



Tsuiooshi Yamada
Terry L. Roberts

- Editores -



NA AGRICULTURA BRASILEIRA



Associação Brasileira para
Pesquisa da Potassa e do Fósforo

ISBN- 85 9819-02

PROCI-2005.00139

OLI

2005

SP-2005.00139

Anais do II Simpósio sobre
Potássio na Agricultura Brasileira
São Pedro-SP, 22 a 24 de setembro de 2004

POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA

Tsuioshi Yamada
Terry L. Roberts
– Editores –

Publicado pela



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA
POTASSA E DO FOSFATO

Piracicaba-SP
2005

Editoração, normatização e revisão de texto: Eng^o Agr^o Suzana Oellers Ferreira

Ilustração: Evandro Luis Lavoretti e Guilherme Cavagioni Mendes

Diagramação e capa: Eng^o Agr^o Sílvia Regina Stipp e Abdalla

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO – ESAL/UNESP

Simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira (2 : 2004 : São Pedro, SP)
Anais do Simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira / edição de Tsuioshi Yamada e Terry L. Roberts. - Piracicaba, 2005.
841 p. : il.

Bibliografia.

1. Adubação 2. Agricultura 3. Congressos 4. Fertilizantes potássicos I. Yamada, T., ed. II. Roberts, T. L., ed. III. Título

CDD 631.85

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer meios de reprodução sem a autorização por escrito dos autores e da editora

IMPRESSO NO BRASIL
PRINTED IN BRAZIL

APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que entrego aos leitores a nova versão do livro "Potássio na Agricultura Brasileira", que vem atualizar o livro de mesmo título publicado em 1982. Nestas mais de duas décadas tivemos novos conhecimentos científicos e grandes mudanças na agricultura brasileira, como a ocupação dos Cerrados e a crescente importância da cultura da soja, informações estas atualizadas nesta nova versão.

Livro abrangente, com 30 capítulos, inicia discutindo as reservas de minerais potássicos no mundo em geral e no Brasil. E, em detalhes, descreve o processo de produção de cloreto de potássio pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD). A seguir, vêm capítulos sobre potássio no solo e na planta, finalizando com o uso do potássio nas principais plantas cultivadas no País. Além dos mais importantes cientistas brasileiros, o livro contou também com a colaboração de renomados cientistas dos Estados Unidos, Alemanha, Turquia e Equador.

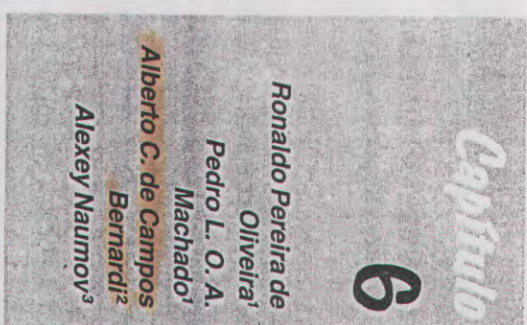
Minuciosa revisão do texto foi feita por Suzana Oellers Ferreira e Sílvia Regina Stipp e Abdalla, dos resumos em inglês por Terry L. Roberts, e as ilustrações gráficas foram elaboradas por Evandro Luis Lavoretti e Guilherme Cavagioni Mendes.

Aos autores e demais colaboradores que permitiram trazer à luz este livro – que será, sem dúvida, como o anterior, importante fonte de consulta para professores, pesquisadores, estudantes e profissionais em geral, interessados na agricultura –, deixo meus sinceros agradecimentos.

Piracicaba, julho de 2005

Tsuioshi Yamada, diretor
Associação Brasileira para Pesquisa
da Potassa e do Fósforo

- SILVA, J. R. T.; MEURER, E. J. Disponibilidade de potássio para as plantas em solos do Rio Grande do Sul em função da capacidade de troca de cátions. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 12, p. 137-142, 1988.
- SKOGLEY, E. Nuevo método de análisis de potasio en el suelo. *Informaciones Agronómicas*, Acassuso, v. 16, p. 1-3, 1994.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. *Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. *Soil fertility and fertilizers*. 3. ed. New York: Macmillan Publishing, 1975. 694 p.



CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DO SOLO E A REGIONALIZAÇÃO DO BALANÇO DE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA

ABSTRACT

CONSIDERATIONS ABOUT THE SOIL USE AND THE REGIONALIZATION OF POTASSIUM BALANCE IN BRAZILIAN AGRICULTURE

In this chapter we present the balance between the total amount of potassium (K) fertilizer applied and K taken up by 16 crop plants, including eucalyptus, in 26 States of Brazil in 2002. The crop plants considered corresponded to a large area under agriculture in all States of Brazil (76,1% to 99,1% of the agricultural area). Considering the total amount of K fertilizer delivered to the consumer per region in 2002, it was

¹ Pesquisador, Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22460-000, Rio de Janeiro-RJ; e-mail: ronaldido@cnpq.embrapa.br; pedro@cnpq.embrapa.br

² Pesquisador, Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, km 234, Fazenda Canchim, Caixa Postal 339, CEP 13560-970, São Carlos-SP; e-mail: alberto@cnpq.embrapa.br

³ Professor, Departamento de Geografia, Universidade de Moscou, Rússia; Coordenador para a América Latina do International Potash Institute (IPI); e-mail: alnaumov@geogr.msu.ru

observed that the largest use of this kind of fertilizer was in the Midwestern Region, with 1,295,786 tons (34% of the Brazilian consumption), followed by the Southern Region, with 1,084,403 tons (28% of the Brazilian consumption), and by the Southeastern Region, with 1,023,691 tons (27% of the Brazilian consumption). Only eight States (Rondônia, Acre, Amazonas, Pará, Ceará, Alagoas, Espírito Santo and Rio de Janeiro) showed negative balance. Measurements should be implemented to improve K fertilizer use efficiency aiming to optimize this fertilizer application to soils and obtain adequate crop yields and minimum K losses. Finally, the need for data concerning the amounts of K fertilizer delivered to the final consumer per municipality was highlighted. This will enable the identification of smaller agricultural regions within the States where the K fertilizer balance is negative, thus contributing to effective measurements in order to achieve efficient use of K fertilizer.

RESUMO

Neste capítulo é apresentado o balanço entre o total de adubo potássico aplicado e o exportado pelas produções de 16 plantas cultivadas nos 26 Estados brasileiros, em 2002, incluindo o eucalipto. As culturas consideradas corresponderam a grande parte da área agrícola dos Estados (76,1% a 99,1% das lavouras). Analisando-se o total de adubo potássico entregue ao consumidor por região, em 2002, observa-se que as maiores aplicações de adubo potássico ocorreram na Região Centro-Oeste, com 1.295.786 toneladas (34% do total nacional), seguida pela Região Sul, com 1.084.403 toneladas (28% do total nacional) e pela Região Sudeste, com 1.023.691 toneladas (27% do total nacional) e apenas oito Estados (Rondônia, Acre, Amazonas, Pará, Ceará, Alagoas, Espírito Santo e Rio de Janeiro) apresentaram balanço negativo. Sugere-se que sejam implementadas ações referentes à adubação potássica no Brasil para a promoção do uso eficiente deste tipo de adubo, visando otimizar suas aplicações no solo para obter produtividades adequadas com as menores perdas possíveis. Finalmente, destaca-se a necessidade de disponibilização de dados referentes às quantidades de adubos potássicos entregues ao consumidor por município, pois somente assim poderão ser identificadas microrregiões agrícolas nas quais há balanço negativo de potássio (K), viabilizando a priorização das ações corretivas para o uso eficiente do adubo potássico.

1. INTRODUÇÃO

No contexto das transformações no campo, a expansão da fronteira agrícola tem propiciado grandes avanços ao agronegócio brasileiro das últimas décadas, devido à intensificação do uso das terras para produção. Este avanço da fronteira causou maior interação espacial entre regiões de lavouras e urbano-industriais, em escala nacional e internacional, em face dos requisitos da Revolução Verde. Entretanto, esta abordagem não considera os riscos ambientais ligados ao uso inadequado dos solos, os quais, na maioria do Território Nacional, não possuem reservas de nutrientes suficientes para sustentar altas produções. O modelo atual de exploração agrícola propõe resgatar a aplicação de insumos, como fertilizantes e corretivos, para eliminar as limitações químicas dos solos e atender às exigências nutricionais das culturas com o mínimo de impacto ambiental. Este paradigma contribuiu grandemente para o sucesso da Revolução Verde, a qual, no entanto, não considera as interações ecológicas do sistema solo-planta.

Apesar do sucesso econômico que este modelo de exploração proporcionou à maioria dos sistemas de produção agrícola no século 20, as quedas de produtividade, a necessidade de aumentos de produção e a grande extensão de terras degradadas têm mostrado a necessidade de um novo modelo que considere não apenas o aumento da produtividade.

Segundo Pouliisse (2003), os principais fatores da futura transformação da produção agrícola serão consideravelmente diferentes daqueles que prevaleceram durante o século 20. O crescimento populacional e a mudança tecnológica visando aumento da produtividade, fatores preponderantes durante grande parte da última metade do século passado, continuarão a prevalecer apenas em algumas regiões de países em desenvolvimento. Todavia, para as próximas décadas, mais do que a maximização da produtividade das culturas, os principais fatores da transformação da produção agrícola serão a mudança de hábitos alimentares e a mudança tecnológica motivada por objetivos ambientais, crescimento da renda e questões sociais sobre a segurança alimentar (POULISSE, 2003). Assim, surge a necessidade de exploração racional do recurso natural solo, preservando sua capacidade produtiva, com simultânea manutenção do seu papel no ecossistema e recuperando aqueles solos marginais ou degradados pelo uso inadequado. No Brasil, nos Estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, a adubação

do solo para cultivo de soja é responsável por até 35% dos custos totais da produção e os produtores não recebem nenhum subsídio governamental (MELO FILHO e RICCHETTI, 2003).

Neste contexto, o conhecimento dos atributos que compõem os sistemas produtivos, sociopolíticos e ambientais, e suas inter-relações são cada vez mais necessários. Dessa nova concepção surge novo paradigma que enfatiza os fatores bióticos da produção, como o uso eficiente de adubos e corretivos, a adaptação das plantas às limitações do solo, o aumento da atividade biológica e a otimização da ciclagem de nutrientes (SANCHEZ, 1997).

Na busca de novas inter-relações espaciais, diversas metodologias são aplicadas ao ordenamento territorial para fins de modelos do desenvolvimento auto-sustentado. Essas metodologias utilizam processos de cruzamento de mapas temáticos, por meios manuais ou automáticos, para fins de elaboração de matrizes de atributos, entre o potencial natural e o tipo de uso, e suas conseqüentes avaliações de compatibilidades, impactos ou ameaças. O procedimento de regionalização caracteriza-se como instrumento comum a essas metodologias, segmentando o espaço territorial em partes homogêneas segundo pertinência espacial dos aspectos de ordem biofísica e de ordem político-social-econômica. Basicamente, a regionalização busca estabelecer nova repartição do espaço em número menor de objetos com dimensões geográficas mais abrangentes, com redução dos erros associados ao posicionamento geográfico de eventos e minimizando os custos computacionais para análise dos dados (WTSE et al., 1997; OPENSHAW et al., 1998; NEVES et al., 2003).

Essas novas abordagens são o objeto da presente ação de pesquisa, em parceria entre a Embrapa Solos e o International Potash Institute (IPI), buscando desenvolver metodologia de regionalização voltada ao balanço do uso de potássio (K), em nível municipal, como forma de gerar e difundir informações sobre as correlações de fertilidade dos solos na dinâmica dos macronutrientes que representam importantes indicadores de produção sob os enfoques de viabilidade socioeconômica e de preservação ambiental.

O objetivo específico deste estudo é apresentar uma visão dos resultados preliminares da pesquisa, generalizada por Unidade da Federa-

ção, mais especificamente os 26 Estados e o Distrito Federal, demonstrando o potencial de análise e interpretação oferecido pela estruturação de uma base de informações georreferenciadas. Esta base está sendo modelada para fins de integração de dados sobre o uso agrícola das terras no Brasil, pedológicos e de produção, sistematizando o diagnóstico regionalizado sobre o balanço do K em áreas de lavoura.

2. USO ATUAL DAS TERRAS

Conforme o Censo Agropecuário (IBGE, 1996), as atividades agropecuárias ocupam cerca de 27,6% do Território Nacional (Tabela 1). O principal uso do solo no Brasil é destinado à atividade pecuária, sendo 21% de seu território ocupado por pastagens, ou seja, mais do que o triplo das terras destinadas à produção de culturas permanentes e lavouras. O aproveitamento de pastagens naturais ainda é significativo, com 78 milhões ha em todo o País. Já em termos de pastagens plantadas, a Região Centro-Oeste possui pouco menos da metade da área, com 45 milhões ha, seguida pela Região Sudeste, com cerca de 20 milhões ha.

Tabela 1. Uso agrícola das terras do Brasil.

Região	Cultura permanente		Cultura temporária		Pastagem natural		Pastagem plantada		Floresta plantada	
	(1.000.000 ha)									
Norte	0,7	2,3	9,6	14,8	0,3					
Nordeste	2,6	11,8	20,0	12,1	0,4					
Sudeste	3,3	8,4	17,3	20,5	2,5					
Sul	0,6	12,8	13,7	7,0	1,9					
Centro-Oeste	0,2	7,2	17,4	45,3	0,3					
Total	7,5	42,6	78,0	99,7	5,4					

de maioria dos produtores é de baixa rentabilidade e consequente baixo uso de tecnologias, o que, na maioria das vezes, leva ao processo de degradação das pastagens e, consequentemente, do solo. No entanto, já existem opções tecnológicas disponíveis, como os programas de melhoramento genético, que incluem inseminação artificial e transferência de embriões, integração lavoura-pecuária com forrageiras adaptadas, confinamento e semiconfinamento e o recente programa oficial de rastreabilidade eletrônica de animais (MANZATTO et al., 2002; SANTOS e CÂMARA, 2002).

A área de 43 milhões ha ocupada com lavouras (Tabela 1) é relativamente pequena se comparada com a área potencial que o País dispõe para este uso. No entanto, uma análise da Figura 1 retrata uma situação positiva sobre a taxa de crescimento anual da produção grãos, ou seja, de arroz, feijão, milho, soja e trigo e da área destinada ao plantio.

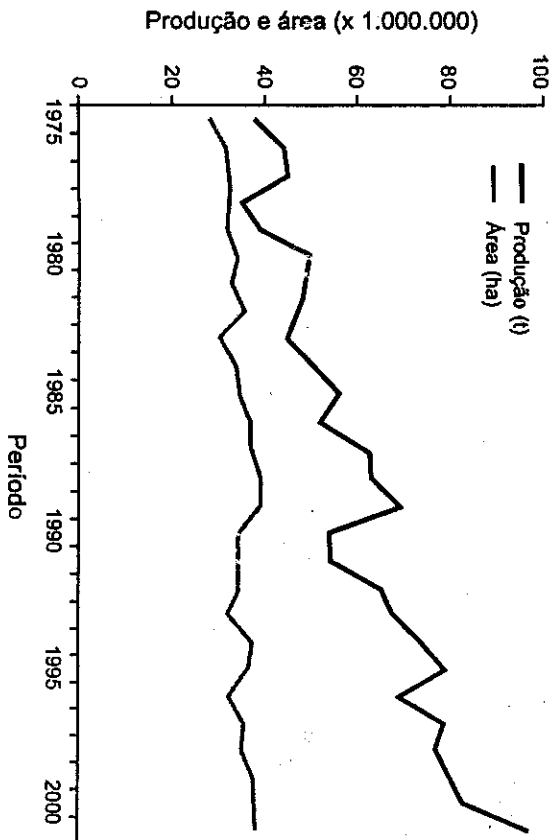


Figura 1. Evolução da área e da produção agrícola de grãos (arroz, feijão, milho, soja e trigo) no Brasil no período de 1975 a 2001.

Fonte: IBGE (2003a).

No período entre 1975 e 2001 houve evolução da área plantada de 34% (de 28,36 milhões ha para 38,11 milhões ha), enquanto a produção e a produtividade apresentaram aumentos de 148% (de 38,1 milhões t para 97,3 milhões t) e 84%, respectivamente. Esta evolução mostra que o aumento da produção, que até a década de 60 era obtido pela expansão da área agrícola, mais recentemente tem sido quase exclusivamente decorrente de aumentos de produtividade. Uma visão da abrangência das áreas de lavoura quantificadas por município é apresentada na Figura 2. Vários fatores contribuíram para a melhoria da produtividade, entre eles a utilização de sementes de variedades geneticamente melhoradas, a adoção de práticas de conservação do solo, o uso de medidas de controle fitossanitário mais eficientes e o emprego de adubos e corretivos. Outro fator a ser considerado é que esses aumentos de produtividade resultaram na diminuição da utilização de aproximadamente 60 milhões ha de terras no Brasil, que tiveram outro destino (CASSALES e MANZATTO, 2002).

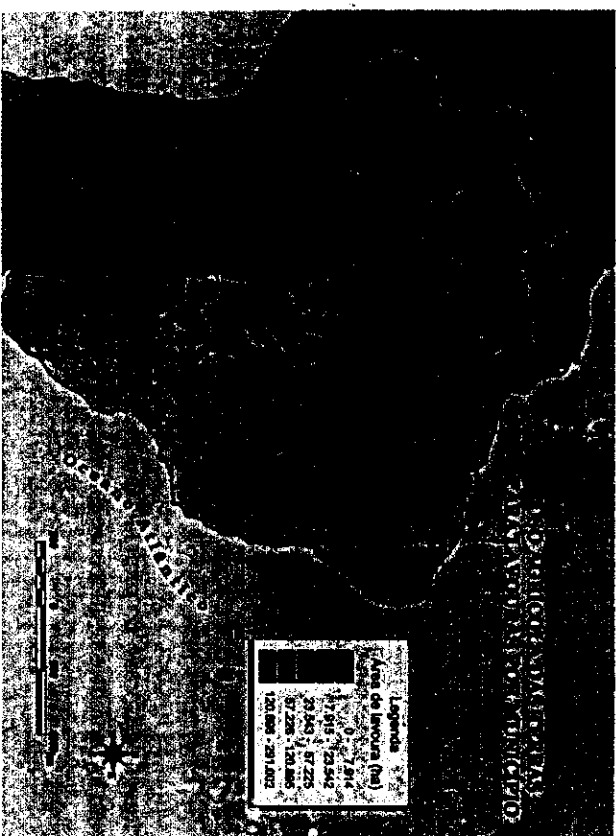


Figura 2. Uso agrícola das terras do Brasil para fins de lavouras temporárias e perenes.

Fonte: IBGE (2003a).

Na Região Centro-Oeste há 90 milhões ha, dos quais apenas 7,2 milhões ha são ocupados com culturas temporárias e 45,3 milhões ha com pastagens plantadas (Tabela 1). Isto representa cerca de 17% e 25% das áreas totais com culturas e pastagens, respectivamente, porém contrabui com cerca de 33% da safra de grãos, 40% do rebanho bovino nacional e 30% da produção de leite. Os solos desta região possuem significado estratégico para a produção futura de alimentos e a competição agrícola, reserva esta que poucos países do mundo dispõem (MANZATTO et al., 2002; SANTOS e CÂMARA, 2002).

Na área ocupada pelas lavouras tem havido significativo crescimento da adoção do sistema plantio direto (SPD), uma prática de manejo conservacionista de solo que se caracteriza pela semeadura ou plantio sem prévio preparo do solo com arado, grade ou escarificador. Atualmente, o uso deste sistema abrange uma área de mais de 17 milhões ha no Brasil, representando aproximadamente 42% da área plantada com lavouras temporárias. Foi estabelecido inicialmente na Região Sul e na década de 90 verificou-se incremento de mais de 1,2 milhões ha na região do Cerrado (FEBRAPDP, 2002a; FEBRAPDP, 2002b; SATURNINO e LANDERS, 2002).

Além dos efeitos positivos do SPD sobre o controle da erosão hídrica, existem outras importantes vantagens decorrentes de seu emprego, como a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, tais como retenção de umidade, oscilação térmica, distribuição de fósforo (P) e matéria orgânica, teor de nitrogênio (N) e distribuição de alguns organismos do solo (MACHADO e FREITAS, 2004). Há ainda evidências indicando que esta prática pode conduzir à economia da utilização de nutrientes. Isto porque em solos sob SPD, o maior acúmulo de matéria orgânica nos primeiros 10 cm de solo, em relação a solos sob aração ou gradagem frequentes, permite que haja menor fixação de P nos minerais do solo e porque as frações orgânicas, como os ácidos húmicos, podem bloquear os sítios de adsorção no mineral. Em SPD, a inclusão da rotação de culturas com leguminosas resulta em economia do uso de adubo mineral nitrogenado na cultura subsequente.

2.1. Potencial de uso das terras

O uso adequado da terra é uma das etapas do processo de conservação do solo como recurso natural. O emprego de cada parcela de

terra de acordo com sua aptidão, capacidade de sustentação e produtividade econômica permite que os recursos naturais sejam colocados à disposição do melhor uso e benefício e sejam, ao mesmo tempo, preservados para gerações futuras. Na Tabela 2 é apresentada a aptidão agrícola das terras do Brasil por região, evidenciando os diferentes níveis tecnológicos de manejo (primitivo, intermediário e avançado) e os tipos de uso indicados.

Verifica-se que há grande predominância de terras aptas para lavouras em comparação com as demais atividades. Considerando-se os diferentes níveis tecnológicos, o País apresenta aproximadamente 65% do seu território (5.552.673 km²) com terras aptas ao uso agropecuário. No nível de manejo primitivo (A) predominam terras da classe Restrita, com sérias limitações em todas as regiões do País. Esses resultados confirmam que a utilização de tecnologias rudimentares limita grandemente o cultivo de lavouras. No nível de manejo pouco desenvolvido (B) verifica-se certo equilíbrio entre as terras das classes Regular e Restrita, que apresentam limitações moderadas e fortes, respectivamente, na maioria das regiões brasileiras. Já no nível de manejo desenvolvido e altamente tecnificado (C) ocorre o predomínio de terras com restrições moderadas. Observa-se que as terras mais férteis e propícias à agricultura (classe Boa) estão nos níveis de manejo B e C e predominantemente nas Regiões Sudeste e Sul. Aproximadamente 10% do Território Nacional, ou cerca de 926.137 km², apresenta terras indicadas para uso com pastagem plantada. A Região Sul se destaca positivamente, apresentando elevado potencial para essa atividade. Cerca de 56% de suas terras apresentam aptidão Boa para pastagens plantadas. As demais regiões são constituídas de terras nas classes de aptidão Regular e Restrita para pastagem plantada. Com relação à silvicultura, cerca de 48% das terras da Região Sul têm aptidão variando de Boa a Regular. A Região Nordeste apresenta 67% de terras com aptidão Restrita (MANZATTO et al., 2002).

A partir de Embrapa (1992/93) encontram-se disponíveis informações sobre o potencial das terras (Figura 3) por intermédio da tabela de atributos associada ao mapa de delineamento macrogeológico do Brasil, em escala 1:5.000.000, digitalizado em SIG. Esse mapa representa a distribuição espacial dos atributos pedológicos, considerando parâmetros de fertilidade, textura, drenagem, relevo, vegetação e clima. A legenda detalhada do mapa apresenta 92 tipos de zonas de aptidão natural dos solos,

Tabela 2. Aptidão agrícola das terras do Brasil por região e por nível de manejo para os diferentes tipos de uso indicados.

Tipo de utilização	Região	Classe de aptidão por nível de manejo (km ²)								
		Nível de manejo A			Nível de manejo B			Nível de manejo C		
		Boa	Regular	Restrita	Boa	Regular	Restrita	Boa	Regular	Restrita
Lavouras	Norte	25,9	205,0	2.046,9	106,9	1.751,6	427,4	30,0	1.731,0	326,1
	Nordeste	13,4	145,1	435,3	15,6	421,1	321,2	7,5	436,5	267,0
	Sudeste	22,7	118,7	147,5	102,9	130,8	330,8	78,2	266,3	46,0
	Centro-Oeste	2,5	68,1	358,1	10,7	385,9	579,2	107,4	636,9	231,5
	Sul	46,2	96,8	142,7	65,0	171,5	162,4	38,4	233,9	48,1
	Total	110,7	633,6	3.130,5	301,0	2.860,8	1.820,9	261,6	3.304,5	918,7
Pastagem plantada ¹	Norte	-	-	-	-	234,1	4,9	-	-	-
	Nordeste	-	-	-	4,9	91,6	28,0	-	-	-
	Sudeste	-	-	-	2,9	40,2	96,8	-	-	-
	Centro-Oeste	-	-	-	-	339,3	22,1	-	-	-
	Sul	-	-	-	34,1	16,8	10,2	-	-	-
	Total	-	-	-	42,0	722,1	162,0	-	-	-

Tabela 2. Aptidão agrícola das terras do Brasil por região e por nível de manejo para os diferentes tipos de uso indicados.

Tipo de utilização	Região	Classe de aptidão por nível de manejo (km ²)								
		Nível de manejo A			Nível de manejo B			Nível de manejo C		
		Boa	Regular	Restrita	Boa	Regular	Restrita	Boa	Regular	Restrita
Silvicultura ²	Norte	-	-	-	-	-	3,8	-	-	-
	Nordeste	-	-	-	1,9	33,9	71,9	-	-	-
	Sudeste	-	-	-	-	58,6	9,4	-	-	-
	Centro-Oeste	-	-	-	-	139,4	71,0	-	-	-
	Sul	-	-	-	3,1	7,3	11,2	-	-	-
	Total	-	-	-	5,1	239,3	167,3	-	-	-
Pastagem natural ³	Norte	-	-	9,5	-	-	-	-	-	-
	Nordeste	0,3	141,6	290,8	-	-	-	-	-	-
	Sudeste	-	0,9	77,1	-	-	-	-	-	-
	Centro-Oeste	-	-	209,2	-	-	-	-	-	-
	Sul	19,8	10,4	3,1	-	-	-	-	-	-
	Total	20,1	152,9	589,7	-	-	-	-	-	-

¹ Terras com aptidão exclusiva para pastagem plantada; não aptas para lavouras.² Terras com aptidão exclusiva para silvicultura; não aptas para lavouras e pastagem plantada.³ Terras com ocorrência exclusiva de pastagem natural.

Fonte: RAMALHO FILHO e PEREIRA (1999).

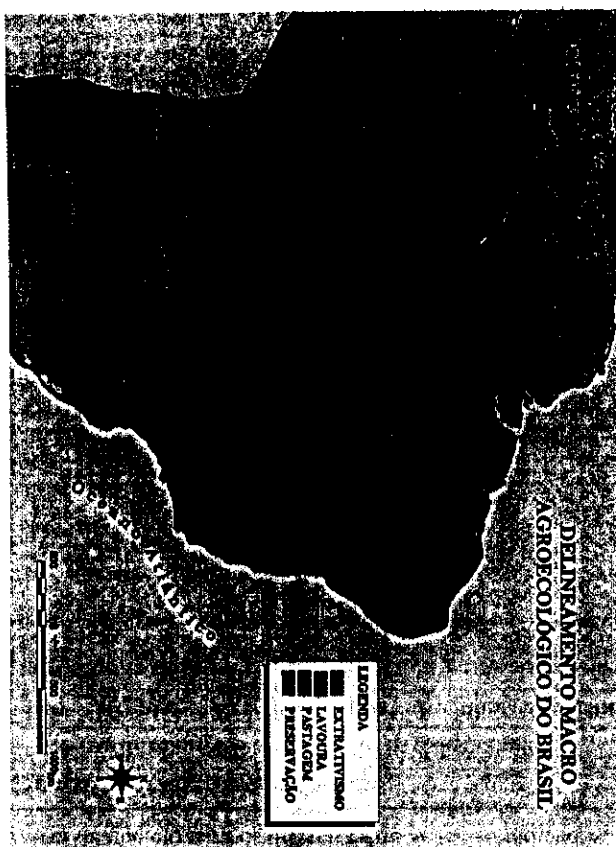


Figura 3. Potencial natural para o uso agrícola das terras do Brasil.
Fonte: EMBRAPA (1992/93).

incluindo as subclasses para as aptidões potenciais secundárias. O mapa generalizado mostra quatro classes: extrativismo, lavoura, pastagem e preservação.

3. SOLOS DO BRASIL E SUAS LIMITAÇÕES

O território brasileiro é caracterizado por uma grande diversidade de tipos de solos, condicionados por diferentes formas e tipos de relevo, clima, material de origem, vegetação e organismos associados. Esta diversidade pode ser observada na Tabela 3, elaborada a partir do Mapa de Solos do Brasil (EMBRAPA, 1981), e atualizada com base no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) por Coelho et al. (2002). No referido mapa podem-se distinguir 13 principais classes de solos representativas das paisagens brasileiras, com grande abrangência de Latossolos e Argissolos.

Tabela 3. Extensão e distribuição das classes de solos nas regiões do Brasil.

Tipo de solo	Brasil		Relativa por região (%)				
	Absoluto (km ²)	Relativo (%)	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Alissolos	371.874,5	4,36	8,67	0,00	0,00	0,00	6,34
Argissolos	1.713.853,5	19,98	24,40	17,20	13,77	20,68	14,77
Cambissolos	232.139,2	2,73	1,06	2,09	1,59	8,64	9,28
Chernossolos	42.363,9	0,53	0,00	1,05	0,27	0,21	3,94
Espodossolos	133.204,9	1,58	3,12	0,39	0,26	0,37	0,00
Gleissolos	311.445,3	3,66	6,41	0,78	2,85	0,5	0,4
Latossolos	3.317.590,3	38,73	33,86	31,01	52,81	56,30	24,96
Luvisolos	225.594,9	2,65	2,75	7,60	0,00	0,00	0,00
Neossolos	1.246.898,9	14,57	8,49	27,55	16,36	9,38	23,23
Nitossolos	119.731,3	1,41	0,28	0,05	1,22	2,56	11,48
Planossolos	155.152,1	1,84	0,16	6,61	1,73	0,16	3,00
Plintossolos	508.539,4	5,95	7,60	4,68	8,78	0,00	0,00
Vertissolos	169.015,3	2,01	3,20	0,99	0,36	1,20	2,60

Fonte: COELHO et al. (2002).

Quadro 1. Correlação entre as classes do sistema atual e a classificação anteriormente utilizada.

Classe atual	Classificação anteriormente usada
Alissolos	Rubrozem, Podzólico Bruno-Acinzentado Distrófico ou Álico, Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico Ta, e alguns Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos ou Álicos Tb (com limite mínimo de valor T de 20 cmol _c kg ⁻¹ de argila)
Argissolos	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb, pequena parte de Terra Roxa Estruturada, de Terra Roxa Estruturada Similar, de Terra Bruna Estruturada e de Terra Bruna Estruturada Similar, com gradiente textural necessário para B textural, em qualquer caso Eutrófico, Distrófico ou Álico, e mais recentemente Podzólico Vermelho-Escuro Tb com textural e Podzólico Amarelo
Cambissolos	Cambissolos Eutróficos, Distróficos e Álicos Ta e Tb, exceto os com horizonte A chernozêmico e B incipiente Eutróficos Ta
Chernossolos	Brunizem, Rendzina, Brunizem Avermelhado e Brunizem Hidromórfico
Espodossolos	Podzol, inclusive Podzol Hidromórfico
Gleissolos	Glei Pouco Húmico, Glei Húmico, parte do Hidromórfico Cinzento (sem mudança textural abrupta), Glei Tiomórfico e Solonchak com horizonte glei
Latosciclos	Latosciclos, excetuadas algumas modalidades anteriormente identificadas, como Latossolos Plínticos
Luvissolos	Bruno Não Cálcico, Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico Ta, Podzólico Bruno-Acinzentado Eutrófico e Podzólicos Vermelho-Escuros Eutróficos Ta
Neossolos	Litosolos, Solos Litólicos, Regossolos, Solos Aluviais e Arenas Quartzosas (Distróficas, Marinhas e Hidromórficas)
Nitossolos	Terra Roxa Estruturada, Terra Roxa Estruturada Similar, Terra Bruna Estruturada, Terra Bruna Estruturada Similar e alguns Podzólicos Vermelho-Escuros Tb e alguns Podzólicos Vermelho-Amarelos Tb
Organossolos	Orgânicos, Semi-Orgânicos, Tiomórficos Turfosos e a parte dos Litólicos Turfosos com horizonte hístico com 30 cm ou mais de espessura

Quadro 1. Correlação entre as classes do sistema atual e a classificação anteriormente utilizada.

Classe atual	Classificação anteriormente usada
Planossolos	Planossolos, Solonetz-Solodizado e Hidromórficos Cinzentos que apresentam mudança textural abrupta
Plintossolos	Lateritas Hidromórficas, parte dos Podzólicos Plínticos, parte dos Glei Húmicos e Glei Pouco Húmico Plínticos e alguns dos possíveis Latossolos Plínticos
Vertissolos	Vertissolos, inclusive os hidromórficos

Fonte: EMBRAPA (1981); EMBRAPA (1999).

Tabela 4. Extensão geográfica das maiores limitações na América Tropical.

Limitação do solo	América Tropical		Solos ácidos	
	1.000.000 ha	% total	1.000.000 ha	% total
Deficiência de N	1.332	89	969	93
Deficiência de P	1.217	82	1.002	96
Deficiência de K	799	54	799	77
Deficiência de Ca	732	49	732	70
Deficiência de Mg	731	49	739	70
Deficiência de S	756	51	745	71
Deficiência de Cu	310	21	310	30
Deficiência de Zn	741	50	645	62
Alta fixação de P	788	53	672	64
CTC efetiva baixa	620	41	577	55
Toxidez de Al	756	51	756	72
Baixa disponibilidade de água	626	42	583	56
Alto risco de erosão	543	36	304	29
Encharcamento	306	20	123	12
Compactação	169	11	169	16
Laterização	126	8	81	8
Estresse hídrico (> 3 meses)	634	42	299	29

Fonte: Adaptada de SÁNCHEZ e SALINAS (1981).

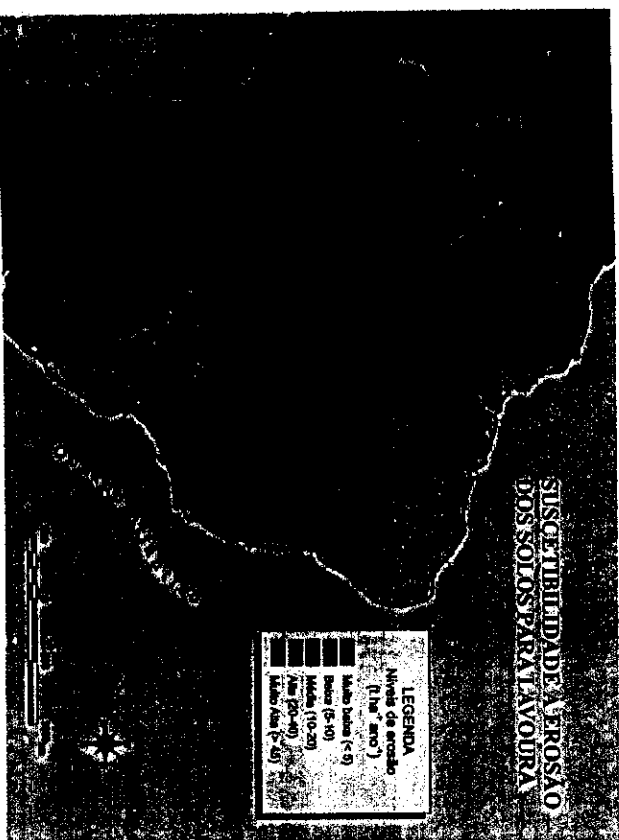


Figura 5. Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica. Fonte: HERNANI et al. (2002); EMBRAPA SOLOS SIGWEB (2003b).

4. USO DE FERTILIZANTES

4.1. Uso de fertilizantes no mundo

O consumo de fertilizantes no mundo tem sido sistematicamente avaliado por três organizações: International Fertilizer Industry Association (IFA), International Fertilizer Development Center (IFDC) e Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). O levantamento mais recente mostra que as culturas do trigo, arroz e milho consomem 50% do total de fertilizantes no mundo (FAOSTAT, 2004). Somados os consumos com pastagens, hortaliças, algodão, soja e cana-de-açúcar, este valor fica próximo a 80%.

Os principais consumidores mundiais de fertilizantes são mostrados na Tabela 5. O Brasil é um dos maiores consumidores mundiais de fertilizantes químicos, dentre os quais, os potássicos. Comparado com ou-

Tabela 5. Área cultivada, taxa de aplicação de fertilizantes e relação NPK dos principais países consumidores.

País	Área cultivada (10 ⁶ ha)	Taxa de aplicação de NPK (kg ha ⁻¹)	Relação N:P:K
China	153,9	257,2	1:0,4:0,2
Índia	170,1	94,8	1:0,4:0,2
Estados Unidos	178,1	108,6	1:0,4:0,4
Canadá	45,9	58,5	1:0,4:0,2
Austrália	48,6	46,9	1:1,1:0,2
Rússia	125,3	11,8	1:0,4:0,2
França	19,6	202,6	1:0,3:0,4
Argentina	35,0	21,1	1:0,7:0,1
Chile	2,3	197,2	1:0,8:0,4
Brasil	66,6	115,4	1:1,5:1,7

Fonte: FAOSTAT (2004).

tros países em desenvolvimento, o Brasil destaca-se pelo nível relativamente alto de uso de fertilizantes químicos por área (115,4 kg ha⁻¹ NPK), superado na América Latina somente pelo Chile (197,2 kg ha⁻¹). Outro ponto a destacar são as proporções entre os macronutrientes. A relação entre N, P e K no Brasil é de 1:1,5:1,7, indicando alta proporção de uso de K em comparação com os Estados Unidos, países europeus, China e Índia, nos quais predomina o uso de N. No entanto, o baixo consumo proporcional de fertilizantes nitrogenados também pode ser indicativo das baixas produtividades observadas no País. Esta relação de consumo é histórica e, em média, de 1:1,43:1,55, segundo Yamada e Lopes (1999).

4.2. Uso de fertilizantes no Brasil

Como exposto anteriormente, os solos brasileiros são, em geral, ácidos, pobres em P, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e com teores altos de Al. No entanto, aplica-se muito menos fertilizantes e corretivos do que o recomendado. Observa-se que apenas nas culturas da soja e da cana-de-açúcar há utilização mais abrangente de fertilizantes, sendo as taxas médias de adubação dessas duas culturas na faixa de 95% e 97%, respectivamente.

Para as demais, as taxas de fertilização não ultrapassam 88% da área total (Tabela 6).

Os dados apresentados pela FAO (1999) mostram que as culturas que mais utilizaram fertilizantes foram soja (24%), milho (23%) e cana-de-açúcar (21%), seguidas por café, arroz, feijão, trigo, laranja, batata e algodão. Essas dez culturas consomem aproximadamente 94% dos fertilizantes usados no País (Tabela 6). Os dados mostrados por Yamada e Lopes (1999) corroboram esta constatação.

Embora responsável por três quartos do consumo total de fertilizantes (N , P_2O_5 e K_2O) na América Latina, no período entre 1975 e 1989 o Brasil não ultrapassou o consumo de 5,0 milhões t anuais e entre 1989 e 1999 o consumo aumentou apenas 800 mil t. A partir de 2000 tem havido grande crescimento do consumo e atualmente o montante total está próximo de 7 milhões t (Figura 6). As quedas de consumo relacionam-se a problemas de crédito, frustração de safras e baixos preços dos produtos agrícolas, enquanto os aumentos geralmente envolvem relação de troca favorável entre fertilizantes e produtos agrícolas em associação a safras satisfatórias quanto à produtividade.

O K tomou-se, no Brasil, o principal macronutriente consumido desde o início dos anos 90 e a tendência atual de desenvolvimento do setor agropecuário está favorecendo o crescimento do uso de fertilizantes potássicos, sendo a maior parte comercializada como cloreto de potássio. No caso da soja, por exemplo, depois do N, o K é o segundo elemento absorvido em grandes quantidades pela planta e em cada 1.000 kg de sementes produzidas são extraídos 20 kg de K_2O (MASCARENHAS et al., 2004).

A principal fonte de fertilizante nitrogenado utilizada é a uréia, apesar de seus grandes problemas de perdas por volatilização quando aplicada em superfície ou sobre a palha, como em SPD. Já o fertilizante fosfatado mais utilizado é o superfosfato simples, sendo, além de excelente fonte de P, também de Ca e enxofre (S).

O IBGE (1996) apresentou dados estatísticos em nível municipal indicando o número de estabelecimentos que sistematicamente aplicaram fertilizantes químicos, sem diferenciar entre N, P e K. O resultado, representado no cartograma da Figura 7, foi obtido mediante o sistema Estatcart

Tabela 6. Área plantada com as principais culturas no Brasil, porcentagem da área fertilizada, taxa de aplicação e utilização total de nutrientes, dados referentes a 1996.

Cultura	Área cultivada (1.000 ha)	Área fertilizada (%)	Taxa de aplicação (kg ha ⁻¹)			Consumo (1.000 Mt)			Total
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Milho	13.888	76	35	36	36	369,4	380,0	380,0	1.129,4
Soja	11.376	97	5	51	51	55,2	562,8	562,8	1.180,8
Feijão	4.939	68	11	21	12	36,9	70,5	40,3	147,7
Cana-de-açúcar	4.902	95	70	56	95	326,0	260,8	442,4	1.029,2
Arroz	3.605	76	30	46	27	82,2	126,0	74,0	282,2
Café	2.021	84	97	24	97	164,7	40,7	164,7	370,1
Trigo	1.837	83	8	41	41	12,2	62,5	62,5	137,2
Laranja	971	85	55	28	55	45,4	23,1	45,4	113,9
Algodão	682	85	26	49	49	15,1	28,4	28,4	71,9
Batata	181	88	93	324	185	14,8	51,6	29,5	95,9
Total	44.402	-	-	-	-	1.121,9	1.606,5	1.829,9	4.558,2

Fonte: FAO (1999).

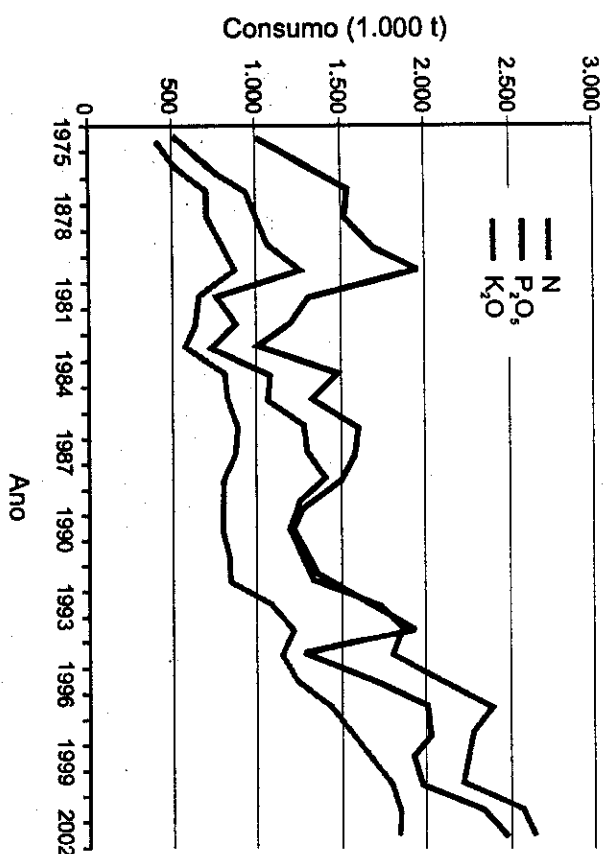


Figura 6. Consumo de fertilizantes N, P_2O_5 e K_2O no Brasil no período de 1975 a 2002.

Fonte: FAOSTAT (2004).

(IBGE, 2003b) para atributos sobre a produção agrícola municipal. Este sistema resulta da articulação de bases de dados dos censos com um sistema de recuperação das informações, oferecendo opções de consulta, seleção, localização e comparação de variáveis georreferenciadas, além de permitir o cruzamento de várias características, tais como condição do agricultor, tamanho da área, entre outras.

Esses dados do Censo Agropecuário (IBGE, 1996) mostram o avanço tecnológico da agricultura na Região Sudeste, com investimentos muito altos, e o extremo oposto que ocorre na Região Nordeste, com baixo uso de tecnologias adequadas tanto nos minifúndios como nos latifúndios. Mas, para o País em geral, o nível de uso de fertilizantes químicos está ainda longe do ótimo. Segundo esse levantamento, apenas 31,9% dos 4,86 milhões de estabelecimentos relataram o uso sistemático de fertilizantes químicos.

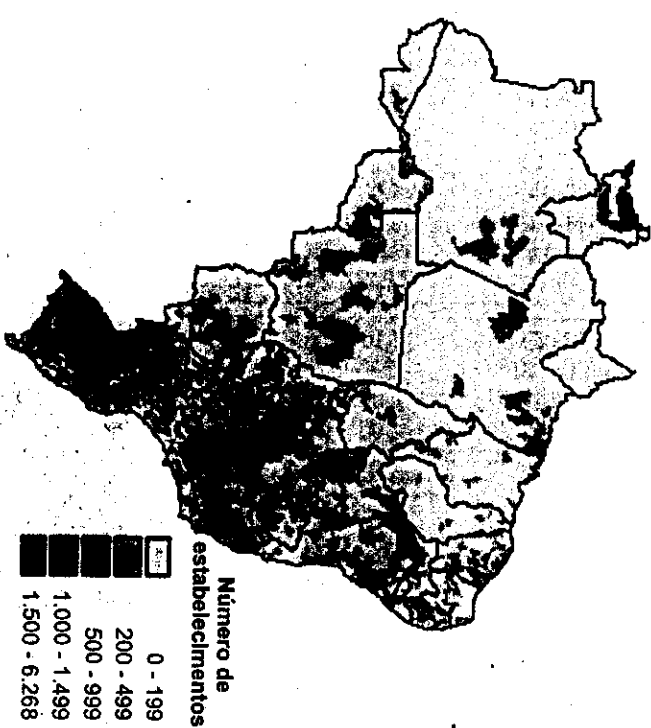


Figura 7. Número de estabelecimentos que relataram uso sistemático de fertilizantes químicos, por município.

Fonte: Dados de IBGE (1996) recuperados mediante IBGE (2003b).

Na Tabela 7, são apresentadas as áreas plantadas com as principais culturas e as taxas de utilização dos fertilizantes macronutrientes nos Estados brasileiros. Os níveis mais baixos foram relatados pelos parceiros e ocupantes, com 29,3% e 14,6% de todos os estabelecimentos, respectivamente. Dentro das atividades, o nível mais alto foi demonstrado por horticultores e agricultores que se dedicaram à lavoura permanente, com 71,9% e 45,2%, respectivamente. Dos agricultores que cultivaram lavouras temporárias, 40,6% relataram usar fertilizantes químicos. O nível mais baixo de uso de fertilizantes químicos foi demonstrado pelos produtores de carvão vegetal e silvicultores, com 8,7% e 6,1%, respectivamente. Interessante destacar o nível relativamente alto do uso de fertilizantes químicos nos sistemas de lavoura e pecuária, de 41,4% para todo o Brasil e, em particular em alguns Estados, como no Paraná, com 61,9%.

Tabela 7. Utilização de fertilizantes contendo macronutrientes nos Estados brasileiros.

Região/Estado	Área com principais culturas (1.000 ha)	Utilização dos fertilizantes contendo macronutrientes (kg ha ⁻¹)				Fórmula N:P:K
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total	
Brasil	50.981,0	32,7	45,8	50,3	128,8	7:17:17
Norte	2.487,2	5,5	9,9	10,3	25,7	
Acre	99,5	0,5	0,7	0,5	1,7	n.d.
Amapá	7,7	47,5	76,4	120,0	243,9	9:8:21
Amazonas	193,6	3,8	3,5	5,1	12,4	5:21:8
Pará	1.296,4	4,0	7,9	8,3	20,2	5:12:22
Rondônia	557,0	2,4	4,4	4,1	10,9	4:16:14
Roraima	41,1	2,0	7,3	5,9	15,2	12:13:13
Tocantins	292,0	20,4	35,8	34,9	91,1	5:20:10
Nordeste	11.257,7	13,1	17,1	21,2	51,4	
Alagoas	687,8	40,7	22,5	53,4	116,6	12:13:12
Bahia	4.021,5	17,5	29,4	30,9	77,8	5:16:14
Ceará	1.907,4	1,4	1,0	1,8	4,2	12:12:21
Maranhão	1.230,2	7,5	21,7	19,5	48,7	4:17:22
Paraíba	576,1	8,6	5,4	11,1	25,1	12:27:10
Pernambuco	1.175,7	17,5	10,2	22,0	49,7	14:15:14
Piauí	899,2	3,3	9,0	8,7	21,0	7:19:17
R. Grande do Norte	452,0	12,0	10,2	16,8	39,1	11:20:11
Sergipe	307,8	10,0	7,5	9,5	27,0	13:12:16

Tabela 7. Utilização de fertilizantes contendo macronutrientes nos Estados brasileiros.

Região/Estado	Área com principais culturas (1.000 ha)	Utilização dos fertilizantes contendo macronutrientes (kg ha ⁻¹)				Fórmula N:P:K
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total	
Sudeste	10.604,1	68,0	59,2	78,7	205,9	
Espírito Santo	787,8	49,5	19,3	50,9	119,7	20:7:17
Minas Gerais	4.027,4	71,2	66,7	81,4	219,3	8:16:15
Rio de Janeiro	257,2	22,2	17,8	33,7	73,7	8:8:17
São Paulo	5.590,8	70,3	60,9	82,5	213,6	12:14:17
Sul	16.594,2	30,1	44,3	44,6	119,0	
Paraná	8.009,1	32,4	48,8	47,0	128,3	9:17:17
Santa Catarina	1.686,3	42,4	36,8	33,0	112,2	14:16:13
Rio Grande do Sul	6.898,8	24,4	40,9	44,5	109,8	8:18:19
Centro-Oeste	10.037,9	28,5	115,0	72,0	215,5	
Goiás	3.076,1	36,1	81,8	75,4	193,3	5:19:18
Mato Grosso	4.830,4	22,7	74,9	73,5	171,1	2:19:17
Mato Grosso do Sul	2.052,8	29,6	66,5	63,0	159,1	5:19:18
Distrito Federal	78,6	59,2	106,1	86,9	252,2	10:16:17

Fonte: IBGE (2002); ANDA (2003).

Dentro dos grupos de estabelecimentos por área destacam-se tanto o minifúndio (0 a 1 ha, 1 ha a 2 ha e 2 ha a 5 ha), com nível muito baixo (13,9%, 15,2% e 22,5%, respectivamente), como o latifúndio (mais de 10.000 ha), representando somente 28,6% de todos os estabelecimentos que usavam fertilizantes químicos. Os grupos que mais utilizaram fertilizantes foram os de estabelecimentos de tamanho médio (entre 10 ha e 100 ha), representando 41% do total, e aqueles entre 10 ha e 20 ha, com 46%. Os dados do IBGE (1996) também mostram que existe grande demanda por assistência técnica no que se refere ao uso dos fertilizantes, uma vez que 78,7% dos agricultores solicitaram-na. Uma imagem ilustrativa da distribuição espacial da aplicação de K na lavoura, computada e quantificada na regionalização do balanço final, é apresentada na Figura 8.

Os dados do IBGE (1996) para os Estados indicam grandes diferenças geográficas. No Estado de São Paulo, 64,7% dos estabelecimentos

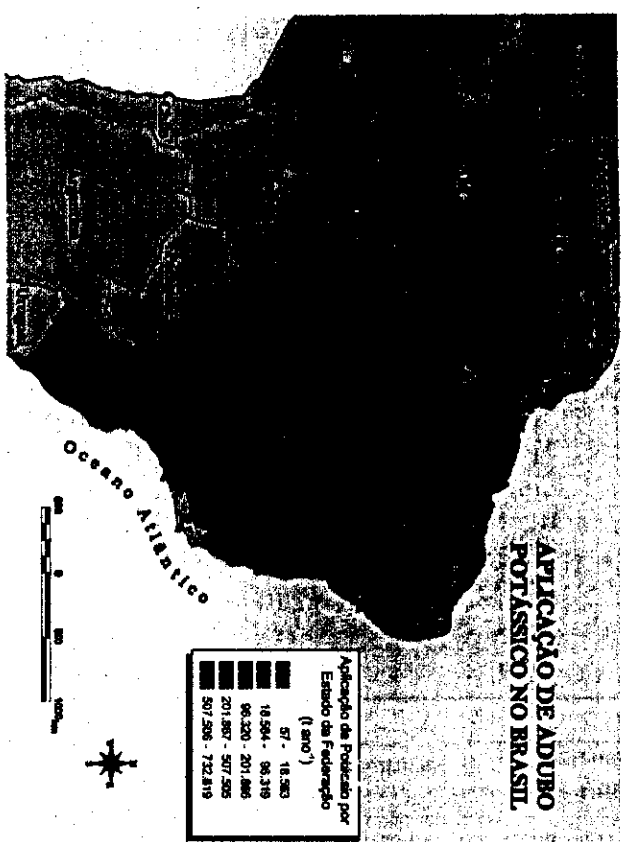


Figura 8. Espacialização da aplicação de potássio por Unidade da Federação. Fonte: Adaptada de ANDA (2003).

usaram fertilizantes químicos sistematicamente. Os parceiros e os arrendatários usaram ainda mais fertilizantes do que os proprietários, representando 89,2% e 72,1%, respectivamente, contra 62,9%. Não houve diferença entre lavoura temporária, permanente e horticultura, entre 86% e 87% de utilização. Os índices de uso na pecuária (36,3%) e até na silvicultura (29,7%) são considerados altos. Entre os grupos por área, o nível de uso mais elevado, de 88,9%, foi apresentado por propriedades de 10.000 ha ou mais. No entanto, as taxas de utilização diminuíram com o tamanho das propriedades, chegando a 60,4% nos estabelecimentos entre 0 e 10 ha.

No Estado do Ceará, onde são realizados ensaios do projeto IPY/Embrapa com culturas perenes tropicais, somente 6,7% do total dos estabelecimentos utilizaram fertilizantes químicos, sendo 62% utilizados por horticultores, 11% nas lavouras permanentes e apenas 7,5% nas lavouras temporárias. Os grupos que mais usaram fertilizantes químicos foram as propriedades entre 2.000 ha e 5.000 ha (18,5%) e de 1.000 ha a 2.000 ha (11,9%). A assistência técnica para aplicar os fertilizantes foi solicitada somente por 28,6% dos agricultores. Esta situação ocorre praticamente em todos os outros Estados da Região Nordeste.

No Estado do Paraná, que foi o principal produtor de soja até a inclusão da região do Cerrado, e em cujo setor agrícola predomina o cooperativismo com tecnologia moderna, o nível médio de uso sistemático de fertilizantes químicos foi de 60%. As maiores taxas de utilização estão nos estabelecimentos especializados em lavoura temporária e horticultura, com 72,9% e 77,6%, respectivamente. Também são observados altos níveis de utilização de fertilizantes químicos na produção de carvão vegetal, com 51,6%. Os níveis mais altos concentram-se no grupo de estabelecimentos entre 10 ha e 100 ha, representando cerca de 68%. Valores relativamente altos de uso também ocorrem nos estabelecimentos maiores: 62,3% nos de 100 ha a 1.000 ha; 63,6% nos de 1.000 ha a 10.000 ha; e até 58,8% para os maiores do que 10.000 ha. Tanto os proprietários como os parceiros e os arrendatários apresentaram taxas maiores do que 60%. Os níveis mínimos, de 25,6% e 33,7%, foram observados nos estabelecimentos menores, de 0 a 1 ha e de 1 ha a 2 ha, respectivamente.

A situação é muito diferente no Estado de Mato Grosso. Foram aplicados fertilizantes químicos sistematicamente somente em 11,9% dos estabelecimentos. Na lavoura temporária foram aplicados em 27,9% e na

horticultura, em 57,9%. Os arrendatários foram os que mais aplicaram, com 35,8%, e os ocupantes, somente 3,7%. Os estabelecimentos grandes, entre 1.000 ha e 10.000 ha, foram aqueles que mais utilizaram esses insumos, com 27,4% e quase sem diferença dentro dos subgrupos. Os estabelecimentos pequenos, com menos de 10 ha, e os médios, com 10 ha a 100 ha e 100 ha a 200 ha, praticamente não utilizaram fertilizantes químicos, por empregar economia agrícola de minifúndio típico, com baixa utilização de insumos. Destaca-se ainda a proporção muito baixa dos estabelecimentos que possuíam assistência técnica para aplicar os fertilizantes, que foi de somente 24,8%.

Em Goiás, praticamente metade dos estabelecimentos utilizou fertilizantes químicos. Na maioria deles, os parceiros (71,7%) e os arrendatários (63,2%) foram os principais usuários destes insumos. Os fertilizantes químicos foram aplicados sistematicamente por 84,3% dos estabelecimentos com lavoura temporária, 90,1% com horticultura e 60,7% com lavouras permanentes. Utilizaram esses insumos os estabelecimentos tanto de tamanho pequeno como grande: 47,8% nos de 0 a 10 ha, 49,0% nos de 10 ha a 100 ha; 51,1% nos de 100 ha a 1.000 ha; 48,6% nos de 1.000 ha a 10.000 ha; e 51,4% naqueles com mais de 10.000 ha. O Estado de Goiás também se caracteriza pelo alto nível de aplicação de assistência técnica para uso de fertilizantes, pois este tipo de ajuda foi pedido por 61,7% dos estabelecimentos.

Apesar dessas observações por Estado, o País carece de estudos detalhados sobre a aplicação de fertilizantes. Deveria ser uma demanda da comunidade científica e dos próprios agricultores que os censos incluíssem nos próximos questionários esses tipos de dados, considerando as quantidades de macronutrientes e os tipos de fertilizantes empregados.

5. EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES

Os resultados de literatura, estatísticas e mapas apresentados indicaram que há diferenças regionais na disponibilidade de K. Estas diferenças foram analisadas a partir do conhecimento agronômico e geográfico, com as técnicas de álgebra de mapas aplicadas às informações tabulares e geométricas obtidas em IBGE (2003b), resultando na quantificação apresentada na Tabela 8 e na distribuição espacial representada na Figura 9.

Tabela 8. Balanço de potássio, por Unidade da Federação, na agricultura brasileira.

Unidade da Federação	Área total de lavoura (ha)	Área de lavoura considerada (%) ¹	Total de K aplicado (t) ²	Total de K exportado (t)	Balanço de K (t) ³
REGIÃO NORTE					
AC	102.580	92,1	57	1.626	-1.586
AM	193.993	71,7	888	3.467	-2.845
AP	14.549	87,7	1.247	224	649
PA	1.134.083	86,2	18.563	19.333	-6.339
RO	543.539	98,2	5.426	11.807	-8.009
RR	33.650	86,4	1.749	400	825
TO	312.082	96,7	27.321	6.068	13.057
REGIÃO NORDESTE					
AL	665.287	94,9	42.860	33.745	-3.743
BA	3.727.758	82,7	176.398	65.637	57.842
CE	1.758.449	94,6	4.250	7.588	-4.613
MA	1.275.618	98,1	43.885	17.443	13.276
PB	256.193	76,1	9.721	6.325	480
PE	750.272	90,9	32.859	20.009	2.992
PI	912.501	99,1	17.090	5.911	6.052
RN	311.489	84,6	10.172	3.492	3.628
SE	273.492	77,2	15.120	3.707	6.877

Tabela 8. Balanço de potássio, por Unidade da Federação, na agricultura brasileira.

Unidade da Federação	Área total de lavoura (ha)	Área de lavoura considerada (%) ¹	Total de K aplicado (t) ²	Total de K exportado (t)	Balanço de K (t) ³
REGIÃO SUDESTE					
ES	759.332	93,3	29.601	31.529	-10.808
MG	4.043.535	96,8	412.265	130.006	158.579
RJ	261.796	86,4	8.640	7.274	-1.226
SP	5.833.387	94,8	582.185	298.163	109.367
REGIÃO SUL					
PR	8.164.139	95,7	507.505	313.337	41.916
SC	1.716.091	87,8	96.319	41.533	25.890
RS	7.086.790	92,5	480.579	202.984	133.421
REGIÃO CENTRO-OESTE					
GO	3.135.895	95,1	351.931	122.118	124.234
MS	2.008.316	96,0	201.866	85.800	55.506
MT	4.963.644	96,6	732.819	231.178	281.795
DF	85.026	95,9	9.170	2.651	3.768
Total	50.323.486	93,4	3.820.486	1.673.354	1.000.986

¹ Relativa às culturas selecionadas segundo a disponibilidade de dados.² Considerados apenas 70% do valor total aplicado para fins de balanço de potássio.³ Total considerando 30% de perdas na aplicação.

Fonte: IBGE (2003b).

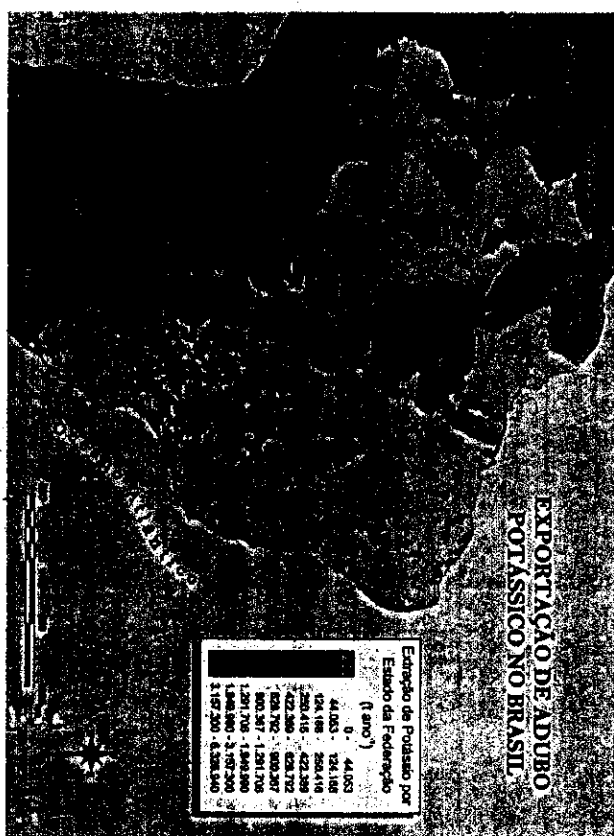


Figura 9. Espacialização da extração de potássio por município.

Fonte: Adaptada de IBGE (2003b).

As informações geradas têm grande interesse para o setor agroindustrial. Os resultados apresentados a seguir são os primeiros desta pesquisa, que tem como objetivo a elaboração da regionalização do balanço de K no Brasil.

5.1. Principais culturas

A produtividade média e os teores de macronutrientes na parte colhida das principais culturas brasileiras estão na Tabela 9. A partir destes dados foi feita uma estimativa espacializada das quantidades extraídas de K na parte colhida.

Somente no caso do eucalipto não foram encontradas variáveis diretamente correspondentes na base de produção agrícola municipal do IBGE (2003a). Por intermédio da interface Estatcart (IBGE, 2003b), a recuperação de dados sobre o extrativismo agrícola oferece valores correlatos,

Tabela 9. Produtividade atual e extração de nutrientes das principais culturas no Brasil.

Cultura	Produtividade atual (t ou m ³)	Macronutriente (kg t ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Algodão	2,13	23,0	4,0	16,0	8,4	3,7	7,7
Arroz	3,09	12,0	3,0	3,0	1,0	1,0	0,7
Batata	16,35	3,0	0,3	4,0	0,2	0,2	0,2
Cacau	0,30	32,0	6,0	48,0	1,0	2,0	1,0
Café	1,48	18,0	1,2	27,0	3,4	1,4	1,5
Cana	68,51	1,2	0,2	1,1	0,1	0,2	0,2
Citros	12,14	2,2	0,2	1,8	0,5	0,1	0,1
Eucalipto	47,30	1,1	0,1	0,7	1,6	0,4	0,5
Feijão	0,69	35,0	3,5	14,7	3,1	2,6	3,7
Mandioca	13,20	3,0	0,3	3,0	0,6	0,3	0,1
Manga	27,28	1,3	0,2	1,6	-	-	0,2
Meião	12,95	2,0	0,5	2,4	-	-	-
Milho	2,62	20,0	4,0	5,5	0,1	1,8	1,7
Soja	2,37	60,6	5,2	18,7	1,9	2,2	3,2
Tomate	50,15	1,8	1,0	2,1	0,1	0,2	0,3
Trigo	1,95	22,5	4,5	13,5	1,0	3,0	1,3

Fonte: MALAVOLTA (1986); BARBOSA FILHO (1987); OLIVEIRA e THUNG (1988); BURTON (1989); MALAVOLTA e VIOLANTE NETO (1989); CASTELANE et al. (1991); HAAG et al. (1991a); HAAG et al. (1991b); NAKAGAWA (1991); IBGE (1996); RAU et al. (1996); MALAVOLTA et al. (1997); YAMADA e LOPES (1999).

porém categorizados e quantificados sob outras classes de variáveis, tais como produção de extração vegetal (madeira em tora, lenha, outras fibras), silvicultura (madeira em tora, lenha, outras fibras) e pinheiros brasileiros (madeira em tora, lenha, outras fibras).

Bernardi et al. (2002) avaliaram a quantidade de macronutrientes primários extraídos pelas principais culturas brasileiras. Os resultados mostraram que o N foi o nutriente mais extraído, com 3.519 mil t, seguido do K, com 1.553 mil t, equivalentes a 1.842 mil t de K_2O , e do P, com 437 mil t, equivalentes a 999,8 mil t de P_2O_5 . A relação N:P: P_2O_5 :K: K_2O foi de 3,52:1,00:1,84. Quanto aos macronutrientes secundários, as extrações de

Ca, Mg e S foram, respectivamente, de 320 mil t, 275 mil t e 304 mil t. Dos micronutrientes, o ferro foi o mais extraído pelas plantas em 1999 (15.875 t), seguido por manganês (7.437 t), zinco (5.295 t), boro (2.778 t), cobre (1.794 t) e molibdênio (142 t).

5.2. Situação das pastagens

Dos quase 178 milhões ha sob pastagem, cerca de 100 milhões são de pastagens plantadas, ou seja, cerca de 13% da área total do País. As principais forrageiras utilizadas são: braquiária (*Brachiaria decumbens*, *B. humidicola* e *B. brizantha*), colônia (*Panicum maximum*), andropogon (*Andropogon gayanus*), jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) e pangola (*Digitaria decumbens*).

Na Região Amazônica, a maior parte das pastagens é estabelecida sem nenhuma adubação, ficando a produtividade normalmente dependente dos resíduos de cinzas provenientes das queimadas. Nas outras regiões, geralmente a introdução ocorre após o cultivo pioneiro de uma cultura anual, normalmente arroz ou outro cereal. Neste caso, a produtividade fica condicionada ao efeito residual do adubo químico aplicado para o cereal. Além dos problemas na implantação, outros também são observados no estabelecimento e na condução dessas pastagens, como o uso de solos exauridos por outras culturas ou por erosão, a ausência de adubação, principalmente com P e N e o sobrepastejo. Esse modelo de exploração extrativista é uma das principais causas da degradação das pastagens e dos solos no Brasil. Nessas condições, as exigências das plantas forrageiras não são atendidas, a não ser após o curto período em que as cinzas das queimadas ou a decomposição da matéria orgânica, favorecida pelo preparo recente do solo, colocam em disponibilidade alguns nutrientes (MARASCHIN, 2000).

A remoção de nutrientes pelas forrageiras varia de 200 kg ha⁻¹ a 300 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ a 60 kg ha⁻¹ de P e 200 kg ha⁻¹ a 500 kg ha⁻¹ de K. Já a remoção devida aos animais é muito baixa, pois em uma pastagem de braquiária de alta produção, com 2 a 4 cabeças ha⁻¹, com ganho de peso diário de 1 kg ha⁻¹, a exportação anual é de cerca de 9 kg ha⁻¹ de N, 5 kg ha⁻¹ de P_2O_5 e 0,84 kg ha⁻¹ de K_2O (MONTEIRO e WERNER, 1997).

No Brasil, a adubação da pastagem nativa ou plantada é insignificante, gerando índices zootécnicos pífios. Entretanto, os efeitos benéficos

da adubação são observados já no primeiro ano após a aplicação, enquanto a reposição das perdas pode melhorar em muito a eficiência da adubação, uma vez que a reciclagem é muito alta em pastagens produtivas e de qualidade.

6. REGIONALIZAÇÃO DO BALANÇO DE POTÁSSIO

O presente estudo deve ser entendido como uma primeira aproximação no que se refere a uma metodologia de regionalização orientada para estudos estratégicos no planejamento de ações e investimentos direcionados ao manejo sustentável da produção com eficiência no uso do K. Os resultados preliminares, totalizados e especializados por Unidade da Federação, servem para a avaliação e o levantamento de limitações da estruturação de uma base de informações georreferenciadas que se propõe a integrar acervos de dados pedológicos e socioeconômicos, referentes à produção agrícola de lavouras, oriundos de fontes distintas. Desta forma, possibilita tanto a observação de critérios de compatibilidade semântica, topológica, estrutural e escalar dos dados, quanto a mensuração da abrangência geográfica, complementaridade temática e novas requisições de informação. Os resultados desta etapa da pesquisa consolidam as três metas iniciais para execução do projeto de regionalização: a. compilação, formatação e estruturação de informações de solos do Brasil; b. revisão, seleção, aquisição e integração das bases digitais de Censo, Anuários e malhas espaciais do IBGE; c. modelagem e implementação de uma interface da base de dados georreferenciados.

A estruturação das informações apresentadas nas seções anteriores foi implementada no ambiente ArcView GIS V.3.2^o (ESRI, 1992-2000), mediante exportação e importação de mapas vetoriais e dados tabulares oriundos do acervo de mapas temáticos da Embrapa Solos e informações georreferenciadas do IBGE. Nesta interface, a análise das relações espaciais é feita de forma interativa, permitindo a interpretação numérica e visual da topologia geométrica associada aos parâmetros temáticos. Este fato, por si, já caracteriza uma ferramenta não automática de análise integrada para fornecimento de subsídios para o delineamento das articulações macroregionais do uso agrícola das terras.

Procedimentos de regionalização caracterizam-se como instrumento comum nas metodologias aplicadas ao ordenamento territorial, segmen-

tando o espaço de estudo em partes homogêneas segundo pertinência espacial dos aspectos a serem observados. Basicamente, a regionalização busca estabelecer uma nova repartição do espaço mediante técnicas que podem ser puramente conceituais e interpretativas ou matematicamente complexas (KAVISKI et al., 2003; NEVES et al., 2003). Kaviski (1992) classifica as técnicas de regionalização em quatro grupos: a. empíricas; b. de extensão de séries; c. de regressão; d. de mapeamento regional. De modo geral, as técnicas pertencentes aos diferentes grupos são complementares e aquelas dentro de cada grupo são competitivas.

De maneira geral, as abordagens empíricas e de mapeamento regional são aplicadas quando há disponibilidade de acervos de dados descentralizados, distintos, incompletos e generalizados em pequenas escalas. Estas se valem, principalmente, do conhecimento dos especialistas temáticos no estabelecimento de: regras para o cruzamento das informações e álgebra de mapas; critérios de pesos na ponderação de vetores em matrizes de funções lineares aplicadas na análise multicritério ou em algoritmos de hierarquização (*Analytical Hierarchy Process-AHP*); ou categorias de generalização booleana para classificações temáticas integradas por sobreposição gráfica (EASTMAN et al., 1993).

No atual estágio da pesquisa, a disponibilidade dos dados compilados e as inconsistências apresentadas no acervo integrado restringiram os procedimentos de regionalização a uma abordagem de macroescala, visando dispersar as imprecisões e a ausência de dados detectadas. Neste sentido, a estruturação das informações em SIG mostrou-se eficiente na exclusão de valores discrepantes, no estabelecimento de relações para integração dos dados e nos cruzamentos por álgebra de mapas vetoriais. Os resultados assim obtidos para o balanço de K por Unidade da Federação, mostrados na Tabela 8 e na Figura 10, mostraram-se coerentes em sua correlação com indicadores disponibilizados *on line* pelo IBGE (SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática, <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric>).

Outro resultado a ser citado refere-se às requisições de revisão e complementação da estrutura de dados georreferenciados. No tocante às informações de solos, os mapas temáticos compilados, apresentados nas Figuras 2, 3 e 4, todos em escala 1:5.000.000, não possibilitaram detalhamento maior da oferta de K segundo as classes de solo. Uma solução é gerar um mapa de pontos localizando a distribuição de perfis representativos das

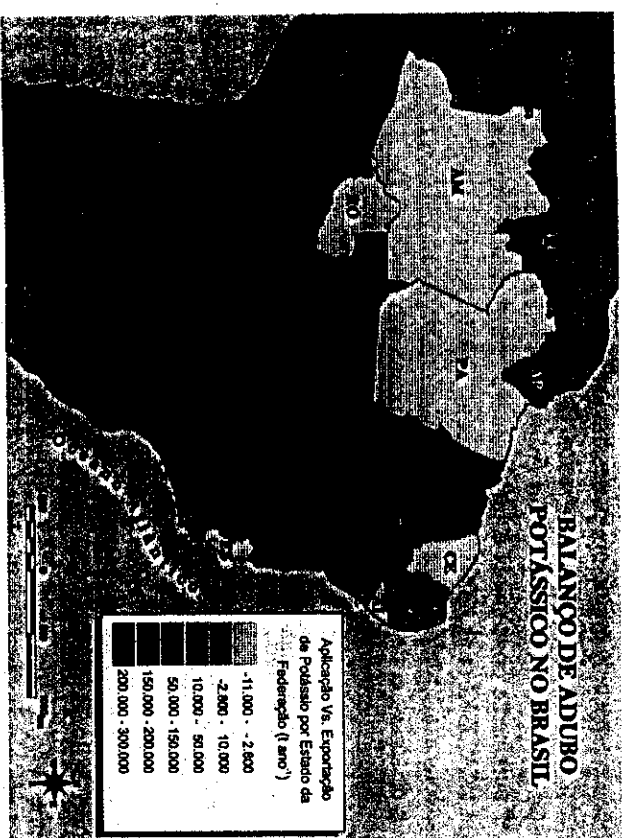


Figura 10. Regionalização do balanço de potássio no Brasil, por Unidade da Federação.

principais classes de solos disponíveis na base de dados da Embrapa Solos. Isto permitirá novos cruzamentos considerando a ponderação da disponibilidade natural de K por classe de solo nas diferentes regiões. Na atual fase de confecção, um mapa com cerca de 500 perfis distribuídos em todas as regiões já se encontra disponível para futuros procedimentos. Em relação às informações compiladas do IBGE, o fator temporal influenciou na disponibilidade completa das informações. Diferentes acervos coletados com diferentes frequências limitam a análise mais detalhada das informações da produção agrícola, sendo os dados mais recentes (IBGE, 2003a) considerados no processo de regionalização, não complementares em relação aos dados do Censo apresentados (IBGE, 1996). Um levantamento da disponibilidade das bases de informações agrícolas do IBGE mostra a seguinte frequência: Censo Agropecuário – quinquenal; Pesquisa de Estoques Agropecuários – semestral; Indicadores Agropecuários IBGE – mensal; Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – mensal.

Quanto à estruturação dos dados do IBGE, modelados com a finalidade de acesso via sistema Estatcart, observa-se que não há disponibilidade de todas as informações para todos os campos das tabelas. Por exemplo, foram identificados 18 municípios que não forneceram informações sobre lavoura temporária e 131 sobre lavoura permanente. Para esses registros, os valores das variáveis de produção (t) e de área de plantio (ha) continham valores iguais a 99999997, o que retrata um artifício comum em banco de dados, denominado *flag* (sinalizador), para a diferenciação de registros de valores iguais a zero, ou seja, municípios sem produção. Entretanto, esses registros devem ser tratados separadamente, após a migração para o ambiente SIG, para que não venham a comprometer os somatórios de área e de produção.

Pelo resultado do balanço de K, na agricultura para cada Unidade da Federação, apresentado na Tabela 8, pode-se constatar que as 15 culturas consideradas para o estudo correspondem a grande parte da área agrícola dos Estados (76,1% a 99,1% das lavouras). Analisando-se o total de adubo potássico entregue ao consumidor por região em 2002, observa-se que as maiores aplicações ocorreram: na Região Centro-Oeste, com aproximadamente 34% do total nacional, 1.295.786 t; na Região Sul, com aproximadamente 28% do total nacional, 1.023.691 t. Trata-se de mais um indicador da relevância que essas três regiões possuem no setor agrícola nacional. Entretanto, apesar do balanço positivo constatado na região do Cerrado, deve-se observar também as características da história agrícola da região, o que a coloca, no momento atual, em fase de construção da fertilidade dos solos para fins de expansão da fronteira agrícola, com exigências de 60 kg ha⁻¹ a 80 kg ha⁻¹ de K₂O no caso das lavouras de soja.

Observa-se balanço positivo de K no Brasil, com pouco mais de um milhão de toneladas e, considerando-se as Unidades da Federação, observa-se que apenas oito Estados (Rondônia, Acre, Amazonas, Pará, Ceará, Alagoas, Espírito Santo e Rio de Janeiro) apresentaram balanço negativo, ou seja, as quantidades desse nutriente exportadas pelas colheitas não foram repostas nas aplicações do ano de 2003. Apesar de terem adotado um procedimento analítico distinto, Bernardi et al. (2002) também relataram balanço positivo de K na agricultura brasileira para o ano de 1999. Os resultados mostram que os agricultores brasileiros, em termos gerais, vêm apli-

cando K regularmente nos solos agrícolas, atendendo às reposições do macronutriente exportado pelas colheitas.

Pelo exposto, sugere-se que sejam implementadas ações referentes à adubação potássica no Brasil para a promoção do uso eficiente deste tipo de adubo, visando otimizar suas aplicações no solo para obter produtividades adequadas com as menores perdas possíveis. Tais ações são muito relevantes para a agricultura brasileira, principalmente para a produção de grãos, cujo maior custo de produção é devido à adubação (MELO FILHO e RICHTTL, 2003) e em relação às tendências mundiais de altos custos de petróleo, o que oneraria ainda mais as entregas de fertilizantes a consumidores mais distantes, como na Região Centro-Oeste, onde se encontra grande parte do Cerrado.

Pelo balanço apresentado na Tabela 8 observa-se que Estados importantes da Região Nordeste apresentam balanço negativo, como o Ceará, com déficit de 4.613 t, ou ligeiramente positivo. Anualmente, os Estados do Ceará e Pernambuco vêm se destacando na produção nacional de frutas e, assim, esta região deve receber especial atenção em programas de uso eficiente de adubos potássicos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na busca pela otimização da utilização de insumos é necessário que inicialmente se alcance o aperfeiçoamento da eficiência de sua utilização. Várias técnicas têm surgido nas últimas décadas com potencial para alterar significativamente o manejo da fertilidade do solo (SIMS, 2000).

A adubação potássica nos solos tropicais é de grande importância em função da grande extração deste nutriente pela maioria das culturas e de suas baixas reservas nesses solos muito intemperizados. O suprimento de K para as plantas varia em função da forma em que se encontra no solo, da sua quantidade e do seu grau de disponibilidade nas diferentes formas, além dos fatores que interferem no deslocamento do nutriente na solução do solo até as raízes. O manejo da adubação, com relação às doses e aos modos de aplicação (em sulcos, a lanco e parcelada) deve ser cuidadosamente considerado, em decorrência do alto potencial de perdas por lixiviação que alguns solos podem apresentar (FAO, 1998; ISHERWOOD, 1998; JOHNSTON, 2000).

O Brasil é caracterizado por solos contendo, em sua grande maioria, baixos teores de K, os quais não atendem às demandas das principais plantas cultivadas. Embora haja disponibilidade de adubos e tenha havido avanços nas técnicas de recomendação de adubos potássicos desde o final da metade do século 20, há ainda sérios desbalanços entre as quantidades de K exportadas pelas culturas e as quantidades retornadas ao solo, aplicadas principalmente por meio da adubação.

Com a regionalização do balanço de K no Brasil demonstrada neste estudo pretende-se oferecer instrumentos norteadores para a identificação das áreas nas quais a falta de reposição deste nutriente no solo é mais grave. Assim, visa-se possibilitar aos diferentes atores da cadeia de produção agrícola priorizar regiões nas quais devam ser implementadas atividades de conscientização dos agricultores, alertando-os para a necessidade do uso de adubos potássicos de modo criterioso, considerando a manutenção da produtividade em harmonia com o meio ambiente.

É importante enfatizar a necessidade de disponibilização de dados referentes às quantidades de adubos potássicos entregues ao consumidor por município, pois somente assim poderão ser identificadas microrregiões agrícolas onde há balanço negativo de K, viabilizando a priorização das ações corretivas para o uso eficiente do adubo potássico. No entanto, fica claro que o refinamento deste tipo de dado em nível municipal é limitado por dois principais fatores. Primeiro, o caráter sigiloso e estratégico dessas informações de mercado para as concorrentes firmas fornecedoras. Segundo, a dificuldade de determinar precisamente o local físico da aplicação do adubo comercializado, limitada tanto pela distribuição heterogênea de estabelecimentos fornecedores, quanto pela abrangência das propriedades que extrapolam os limites municipais. Por fim, após a complementar espacialização dos perfis de solos, representativos das principais classes do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, melhor distribuídos em todo o Território Nacional, espera-se poder estimar o balanço de K por unidades oficiais de microrregião administrativa.

As dificuldades de reutilização dos dados migrados visando a sistematização integrada das informações das bases públicas descentralizadas não estão expressas simplesmente em problemas de estruturação e consistência das bases digitais ou dos procedimentos de importação e exportação. Impedimentos práticos surgem também como reflexo das diferenças entre

linguagens e conceitos temáticos, métodos de amostragem e metodologias de classificação, procedimentos de digitação e técnicas de crítica no amarramento de dados tabulares, métodos de digitalização e georreferenciamento cartográfico da topologia geométrica de mapas vetoriais e, por fim, propósitos para os quais e ferramentas com as quais estas bases foram desenvolvidas e implementadas.

A falta de disponibilidade de metadados, definições de semânticas, sintaxes e incertezas para referência das bases públicas, heterogêneas e descentralizadas, dificulta ou atrasa a análise dos dados, exigindo a busca de referências impressas para fins de modelagem do sistema de geoinformação. Desta forma, maior atenção deveria ser dada à digitalização dos registros da documentação metodológica e funcional para todas as fases inerentes a uma sistematização consistente das informações, conforme detalhadas no parágrafo anterior.

Futuras etapas da pesquisa no estabelecimento de uma metodologia de regionalização deverão considerar a revisão semântica e a complementação da distribuição espacial e da densidade dos dados aqui apresentados. O processo de regionalização visando a transferência de informações para locais sem dados observados pode ser realizado com o auxílio de técnicas de maior complexidade lógica e matemática, considerando-se o uso de técnicas de mineração de dados, análise, projeto e aplicação de algoritmos e heurísticas de otimização. Os métodos mais usuais a serem avaliados e testados são: interpolação ponderada; análise de agrupamentos (Clusters); análise discriminante; interpolação espacial por malhas regulares, triangulação ou Krigagem (geostatística); e AGM (Árvore Geradora Mínima).

8. REFERÊNCIAS

- ANDA. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. *Anuário estatístico do setor de fertilizantes - 2002*. São Paulo: ANDA, 2003. 158 p.
- BARBOSA FILHO, M. P. *Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado)*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. 120 p. (Boletim Técnico, 9).
- BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, C. A. Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil. In: MANZATTO, C. V.;

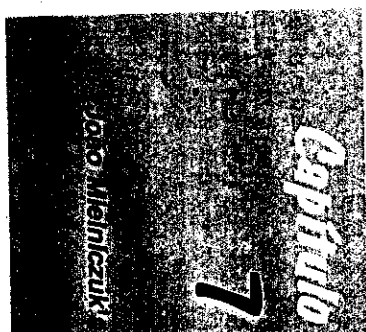
- FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 61-77.
- BURTON, W. G. *The potato*. 3. ed. Harlow: Longman Scientific & Technical, 1989.
- CASSALES, F. L. G.; MANZATTO, C. V. Aspectos gerais da dinâmica de uso da terra. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 31-45.
- CASTELANE, P. D.; SOUZA, A. F.; MESQUITA FILHO, M. V. *Culturas olíferas*. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991. p. 549-584.
- COELHO, M. R.; SANTOS, H. G.; SILVA, E. F.; AGUIO, M. L. D. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 1-12.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Mapa de solos do Brasil*; escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 1981. 1 mapa.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Delimitamento macroagregológico do Brasil*; escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 1992/93. 1 mapa corido.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- EMBRAPA SOLOS SIGWEB. *Mapa de solos do Brasil* (1:5000.000). 1 mapa digital corido em serviço SIG. Escala 1:5000.000. 2003a. Disponível em: <http://mapserver.cnps.embrapa.br/website/pub/Brasil_Erosao>. Acesso em: 9 jun. 2004.
- EMBRAPA SOLOS SIGWEB. *Mapa de susceptibilidade à erosão dos solos do Brasil* (1:5000.000). 1 mapa digital corido em serviço SIG. 2003b.

- Disponível em: <http://mapserver.cnps.embrapa.br/website/pub/Brasil_Erosao>. Acesso em: 9 jun. 2004.
- ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE INC. ArcView GIS V3.2©. 1992-2000.
- EASTMAN, J. R.; KYEM, P. A. K.; TOLEDANO, J.; JIN, W. GIS and decision making: Explorations in Geographic Information Systems Technology. v. 4. Geneva: The United Nations Institute for Training and Research - UNITAR, 1993. 112 p.
- FAO. Fertilizer use by crops. 4.ed. Rome: FAO/FA/FDC, 1999. 52 p.
- FAO. Guide to efficient plant nutrition management. Rome, 1998. 19 p.
- FAOSTAT. Agricultural data. FAO statistical databases. 2004. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture>>. Acesso em: 26 ago. 2004.
- FEBRAPDP. Expansão da área cultivada em plantio direto. 2002a. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/pd_area_br.htm>.
- FEBRAPDP. Expansão da área cultivada em plantio direto no Brasil: áreas por Estado. 2002b. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/pd_area_estados.htm>.
- HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. Culturas estimulantes. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991a. p. 501-548.
- HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. Essências florestais. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991b. p. 683-734.
- HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, P. F.; MARIA, I. C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J. N. A erosão e seu impacto. In: MANTOZATO, C. V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 47-60.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. BIM: base de informações municipais 4. Incluindo: Produção agrícola municipal 2001; malha municipal digital do Brasil: situação em 2001. Rio de Janeiro, 2003a.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário 1995-1996. Rio de Janeiro, 1996.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estatcart: sistema de recuperação de informações georreferenciadas. Versão 2.1. Rio de Janeiro, 2003b.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Indicadores de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro, 2002.
- ISHERWOOD, K. F. Fertilizer use and the environment. Paris: IFA-UNEP, 1998. 51 p.
- JOHNSTON, A. E. The efficient use of plant nutrients in agriculture. Paris: IFA. 2000. 14 p.
- KAVISKI, E. Métodos de regionalização de eventos e parâmetros hidrológicos. 1992. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambientais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992. Disponível em: <http://tecnologia.ufpr.br/pos_dhs/alunos_e.htm>.
- KAVISKI, E.; GILBERTONI, R. de F. C.; MAZER, W.; MULLER, M.; CALMON, A. T. G. P.; MULLER, I. I. Desenvolvimento de sistema para análise e avaliação do potencial energético de PCH'S na área de concessão da CERJ. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA, 2., 2003, Salvador. Anais... Salvador: ANEEL, 2003. v.1. p. 215-218.
- MACHADO, P. L. O. A.; FREITAS, P. L. No-till farming in Brazil and its impact on food security and environmental quality. In: LAL, R.; HOBBS, P. R.; UPHOFF, N.; HANSEN, D. O. (Ed.). Sustainable agriculture and the international rice-wheat system. New York: Marcell Dekker, 2004. p. 291-310.

- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e calagem para o caféiro. In: REINA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). *Cultura do caféiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1986. p. 165-274.
- MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETO, A. *Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989. 153 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.
- MANZATTO, C. V.; RAMALHO FILHO, A.; COSTA, T. C. C.; SANTOS, M. L. M.; COELHO, M. R.; SILVA, E. F.; OLIVEIRA, R. P. Potencial de uso e uso atual das terras. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 13-30.
- MARASCHIN, G. E. Relembrando o passado, entendendo o presente e planejando o futuro: uma herança em forrageiras e um legado em pastagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 37., 2000, Viçosa. *Anais... Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2000. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br>>. Acesso em: 8 mar. 2002.
- MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; WUTKE, E. B.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C. Potássio para a soja. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, n. 105, p. 1-2, 2004.
- MELO FILHO, G. A.; RICHELLI, A. *Estimativa do custo de produção de soja, safra 2003/04, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2003. 7 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 77).
- MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C. Reciclagem de nutrientes em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 14., 1997, Piracicaba. *Anais... Piracicaba: FEALQ*, 1997. p. 55-84.

- NAKAGAWA, J. Fruteiras. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). *Macronutrientes na agricultura*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991. p. 585-623.
- NEVES, M. C.; CÂMARA, G.; ASSUNÇÃO, R. M.; FREITAS, C. da C. Procedimentos automáticos e semi-automáticos de regionalização por área geradora mínima. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA. 4., 2002, Caxambu. *Anais... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Computação*, 2002. p. 109-116. Disponível em: <<http://www.geoinfo.info/geoinfo2002/papers>>. Acesso em: 25 jul. 2003.
- OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M. D. T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1988. p. 175-212.
- OPENSHAW, S.; ALVANNIDES, S.; WHALLEY, S. Some further experiments with designing output areas for the 2001 UK census. Leeds: University of Leeds, 1998.
- POULISSE, J. Issues of sustainable agriculture in developing countries. In: JOHNSTON, A. E. (Ed.). *Feed the soil to feed the people: the role of potash in sustainable agriculture*. v. 1. Basel: International Potash Institute, 2003. p. 49-69.
- RAI, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, I. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. *Aplicação agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 39 p. (Embrapa Solos. Documentos, 1).
- SÁNCHEZ, P. A. *Changing tropical soil fertility paradigms: from Brazil to Africa and back*. In: MONIZ, A. C.; FURLANI, A. M. C.; SCHAEFER, R. E.; FAGERIA, N. K.; ROSOLEM, C. A.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Plant-soil interactions at low pH*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p. 19-28.

- SÁNCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. *Advances in Agronomy*. New York, v. 34, p. 280-407, 1981.
- SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. B. D. (Org.). *Geo Brasil 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil*. Brasília: Edições IBAMA, 2002. 440 p.
- SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. The environment and zero-tillage. Brasília: Associação Planto Direto no Cerrado, 2002. 144 p.
- SIMS, J. T. Soil fertility evolution. In: SUMNER, M. E. (Ed.). *Handbook of soil science*. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. D113-D153.
- WISE, S.; HAINING, R.; MA, J. Regionalisation tools for the exploratory spatial analysis of health data. In: FISCHER, M. M.; GETIS, A. (Ed.). *Recent developments in spatial analysis: spatial statistics*. Behavioural modelling and computational intelligence. Berlin: Springer, 1997. p. 83-100.
- YAMADA, T.; LOPES, A. S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFLA/DCS, 1999. p. 143-161.



MANEJO CONSERVACIONISTA DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA

ABSTRACT

CONSERVATION MANAGEMENT OF POTASSIUM FERTILIZATION

Soil conservation practices, especially no tillage, have been expanding rapidly in Brazil. Under this system, the presence of crop residues rich in potassium (K) and the surface application of K fertilizers favor high concentration of K on the soil surface, which can be lost by soil erosion and water runoff. In this chapter basic concepts of the K cycle in the soil-plant system and its relation with the organic matter and cation exchange capacity, positively affected by conservation tillage, are discussed. Special emphasis is given to the K recycling by commercial and soil cover crops and to the soil conservation practices for efficient management of this nutrient.

¹ Professor Colaborador do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e pesquisador do CNPq; e-mail: mleinenz@ufrgs.br