



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Tavares de Oliveira, Fábio Henrique; Ferreira Novais, Roberto; Alvarez V., Víctor Hugo; Cantarutti, Reinaldo Bertola

Desenvolvimento de um sistema para recomendação de adubação para a cultura da bananeira

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 29, núm. 1, febrero, 2005, pp. 131-143

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214039015>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA A CULTURA DA BANANEIRA⁽¹⁾

**Fábio Henrique Tavares de Oliveira⁽²⁾, Roberto Ferreira Novais⁽³⁾,
Víctor Hugo Alvarez V.⁽³⁾ & Reinaldo Bertola Cantarutti⁽³⁾**

RESUMO

As recomendações de adubação para a cultura da bananeira devem ser mais confiáveis do ponto de vista técnico e, principalmente, mais propensas a ajustes com bases científicas, em relação às tabelas. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema para estimar doses de nutrientes a serem recomendadas para a cultura da bananeira (FERTICALC®-Bananeira), por meio da modelagem do balanço nutricional. O balanço nutricional é obtido pela diferença entre o requerimento do nutriente pela cultura e seu suprimento pelo solo e resíduos vegetais. Se o requerimento for maior que o suprimento, recomenda-se a aplicação de fertilizante; se for inferior ou igual ao suprimento, não se recomenda a aplicação de fertilizante. Simulações mostraram que as doses de nutrientes a serem recomendadas pelo FERTICALC®-Bananeira aumentam continuamente com o aumento da produtividade esperada e com a diminuição dos teores desses nutrientes no solo, sendo maiores no primeiro ciclo e menores a partir do segundo ciclo. Considerando a lógica envolvida em sua constituição e as variáveis utilizadas na modelagem do FERTICALC®-Bananeira, este sistema constitui importante alternativa para recomendação de adubação para a cultura da bananeira.

Termos de indexação: banana, balanço nutricional, requerimento de nutrientes, suprimento de nutrientes, modelagem.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada, ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Recebido para publicação em novembro de 2003 e aprovado em novembro de 2004.

⁽²⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Campus Universitário, CEP 58397-000 Areia (PB). E-mail: fabio@cca.ufpb.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Av. PH Rolfs s/n, CEP 36570-000 Viçosa (MG). E-mail: rfnovais@ufv.br; vhav@ufv.br; cantarutti@ufv.br

SUMMARY: DEVELOPMENT OF A FERTILIZATION RECOMMENDATION SYSTEM FOR BANANA PLANTATIONS

Fertilizer recommendations for banana plantations should be technically sound and, mainly, more adjustable on a scientific base than the usual recommendation tables. A system was developed to estimate recommendable nutrient doses for banana (FERTICALC®-Bananeira), by means of modeling nutrient balance. This nutrient balance is obtained by the difference between the crop nutrient demand and supply through soil and plant residues. When the demand is higher than the supply, fertilizer application is recommended; when it is lower or equal to the supply, fertilizer application is not recommended. Simulations showed that the recommendable nutrient doses by the FERTICALC®-Bananeira increase continuously with the expected productivity rise and the reduction of nutrient contents in the soil that are higher in the first cycle and lower from the second cycle on. The FERTICALC®-Bananeira represents an important alternative for the recommendation of fertilizers for banana plantations due to the underlying logic and variables.

Index terms: banana, nutrient balance, nutrient demand, nutrient supply, modeling.

INTRODUÇÃO

Dentre os diversos fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento da bananeira, a nutrição é decisiva para obtenção de alta produtividade, uma vez que as plantas apresentam crescimento rápido e acumulam quantidades elevadas de nutrientes (Lahav, 1995; López M. & Espinosa M., 1995). Baixas produtividades da bananeira muitas vezes estão associadas à utilização de solos de baixa fertilidade e ao suprimento inadequado de nutrientes durante o ciclo da cultura (Borges et al., 1999).

As tabelas utilizadas no País que recomendam a adubação para a cultura da bananeira têm seus méritos, mas apresentam a desvantagem de não considerarem que as doses recomendadas dos nutrientes variam continuamente com a produtividade esperada, com o teor e com a capacidade tampão do nutriente no solo (Oliveira, 2002). Essas tabelas apresentam forte empirismo envolvido na sua constituição e a falta de perspectivas futuras quanto a uma evolução mais bem sustentada cientificamente (Novais & Alvarez V., 2000). Assim, propõe-se que as recomendações de adubação para a cultura da bananeira sejam mais confiáveis do ponto de vista técnico e, principalmente, mais propensas a ajustes com bases científicas, em relação às tabelas, mediante o desenvolvimento e utilização de sistemas para recomendação de adubação baseados em modelos matemáticos (Tomé Júnior & Novais, 2000; Oliveira, 2002; Tomé Júnior, 2004).

Os modelos apresentam uma síntese lógica do conhecimento sobre o sistema de produção e fornecem descrições quantitativas dos processos que nele acontecem. A modelagem pode, desta maneira, revelar lacunas no conhecimento vigente e fornecer

caminhos para futuras pesquisas (Rao et al., 1982; Dourado Neto et al., 1998a; Novais & Smyth, 1999; Oliveira, 2002). Dessa forma, a modelagem permite a evolução segura de um sistema de recomendação de adubação, por sugerir mudanças cada vez mais refinadas, pela fundamentação lógica de sua constituição.

Quanto à complexidade, os modelos matemáticos, em geral, são classificados em mecanísticos e empíricos. Nos modelos mecanísticos, os processos são quantificados com base no conhecimento científico atual, tornando-os bastante complexos e demandando dados que, muitas vezes, são dificilmente obtidos na prática. Os modelos empíricos consistem de funções que descrevem relações entre variáveis, sem se referirem aos processos envolvidos. Um bom modelo deve ser resultante de uma combinação ideal entre mecanicidade (complexidade) e empirismo (simplicidade) e deve demandar poucas informações, as quais não devem ser de difícil obtenção na prática. Sua estrutura deve ser flexível e suficiente para permitir a introdução de novas informações ou idéias, à medida que o conhecimento científico for evoluindo (Boote et al., 1996; Monteith, 1996; Passioura, 1996; Dourado Neto et al., 1998a,b).

Para recomendação de adubação, algumas pressuposições podem ser simplificadas e incorporadas a modelos mecanísticos. Essas simplificações normalmente envolvem diminuição no nível de detalhes e desconsideração de processos que quantitativamente são de menor importância, o que diminui bastante a quantidade de informações exigidas para alimentar o modelo (Rao et al., 1982; Geypens & Vandendriessche, 1996). Isso torna o modelo suficientemente simples, para permitir seu entendimento e utilização, mas suficientemente complexo, para permitir sua utilização mais abrangente (Dourado Neto et al., 1998b).

Um método eficiente e de boa exatidão para estimar a necessidade de adubação de uma cultura, o qual satisfaz os princípios das leis gerais da adubação, é o do balanço nutricional. Esse método tem sido recomendado para calcular a necessidade de adubação nitrogenada para a cultura do milho nos Estados Unidos (Stanford, 1973) e, mais recentemente, no Brasil, para calcular a necessidade de adubação para eucalipto (Barros et al., 1995), milho (Carvalho, 2000), tomate (Mello, 2000), arroz irrigado (Raffaeli, 2000), café (Prezotti, 2001; Novais et al., 2002), cana-de-açúcar (Freire, 2001), soja (Santos, 2002), coqueiro (Rosa, 2002), bananeira (Oliveira, 2002), algodão (Possamai, 2003) e pastagem (Santos, 2003).

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema para recomendação de adubação para a cultura da bananeira, por meio da modelagem do requerimento e do suprimento de nutrientes, de modo que suas doses recomendadas variem continuamente com a produtividade esperada e com os teores e capacidade tampão dos nutrientes no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Desenvolvimento do sistema

Na modelagem do Sistema para Recomendação de Adubação para a Cultura da Bananeira (FERTICALC®-Bananeira), foram combinados modelos mecanísticos e empíricos, com vistas em utilizar a menor quantidade possível de informações para alimentá-lo ("inputs"), sem prejudicar a exatidão das recomendações. O FERTICALC®-Bananeira também foi estruturado de modo a permitir sua atualização, na medida em que novas informações fossem publicadas na literatura ou produzidas pelo próprio usuário.

As recomendações a partir do FERTICALC®-Bananeira baseiam-se no balanço nutricional entre perdas e ganhos de nutrientes no sistema solo-planta, sendo obtido pela diferença entre o requerimento do nutriente pela cultura e seu suprimento pelo solo e pelos resíduos vegetais. Se esta diferença for positiva (requerimento maior que suprimento), recomenda-se a aplicação de fertilizante; se for negativa ou nula (requerimento inferior ou igual ao suprimento), não se recomenda a aplicação de fertilizante. O FERTICALC®-Bananeira expressa tanto o requerimento (REQ) quanto o suprimento do nutriente (SUP) em termos de dose, devendo ser a diferença entre ambos igual à dose recomendada (DR) do nutriente via fertilizante:

$$DR = REQ - SUP \quad \text{Eq.(1)}$$

No FERTICALC®-Bananeira, o requerimento de cada nutriente é calculado com base na demanda da

cultura para atingir determinada produtividade esperada por ciclo de produção. A bananeira é uma planta perene que apresenta perfilhamento, de modo que, geralmente, são conduzidos, simultaneamente, em cada touceira, três indivíduos (mãe-filho-neto) compondo uma "família". Com a colheita do cacho da planta-mãe, encerra-se o primeiro ciclo de produção. Depois, a planta-filha terminará seu crescimento e, com a colheita de seu cacho, encerra-se o segundo ciclo. Com a colheita do cacho da planta-neta, obtém-se a produção do terceiro ciclo e, assim, sucessivamente (Alves & Oliveira, 1999; Souto et al., 1999). Dessa forma, as recomendações de adubação geradas pelo FERTICALC-Bananeira® serão diferenciadas entre o primeiro ciclo de produção e os demais (Martin-Prével, 1985).

Para desenvolver o FERTICALC®-Bananeira buscaram-se, na literatura, dados de crescimento e acumulação de nutrientes nas diversas partes da planta (Oliveira, 2002). Para a bananeira crescer, desenvolver e produzir, ela terá de acumular quantidades elevadas de nutrientes nos tecidos vegetativos e reprodutivos. Por ocasião da colheita, parte dos nutrientes imobilizados nessa biomassa é exportada ("ráquis feminina" + engaço + frutos), mas a restante (rizoma + pseudocaule + folhas + coração + "ráquis masculina") é restituída ao solo, após a decomposição dos resíduos. A discriminação da planta em biomassa exportada e restituída ao solo é fundamental, não somente porque as quantidades de nutrientes acumuladas nestas partes das plantas são diferentes, mas também pelo fato de a biomassa restituída ao solo após a colheita ser importante fonte de nutrientes para as plantas que permanecem na área e para a manutenção da fertilidade do solo. Os dados encontrados na literatura fornecem informações apenas sobre a parte da planta-mãe exportada e a restituída ao solo, por ocasião da colheita. No FERTICALC®-Bananeira, não se contabilizam as quantidades de nutrientes imobilizados nos perfilhos desbastados, por considerar que, quantitativamente, esses valores são pequenos e que esses nutrientes voltarão ao solo e depois serão contabilizados na análise de solo.

Uma vez que o crescimento e o acúmulo de nutrientes pela bananeira dependem do grupo genômico do cultivar, o FERTICALC®-Bananeira considerou separadamente dois grupos de cultivares: AAA e AAB. Para estimar o requerimento de um nutriente pela cultura, esse sistema depende inicialmente de informação sobre a produtividade esperada (Figura 1). Estabelecida a produtividade esperada, o sistema estima a quantidade de matéria seca da parte da planta que será exportada e da que será restituída ao solo (Quadro 1). A partir de dados de acúmulo de matéria seca e de nutrientes em diversas partes da bananeira (Oliveira, 2002), calcularam-se os valores médios de coeficiente de utilização biológica (CUB, que é a quantidade de matéria seca produzida por unidade de nutriente

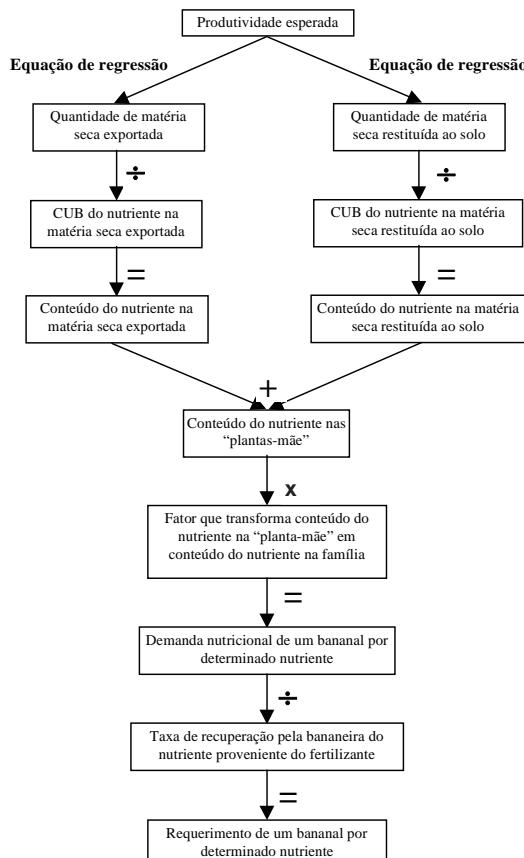


Figura 1. Fluxograma que indica como se estima o requerimento de um bananal por um nutriente no primeiro ciclo de produção, no qual se conduz, em cada touceira, uma “família” (mãe-filha-neta) de plantas.

Quadro 1. Equações de regressão que estimam as quantidades de matéria seca exportada e restituídas ao solo (\hat{y} , em kg ha^{-1}), de acordo com a produtividade esperada (x , em t ha^{-1}), para cultivares dos grupos AAA e AAB

Grupo	Equação	R^2	$n^{(1)}$
Matéria seca exportada ⁽²⁾			
AAA	$\hat{y} = 2.638, \forall x < 16,5 \text{ t ha}^{-1}$ $\hat{y} = -286,903 + 177,287^{**}x, \forall x \geq 16,5 \text{ t ha}^{-1}$	0,981	9
AAB	$\hat{y} = 1.846, \forall x < 9,4 \text{ t ha}^{-1}$ $\hat{y} = 21,423 + 194,109^{**}x, \forall x \geq 9,4 \text{ t ha}^{-1}$	0,943	6
Matéria seca restituída ao solo ⁽³⁾			
AAA	$\hat{y} = 3.037, \forall x < 16,5 \text{ t ha}^{-1}$ $\hat{y} = -6.947,89 + 605,148^{**}x, \forall 16,5 \leq x \leq 32,3 \text{ t ha}^{-1}$ $\hat{y} = 12.598, \forall x > 32,3 \text{ t ha}^{-1}$	0,604	7
AAB	$\hat{y} = 7.177, \forall x < 14,7 \text{ t ha}^{-1}$ $\hat{y} = 2.313,37 + 330,827^{**}x, \forall 14,7 \leq x \leq 39,0 \text{ t ha}^{-1}$ $\hat{y} = 15.216, \forall x > 39,0 \text{ t ha}^{-1}$	0,718	7

Fonte: Adaptado de Oliveira (2002).

⁽¹⁾ Número de pares de dados utilizados para ajustar os modelos. ⁽²⁾ Matéria seca exportada = “ráquis feminina” + engaço + frutos.

⁽³⁾ Matéria seca restituída ao solo = rizoma + pseudocaule + folhas + coração + “ráquis masculina”. * e ** Significativos a 5 e 1 %, respectivamente.

acumulado) para cada nutriente, considerando as partes da planta exportada e restituída ao solo (Quadro 2). Dividindo as quantidades de matéria seca exportada e restituída ao solo pelos respectivos valores de CUB do nutriente, chega-se ao conteúdo do nutriente em cada uma dessas partes, e somando esses dois valores, chega-se ao conteúdo do nutriente nas “plantas-mãe”.

Em seguida, calcula-se a demanda do nutriente pelas “famílias” (mãe-filha-neta) do bananal (Figura 1), visto que, no campo, geralmente, encontram-se, em cada touceira, três plantas em diferentes estádios de desenvolvimento (uma “família”). Para isso, considera-se que a biomassa da “planta-mãe” na colheita representa cerca 76,4 % da biomassa da família (Neves et al., 1991) e multiplica-se o teor do nutriente nas “plantas-mãe” por um fator de 1,3089 (1/0,764), dando como resultado a demanda nutricional de um bananal por determinado nutriente no primeiro ciclo. Obtido o valor da demanda nutricional, o requerimento é calculado, dividindo-se esse valor pela taxa de recuperação pela bananeira do nutriente proveniente do fertilizante (Quadro 3). O requerimento de um nutriente pela bananeira é igual à dose desse nutriente necessária para atender à demanda da cultura, sem contabilizar seu suprimento pelo solo.

A partir do segundo ciclo, a bananeira continuará apresentando crescimento vegetativo e reprodutivo, de modo que a demanda nutricional, após o primeiro ciclo, não depende apenas da demanda de exportação, mas também da demanda de crescimento vegetativo. Considerando que a demanda de crescimento vegetativo da planta-mãe no primeiro ciclo é a mesma para o crescimento vegetativo da família nos ciclos seguintes (Oliveira,

Quadro 2. Coeficientes de utilização biológica de nutrientes, para bananeiras dos grupos AAA e AAB

Grupo	Coeficiente de utilização biológica (CUB)							
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
kg kg ⁻¹								
Biomassa exportada								
AAA	110,7	888,0	39,1	1.166,7	702,1	1.224,0	65.923,0	89.006,0
AAB	102,6	926,8	42,9	793,5	626,9	1.849,9	54.160,0	77.452,0
Biomassa restituída ao solo								
AAA	107,4	941,1	38,4	109,4	153,5	1.521,4	41.379,0	87.299,0
AAB	122,5	1.535,9	40,0	123,0	167,5	1.785,2	45.624,0	66.388,0

Fonte: Adaptado de Oliveira (2002).

Quadro 3. Taxa de recuperação pela bananeira do nutriente proveniente do fertilizante (TR_{BN}), para os nutrientes considerados no FERTICALC® - Bananeira⁽¹⁾

Nutriente							
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
kg kg ⁻¹ ⁽²⁾							
0,65	0,35	0,80	0,80	0,80	0,45	0,45	0,35

⁽¹⁾ Em virtude da falta de informações da pesquisa, esses valores são arbitrários e precisam ser confirmados em futuras pesquisas. No FERTICALC®-Bananeira, considera-se que todos esses nutrientes são provenientes de uma fonte solúvel e aplicados localizadamente. ⁽²⁾ Para N e K, considera-se que o usuário tem condições de parcelar as doses desses nutrientes pelo menos a cada quinze ou trinta dias. No caso do P, B e Zn, deve-se utilizar uma fonte solúvel e aplicar toda a dose na cova de plantio junto com o esterco. Quanto ao Ca e ao Mg, no FERTICALC®-Bananeira, considera-se que, antes da instalação de um bananal, deve-se fazer a calagem em toda a área, incorporando o calcário dolomítico em todo o volume de solo da camada de 0-20 cm. Portanto, esses valores esperados das TR_{BN}, para Ca e Mg, são para a aplicação localizada de uma fonte solúvel desses nutrientes. No caso do S, considera-se que o mesmo será fornecido na forma de superfosfato simples, por ocasião da adubação fosfatada, ou na forma de sulfato de amônio, caso esse adubo venha a ser utilizado para suprir parte da demanda de N da bananeira.

2002), no FERTICALC®-Bananeira, utiliza-se, a partir do segundo ciclo, o mesmo fluxograma utilizado para o primeiro (Figura 1), apenas não considerando o fator de 1,3089.

O FERTICALC®-Bananeira estima, separadamente, o suprimento de um nutriente oriundo do solo e dos resíduos vegetais. O suprimento de nutrientes é estimado a partir dos teores desses nutrientes indicados na análise química de solo e o proveniente dos resíduos vegetais a partir da produtividade

de bananeira obtida no ciclo anterior. O suprimento de nutrientes provenientes da matéria orgânica do solo não é contabilizado, porque a matéria orgânica nativa de solos tropicais, particularmente dos mais argilosos, apresenta maior estabilidade (Duxbury et al., 1989) e, no sistema, admite-se que, quantitativamente, esse suprimento é pequeno em relação ao requerimento de nutrientes do bananal. Com isso, espera-se que o teor de matéria orgânica do solo aumente ou, pelo menos, seja mantido em relação ao seu teor original.

Os solos contêm quantidades variadas de nutrientes que podem suprir, parcial ou totalmente, a demanda do bananal. A análise química é a ferramenta mais adequada e utilizada para avaliar a disponibilidade de nutrientes no solo. A disponibilidade de um nutriente é resultante da ação integrada dos fatores Intensidade (I), Quantidade (Q) e Capacidade Tampão (CT) (Alvarez V., 1996). A CT exerce grande influência na disponibilidade de alguns nutrientes (P, S e Zn) e na de outros (K, Ca, Mg e B) essa influência é pequena ou desprezível. Assim, para P, S e Zn, é necessário que se considere a CT desses nutrientes no solo para uma adequada estimativa de sua disponibilidade. O efeito da CT na disponibilidade desses nutrientes pode ser estimado pelo fósforo remanescente, Prem (Alvarez V. et al., 2000).

No FERTICALC®-Bananeira, recomenda-se adubação para todos os macronutrientes e apenas para os micronutrientes B e Zn. O suprimento de N do solo não é contabilizado pelo sistema, por ser a contribuição do solo para o suprimento desse nutriente à bananeira pequena em relação à sua demanda e por não se ter utilizada, até então, análise química de N do solo para fins de recomendação de adubação. Os extractores mais utilizados no País para análise química dos nutrientes considerados no sistema são o Mehlich-1 (P, K e Zn), Resina (P, K, Ca e Mg), KCl (Ca e Mg), DTPA (Zn), Ca(H₂PO₄)₂ 500 mg L⁻¹ de P, em HOAc 2 mol L⁻¹ ou em H₂O (S) e água quente (B).

Como o teor de um nutriente indicado na análise química de solo é um índice de disponibilidade e não seu teor realmente disponível, no FERTICALC®-Bananeira (Figura 2), divide-se o teor de um nutriente indicado na análise de solo pela respectiva taxa de recuperação do extrator (TR_{EX}) desse nutriente aplicado ao solo (Quadro 4), obtendo-se a quantidade do nutriente suprida pelo solo ($mg\ dm^{-3}$). Em seguida, multiplica-se o valor obtido pelo volume de solo explorado pelas raízes (VS_{ER} , em $dm^3\ ha^{-1}$) e depois divide-se o resultado por um milhão (para transformar $mg\ ha^{-1}$ em $kg\ ha^{-1}$), obtendo-se o suprimento do nutriente proveniente do solo ($kg\ ha^{-1}$) (Figura 2).

Com base em dados de literatura, no FERTICALC®-Bananeira, utiliza-se, para cada nutriente e extrator, valores médios de TR_{EX} (Quadro 4). Para P, S e Zn, ainda é levada em consideração a CT do solo estimada pelo Prem.

O valor de VS_{ER} depende da profundidade efetiva do sistema radicular e da superfície do solo efetivamente explorada pelas raízes. Considerando que a bananeira apresenta densidade elevada de

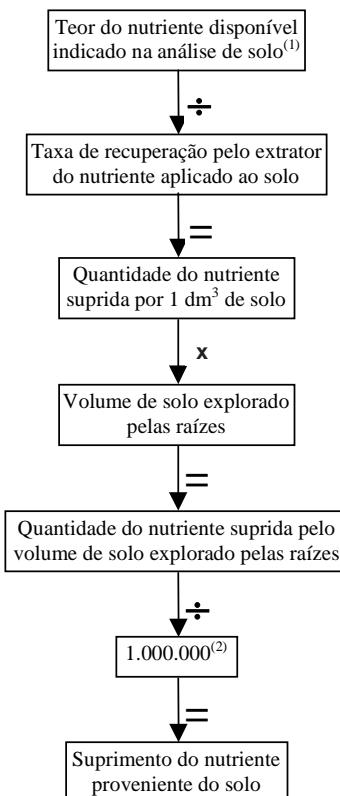


Figura 2. Fluxograma que indica como se estima o suprimento de um nutriente proveniente do solo. ⁽¹⁾Os teores de todos os nutrientes deverão ser expressos em $mg\ dm^{-3}$. ⁽²⁾Fator para transformar $mg\ ha^{-1}$ em $kg\ ha^{-1}$.

raízes ativas para a absorção de nutrientes até uma profundidade média de 0,30 m e até um raio médio de 0,70 m a partir do pseudocaule (Avilán R. et al., 1982; Keshava Murthy & Iyengar, 1997; Araya et al., 1998; Garcia, 2000; Araya & Blanco, 2001), o valor de VS_{ER} é dado pela expressão:

$$VS_{ER} = 0,3\pi 0,7^2 1000 \cdot NFA = 461,8141 \cdot NFA \quad Eq.(2)$$

em que VS_{ER} é dado em $dm^3\ ha^{-1}$ e NFA é o número de famílias por hectare.

A partir do segundo ciclo, não há mudança quanto à estimativa do suprimento de nutrientes pelo solo, de modo que o FERTICALC®-Bananeira adota o mesmo procedimento utilizado no primeiro ciclo (Figura 2). Como o suprimento de nutrientes para o bananal a partir do segundo ciclo não é proveniente somente do solo, o sistema também contabiliza o suprimento de nutrientes provenientes dos resíduos vegetais.

Em um programa de recomendação de adubação para a bananeira, deve-se contabilizar o suprimento de nutrientes provenientes dos resíduos vegetais da bananeira, uma vez que esses resíduos se decompõem rapidamente e servem como fonte de nutrientes para as plantas remanescentes da "família" (Martin-Prével, 1985; Vitti & Ruggiero, 1985; Vargas & Flores, 1995). A quantidade de nutrientes imobilizados na biomassa da bananeira na época da colheita é muito elevada e cerca de 59 a 69 % de sua biomassa retorna ao solo após a colheita do cacho (Oliveira, 2002). Seguindo a mesma tendência, mais da metade dos nutrientes acumulados na planta retornam ao solo, com destaque para o Ca e o Mg, cujas restituições ao solo podem chegar a 94 e 89 %, respectivamente (Oliveira, 2002).

Para estimar o suprimento de um nutriente oriundo dos resíduos da bananeira, a partir do segundo ciclo, é preciso informar ao FERTICALC®-Bananeira a produtividade obtida no ciclo anterior, o CUB de cada nutriente na matéria seca restituída ao solo e a fração desses nutrientes que será mineralizada no período entre o ciclo anterior e o ciclo seguinte (Figura 3).

Fornecendo o grupo genômico do cultivar e a produtividade obtida no ciclo anterior, o sistema utiliza equações de regressão (Quadro 1) para estimar a quantidade de matéria seca restituída ao solo. Dividindo a quantidade de matéria seca restituída ao solo pelo CUB do nutriente nessa matéria seca (Quadro 2), obtém-se o conteúdo do nutriente nos resíduos da bananeira.

A próxima variável que deverá ser informada ao FERTICALC®-Bananeira é a fração desses nutrientes que será mineralizada no período entre os dois ciclos de produção da bananeira (FM). Dados experimentais mostraram que, dez semanas após a deposição do pseudocaule na superfície do solo, houve uma mineralização de cerca de 33 % de sua matéria seca

Quadro 4. Taxa de recuperação pelo extrator do nutriente aplicado ao solo (\hat{y} , em mg dm^{-3} / mg dm^{-3}), variável, ou não, com o fósforo remanescente (x , em mg L^{-1})⁽¹⁾

Nutriente	Extrator	Equação	R^2
P	Mehlich-1	$\hat{y} = 0,06728 + 0,01216^{**}x$	0,681
	Resina	$\hat{y} = 0,419^{**}x^{0,128099}$	0,694
K	Mehlich-1	$\hat{y} = \bar{y} = 0,8020$	-
	Resina	$\hat{y} = \bar{y} = 0,7559$	-
Ca	KCl	$\hat{y} = \bar{y} = 0,7661$	-
	Resina	$\hat{y} = \bar{y} = 0,7661$	-
Mg	KCl	$\hat{y} = \bar{y} = 0,7989$	-
	Resina	$\hat{y} = \bar{y} = 0,7989$	-
S	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{HOAc}$	$\hat{y} = 0,0410 + 0,01700^{**}x$	0,836
	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\hat{y} = 0,2233 + 0,01712^{**}x^2$	0,834
B	Água quente	$\hat{y} = \bar{y} = 0,4521$	-
Zn	Mehlich-1	$\hat{y} = 0,3603 - 0,002339^{ns}x + 0,0001198^{**}x^2$	0,932
	DTPA	$\hat{y} = 0,3603 - 0,002339^{ns}x + 0,0001198^{**}x^2$	0,932

Fonte: Adaptado de Souza (1999), Morais (1999), Mello (2000), Ferreira et al. (2001) e Santos (2002).

⁽¹⁾ Em virtude da falta de dados para Ca e Mg extraídos pela resina, e Zn pelo DTPA, no FERTICALC®-Bananeira, utilizam-se os mesmos valores de TR_{EX} encontrados para o KCl e Mehlich-1, respectivamente. ns e ** não-significativo e significativo a 1 %, respectivamente.

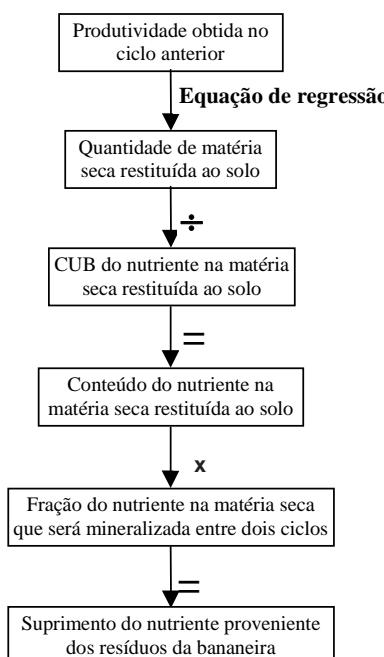


Figura 3. Fluxograma que indica como se estima, a partir do segundo ciclo de produção, o suprimento de um nutriente proveniente dos resíduos da bananeira (matéria seca restituída ao solo = rizoma + pseudocaule + folhas + coração + "ráquis masculina").

(Turner & Barkus, 1973). Para folhas, Flores & Vargas (1994) encontraram um valor de aproximadamente 47 % nesse mesmo período e um valor de 75 % em trinta semanas. Os trabalhos desses autores mostraram que, de modo geral, os valores das frações dos nutrientes mineralizados são semelhantes aos obtidos para a matéria seca, exceto para o K e o Zn. Com base nisso, são indicadas as frações dos nutrientes que serão mineralizados no período compreendido entre os dois ciclos de produção (Quadro 5). A fração dos resíduos que não mineraliza no período entre dois ciclos de produção será mineralizada no ciclo posterior, de modo que a restituição dos nutrientes desses resíduos será contabilizada em análises de solo posteriores.

Multiplicando o conteúdo do nutriente na matéria seca restituída ao solo pelo seu respectivo valor de FM, obtém-se a quantidade desse nutriente no solo, proveniente dos resíduos da bananeira, que é igual ao suprimento do nutriente proveniente dos resíduos da bananeira (Figura 3).

Uma vez estimados o suprimento do nutriente proveniente do solo (SUP_{SO}) e dos resíduos vegetais (SUP_{RE}), calcula-se o suprimento do nutriente para a bananeira (SUP) pela expressão:

$$\text{SUP} = \text{SUP}_{\text{SO}} + \text{SUP}_{\text{RE}} \quad \text{Eq. (3)}$$

Substituindo os valores de REQ (Figura 1) e de SUP (Equação 3) na equação 1, obtém-se a dose recomendada do nutriente (DR).

As estimativas das DRs dos nutrientes pelo FERTICALC®-Bananeira baseiam-se, em grande parte, no acúmulo de nutrientes absorvidos pela planta desde seu plantio até à colheita. Para o primeiro ciclo, as DRs deverão ser divididas, colocando parte delas na cova de plantio (DRC) e o restante parcelando ao longo do ciclo de produção (DRP). As DRCs visam atender aos níveis críticos de implantação ($\text{NiCri}_{\text{IMP}}$) da bananeira. Pela falta de dados específicos a esta cultura, nesse sistema utilizam-se valores de $\text{NiCri}_{\text{IMP}}$ recomendados para outra cultura perene, no caso o café (Quadro 6). Sabendo o $\text{NiCri}_{\text{IMP}}$ do elemento no solo e o volume de solo da cova, calcula-se o valor de DRC.

Para P, aplica-se a DRC no plantio, mesmo que a DR seja menor que a DRC. A partir do segundo ciclo, não será feita adubação do substrato da cova. Havendo necessidade, o fertilizante fosfatado deverá ser aplicado na superfície do solo próximo ao menor

rebento da touceira. Para atender ao $\text{NiCri}_{\text{IMP}}$ de P (Quadro 6), é adicionada à cova uma quantidade elevada de P. Tomando como exemplo um solo com $1,89 \text{ mg dm}^{-3}$ de P-Mehlich-1 e $\text{Prem} = 30,9 \text{ mg L}^{-1}$, o $\text{NiCri}_{\text{IMP}}$ pelo Mehlich-1 será de $189,92 \text{ mg dm}^{-3}$. A DRC será $= (189,92 - 1,89) / [0,06728 + 0,01216(\text{Prem})] = 424,42 \text{ mg dm}^{-3} = 424,42 \text{ g m}^{-3}$. Considerando covas com $0,40 \times 0,40 \times 0,40 \text{ m}$ e uma população de 1.600 plantas ha^{-1} , a quantidade aplicada em um hectare será de $424,42 \text{ g m}^{-3} \times 0,064 \text{ m}^3 \times 1.600 \text{ plantas ha}^{-1} = 43,46 \text{ kg ha}^{-1}$ de P.

A concentração de P no solo da cova de plantio ($189,92 \text{ mg dm}^{-3}$) diminuirá com o tempo, graças à passagem de P lábil para não-lábil (Novais & Smyth, 1999) e à absorção de P durante o primeiro ciclo da bananeira. Embora seja difícil prever a quantidade de P que a planta absorverá exclusivamente do solo da cova, é possível estimar a concentração de P no solo da cova, após determinado tempo (C_t), não considerando a absorção de P pela planta (Novais & Smyth, 1999). Adaptando o modelo sugerido por esses autores, Freire (2001) e Rosa (2002) estimaram, também, o efeito residual do P aplicado na cova.

No FERTICALC®-Bananeira, estima-se o valor de C_t , para Mehlich-1 ou resina, em função do teor de P inicial (C_i), do Prem, da DRC e do tempo (Quadro 7). Dividindo-se o valor de C_t (mg dm^{-3}) pela TR_{EX} ($\text{mg dm}^{-3}/\text{mg dm}^{-3}$) e multiplicando o resultado pelo volume de solo da cova ($\text{dm}^3 \text{ cova}^{-1}$) e pelo número de covas por hectare e dividindo-se o resultado por 10^6 , obtém-se o “suprimento de P residual” ($\text{SUP}_{\text{P-Residual}}$, em kg ha^{-1}), que deverá ser acrescentado à estimativa do suprimento de P no segundo ciclo:

$$\text{SUP}_{\text{2º Ciclo}} = \text{SUP}_{\text{SO}} + \text{SUP}_{\text{RE}} + \text{SUP}_{\text{P-Residual}} \quad \text{Eq. (4)}$$

Quadro 5. Fração do nutriente nos resíduos da bananeira mineralizada no período entre dois ciclos (FM), para os nutrientes considerados pelo FERTICALC®-Bananeira⁽¹⁾

Nutriente								
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	
kg kg ⁻¹								
0,65	0,60	0,85	0,55	0,55	0,60	0,50	0,30	

⁽¹⁾ Valores baseados em dados de Turner & Barkus (1973) e Flores & Vargas (1994). Em virtude da carência de dados experimentais, esses valores precisam ser confirmados em futuras pesquisas.

Quadro 6. Níveis críticos de implantação de P, K, S, B e Zn (\hat{y} , em mg dm^{-3}), variável, ou não, com o fósforo remanescente (x, em mg L^{-1})⁽¹⁾

Nutriente	Extrator	Equação
P	Mehlich-1	$\hat{y} = 90,585 - 0,3018x + 0,1138x^2$
	Resina	$\hat{y} = 101,31 + 1,87x$
K	Mehlich-1	$\hat{y} = \bar{y} = 200$
	Resina	$\hat{y} = \bar{y} = 190$
S	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{HOAc}$	$\hat{y} = 10,8 + 1,539x$
B	Água quente	$\hat{y} = \bar{y} = 0,1808$
Zn	Mehlich-1	$\hat{y} = 1,4412 - 0,00936x + 0,0004796x^2$

Fonte: Adaptado de Prezotti (2001).

⁽¹⁾ Para N, recomenda-se uma dose de 300 mg dm^{-3} . Para Ca e Mg, no FERTICALC®-Bananeira, considera-se que os mesmos são supridos suficientemente pela calagem realizada antes do plantio.

Quadro 7. Equações que estimam a concentração de P no solo da cova (\hat{C}_t , em mg dm^{-3}), em função da concentração inicial de P (C_i , em mg dm^{-3}), do fósforo remanescente (Prem, em mg L^{-1}), da dose de P aplicada no plantio (DRC, em mg dm^{-3}) e do tempo (t, em dias)

Extrator	Equação ⁽¹⁾
Mehlich-1	$\hat{C}_t = C_i + \{[0,06728 + 0,01216(\text{Prem})]\text{DRC} - C_i\}e^{-0,0013(t)}$
Resina	$\hat{C}_t = C_i + \{[0,419(\text{Prem})^{0,128099}]\text{DRC} - C_i\}e^{-0,0013(t)}$

Fonte: Adaptado de Novais & Smyth (1999).

⁽¹⁾ Nessas equações, e é a base do logaritmo neperiano.

A partir do terceiro ciclo, a contribuição do P residual será muito pequena, visto que a absorção de P pela bananeira nos dois primeiros ciclos contribui para diminuir o efeito residual do P adicionado na cova. Por outro lado, a planta que vai produzir no terceiro ciclo terá grande parte de suas raízes distantes da cova, de modo que sua absorção de P proveniente da cova será muito pequena. No exemplo citado, considerando que a duração do primeiro ciclo é de um ano (365 dias), o valor de C_t para Mehlich-1 será:

$$C_t = 1,89 + \{[0,06728 + 0,01216(30,9)] \times 424,42 - 1,89\}e^{-0,0013(365)} = 117,70 \text{ mg dm}^{-3}$$

Dividindo o valor de C_t pela TR_{EX} , obtém-se o $SUP_{P-Residual} = 117,70/[0,06728 + 0,01216(\text{Prem})] = 265,67 \text{ mg dm}^{-3}$. Para transformar esse valor em kg ha^{-1} , multiplica-se esse valor pelo volume de solo da cova (64 dm^3), pelo número de covas ha^{-1} (1.600) e depois divide-se o resultado por 10^6 :

$$SUP_{P-Residual} = (265,67 \times 64 \times 1.600)/10^6 = 27,20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de P}$$

Portanto, considerando os seguintes valores para o segundo ciclo: $REQ = 65,54 \text{ kg ha}^{-1}$, $SUP_{SO} = 9,46 \text{ kg ha}^{-1}$ e $SUP_{RE} = 16,43 \text{ kg ha}^{-1}$, a DR de P para o segundo ciclo será:

$$DR_{2^{\circ} Ciclo} = 65,54 - (9,46 + 16,43 + 27,20) = 12,45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de P}$$

Simulações do sistema

Para realizar simulações com o FERTICALC®-Bananeira, tomaram-se resultados analíticos de trinta amostras de solos analisadas no laboratório de rotina do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (Oliveira, 2002). Realizaram-se simulações para verificar as variações das doses dos nutrientes recomendadas em função da produtividade esperada e do teor desses nutrientes no solo. Para bananeiras do grupo AAA, variou-se a produtividade esperada de 16,5 a 70,0 t ha^{-1} e, para bananeiras do grupo AAB, de 9,4 a 50 t ha^{-1} .

Não são apresentadas simulações para as doses recomendadas de Ca e Mg, porque o FERTICALC®-Bananeira considera que esses nutrientes geralmente são supridos adequadamente pela calagem realizada antes do plantio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações realizadas mostraram que as doses recomendadas dos nutrientes aumentaram com o aumento da produtividade esperada, sendo maior no primeiro ciclo (Figuras 4 e 5). Para P, o efeito residual da adubação da cova, realizada no primeiro ciclo, aumenta o suprimento desse nutriente no segundo ciclo, levando o sistema a não recomendar este nutriente, ou recomendar pequenas doses, apenas para produtividades elevadas (Figura 4). As mudanças de declividades das curvas apresentadas (Figuras 4 e 5) são devidas às restrições para as equações apresentadas no quadro 1. Para o grupo AAA, as declividades das curvas diminuem quando a produtividade esperada é superior a 32,0 t ha^{-1} . Para o grupo AAB, a declividade é maior na faixa entre 14,7 e 39,0 t ha^{-1} e menor fora dela. A DR de P_2O_5 no primeiro ciclo não varia, enquanto a produtividade esperada for baixa o suficiente para causar um valor de DR menor que DRC (Figura 4).

Quanto à variação das doses dos nutrientes em razão de seus teores no solo, elas diminuem continuamente à medida que os teores dos nutrientes no solo aumentam, tanto no primeiro ciclo quanto no segundo (Figuras 6 e 7). Esse efeito é mais evidente para os nutrientes demandados pela planta em pequenas quantidades, como B e Zn (Figura 7). Para P, S e Zn, as doses recomendadas podem ser diferentes, para os mesmos teores desses nutrientes no solo (Figuras 6 e 7), uma vez que seus suprimentos também dependem da capacidade tampão do solo. Para todos os nutrientes, a dose recomendada é maior no primeiro ciclo que no segundo (Figuras 6 e 7).

Ao contrário do FERTICALC®-Bananeira, as tabelas de recomendação de adubação em uso no País

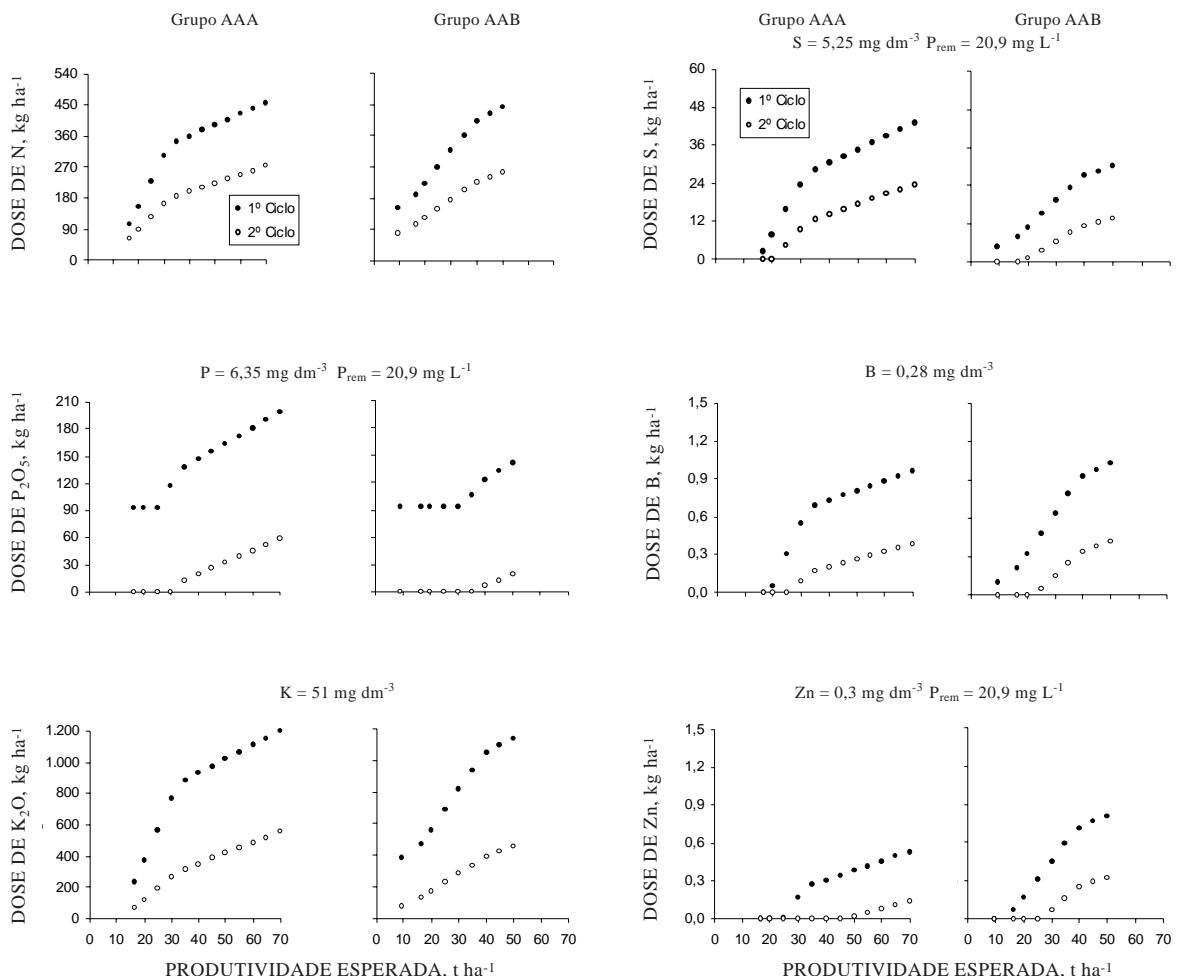


Figura 4. Doses de N, P₂O₅ e K₂O recomendadas pelo FERTICALC®-Bananeira em função da produtividade esperada, para bananeiras dos grupos AAA e AAB, no primeiro e no segundo ciclo.

(CEFS/BA, 1989; UFC, 1993; CFS RS/SC, 1995; Teixeira et al., 1996; Gonzaga Neto et al., 1998; Souza et al., 1999; Borges et al., 2002; Borges & Costa, 2002) não consideram que as doses recomendadas dos nutrientes variam de forma contínua com a produtividade esperada e com os teores e a capacidade tampão dos nutrientes no solo. O que essas tabelas consideram são faixas de teores dos nutrientes no solo, na maioria das vezes não associadas com faixas de produtividades esperadas e, ou, com faixas de teores de argila ou de Prem.

As DRs de K₂O para o primeiro ciclo parecem ser excessivas (Figuras 4 e 6), podendo ser dadas duas explicações para este fato. A primeira é que possivelmente o FERTICALC®-Bananeira esteja superestimando o teor de K na planta e o requerimento deste nutriente pela bananeira

Figura 5. Doses de enxofre, boro e zinco recomendadas pelo FERTICALC®-Bananeira em função da produtividade esperada, para bananeiras dos grupos AAA e AAB, no primeiro e no segundo ciclo.

(Figura 1), pela utilização de valores de CUB para K possivelmente baixos (Quadro 2). Baixos valores de CUB de K podem ser determinados pelo acúmulo excessivo de K na planta (consumo de luxo), gerando valores elevados de demanda de K pela planta. A segunda explicação deve-se à não-contabilização pelo FERTICALC®-Bananeira do suprimento de K não-trocável do solo para a planta. Segundo Chiba & Natale (2003), essa forma de K do solo pode contribuir para o suprimento de K para a bananeira.

Futuras pesquisas para determinar as quantidades e partição de matéria seca e de K acumuladas na planta na época da colheita, bem como o suprimento de K não-trocável do solo para a bananeira, produzirão dados que poderão ser utilizados pelo FERTICALC®-Bananeira para corrigir esse problema em futuras versões do sistema.

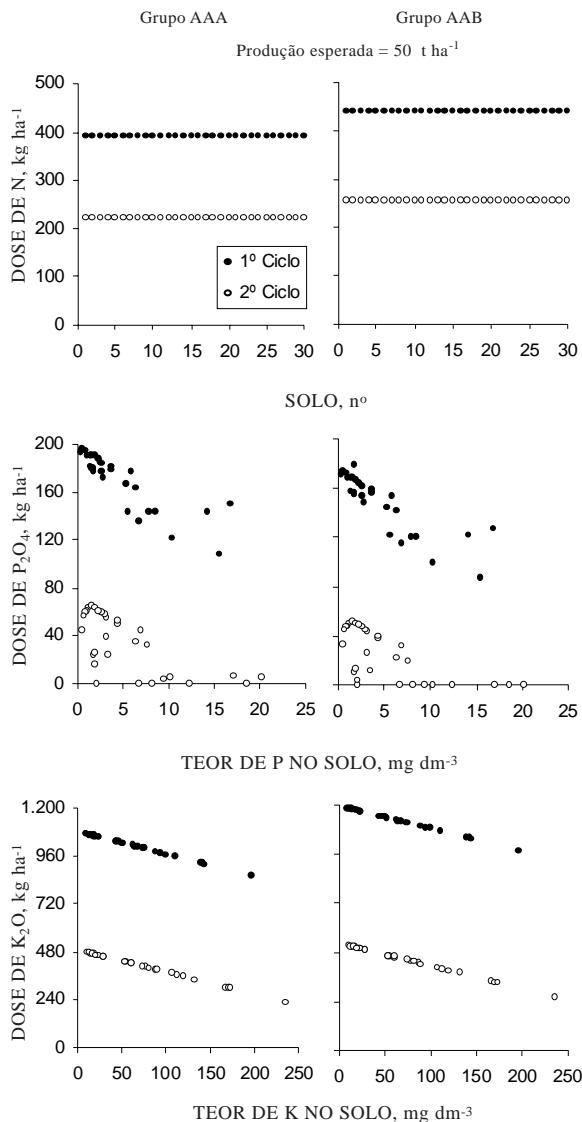


Figura 6. Doses de N, P₂O₅ e K₂O recomendadas pelo FERTICALC®-Bananeira, em função dos teores desses nutrientes no solo, para bananeiras dos grupos AAA e AAB, no primeiro e no segundo ciclo (Para nitrogênio, considerou-se o solo como variável independente, por ainda não se dispor de análise de solo para esse nutriente).

CONCLUSÕES

- As simulações realizadas mostraram que as doses de nutrientes recomendadas pelo FERTICALC®-Bananeira relacionam-se satisfatoriamente com a produtividade esperada e com os teores e com a capacidade tampão dos nutrientes no solo.

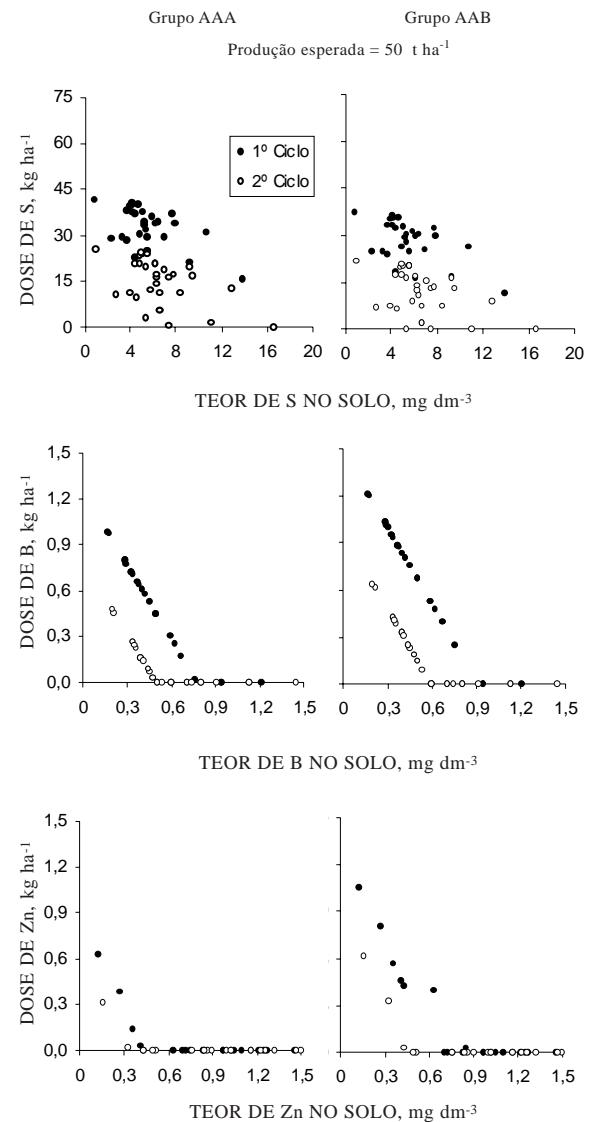


Figura 7. Doses de enxofre, boro e zinco recomendadas pelo FERTICALC®-Bananeira, em função dos teores desses nutrientes no solo, para bananeiras dos grupos AAA e AAB, no primeiro e no segundo ciclo.

- Considerando a lógica envolvida em sua constituição e as variáveis utilizadas na modelagem do FERTICALC®-Bananeira, este sistema constitui uma importante alternativa para estimar doses de nutrientes a serem recomendadas para a cultura da banana, sendo muito propenso a ajustes futuros, mediante a incorporação de novos resultados de pesquisa em futuras versões do sistema.

LITERATURA CITADA

ALVAREZ V., V.H. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.615-646.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. Bol. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo, 25:27-32, 2000.

ALVES, E.J. & OLIVEIRA, M.A. Práticas culturais. In: ALVES, E.J., ed. A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Brasília, Embrapa, 1999. p.335-351.

ARAYA, M. & BLANCO, F. Changes in the stratification and spatial distribution of the banana (*Musa AAA* cv. Grand Naine) root system of poor, regular, and good developed plants. J. Plant Nutrt., 24:1676-1693, 2001.

ARAYA, M.; VARGAS, A. & CHEVES, A. Changes in distribution of roots of banana (*Musa AAA* cv. Valery) with plant height, distance from the pseudostem and soil depth. J. Hortic. Sci. Biotechnal., 73:437-440, 1998.

AVILÁN R., L.; MENESES R., L. & SUCRE, R.E. Distribución radical del banano bajo diferentes sistemas de manejo de suelos. Fruits, 37:103-110, 1982.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; TEIXEIRA, J.L. & FERNANDES FILHO, E.I. NUTRICALC 2.0 – Sistema para cálculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. Bosque, 16:129-131, 1995.

BOOTE, K.J.; JONES, J.W. & PICKERING, N.B. Potential uses and limitations of crop models. Agron. J., 88:704-716, 1996.

BORGES, A.L. & COSTA, E.L. Requerimentos de nutrientes para fertirrigação: 2. Banana. In: BORGES, A.L.; COELHO, E.F. & TRINDADE, A.V., orgs. Fertirrigação em fruteiras tropicais. Cruz das Almas, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p.77-84.

BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G. & SOUZA, L.S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E.J., ed. A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Brasília, Embrapa, 1999. p.197-260.

BORGES, A.L.; RAIJ, B. van; MAGALHÃES, A.F.J. & BERNARDI, A.C.C. Nutrição e adubação da bananeira irrigada. Cruz das Almas, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 8p. (Circular Técnica, 48)

CARVALHO, F.T. Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do milho. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 93p. (Tese de Mestrado)

CHIBA, M.K. & NATALE, W. Contribuição de formas não trocáveis de potássio na nutrição da bananeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. Anais. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2003. 3p. CD-ROM

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – CFS RS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Passo Fundo, Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO – CEFS BA. Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia. Salvador, CEPLAC/EMATERBA/EMBRAPA/ EPABA/ NITROFÉRTIL, 1989. 173p.

DOURADO NETO, D.; TERUEL, D.A.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D.R.; FRIZZONE, J.A. & BACCHI, O.O.S. Principles of crop modeling and simulation: I. Uses of mathematical models in agricultural science. Sci. Agric., 55:46-50, 1998a.

DOURADO NETO, D. TERUEL, D.A.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D.R.; FRIZZONE, J.A. & BACCHI, O.O.S. Principles of crop modeling and simulation: II. The implications of the objective in model development. Sci. Agric., 55:51-57, 1998b.

DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S. & DORAN, J.W. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, S.C., OADES, J.M. & UEHARA, G., eds. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu, Niflal project, 1989. p.33-67.

FERREIRA, G.B.; FONTES, R.L.F.; FONTES, M.P.F. & ALVAREZ V., V.H. Influência de algumas características do solo nos teores de boro disponível. R. Bras. Ci. Solo, 25:91-101, 2001.

FLORES, S.C.L. & VARGAS, V.R. Liberación de nutrientes por los residuos vegetales en suelos bajo cultivo de banano en la Zona Atlántica de Costa Rica. In: CONTRERAS, M.A.; GUZMÁN, J.A. & CARRASCO, L.R., eds. REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN PARA LA COOPERACIÓN EN INVESTIGACIÓN DE BANANO EN EL CARIBE Y EN AMÉRICA TROPICAL – ACORBAT, 10., Tabasco, 1991. Memorias. San José, CORBANA, 1994. p.59-64.

FREIRE, F.J. Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 144p. (Tese de Doutorado)

GARCIA, R.V. Sistema radicular de bananeira irrigada por aspersão convencional e microaspersão no Projeto Jaíba, MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 47p. (Tese de Mestrado)

GEYPENS, M. & VANDENDRIESSCHE, H. Advisory systems for nitrogen fertilizer recommendations. Plant Soil, 181:31-38, 1996.

GONZAGA NETO, L.; PEREIRA, J.R. & SILVA, D.J. Banana (Irrigada). In: CAVALCANTI, F.J.A., coord. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação. Recife, Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 1998. p.115.

KESHAVA MURTHY, S.V. & IYENGAR, B.R.V. Root distribution and morphology in some banana (*Musa x paradisiaca*) varieties. Ind. J. Agric. Sci., 67:495-499, 1997.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S., ed. Bananas and plantains. London, Chapman & Hall, 1995. p.258-316.

LÓPEZ M., A. & ESPINOSA M., J. Manual de nutrición y fertilización del banano. Quito, CORBANA/Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1995. 82p.

MARTIN-PRÉVEL, P. Exigências nutricionais da bananicultura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1., Jaboticabal, 1984. Anais. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 1985. p.118-134.

MELLO, M.S. Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de calagem e fertilizante para a cultura de tomate. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 91p. (Tese de Mestrado)

MONTEITH, J.L. The quest for balance in crop modeling. *Agron. J.*, 88:695-697, 1996.

MORAIS, E.R.C. Formas de potássio em solos do Estado de Minas Gerais e sua disponibilidade para plantas de milho. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 85p. (Tese de Mestrado)

NEVES, R.L.L.; FERREYRA, F.F.H.; MACIEL, R.F.P. & FROTA, J.N.E. Extração de nutrientes em banana (*Musa sp.*) cv. Pacovan. *Ci. Agron.*, 22:115-120, 1991.

NOVAIS, R.F. & ALVAREZ V., V.H. Sistemas de interpretação de análise de solo e recomendação de fertilizantes: muito simples ou muito complexo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., Santa Maria, 2000. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Universidade Federal de Santa Maria, 2000. CD-ROM

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NOVAIS, R.F.; PREZOTTI, L.C.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. & BARROS, N.F. FERTICALC – Sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do café arábica. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. CD-ROM

OLIVEIRA, F.H.T. Sistema para recomendação de calagem e adubação para a cultura da bananeira. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 78p. (Tese de Doutorado)

PASSIOURA, J.B. Simulation models: science, snake oil, education, or engineering? *Agron. J.*, 88:690-694, 1996.

POSSAMAI, J.M. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do algodoeiro. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 91p. (Tese de Mestrado)

PREZOTTI, L.C. Sistema para recomendação de corretivos e de fertilizantes para a cultura do café arábica. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 93p. (Tese de Doutorado)

RAFFAELI, V. Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de nutrientes para arroz irrigado. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 76p. (Tese de Mestrado)

RAO, P.S.C.; JESSUP, R.E. & HORNSBY, A.G. Simulation of nitrogen in agro-ecosystems: criteria for model selection and use. *Plant Soil*, 67:35-43, 1982.

ROSA, G.N.G.P. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do coqueiro. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 73p. (Tese de Mestrado)

SANTOS, F.C. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 100p. (Tese de Mestrado)

SANTOS, H.Q. Sistema para cálculo do balanço de nutrientes e recomendação de calagem e adubação de pastagem para bovinos de corte. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 138p. (Tese de Doutorado)

SOUTO, R.F.; RODRIGUES, M.G.V.; RUGGIERO, C. & MENEGUCCI, J.L.P. Novas perspectivas em sistemas de implantação, condução e práticas de manejo da bananeira. *Inf. Agropec.*, 20:10-15, 1999.

SOUZA, M.; GUIMARÃES, P.T.G.; CARVALHO, J.G. & FRAGOAS, J.C. Banana prata anã. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.217-218.

SOUZA, R.B. Níveis críticos de enxofre em solos e em folhas de cultivares de café. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 88p. (Tese de Doutorado)

STANFORD, G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. *J. Environ. Qual.*, 2:159-166, 1973.

TEIXEIRA, L.A.J.; SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, P.R. Banana. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. p.131-132. (Boletim Técnico, 100)

TOMÉ JÚNIOR, J.B. & NOVAIS, R.F. Utilização de modelos como alternativas às tabelas de recomendação de adubação. *Bol. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo*, 25:8-11, 2000.

TOMÉ JÚNIOR, J.B. Uma nova abordagem nas recomendações de adubação. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 133p. (Tese de Doutorado)

TURNER, D.W. & BARKUS, B. Loss of mineral nutrients from banana pseudostems after harvest. *Trop. Agric.*, 50:229-233, 1973.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará. Fortaleza, 1993. p.138-139.

VARGAS V., R. & FLORES, S.C.L. Redistribución nutricional de los residuos de hojas, venas de hojas, pseudotallo y pinzote de banano (*Musa AAA*) en fincas de diferentes edades de cultivo. *R. Corbana*, 20:33-47, 1995.

VITTI, G.C. & RUGGIERO, C. Aproveitamento do engaço, coração e ráquis, como fonte de nutrientes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1., Jaboticabal, 1984. Anais. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 1985. p.392-399.