

Uso do modelo *NUTMON* como ferramenta para avaliação do balanço de nutrientes na cultura de café em uma propriedade familiar na região serrana do Rio de Janeiro





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1676-6709

Junho/2009

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 37

Uso do modelo NUTMON como ferramenta para avaliação do balanço de nutrientes na cultura de café em uma propriedade familiar na região serrana do Rio de Janeiro

Ednaldo da Silva Araújo
Claudia Pozzi Jantalia
Robert Michael Boddey
Segundo Urquiaga
Bruno José Rodrigues Alves

*Seropédica – RJ
2009*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

Embrapa Agrobiologia

BR 465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 3441-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

e-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê Local de Publicações: Norma Gouvea Rumjanek (Presidente)

José Ivo Baldani

Guilherme Montandon Chaer

Luis Henrique Barros Soares

Bruno José Rodrigues Alves

Ednaldo Araújo

Carmelita do Espírito Santo (Bibliotecária)

Expediente:

Revisores e/ou ad hoc: Luis Henrique Barros Soares e André Costa Alves

Normalização Bibliográfica: Carmelita do Espírito Santo

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2009): 50 exemplares

A663u Araújo, Ednaldo da Silva

Uso do modelo *NUTMON* como ferramenta para avaliação do balanço de nutrientes na cultura de café em uma propriedade familiar na região serrana do Rio de Janeiro / Ednaldo da Silva Araújo, Claudia Pozzi Jantalia, Robert Michael Boddey, Segundo Urquiaga, Bruno José Rodrigues Alves. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agrobiologia, ISSN 1676-6709; 37).

1. Fertilidade do solo. 2. Nutrientes. 3. Café. 4. Agricultura familiar. I. Jantalia, C. P., colab. II. Boddey, R. M., colab. III. Urquiaga, S., colab. IV. Alves, B. J. R., colab. V. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). VI. Título. VII. Série.

CDD 631.45

Autores

Ednaldo da Silva Araújo

Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, C. Postal 74.505, BR 465 km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23851-970. e-mail: ednaldo@cnpab.embrapa.br

Claudia Pozzi Jantalia

Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, C. Postal 74.505, BR 465 km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23851-970. e-mail: claudia@cnpab.embrapa.br

Robert Michael Boddey

Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, C. Postal 74.505, BR 465 km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23851-970. e-mail: bob@cnpab.embrapa.br

Segundo Urquiaga

Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, C. Postal 74.505, BR 465 km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23851-970. e-mail: urquiaga@cnpab.embrapa.br

Bruno José Rodrigues Alves

Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, C. Postal 74.505, BR 465 km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23851-970. e-mail: bruno@cnpab.embrapa.br

SUMÁRIO

Resumo.....	7
Abstract.....	8
Introdução	9
Material e Métodos.....	10
Uso do NUTMON.....	11
<i>Entradas:</i>	11
<i>Saídas:</i>	12
Quantificação das perdas de solo por erosão e perda de N por volatilização de amônia para o ajuste do <i>NUTMON</i>	13
Análises do solo	14
Resultados e Discussão.....	14
Erosão do solo.....	15
Erosão obtida pela técnica do ^{137}Cs	15
Erosão obtida pelo <i>NUTMON</i>	16
Balanço de nutrientes	17
Conclusão	18
Agradecimentos	19
Referências bibliográficas	19

Uso do modelo *NUTMON* como ferramenta para avaliação do balanço de nutrientes na cultura de café em uma propriedade familiar na região serrana do Rio de Janeiro

*Ednaldo da Silva Araújo
Claudia Pozzi Jantalia
Robert Michael Boddey
Segundo Urquiaga
Bruno José Rodrigues Alves*

Resumo

O objetivo do estudo foi realizar um balanço de nutrientes com uso do modelo *NUTMON* para a cultura do café em uma propriedade familiar localizada na região serrana fluminense.. Além do levantamento de dados necessários ao modelo *NUTMON*, foram feitas medidas de erosão do solo com a técnica de ^{137}Cs . O modelo utiliza a equação Universal de Perda de Solo para estimar a erosão, o que resultou em dados superestimados para o local de estudo. O balanço de N ajustado, com erosão medida pela técnica do ^{137}Cs mostrou que o balanço de N na cultura do café foi de $-39 \text{ kg N ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$. A cultura do café, conforme manejo adotado pelo produtor, apresenta balanço negativo apenas para nitrogênio.

Palavras chave: sustentabilidade, agricultura familiar, balanço de nutrientes

NUTMON model as a tool for assessing the nutrient balance of a coffee crop in a small farm in the mountain region of Rio de Janeiro

Abstract

This study aimed to achieve a soil nutrient balance for a coffee crop with the use of the NUTMON model, adjusting the results of the model with data from field erosion measurements from a property located at Bom Jardim, RJ. Besides the data survey needed for the NUTMON model, soil erosion measurements were also made using the ^{137}Cs technique. The model uses the Universal Soil Loss Equation to estimate the erosion, which resulted in overestimated data for the place of study. After adjustment of the model with soil erosion measurements, the N balance for the coffee crop was estimated to be $-39 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. The studied coffee crop under the management adopted by the farmer presents negative balance only for nitrogen.

Keys works: sustainability, small farm, nutrients balance

Introdução

A produção agrícola sustentável depende, entre outros fatores, da reposição dos nutrientes que não retornam ao solo após a colheita. A reposição deficiente dos nutrientes exportados com a colheita leva à degradação do solo, mas a fertilização excessiva também traz sérios problemas em termos de desequilíbrio na fertilidade do solo e de poluição ambiental. A realização de um balanço de nutrientes do solo seria recomendável para avaliar os impactos dos sistemas de produção sobre a fertilidade do solo e possíveis riscos ambientais.

Em estudos de balanço de nutrientes, os dados mais difíceis de serem obtidos dizem respeito às perdas de nutrientes. Quantificar todas elas, além de laborioso, exige gastos elevados. Dessa forma, o uso de modelos baseados em equações de transferência torna-se ferramenta chave para a tomada de decisão em sistemas de produção, sendo o modelo *NUTMON* (*NUTrient MONitoring*) recomendado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2003). Esse modelo, do tipo integrado e multidisciplinar, permite simular processos e estimar perdas de nutrientes do solo. Conceitualmente, o modelo *NUTMON* consiste em um balanço de massa, onde os nutrientes exportados pela colheita das culturas ou produção animal e os nutrientes perdidos do sistema são deduzidos dos nutrientes adicionados ao solo, permitindo avaliar se o sistema de produção leva a ganhos ou perdas de fertilidade com o tempo.

Os cálculos do modelo *NUTMON* em uma propriedade são realizados com base em uma combinação de dados obtidos na literatura, por entrevista com o produtor e por medições diretas no campo. O resultado final é classificado como uma estimativa de balanço de nutrientes (VAN DEN BOSCH et al., 1998).

No entanto, o modelo *NUTMON* apresenta limitações, principalmente nas estimativas de erosão do solo (FAERGE e MAGID, 2004), além disso, algumas etapas de calibração e validação precisam ser cumpridas antes da aplicação do modelo em maior escala.

Objetivou-se com o presente estudo, realizar um balanço de nutrientes com uso do modelo *NUTMON* para a cultura do café em uma propriedade familiar localizada na região serrana fluminense. Estimativas de erosão do solo obtidas com o modelo foram

comparadas às respectivas medidas *in situ*, com uso da técnica do ^{137}Cs , visando um ajuste do modelo.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em uma propriedade localizada na região serrana fluminense, na cidade de Bom Jardim, localizada a $22^{\circ} 09'62''$ S e $42^{\circ} 17'14''$ W, com altitude em torno de 900 m. O relevo é bastante movimentado, do tipo montanhoso, predominando declividades que variam entre 45 e 60%. O clima é do tipo mesotérmico, com precipitação média anual de 1400 mm, segundo informações da Estação Meteorológica de Nova Friburgo.

A classificação do solo predominante na propriedade é Cambissolo Háplico Tb distrófico, presente principalmente nas encostas. No terço médio/inferior são encontrados principalmente os Argissolos Amarelos (REIS, 2002).

O balanço de nutrientes foi realizado em duas glebas de café em fase de produção, com área total de 1,7 ha (Figura 1).



Figura 1. Visão geral da área estudada. Propriedade familiar localizada em Bom Jardim, RJ.

As duas glebas estão localizadas no terço inferior da encosta. Em cada gleba, as avaliações visaram atender as informações necessárias para aplicação do modelo *NUTMON*, conforme descrito a seguir:

Uso do NUTMON

As variáveis necessárias para as equações usadas no modelo *NUTMON*, descritas em FAO (2003), para cálculo do balanço de nutrientes na cultura do café foram determinadas conforme apresentado abaixo:

Entradas:

a) Fertilizante mineral

A quantidade de cada nutriente empregada na cultura do café foi determinada através de entrevista com o produtor. A principal fonte de nutrientes utilizada pelo produtor é o adubo formulado 20-05-20.

b) Adubo orgânico

A quantidade de nutrientes foi determinada através de entrevista com o produtor, considerando-se a quantidade aplicada e o conteúdo de nutrientes.

c) Deposição da atmosfera

Determinada, em $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, usando-se três funções para nitrogênio, fósforo e potássio:

$$\text{N: EN3} = 0,14 \times P^{1/2}$$

$$\text{P: EN3} = 0,023 \times P^{1/2}$$

$$\text{K: EN3} = 0,092 \times P^{1/2}$$

Onde P = precipitação anual (mm ano^{-1})

d) Contribuição da fixação biológica de N_2 atmosférico

Foi considerada apenas a fixação de N_2 não simbiótica, estimada em função da precipitação média anual (P), como mostra a equação abaixo:

$$\text{FBN}_{\text{nsi}} = 2 + (P - 1350) \times 0,005$$

Saídas:

a) Produtos de colheita

A quantidade de produto foi obtida através de entrevista com o produtor, e a estimativa de nutrientes exportados foi obtida agregando-se as informações de teor de matéria seca e de nutrientes, obtidos por análises em laboratório de amostras dos produtos. As análises de laboratório foram realizadas na Embrapa Agrobiologia. Neste estudo, além da entrevista, foi realizado um monitoramento para coleta anual dos produtos exportados das propriedades.

b) Lixiviação

Foi determinada por funções de transferência, baseadas em dados da literatura (FAO, 2003).

$$\text{Lix-N} = 21,37 + (P/C \times L) \times (0,0037 \times N_f + 0,0000601 \times O_c - 0,00362 \times N_u)$$

Onde:

P = precipitação anual (mm ano^{-1})

C = conteúdo de argila (percentagem)

L = profundidade do sistema radicular (m)

N_f = N-fertilizante mineral

O_c = teor de matéria orgânica do solo (percentagem)

N_u = quantidade de N exportado como produto agrícola (kg ha ano^{-1})

Para K, foi utilizada a equação proposta por SMALLING (1993), citado por FAO (2003).

$$\text{Lix-K} = (K_e + K_f) \times (0,00029 \times P + 0,41) \quad C < 35 \%$$

$$\text{SA3-K} = (K_e + K_f) \times (0,00029 \times P + 0,26) \quad 35 \% < C < 55\%$$

$$\text{SA3-K} = (K_e + K_f) \times (0,00029 \times P + 0,11) \quad C > 55\%$$

Onde:

$K_e = K$ trocável (cmol kg^{-1})

K_f = quantidade de K aplicado através de fertilizante mineral ou matéria orgânica;

P = precipitação anual (mm ano^{-1});

C = teor de argila na camada superficial do solo (%).

c) Perdas por volatilização de amônia

$$\text{Vol-N} = (N_s + N_f) \times ((-9,4 + 0,13 \times C + 0,01 \times P)/100)$$

Onde:

N_s = N mineralizado na zona radicular (kg ha^{-1}), taxa de 4% do N-total ao ano.

N_f = N aplicado como N-fertilizante mineral ou orgânico (kg ha^{-1});

C = conteúdo de argila (%);

P = precipitação anual (mm ano^{-1}).

d) Erosão

Calculada usando-se a Equação Universal de Perda do Solo (USLE em inglês). A perda de nutrientes foi calculada a partir da quantidade de solo estimada pela USLE e do teor de nutrientes contidos no solo.

Quantificação das perdas de solo por erosão e perda de N por volatilização de amônia para o ajuste do *NUTMON*

A determinação da perda de solo por erosão foi feita com uso da técnica do Césio-137 (^{137}Cs) (ANDRELLO et al., 2003 e ANDRELLO, 2004). E a perda de N por volatilização de NH_3 foi determinada com uso da câmara semi-aberta livre estática- SALE (ARAÚJO, 2008). A fonte utilizada neste estudo foi a uréia.

O monitoramento e as avaliações foram realizadas em um período de três anos (2005 a 2007), e com os dados medidos de erosão e volatilização de amônia, novas estimativas do balanço de nutrientes foram realizadas com o modelo *NUTMON* ajustado.

Análises do solo

a) Análises físicas do solo

As amostras para análises físicas do solo foram secadas ao ar, destorroadas e passadas em malhas de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), que foi utilizada para análise granulométrica. As análises físicas seguiram o Manual de Métodos de Análises do Solo da EMBRAPA (1979). Os resultados de análises físicas foram utilizados no modelo *NUTMON*. A textura foi utilizada no cálculo da erodibilidade do solo (fator K da USLE), conforme Roloff e Denardin (1994).

b) Análises químicas do solo

O pH em água foi medido utilizando-se as proporções de 1:2,5 (v/v) de solo:solução. Os íons Ca^{+2} , Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos por solução de KCl 1 mol L^{-1} , enquanto que K^{+} e P foram extraídos pelo extrator Mehlich 1. Os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} nos extratos foram determinados por espectrometria de absorção atômica. O P foi determinado por espectrofotometria, e o K, por fotometria de chama. O teor de carbono foi determinado pelo método volumétrico do dicromato de potássio (EMBRAPA, 1979).

Resultados e Discussão

A análise do solo do cafeeiro apresentou teor de potássio elevado (Tabela 1), não havendo necessidade de adição de potássio na cultura do café. É provável que o teor de potássio observado seja decorrente de fertilidade natural solo, pois mesmo na área de pousio, com mais de 75 anos, ainda se observa um teor de potássio de 74 mg dm^{-3} (dados não apresentados). Além disso, a entrevista e o monitoramento realizados nesta propriedade não revelaram adubação que justificasse os teores de potássio observados.

Tabela 1. Teores de cálcio, magnésio, N-total, fósforo, potássio, carbono orgânico e matéria orgânica na camada de 0-5cm de profundidade na área de café.

Cultura	pH água	Ca	Mg	N total	P	K	Corg	MOS
		--- cmol _c dm ⁻³ ---	---	%	--- mg dm ⁻³ ---	---	--- % ---	
Café	5,6	2,5	0,6	0,22	52,9	475,2	1,57	2,71

Média de três repetições

A calagem era efetuada de forma pontual, quando julgada necessária pelo próprio produtor, e sem a utilização de análise de solo. Apesar disso, os teores de cálcio e magnésio observados eram médios.

A produtividade média da cultura do café (em coco) ao longo do período de avaliação foi de 4,3 Mg ha⁻¹ (Tabela 2). Os teores de nutrientes contidos nos frutos foram utilizados para o cálculo de exportação desses elementos na cultura estudada, conforme modelo *NUTMON*.

Tabela 2. Produtividade da cultura, teor de matéria seca e de macronutrientes exportados no café em uma propriedade localizada em Bom Jardim, RJ.

Cultura	Área ¹ ha	Prod. Mg ha ⁻¹	MS g kg ⁻¹	Nutrientes na MS ---- g kg ⁻¹ ---				
				N	P	K	Ca	Mg
				Café (coco)	1,7	4,31 (11,20)	888	19,01

MS, matéria seca; Prod., Produtividade. Número entre parêntesis = umidade em %.

Erosão do solo

Erosão obtida pela técnica do ¹³⁷Cs

Considerando a média geral da perda de solo nos diferentes pontos amostrados, observa-se que a perda de solo na área de café foi de cerca de 9 Mg ha⁻¹ano⁻¹. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999), solos poucos espessos podem tolerar uma perda de até 4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto que solos profundos, como Latossolos, podem tolerar uma perda de até 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. No município de Bom Jardim, os solos têm profundidade superior a 2 metros (REIS, 2002). Assim, a média geral estaria próxima do limite tolerável, porém

observam-se, em determinados pontos, que as perdas foram cerca de 40 Mg ha⁻¹ano⁻¹. Isso sugere que nos locais de maior declividade, devem ser adotadas práticas conservacionistas mais eficazes, como por exemplo, manutenção da cobertura do solo.

Tabela 3. Perda ou ganho de solo (Mg ha⁻¹ano⁻¹) estimadas através da técnica do ¹³⁷Cs em área cultivada com café, em uma propriedade localizada no município de Bom Jardim, RJ.

	Transeto 1	Transeto 2	Transeto 3
Terço superior	-7,7	-38,8	-
	-23,9	-14,0	-33,6
Terço médio	-12,9	-31,1	-17,2
	-24,8	+27,8	-27,1
Terço inferior	+4,7	+43,8	+33,2
Média	-12,8	-2,5	-11,2
Média geral		-8,8	

Os sinais negativos e positivos indicam perda e ganho de solo, respectivamente

Erosão obtida pelo NUTMON

Os dados utilizados para cálculo da erosão pelo *NUTMON* são baseados na Equação Universal de Perda de Solo (USLE), e estão apresentados na Tabela 4. Entretanto é importante lembrar que o Fator C (cobertura e manejo) foi extrapolado de outra região (PROCHNOW et al., 2005). No que diz respeito às práticas conservacionistas, na propriedade não existe uma prática conservacionista bem definida, mas sim uma aproximação de plantio em contorno e alternância de capina. A taxa de erosão estimada pela USLE foi 48 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Essa a taxa de erosão foi elevada, principalmente quando comparada com a taxa obtida pela técnica do ¹³⁷Cs (item anterior). Essa superestimativa confirma as observações feitas por Faerge e Magid (2004). Esses autores destacaram que as altas taxas de erosão obtidas com uso da USLE podem resultar em balanços negativos de nutrientes, sendo uma das maiores limitações para a aplicação do modelo *NUTMON*.

Tabela 4. Dados utilizados na estimativa de perda de solo pela USLE – *NUTMON* em área cultivada com café em Bom Jardim, RJ.

Fatores da USLE	Café
R	8000
K	0,025
LS	4,5
C	0,13
P	0,4
A (Mg ha ⁻¹)	47,9

Fator C obtido em PROCHNOW et al. (2005)

No presente estudo, para efeito de cálculos do *NUTMON* foram utilizadas as taxas de erosão obtidas pelo USLE e o *NUTMON* ajustado foi realizado com taxas de erosão obtidas com uso do ¹³⁷Cs.

Balanço de nutrientes

A Tabela 5 apresenta os dados de balanço de nutrientes na cultura de café. A cultura apresentou um balanço positivo para P, K, Ca e Mg e balanço negativo para nitrogênio. A quantidade de N fornecida em forma de fertilizante é praticamente igual a quantidade de N exportada nos produtos. Assim, sem considerar as perdas, o balanço foi de -0,9 kg N ha⁻¹ano⁻¹. Considerando-se as perdas, o balanço passou para -126 kg N ha⁻¹ano⁻¹.

A erosão do solo, estimada pelo *NUTMON* (obtida com uso da USLE), foi responsável por 47% de todo N que saiu do sistema e por 72% das perdas de N. De acordo com a equação proposta pelo *NUTMON*, a lixiviação de NO₃⁻ e volatilização de NH₃ corresponderam a 12% e 6% das perdas de N, respectivamente.

O balanço de N ajustado, com erosão medida pela técnica do ¹³⁷Cs, mostrou que o balanço de N na cultura do café foi de -39 kg N ha⁻¹ano⁻¹. É provável que a volatilização de NH₃ derivada da uréia seja um pouco superior a observada neste estudo, uma vez que durante o período de monitoramento ocorreu chuva intensa durante os 4 primeiros dias e a temperatura variou entre 18 e 22°C, o que pode ter contribuído para baixa taxa de volatilização de amônia (cerca de 5% do N aplicado). Entretanto, por se tratar de solo ácido, a perda de N por volatilização não deve ter ultrapassado os 10% do N aplicado,

tendo pouca influência no balanço final. Por outro lado, houve grande redução da perda de N por erosão quando comparado com o resultado anterior. Essa redução se deve, principalmente, ao fato da técnica do ^{137}Cs considerar tanto a perda como a deposição de solo, ao contrário da USLE que considera que somente existem perdas, além disso, os fatores que compõem a USLE foram extrapolados de outras regiões e isso pode ter gerado resultados superestimados.

Tabela 5. Balanço de nutrientes no cultivo do café em uma propriedade familiar em Bom Jardim, RJ.¹

	N	P	K	Ca	Mg
	--- kg ha ano ⁻¹ ---				
Entradas (EN)					
a) Fertilizante mineral	71,88	7,91	59,66	45,12	23,38
b) Deposição da atmosfera	5,24	0,86	3,37	0,00	0,00
c) Fixação não simbiótica de N ₂	2,25	-	-	-	-
Total (EN)	79,37	8,77	63,03	45,12	23,38
Saídas (AS)					
a) Produtos de colheita	72,79	0,36	6,43	0,70	0,69
c) Lixiviação	24,0	0,0	29,6	0,0	0,0
d) Perdas por volatilização de nitrogênio	12,53	-	-	-	-
e) Perda por erosão (USLE)	95,85	2,34	7,24	23,00	15,74
Total (SA)	205,20	2,71	43,31	23,70	16,43
Balanço <i>NUTMON</i>	-125,83	+6,06	+19,72	+21,42	+6,94
Saídas ajustadas					
Perdas por volatilização de nitrogênio	4,31	-	-	-	-
Perdas por erosão (^{137}Cs)	17,6	0,431	1,33	4,22	2,89
Balanço ajustado	-39,36	+7,97	+25,62	+40,20	+19,80

¹balanço realizado para 12 meses.

Conclusão

O Modelo *NUTMON*, sem ajustes para erosão, ou seja, com a erosão estimada pela USLE, pode ter superestimado a perda de nitrogênio na cultura.

A cultura do café, conforme manejo adotado pelo produtor, apresenta balanço negativo apenas para nitrogênio. Os demais nutrientes estudados estão sendo mantidos em equilíbrio. Como sugestão ao produtor, o balanço negativo de N pode ser revertido com a adoção de leguminosas fixadoras de N₂, que também auxiliarão no controle da erosão do solo.

Agradecimentos

À FAPERJ e à CAPES pela concessão de bolsa ao autor Ednaldo Araújo para realização do Doutorado no CPGA-CS/UFRRJ; Ao CNPq pela concessão de Bolsa de Pesquisa aos autores Segundo Urquiaga, Robert M. Boddey e Bruno J. R. Alves; À Embrapa Agrobiologia e à UFRRJ pelo apoio com infra-estrutura necessária ao trabalho.

Referências bibliográficas

ANDRELLO, A. C. **Aplicabilidade do ¹³⁷Cs para medir erosão do solo: modelos teóricos e empíricos**. Londrina, PR. 2004. 174 f. Tese. (Doutorado em Física) - Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina.

ANDRELLO, A. C.; APPOLONI, C. R.; GUIMARÃES, M. F. Uso do Césio-137 para avaliar taxas de erosão em cultura de soja, café e pastagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 223-229, 2003.

ARAÚJO, E. S. **Validação do modelo NUTMON para o diagnóstico do manejo agrícola**: Estudo em duas propriedades familiares do Rio de Janeiro. Seropédica, 2008. 99f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Rio de Janeiro, 1979.

FAERGE, J.; MAGID, J. Evaluating NUTMON nutrient balancing in Sub-Saharan África. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** v. 69, p.101-110, 2004.

FAO (Roma). **Assessment of soil nutrient balance. Approaches and methodologies.** Roma, 2003. 87p. (FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin, 14).

PROCHNOW, D.; DECHEN, S. C. F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; VIEIRA, S. R. Razão de Perdas de Terra e Fator C da Cultura do Cafeeiro em Cinco Espaçamentos, em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.91-98, 2005.

REIS, L. L. **Sistema de agricultura migratória na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro:** Avaliação de indicadores de sustentabilidade. Seropédica, RJ. 2002. 126 f. Dissertação. (Mestrado Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

ROLOFF, G.; DENARDIN, J. E. Estimativa simplificada da erodibilidade do solo: In: REUNÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10; Florianópolis, 1994. **Resumos.** Florianópolis SBCS, 1994. p. 150-151.

VAN DEN BOSCH, H.; DE JAGER, A.; VLAMING, J. Monitoring nutrient flows and economic performance in African farming systems NUTMON. II. Tool development. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 71, p. 49–62, 1998.

Embrapa

Agrobiologia

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

