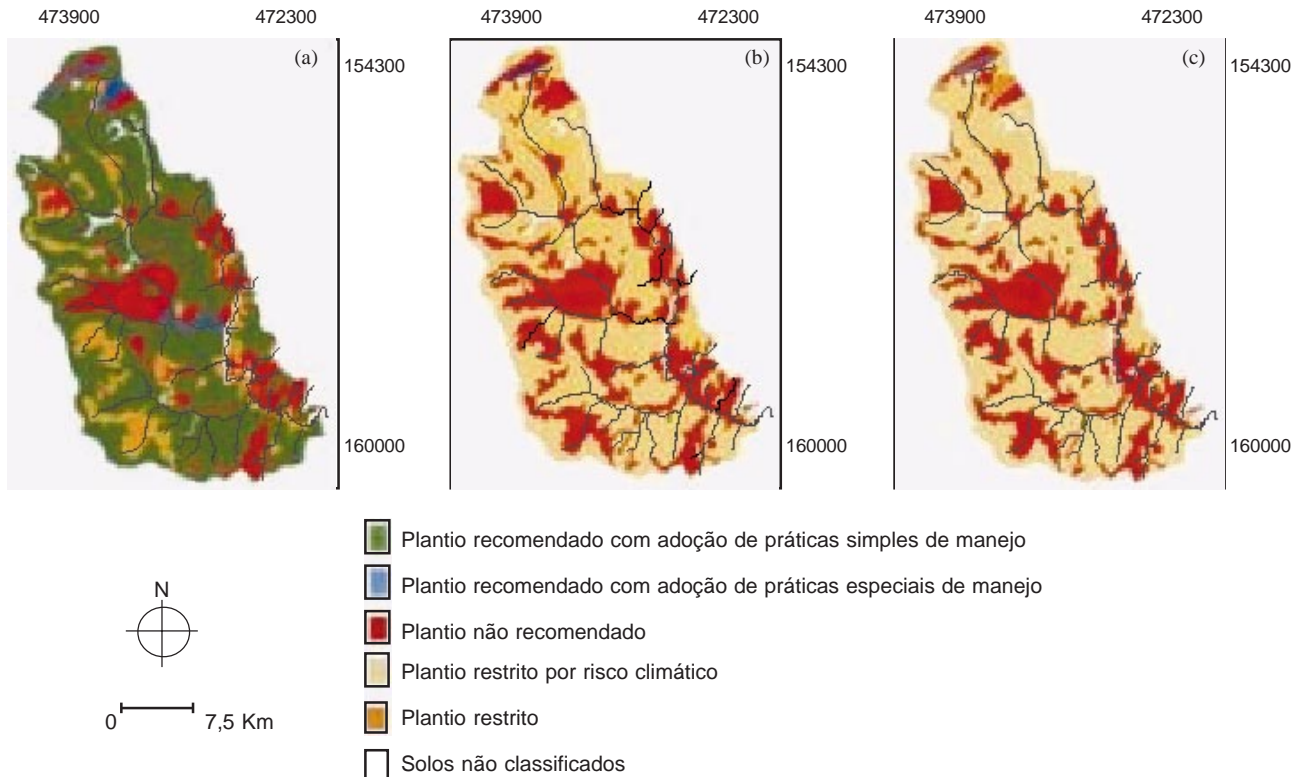


Figura 4. Mapa de aptidão agrícola das terras da Bacia do rio Jardim (DF) para a cultura do milho para as datas de plantio: (a) 11 a 20/10; (b) 11 a 20/11, e (c) 11 a 20/12.

uma otimização do sistema, visto que permite um planejamento mais eficiente por incorporar a variabilidade temporal da oferta pluviométrica.

CONCLUSÕES

1. A definição de exigências edafoclimáticas da cultura do milho e o uso de um sistema de informações geográficas permitiram quantificar as propriedades adotadas no Sistema de Aptidão Agrícola das Terras para estimativa dos graus de limitação do solo e do clima e evidenciar a variação temporal da aptidão.

2. Os dados de capacidade de água disponível (CAD), obtidos em amostras indeformadas, e os dados diários de chuva permitiram a simulação do balanço hídrico para diferentes datas de plantio e para diferentes profundidades de enraizamento da planta.

3. A espacialização do índice de satisfação da necessidade de água (ISNA) para o milho contribuiu para a definição de sistemas agrícolas mais eficientes no uso da reserva hídrica do solo, na seleção de épocas de plantio favoráveis e na avaliação de áreas susceptíveis ao risco climático.

4. Recomenda-se, como rotina de levantamentos pedológicos semidetalhados, detalhados e ultra-detalhados, a coleta de amostras indeformadas por

horizonte pedológico para determinação da capacidade de água disponível (CAD).

AGRADECIMENTOS

Às equipes da área de Pedologia, pelas inúmeras discussões e sugestões, e do Laboratório de Biofísica Ambiental da Embrapa-Cerrados, pelo apoio no geoprocessamento e na simulação do balanço hídrico.

LITERATURA CITADA

- AFFHOLDER, F.; RODRIGUES, G.C. & ASSAD, E.D. Modelo simples para avaliação das potencialidades climáticas do milho na região dos cerrados. *Pesq. Agropec. Bras.*, 32:993-1002, 1997.
- AFFHOLDER, F. & SILVA, F.A.M. Estudo exploratório entre o risco climático e técnicas de manejo das culturas na região dos Cerrados, usando o modelo SARRA. In: CONGRESSO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., Piracicaba, 1997. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.366-368.
- ARAÚJO, A.G. & LOPES ASSAD, M.L. Zoneamento de risco climático por cultura a partir de levantamento de solos de baixa intensidade. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:103-111, 2001.

- ASSAD, E.D. Análise do risco climático do plantio à colheita. In: LANDERS, J.N, org. Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado. Goiânia, Associação de Plantio Direto no Cerrado, 1994. p.169-183.
- BARUQUI, A.M. Solos para a cultura do milho. *Inf. Agropec.*, 72:16-18, 1980.
- BENNEMA, J.; BEEK, K.J. & CAMARGO, M.N. Interpretação de levantamentos de solos no Brasil - primeiro esboço: um sistema de classificação de aptidão de uso da terra para levantamentos de reconhecimento de solos. Rio de Janeiro, MA-DPFS/FAO, 1964. 50p. (mimeografado)
- BÖNISCH, S.; CÂMARA, G. & MONTEIRO, A.M.V. Análise espacial para a integração de propriedades naturais. In: GIS Brasil, 1999. 15p. (http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/gisbrasil99/análise_espacial/)
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Zoneamento Agrícola: Redução dos riscos climáticos na agricultura para as culturas de arroz de sequeiro, feijão de sequeiro, milho e soja no Distrito Federal. Safra 1997. Brasília, 1997. p.1-30.
- BURROUGH, P.A. Overseas methods of land evaluation: National Study of Soil Conservation, part 6. Canberra: Department of Environment, Health and Community Development. 1976. 8p.
- DOLABELLA, R.H.C. Caracterização agroambiental e avaliação da demanda e da disponibilidade dos recursos hídricos para a agricultura irrigada na bacia hidrográfica do rio Jardim (DF). Brasília, Universidade de Brasília, 1996. 106p. (Tese de Mestrado)
- FAO. Bulletin d' irrigation et de drainage. Rome, ONU, 1980. 306p. (FAO Publication, 33)
- FAO. Framework for land evaluation. Wageningen, ILRI, 1976. 87p. (ILRI Publication, 22)
- FORMAGGIO, A.R.; ALVES, D.S. & EPIPHANIO, J.C.N. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso de terras. Campinas: R. Bras. Ci. Solo, 16:249-252, 1993.
- FREITAS-SILVA, F.H. & CAMPOS, J.E.G. Geologia do Distrito Federal. In: Inventário hidrológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília, Secretaria de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia/Instituto Estadual do Meio Ambiente/Universidade de Brasília, 1998. p.1-186.
- GODOY, M.J.S. Aptidão agrícola das terras para a cultura do milho utilizando levantamento de solos e sistema de informações geográficas. Brasília, Universidade de Brasília, 1998. 150p. (Tese de Mestrado)
- KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO Jr.; W. & CARVALHO FILHO, A. Cerrados: solos, aptidão e potencialidades agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Campinas, 1992. Anais. Campinas, Fundação Cargill, 1992. p.1-28.
- LEPSCH, I.F. Avaliação dos solos brasileiros para o cultivo do milho. In: SIMPÓSIO DE PRODUTIVIDADE DE MILHO, Londrina, 1989. Anais. Londrina, Instituto Agronômico do Paraná, 1989. p.42-63.
- LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI, R. & ESPINDOLA, 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, 1983. 175p.
- LOPES, A.S. Características e propriedades químicas da camada superficial (0-20 cm) dos solos dos cerrados. In: LOPES, A.S., ed. Solos sob "cerrados": Características, propriedades e manejo. Piracicaba, POTAFOS, 1983. p.10-53.
- LOPES ASSAD, M.L. Uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola das terras. R. Bras. Ci. Solo, 19:133-139, 1995.
- NEUBERT, E.O. Levantamento de solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da microbacia do rio Armazém (Urussanga, SC). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 128 p. (Tese de Mestrado)
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E. & BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978. 65p.
- RAMALHO FILHO, A. & PEREIRA, L.C. Aptidão Agrícola das Terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 36p. (Documentos, 1)
- REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SPERA, S.T.; CHAGAS, C.S.; MARTINS, E.S.; ANDAHUR, J.P.; GODOY, M.J.S. & LOPES ASSAD, M.L. Levantamento pedológico semidetalhado da Bacia do rio Jardim (DF): ficha de descrição dos perfis e mapa de solos da bacia do Rio Jardim, DF (escala 1:50.000). Planaltina, 2000. CD ROM
- RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. Pedologia: base para distinção de ambientes. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 304p.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. & REIN, T.A. Uso do gesso agrícola nos solos dos Cerrados. Planaltina, Empresa de Pesquisa Agropecuária, 1996. 20p. (Circular Técnica, 32)
- SOUSA, D.M.G. & MIRANDA, L.N. Correção da Fertilidade do Solo. In: SEMINÁRIO RIO DE ONDAS, Barreiras, 1991, Barreiras, EPABA, COOPERGEL, DENACOO. 15 a 17 de maio de 1991. (não paginado)
- STRECK, E.V. Levantamento de solos e avaliação do potencial de uso agrícola das terras da microbacia do Lajeado de Atafona, Santo Ângelo (RS). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992, 167p. (Tese de Mestrado)
- UBERTI, A.A.A.; BACIK, I.L.Z.; PANICHI, J.V.; NETO, J.A.L.; MOSER, J.M.; PUNDEK, M. & CARRIÃO, S.L. Metodologia para classificação da aptidão de uso das terras do estado de Santa Catarina. Florianópolis, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina, 1992. 19p. (Documentos, 119)