

GUSTAVO NOGUEIRA GUEDES PEREIRA ROSA

SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE CORRETIVOS E
FERTILIZANTES PARA A CULTURA DO COQUEIRO

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
graduação em Fitotecnia, para obtenção
do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL

2002

GUSTAVO NOGUEIRA GUEDES PEREIRA ROSA

SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE CORRETIVOS E
FERTILIZANTES PARA A CULTURA DO COQUEIRO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 20 de agosto de 2002.

Prof. Víctor Hugo Alvarez V.
(Conselheiro)

Prof. Nairam Félix de Barros
(Conselheiro)

Prof. Gilberto Bernardo de Freitas

Prof. Julio César Lima Neves

Prof. Roberto Ferreira de Novais
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, pela estímulo ao curso de Agronomia.

À minha mãe, pelo apoio e estímulo aos estudos.

Aos meus avós, pela ajuda e pela experiência de vida compartilhada.

À minha esposa Poliane, pela dedicação, paciência e compreensão.

Ao Acelino e Rita, pelo apoio em todas as horas.

Ao professor Novais, pelos ensinamentos e receptividade.

Aos professores Víctor Hugo, Nairam e Júlio pelas sugestões e atenção dispensada durante o curso.

Aos colegas de trabalho Luis Mirisola, Flávia, Prezotti, Fábio, Tomé e Helder, pelas sugestões e ajuda.

Aos amigos Rô e Zé Scalon, Marcelinho e Márcia, Felipe e Paty, Rafael e Juliana, Lilo, Leo, Chupeta, André Luiz, Alexandre, Guilherme, Marcelo, Rafa, Clóvis, Pedro, e Márcio, pela companhia.

Ao amigo Luis Camboim, que com toda experiência e conhecimento, contribuiu muito para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao amigo Luiz Antônio, “tio Luiz”, pela confiança e pelos momentos de alegria e descontração. Sempre muito observador e crítico, divertido com seus comentários bem humorados e inteligentes.

Aos vizinhos Joãozinho e Elza, Paulo e Ritinha, Ricardo e Cleide, pela convivência harmoniosa.

A Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade dos cursos de Graduação e Mestrado e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA

GUSTAVO NOGUEIRA GUEDES PEREIRA ROSA, filho de Guilherme Pereira Rosa e Regina de Mello Nogueira Guedes, nasceu no Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, em 6 de junho de 1976.

Cursou o Primário no Colégio Primus e o Ginásio no Colégio Bahiense, no Rio de Janeiro.

Em março de 1994 iniciou o curso de Agronomia, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, concluindo-o em agosto de 1999.

Em agosto de 1999 iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, concluindo-o em agosto de 2002.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1.INTRODUÇÃO	1
2. CARACTERÍSTICAS DA CULTURA	3
3. ASPECTOS NUTRICIONAIS DA CULTURA	7
4. O SISTEMA	12
4.1 Fertilização da cova de plantio	13
4.2 Fertilização de formação e início de produção	15
4.2.1 Produção de matéria seca dos componentes da planta jovem	17
4.2.2 Estimativa da demanda de nutrientes	21
4.2.3 Eficiência da recuperação de nutrientes pela planta jovem	25
4.2.4 Quantidade do nutriente no solo exigido pela planta	26
4.2.5 Suprimento de nutrientes	28
4.2.6 Estimativa da quantidade de nutrientes disponíveis no solo	28

4.2.6.1 Estimativa do fósforo-remanescente em função do teor de argila	29
4.2.6.2 Taxa de recuperação de fósforo pelo Mehlich-1 em função da dose de fósforo aplicada	30
4.2.6.3 Taxa de recuperação de fósforo pela resina de troca aniônica em função da dose de fósforo aplicada	31
4.2.6.4 Taxa de recuperação de potássio pelo Mehlich-1 em função da dose de potássio aplicada	32
4.2.6.5 Taxa de recuperação do cálcio trocável em função da dose de cálcio aplicada.	32
4.2.6.6 Taxa de recuperação do magnésio trocável em função da dose de magnésio aplicada	33
4.2.6.7 Taxa de recuperação do enxofre pelo $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ em HOAc em função da dose de enxofre aplicada, e do fósforo-remanescente	33
4.2.6.8 Estimativa do P-residual	34
4.2.7 Nutrientes disponibilizados pela adubação orgânica	35
4.2.8 Nutrientes disponibilizados pela chuva	35
4.2.9 Quantidade de nutrientes a ser fornecida (recomendação de fertilizantes).....	36
4.3 Fertilização de produção de plantas adultas	36
4.3.1 Estimativa da demanda de nutrientes	38
4.3.1.1 Estimativa da imobilização de nutrientes no estipe	38
4.3.1.2 Estimativa da produção de frutos	39
4.3.2 Quantidade de nutrientes a ser fornecida (recomendação de fertilizantes)	41
4.3.3 Teor mínimo de nutrientes a ser mantido no solo (reserva técnica)	41
4.3.4 Análise de sensibilidade	42
4.3.5 Informações geradas pelo sistema	42
5. SIMULAÇÕES COM O SISTEMA	43
5.1 Fertilização da cova de plantio	43
5.2 Fertilização para formação e início de produção	47

5.3 Fertilização para produção	53
5.4 Teor mínimo de nutrientes a ser mantido no solo (reserva técnica)	59
5.5 Análise de sensibilidade	60
6. COMPARAÇÃO ENTRE RECOMENDAÇÕES	63
7. RESUMO E CONCLUSÕES	68
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

RESUMO

ROSA, Gustavo Nogueira Guedes Pereira, M.S., Universidade Federal de Viçosa; agosto de 2002. **Sistema de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para a Cultura do Coqueiro.** Orientador: Roberto Ferreira de Novais. Conselheiros: Nairam Félix de Barros e Víctor Hugo Alvarez V..

As recomendações de fertilizantes utilizadas no país são baseadas em curvas de resposta, em que nutrientes são aplicados em doses crescentes e seus efeitos no aumento da produção observados. Os ensaios de campo são realizados em determinada região, sendo os resultados, na maioria das vezes, extrapolados para outras com características edafoclimáticas diferentes. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um Sistema de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para a Cultura do Coqueiro, baseado na filosofia do balanço nutricional. O Sistema leva em consideração, para estimar as doses de fertilizantes, a produtividade desejada, a variedade cultivada, a estimativa da disponibilidade de nutrientes no solo e a adição de nutrientes pela água da chuva, pela fertilização orgânica e pelos restos culturais, de acordo com a produtividade anterior e o manejo adotado. O Sistema é dividido em três etapas: fertilização da cova de plantio, fertilização de formação e início de produção e fertilização de produção. A fertilização da cova de plantio tem como objetivo elevar os teores dos nutrientes a determinado nível crítico. A demanda de nutrientes pela cultura, a partir do primeiro ano, é calculada de acordo com a demanda de nutrientes para formação de biomassa no ano seguinte. Durante a fase jovem, devido à elevada quantidade de P aplicada na cova de plantio, o P-residual é estimado em função do fator capacidade do solo, do tempo de contato do P com o solo e da dose de P aplicada anteriormente. Quando a planta atinge a idade adulta, a demanda passa a

ser calculada em função do crescimento do estipe e da produtividade desejada. A quantidade do nutriente exigida pela planta menos o suprimento de nutrientes por fontes diversas gera a recomendação de fertilizante. As informações necessárias para o desenvolvimento do Sistema foram obtidas na literatura e, quando não conhecidas, foram estimadas com base no comportamento de outras culturas perenes. A carência de dados sobre micronutrientes não permitiu a inclusão dos mesmos no Sistema. Foram comparados os resultados obtidos pelo Sistema com as principais tabelas utilizadas para recomendação de fertilizantes para o coqueiro. A modelagem permitiu a identificação de áreas carentes de informações e a necessidade de trabalhos futuros de pesquisa, devendo este Sistema ser aperfeiçoado em futuras versões, à medida que novas informações forem obtidas.

ABSTRACT

ROSA, Gustavo Nogueira Guedes Pereira, M.S., Universidade Federal de Viçosa; august 2002. **System to Recomendate Lime and Fertilizers for Coconut.** Adviser: Roberto Ferreira de Novais. Committee members: Nairam Félix de Barros and Víctor Hugo Alvarez V..

Fertilizer recommendations utilized in Brazil are based on growth curves, obtained from the relation between increasing nutrient rates and yield increment. The assays are conducted in certain regions from which results are often extrapolated to other regions with different soil and climate conditions. The objective of this work was to develop a System to recommend lime and fertilizers for coconut, based on the nutritional balance. This system estimates fertilizer rates by taking the expected yield, cultivated variety, availability of nutrients in the soil, nutrient addition by rain, by organic fertilization and culture residues, according to the previous yield and the adopted management into consideration. The System is divided in three parts: planting hole fertilization, formation and beginning of production fertilization and production fertilization. The planting hole fertilization aims to elevate the nutrient level to the critic level. The nutrient demand of coconut after the first year is calculated according to the nutrient demand for forming biomass in the subsequent year. In the young phase, because of an elevated quantity of P applied on the planting hole, the residual-P is estimated based on the soil capacity factor, the time of contact of P with the soil and the previously applied dose of P. When the plant becomes adult, the demand is calculated in function of the stem growth and the expected yield. The nutrient amount required by the plant less the nutrient amount supplied by other sources is the fertilizer recommendation. The necessary data for the development of the System was obtained from

literature and, when unknown, data were estimated based on the behavior of other perennial crops. The information on micronutrients did not allow their inclusion in the System. The results obtained by the System were compared with tables utilized to recommend fertilizers for coconut. The modeling allowed the identification of areas with little information and the need for future research. Once new information is obtained, this System can also be improved in future versions.

1. INTRODUÇÃO

As atuais tabelas de recomendação de corretivos e fertilizantes, embora com razoável acerto e de fácil utilização, são baseadas em curvas de resposta da cultura a doses crescentes de fertilizantes e calibração, e na vivência dos profissionais da área. O desenvolvimento de um Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes, mediante a modelagem do balanço nutricional de determinada cultura, permite uma utilização mais ampla e uma evolução mais segura, o que leva a um distanciamento cada vez maior do modelo regional e uma aproximação do modelo universal (Novais & Smyth, 1999).

O emprego da modelagem na agricultura intensificou-se na década de 70, com o uso de computadores. Pode ser definida como uma simulação dinâmica do crescimento da cultura por uma integração numérica de fatores constituintes desse processo (Sinclair & Seligman, 1996).

Para Passioura (1996), as culturas têm um comportamento complexo, dependente de vários fatores, e a razão da simulação estar se tornando popular é devida aos computadores, que permitem lidar com essa complexidade. Os modelos podem testar hipóteses complexas, e a estratégia científica para avançar no conhecimento é criar e testar hipóteses. É importante distinguir modelos mecanísticos, no qual todos os processos têm bases físicas, químicas ou biológicas, dos modelos empíricos, cujas funções são escolhidas arbitrariamente por meio de medidas de campo ou de laboratório (Monteith, 1996).

Um dos objetivos da modelagem é provocar dúvidas e questionamentos e levar à procura de soluções para questões ainda não solucionadas, direcionando futuros trabalhos de pesquisa.

As tabelas atuais de recomendação de adubação funcionam, mas o espaço entre errar em termos teóricos e acertar em termos práticos pode ser muito grande, e funcionar sem bases científicas adequadas não satisfaz. Assim, torna-se necessário desenvolver um sistema de

recomendação de corretivos e fertilizantes com base científica, em uma modelagem mais mecanística e menos empírica (Novais & Smyth, 1999).

O desenvolvimento de sistemas de recomendação de corretivos e fertilizantes para diversas culturas teve como base o NUTRICALC, um programa desenvolvido para calcular o balanço nutricional e recomendar corretivos e fertilizantes para a cultura do eucalipto, com base na análise de solo, produtividade desejada e conteúdo de nutrientes nas árvores. A base de dados que permitiu o desenvolvimento do NUTRICALC é resultante de vários anos de trabalho conduzidos na Universidade Federal de Viçosa e empresas associadas à Sociedade de Investigações Florestais (Barros et al., 1995). Seguindo a mesma filosofia do NUTRICALC, foram desenvolvidos sistemas de recomendação de corretivos e fertilizantes para outras culturas, como milho (Carvalho, 2000), tomate (Mello, 2000), cana-de-açúcar (Freire, 2001), arroz (Raffaelli, 2001), café (Prezotti, 2001) e soja (Santos, 2002).

Há grande variação entre as tabelas de recomendação de fertilizantes para o coqueiro, indicando não existir conhecimento sobre a real demanda de nutrientes pela cultura. O objetivo deste trabalho foi desenvolver a modelagem de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do coqueiro, de modo a definir a quantidade de nutrientes a ser aplicada, de acordo com a demanda da planta, levando-se em consideração o manejo, a produtividade desejada, a variedade cultivada, a distribuição do sistema radicular, a adição de nutrientes pela chuva e fertilização orgânica, e a disponibilidade de nutrientes no solo.

2. CARACTERÍSTICAS DA CULTURA

O coqueiro (*Cocos nucifera*) é originário do sudeste asiático e foi introduzido no Brasil em 1553, no estado da Bahia, razão para a denominação coco da Bahia. Encontrando condições edafo-climáticas ideais para o crescimento e desenvolvimento foi disseminado por todo o litoral nordestino, que detêm hoje cerca de 90 % da produção nacional, embora a produtividade média (20 a 30 frutos por planta por ano) seja muito baixa.

Participando com 2 % da produção mundial, o Brasil não consegue atender à sua própria demanda (Ferraz et al., 1994). A baixa produtividade obtida é devida ao material genético, à elevada idade dos coqueirais e, principalmente, ao manejo nutricional inadequado. Com larga faixa de adaptação, a nucicultura está deixando de ser uma atividade extrativista apenas do litoral, migrando para novas regiões, como Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso, tecnificando-se e alcançando altas produtividades. Existem, nessas regiões, muitos trabalhos em andamento, contemplando diversas linhas de pesquisa, como melhoramento genético, fitossanidade e irrigação.

Conhecido no oriente como árvore da vida, devido à sua variada e importante utilização, o coqueiro hoje é cultivado em mais de 80 países na região tropical. Seus produtos prestam-se aos mais diversos usos, como construção (madeira), artesanato e cobertura de casas (folhas), assento de automóveis e cordas (fibra), combustível e ração animal (fruto). Do fruto se extraem, ainda, produtos como a água de coco verde, coco ralado, leite de coco, óleo, farinha e margarina. Além desses, podem ser obtidos sabões, fármacos, palmito, substrato para cultivo de outras plantas e cosméticos (Medina, 1980).

O coco é o terceiro fruto mais cultivado no país, ficando atrás da laranja e da banana. É importante levar em consideração que os dados de área cultivada não fazem distinção entre coqueiro gigante, híbrido e anão. Segundo os dados disponíveis (Agrianual, 2000), no ano 1998 foram produzidos 1.003.405.000 frutos em 247.535 ha.

Condições ideais para o crescimento e o desenvolvimento da cultura são encontradas entre as latitudes 20 ° norte e 20 ° sul, em altitudes inferiores a 300 m. A temperatura média de 27 °C favorece a cultura. Temperaturas inferiores a 20 °C afetam a produção de frutos e superiores a 36 °C provocam desidratação dos grãos de pólen e morte de flores. A cultura necessita de alta luminosidade e de umidade relativa elevada para uma boa frutificação. Umidade relativa menor que 60 % provoca aborto de flores femininas, morte de inflorescências e queda prematura de frutos. Esses fatores explicam a concentração das regiões produtoras no litoral ou em lugares de baixas altitudes (David et al., 1999).

Embora com baixa produtividade, o coqueiro possui papel fundamental na sustentabilidade dos ecossistemas frágeis das ilhas e regiões costeiras do mundo tropical, devido ao seu crescimento em ambientes com alta salinidade, chuvas mal distribuídas durante o ano e solos de baixa fertilidade natural, onde poucas plantas conseguem crescer (Persley, 1992).

A maioria dos trabalhos sobre coqueiro vem de outros países, como Tailândia, Malásia, Filipinas, Sri Lanka, Indonésia e Costa do Marfim (Manciot et al., 1979a, Manciot et al., 1979b, Manciot et al., 1980, Ollagnier & Mardiana Wahyuni, 1984, Magat et al., 1988, Bonneau et al., 1993) sendo realizados sob as mais diversas condições. As variações de clima, solo, distribuição de chuvas e tratamentos culturais ocasionam grande variação na nutrição e na produtividade das plantas.

Estudando a distribuição radicular do coqueiro anão, aos seis anos de idade, em solo arenoso, Cintra et al. (1992) constataram que cerca de 70 % do total de raízes e 65 % das raízes finas encontravam-se em um raio de 1 m, e 90 % do total de raízes e 85 % das raízes finas em um raio de 1,5 m do estipe. A maior concentração de raízes finas foi encontrada a 60 cm do estipe. Quanto à profundidade, a maioria das raízes foi encontrada entre 20 e 60 cm de profundidade, sendo observadas poucas raízes entre a superfície e 20 cm.

Usando o mesmo método para estudo da distribuição do sistema radicular do coqueiro gigante, em início de produção, Cintra et al. (1993) concluíram que 70 % do total de raízes encontram-se em um raio de 1 m do estipe, e de 10 a 50 cm de profundidade. Foram realizadas duas amostragens anuais, após as estações seca e chuvosa, e após ambas as estações, 75 % das raízes concentravam-se a até 1 m do estipe. Após o período chuvoso, 80 % do sistema radicular encontrava-se entre 10 e 50 cm de profundidade, enquanto que após o período seco, esse percentual foi de 60 %, o que representa 20 % a mais de raízes abaixo de 50 cm. Esses resultados indicam que a planta é estimulada a produzir raízes em maior profundidade quando submetida a estresse hídrico. Em ambas as variedades, as raízes ficaram

restritas ao raio de 1,8 m, concentrando-se principalmente próximo do estipe, onde o solo apresentava geralmente teores mais elevados de nutrientes. Esse fato permite supor que a concentração de nutrientes no solo exerceu influência na distribuição do sistema radicular. Embora tenham ocorrido diferenças entre as variedades quanto à produção total de raízes, a maior concentração de raízes e raízes finas, para ambas, estava a 60 cm do estipe. A identificação das zonas de maior concentração de raízes permite melhor eficiência na localização dos fertilizantes aplicados (Sobral, 1998).

A água de coco é rica em alguns nutrientes minerais e açúcares (Quadro 1), e tem sido utilizada para diversos fins, como: meio de cultura para fungos, bactérias e tecidos, conservação de órgãos humanos e de sêmen. Como soro fisiológico, é utilizada em razão de sua composição ser semelhante ao soro glicosado isotônico empregado em hospitais. Seu uso é indicado também em distúrbios nutricionais e na alimentação infantil (Medina, 1980). Existem hoje, no país, cerca de 80 indústrias de pequeno porte e três de grande porte envasando água de coco (Rosa & Abreu, 2000).

Quadro 1. Composição da água de coco anão-verde, com sete meses de idade

Sacarose (g/L)	2,80
Glicose (g/L)	23,78
Frutose (g/L)	24,00
K (mg/kg)	1568,60
Ca (mg/kg)	171,00
P (mg/kg)	74,00
Na (mg/kg)	70,50
Mg (mg/kg)	47,70
Mn (mg/kg)	5,20
Fe (mg/kg)	0,40
pH	4,91
Sólidos totais (g/kg)	58,40
Brix (g/L)	50,00
Vitamina C (mg/L)	12,00
Glicídeos totais (g/kg)	34,60
Proteína (g/kg)	3,70
Valor calórico (kCal/kg)	0,2751

Fonte: Rosa & Abreu (2000).

A variedade anã é mais precoce e produtiva, com maior emissão de folhas e, conseqüentemente, de cachos por planta por ano que a variedade gigante (Le Saint & Nucé de Lamothe, 1987). O plantio geralmente é feito no espaçamento de 7,5 x 7,5 m, com 205 plantas por hectare. É recomendado o plantio de mudas no arranjo espacial em triângulo, para melhor aproveitamento da área. Devido à baixa proporção de albúmen nos frutos e melhor sabor da água em relação às outras variedades, a variedade anã é plantada com a finalidade de atender ao mercado de frutos *in natura*.

O híbrido anão x gigante é plantado no espaçamento de 8,5 x 8,5 m, em triângulo, com 160 plantas por hectare e serve tanto para a produção de copra (albúmen desidratado a 6 %) como de água. Os dados utilizados para a modelagem do balanço nutricional da cultura do coqueiro foram obtidos do híbrido PB-121, o mais estudado e resultante do cruzamento entre o Gigante Oeste Africano (GOA) e o Anão Amarelo da Malásia (MYD), desenvolvido pelo I.R.H.O. (Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux), na Costa do Marfim, e disseminado por vários países, como Filipinas, Malásia, Brasil e México (Ollaginier & Mardiana Wahyuni, 1984). Embora com menor produção de copra por fruto que a variedade gigante, o híbrido anão x gigante é mais precoce e produtivo, e é plantado em um espaçamento menor, proporcionando produção de copra por área muito maior (Bourdeix et al., 1992). Os coqueiros híbridos florescem entre 3 e 4 anos após o plantio e, quando o objetivo é colher frutos para consumo da água, a colheita é feita de 6 a 7 meses após o florescimento. Quando o objetivo é a produção de copra, os frutos são colhidos maduros, com 12 meses (Sobral, 1998).

A variedade gigante é a mais rústica e comum, crescendo espontaneamente em todo o litoral nordestino e parte do litoral do sudeste, mas os plantios mais recentes estão optando pela variedade anã-verde, ou pelo híbrido anão x gigante.

3. ASPECTOS NUTRICIONAIS DA CULTURA

O coqueiro, como outras espécies da família Palmaceae, absorve e acumula cloro em grande quantidade. Os teores desse nutriente chegam a ser superiores a 0,50 dag/kg da matéria seca (Manciot et al., 1979b, Magat et al., 1988). Magat & Margate (1990), avaliando os resultados de um ensaio conduzido em solos deficientes em cloro no sudoeste das Filipinas, verificaram que aplicações de cloro promoveram maior crescimento das mudas, diretamente relacionado com o aumento dos teores desse nutriente nas folhas. Durante os cinco primeiros anos após o plantio, o potássio e o cloro tiveram influência significativa em todas as variáveis avaliadas para medir o crescimento, como diâmetro do estipe à altura do colo, número de folíolos e produção de folhas. Durante os quinze anos avaliados, a fertilização com cloro resultou em florescimento 115 % maior em relação à testemunha. O aumento da produção de frutos, do peso de copra por fruto e da produção de copra por árvore estão diretamente relacionados com os teores foliares de cloro.

Embora não se conheça a função específica do sódio, este elemento apresenta função osmótica, substituindo em parte o potássio, quando este é deficiente. De acordo com Manciot et al. (1979b), embora 0,40 dag/kg seja um valor de referência para os teores de sódio na folha 14, tem sido constatado que o coqueiro pode produzir muito bem com 0,10 dag/kg. O coqueiro se adapta bem em solos salinos, sem que surjam relações de proporcionalidade entre os teores de sódio no solo e nas folhas. Em algumas regiões, onde o teor de potássio no solo é alto, é aplicado cloreto de sódio para corrigir deficiências de cloro, substituindo parte do cloreto de potássio, devido ao menor custo do NaCl. Em alguns países, como Colômbia, Java e Índia, produtores aplicam NaCl por acreditar que o sal aumente a produção (Medina, 1980).

Estudos realizados na Indonésia, em um plantio comercial de coqueiro híbrido (na maior parte, PB-121) em 18.000 ha de solo orgânico, revelaram deficiência severa de nitrogênio, devido à alta relação C:N da matéria orgânica desses solos. Foram observadas

também deficiências de fósforo e potássio. O magnésio foi o único macronutriente encontrado em quantidade suficiente para prevenir deficiência (Bonneau, 1993).

O silício recebeu atenção especial, devido à queda muito rápida de seus teores nas folhas ao longo dos anos de cultivo. Plantas híbridas com três a quatro anos de idade, começando a produzir, sofreram problemas, como anormalidades nos frutos e cachos que secaram prematuramente. Os teores de silício nas folhas dessas plantas com anormalidades encontravam-se muito baixos, cerca de 0,10 dag/kg de SiO₂ (Bonneau, 1996). Foram utilizadas três fontes de silício para corrigir o problema: argila aluvial, escória de siderurgia moída (17 % de SiO₂) e silicato de sódio (28 % de SiO₂). Houve maior aumento nos teores foliares de Si das plantas tratadas com o silicato, pequeno aumento quando tratadas com argila e não houve efeito nas plantas tratadas com escória moída. O cloreto de sódio foi usado em alguns ensaios para demonstrar que o melhor crescimento das plantas tratadas com silicato de sódio é devido ao silício, e não ao sódio. Quando foi usada casca de arroz como fonte de silício (92 % SiO₂), não houve efeito na absorção e no crescimento das plantas (Bonneau et al., 1993).

Nos solos orgânicos, a deficiência de cobre também é muito comum. Na Indonésia, o cobre é o principal nutriente limitante para o crescimento das plantas cultivadas em solos turfosos. Os sintomas característicos: envergamento da ráquis e seca dos folíolos, começando pelas pontas, que passam do verde ao amarelo e posteriormente marrom, aparecem entre 6 e 12 meses após o plantio e, na ausência de correção, os sintomas agravam-se até causar a morte das plantas. Dados experimentais mostraram que a aplicação de 100 g de sulfato de cobre, em plantas com 18 meses de idade, resultaram na emissão de folhas novas normais, sem sintomas, em 83 % das plantas deficientes, seis meses após a aplicação. Segundo os autores, as plantas que não responderam ao tratamento encontravam-se em um estado irreversível de deficiência. As aplicações de sulfato de cobre na superfície do solo tiveram um rápido e expressivo efeito corretivo (Ochs et al., 1993).

A diferenciação floral do coqueiro ocorre 22 meses antes da emissão da inflorescência. Devido a esse fato, é importante, para a obtenção da produtividade desejada, que a planta esteja bem nutrida durante todo o seu crescimento. Uma deficiência nutricional hoje poderá ocasionar uma queda na produtividade quase dois anos mais tarde (Magat, 1981). Fatores como precocidade de floração, queda de frutos novos, número de cachos por planta e número de frutos por cacho estão diretamente relacionados com o estado nutricional (Manciot et al., 1980).

Fazendo o levantamento do estado nutricional dos coqueirais do Sergipe, Sobral (1989) observou que 82,9 % das plantas estavam deficientes em nitrogênio. No caso do fósforo, embora os teores no solo fossem baixos (82,8 % das amostras), apenas 34,3 % das amostras foliares apresentaram valores abaixo do nível crítico. Quanto ao potássio, 65,7 % das plantas estavam deficientes, mas deve-se levar em consideração que este é o nutriente exportado em maior quantidade pelo fruto, e coqueiros com baixa produção podem apresentar teores relativamente altos de K na folha. Apenas 2,8 % das amostras estavam deficientes em cloro, provavelmente devido à influência do mar e de adubações recentes com KCl. Com relação ao zinco, 88,6 % das amostras apresentaram-se abaixo do valor crítico, porém sem manifestarem sintomas visuais de deficiência. Confirmando os baixos valores de cálcio no solo, 40 % das amostras apresentaram deficiência deste nutriente. Não foram encontradas deficiências de magnésio e boro. Uma das principais causas da baixa produtividade nessa região é o estado nutricional inadequado das plantas.

Embora ainda não tenham sido concluídos estudos definitivos sobre os teores ótimos dos nutrientes em coqueiros da variedade anã, observa-se que seus teores foliares ótimos são diferentes daqueles das variedades híbridas e gigantes, muito estudadas. Comparando-se a variedade gigante e o híbrido PB-121, o nível crítico (NCr) de fósforo é semelhante, os de potássio e nitrogênio são maiores no híbrido e o de magnésio é maior no gigante (Magat, 1991).

Devido ao alto custo de manutenção de um jardim (plantas matrizes) para a produção de sementes, procura-se otimizar a produção de frutos, levando-se em consideração todos os fatores envolvidos, como nutrição e irrigação. As primeiras observações em plantas matrizes desses jardins têm demonstrado que o NCr de magnésio nos anões, assim como nos híbridos anão x gigante, é menor em relação às variedades gigantes. Os anões vermelho e amarelo apresentaram menores teores foliares de magnésio e potássio que o anão verde (Manciot et al., 1979a).

No caso de plantios para extração de copra ou quando a água de coco é envasada na propriedade, é importante a adoção de uma forma de manejo para minimizar a exportação de nutrientes pela cultura, principalmente potássio. O retorno da bucha dos frutos ao solo proporciona a liberação gradual dos elementos nela contidos, reduzindo a necessidade de aplicações de fertilizantes para suprir a demanda de nutrientes pela planta. Quando o coqueiro atinge a idade adulta, a demanda de nutrientes é devida a dois fatores: formação do albúmen e crescimento do estipe (Ollaginer & Mardiana Wahyuni, 1984). De acordo com Magat (1981), um hectare de coco híbrido, com 150 plantas em média, produzindo 12 a 14 folhas por ano e

100 frutos por planta por ano, contém no material colhido (cachos), em kg: 49 de N, 7 de P, 96 de K, 5 de Ca, 8 de Mg, 11 de Na, 64 de Cl e 4 de S. O cacho é composto de pedúnculo, espiguetas e frutos. Cada fruto é composto de bucha (mesocarpo e exocarpo), casca (endocarpo) e albúmen. A bucha contém 60 % do K, 18 % do nitrogênio e 26 % do magnésio removidos pela colheita. Ouvrier & Ochs (1978) constataram que o albúmen é responsável pela remoção pela colheita de 74 % do nitrogênio, 87 % do fósforo e 67 % do enxofre, mas somente 24 % do potássio.

A cultura do coqueiro não está contemplada na 5^a aproximação para recomendação de corretivos e fertilizantes para o estado de Minas Gerais (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999) mas, atualmente, vem sendo estimulada no Estado, principalmente nas regiões de baixa altitude da zona da mata e na região norte. A recomendação de fertilizantes mais utilizada segue uma tabela da EMBRAPA (Sobral et al., 1998), para solos de baixa fertilidade, não fazendo distinção entre variedade, produtividade, textura do solo e forma de manejo.

Para plantios não irrigados, a demanda anual de nutrientes deve ser dividida em três aplicações, feitas no período das chuvas. Para plantios irrigados, pode ser feita a fertirrigação, diminuindo-se os gastos com a aplicação de fertilizantes e aumentando-se a eficiência de absorção dos nutrientes pelas plantas (Nogueira et al., 1998).

É importante, durante o crescimento da cultura, fazer análise foliar, para verificar como os teores dos nutrientes estão em relação aos níveis críticos (Quadro 2). A amostragem deve ser feita em uma folha situada no meio da copa do coqueiro, pois a posição da folha tem influência nos teores dos nutrientes. Retira-se, para amostra, o terço mediano dos folíolos (seis folíolos por folha, três de cada lado) situados no meio da folha. Em plantas jovens, utiliza-se a 4^a ou 9^a folha, dependendo da idade, mantendo-se o princípio de posição no meio da copa (folha na posição horizontal), e, em plantas adultas a 14^a folha (Sobral, 1998). Como o Sistema funciona também como banco de dados, a análise foliar entra como um instrumento importante no monitoramento do estado nutricional do coqueiral. A comparação entre as análises permite verificar o comportamento da cultura durante os anos de cultivo.

Quadro 2. Níveis críticos de macro e micronutrientes e de sódio na folha 14, nas variedades de coqueiro anão e gigante, e híbrido anão x gigante

Variedade	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	S	B	Cu	Zn	Fe	Mn
	----- g kg ⁻¹ -----								----- mg kg ⁻¹ -----				
Anão	19,0	1,2	8,0	2,5	2,5	-	-	-	8	5	15	40	60
												-	45
Gigante	18,0	1,2	8,0	3,0	2,4	2,0	5,5	1,5	14	12	60	50	60
	-	-	-	-	-	-		-		-		-	-
Híbrido	20,0	1,4	10,0	5,0	3,0	4,0		2,0		13		115	120
	18,0	1,2	9,0	3,2	2,0	1,5	5,0	1,5					
	-	-	-	-	-	-		-					
	22,0	1,3	14,0	3,5	3,3	1,7		1,6					

Fonte: Magat (1991), citado por Sobral (1998).

4. O SISTEMA

O Sistema aqui proposto estima a quantidade do nutriente a ser fornecida pela fertilização considerando a diferença entre a quantidade do nutriente exigido pela planta e o suprimento do nutriente pelo volume de solo explorado pelas raízes. A adição de nutrientes por outras fontes, como fertilizantes orgânicos, partes da planta retornadas ao solo e chuva também é considerada (Figura 1).

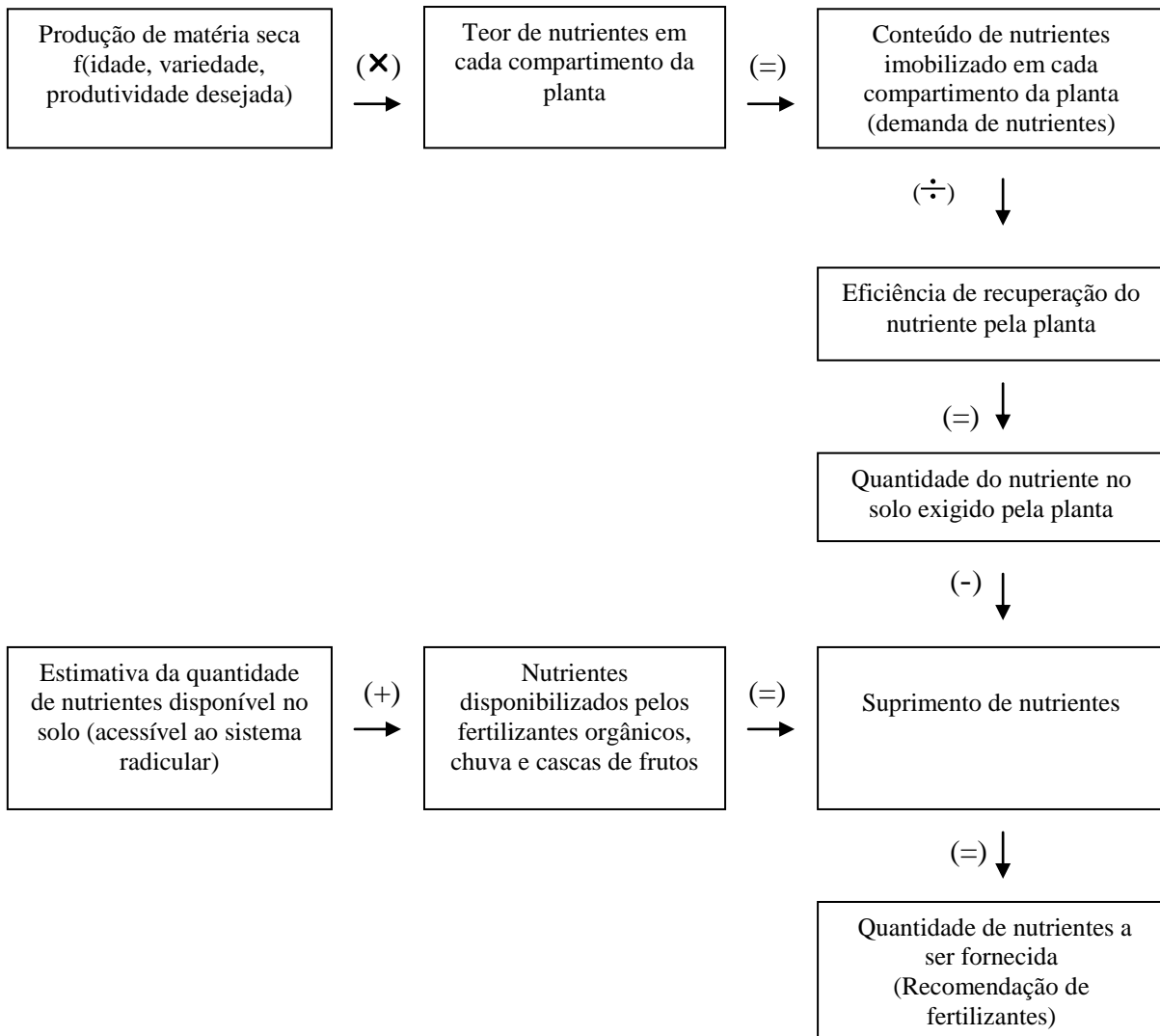


Figura 1. Fluxograma das etapas que compõem o Sistema de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para a cultura do coqueiro (Ferticalc – coqueiro).

Existem diferenças quanto à distribuição do sistema radicular, à taxa de crescimento do estipe, à emissão de folhas e à produtividade e composição dos frutos entre as duas variedades de coqueiro, anão e gigante, e entre o híbrido anão x gigante. Por isso, o sistema tem uma recomendação específica para o híbrido e outra para o anão. O coqueiro gigante é a variedade mais rústica, porém menos produtiva, sendo geralmente cultivado sem adubação.

Para culturas anuais e de ciclo mais curto, já existe um razoável conhecimento relativo ao manejo da fertilização. Já para culturas perenes, especialmente as de porte arbóreo, tal conhecimento é menor devido a fatores como: longevidade das plantas, maior interferência do ambiente, clima e solo, dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta e tipo de produto colhido. Tais dificuldades e interferências requerem dos técnicos e dos pesquisadores que trabalham com culturas perenes um melhor entendimento das relações clima-solo-planta (Barros et al., 1996). Quando determinada informação necessária ao desenvolvimento do Sistema não é conhecida, ela é estimada com base no comportamento de outras culturas mais estudadas.

4.1 Fertilização da cova de plantio

A fertilização da cova de plantio é feita com o objetivo de elevar o teor dos nutrientes no volume de solo da cova aos níveis críticos (NCrs) respectivos. Como não existem trabalhos específicos para o coqueiro e como os NCrs dos nutrientes no substrato para produção de mudas e no solo para a implantação de várias culturas perenes são parecidos, os NCrs de Ca e Mg utilizados para o coqueiro (Quadros 3 e 4) são os mesmos obtidos para o café por Freitas (1998) e o NCr de K é o mesmo utilizado por Prezotti (2001).

Quadro 3. Níveis críticos de implantação (no solo da cova de plantio) de potássio, cálcio e magnésio

Nutriente	Nível Crítico
	mg dm ⁻³
K - Mehlich	250
Ca - KCl	460
Mg - KCl	140

Fonte: Freitas (1998) e Prezotti (2001).

Para nitrogênio, nutriente não contemplado nas análises de rotina, como não se conseguiu obter uma estimativa consistente de sua disponibilidade em função do teor de matéria orgânica do solo, a fertilização tem como objetivo fornecer uma dose de 300 mg dm⁻³ de N no solo.

Para fósforo e enxofre, o NCr de implantação varia com o fator capacidade do solo. Geralmente, os solos argilosos apresentam NCr de implantação menor que os solos arenosos (Alvarez V., 1996). Os NCr's destes nutrientes são estimados pelo fósforo remanescente (PR-60)⁽¹⁾, que está relacionado com o fator capacidade do solo. Quando o PR-60 é desconhecido, seu valor é estimado em função do teor de argila (item 4.2.6.1).

Quadro 4. Estimativa dos níveis críticos (mg dm⁻³) de implantação no solo da cova de plantio, para fósforo e enxofre, em função do PR-60⁽¹⁾(mg L⁻¹) e do extrator utilizado

Nutriente	Equação	
	mg dm ⁻³	
P-Mehlich	$NCr(Mehlich-1) = 82,35 - 0,2744 PR-60 + 0,1035 PR-60^2$	(Eq. 1)
P-Resina	$NCr(Resina) = 92,10 + 1,70 PR-60$	(Eq. 2)
S-Ca(H ₂ PO ₄) ₂ em HOAc	$NCr(Ca(H_2PO_4)_2 \text{ em HOAc}) = 10,80 + 1,54 PR-60$	(Eq. 3)

Fonte: Prezotti (2001).

⁽¹⁾ Caso o usuário não disponha do valor do PR-60, esse valor é estimado em função do teor de argila.

O uso de esterco, torta de mamona, cascas de coco e de café e farinha de ossos é recomendado e entra no cálculo do suprimento de nutrientes. Para tanto, o Sistema considera os teores de nutrientes nesses materiais (Quadro 5). A adubação orgânica tem a vantagem de atuar como um fertilizante de liberação lenta, fornecendo nutrientes de forma contínua, melhorando as condições físicas e biológicas do solo.

⁽¹⁾ P-remanescente ou PR-60 é uma medida do fator capacidade de P do solo (FCP) e corresponde ao P em equilíbrio, obtido ao agitar 60 mg L⁻¹ de P em solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ com uma amostra de solo, por uma hora, numa relação solo:solução 1:10 (Novais & Smyth, 1999).

Quadro 5. Teores de alguns nutrientes e de Na em fertilizantes orgânicos (matéria seca) que podem ser utilizados na adubação da cova de plantio

Fertilizante	N	P	K	Ca	Mg	Na
-----g kg ⁻¹ -----						
Esterco bovino ⁽¹⁾	17,6	3,9	20,3	10,9	4,4	5,2
Esterco suíno ⁽¹⁾	23,2	20,9	16,2	32,5	7,7	9,6
Esterco de galinha ⁽¹⁾	44,5	17,6	29,5	35,8	5,3	8,5
Cama de frango ⁽¹⁾	35,6	13,3	19,9	23,1	5,0	6,7
Farinha de ossos ⁽¹⁾⁽²⁾	15	87,0	-	70	7,0	-
Torta de mamona ⁽²⁾	54,4	8,3	12,8	5,0	2,0	-
Casca de café ⁽³⁾	18,0	1,6	32,3	4,4	1,6	-
Casca de coco ⁽⁴⁾	2,4	0,2	17,5	0,7	0,5	1,5

Fonte: Adaptado de Kiehl (1985)⁽¹⁾, CFSEMG (1999)⁽²⁾, Prezotti (2001)⁽³⁾ e Ouvrier & Ochs (1980)⁽⁴⁾.

A cova padrão recomendada é de 80 x 80 x 80 cm, e a quantidade de nutrientes recomendada para a cova de plantio é proporcional ao seu volume. Qualquer alteração no volume da cova leva à uma alteração, pelo Sistema, da quantidade de fertilizante a ser aplicada, de modo a manter a mesma concentração de nutrientes (NCrs – Quadros 3 e 4) no volume de solo da cova.

4.2 Fertilização de formação e de início de produção

As folhas são responsáveis pela maior demanda de nutrientes na planta jovem. Com a idade dos coqueirais, as folhas aumentam em tamanho e número, chegando a planta híbrida a ter 25-30 folhas na idade adulta. A produção de frutos nessa fase é pequena, e a planta necessita de grande quantidade de nutrientes para o crescimento do sistema radicular e do estipe. Os valores dos nutrientes imobilizados na planta, utilizados para o ajuste das equações de demanda de nutrientes em função da idade do coqueiro híbrido (Ouvrier, 1990), são a soma dos valores imobilizados na raiz, no estipe, nas folhas e nos cachos. A produtividade considerada é a mesma do experimento no qual foram obtidos os dados de crescimento do coqueiro híbrido, do plantio aos 89 meses (planta adulta) e, para o cálculo da demanda de nutrientes nessa fase não é levada em consideração a variação da produtividade (Quadro 6), já que a planta ainda não pode exprimir todo o seu potencial.

Quadro 6. Produção de matéria seca do coqueiro híbrido jovem, para bom crescimento, de acordo com a idade

Parte da planta	Idade (mês)							
	6	16	28	40	52	65	77	89
	----- matéria seca (g/planta) -----							
Raiz	72,1	769,2	4.206,9	11.653,1	20.320,9	19.286,4	37.823,4	41.177,9
Estipe	19,0	253,9	4.644,3	26.503,5	40.942,1	56.475,3	82.749,5	120.439,3
Folhas	262,0	2.486,5	19.767,4	62.583,5	112.776,1	121.920,2	138.289,8	159.451,3
Cachos	0,0	0,0	0,0	909,7	54.041,4	77.543,5	65.929,1	75.190,4
Total	353,0	3.509,6	28.618,5	101.649,8	228.080,5	275.225,3	324.782,7	396.257,8

Fonte: Adaptado de Ouvrier (1990).

Considera-se que o coqueiro anão atinge a idade adulta aos 72 meses (6 anos) e produza frutos já no terceiro ano de idade, embora a produção seja pequena. As equações de demanda de nutrientes em função da idade, para o coqueiro anão, como será discutido mais adiante, permitiram estimar a parte vegetativa separada dos frutos (Quadro 7). Não existem dados experimentais sobre produção de biomassa vegetativa, assim como não existem dados sobre produção de frutos durante a fase jovem. A produção de biomassa vegetativa é estimada a partir dos dados do coqueiro híbrido, em boas condições de crescimento, levando-se em consideração as devidas diferenças. A planta jovem não é capaz de produzir grande número de frutos, devendo o usuário estimar a produção em torno de 20 frutos no 3º, 40 no 4º, 80 no 5º ano e, partir do 6º ano, quando a planta pode expressar todo o seu potencial, de 120 a 160 frutos por ano.

Quadro 7. Estimativa da produção de matéria seca de componentes da parte vegetativa do coqueiro anão jovem, para bom crescimento, de acordo com a idade

Parte da planta	Idade (mês)						
	6	16	28	40	52	65	77 ⁽¹⁾
	----- matéria seca (g/planta) -----						
Raiz	50,5	538,5	2.944,9	8.157,2	14.224,7	13.500,5	26.476,4
Estipe	6,3	84,7	1.548,1	8.834,5	13.647,4	18.825,1	27.580,2
Folhas	471,5	4.475,0	35.581,3	112.650,5	202.996,9	219.456,3	248.921,5
Total	528,3	5.098,1	40.074,2	129.642,1	230.868,9	251.781,9	302.978,0

⁽¹⁾Valor utilizado para o ajuste da equação da demanda de nutrientes em função da idade, sendo considerada, após o ajuste, a idade adulta ≥ 72 meses.

4.2.1 Produção de matéria seca dos componentes da planta

Após o plantio, o Sistema estima a quantidade de fertilizantes a ser aplicada para a formação de biomassa nos anos seguintes até a planta atingir a idade adulta. As quantidades de nutrientes para o coqueiro são estimadas em função da variação da produção de matéria seca (Quadros 6 e 7), para bom crescimento, do primeiro para o segundo ano, e assim por diante, até a cultura estabilizar a produção. Os valores de matéria seca do coqueiro híbrido foram utilizados para corrigir alguns dados de quantidade de nutrientes imobilizados em cada parte da planta, já que os dados de teores (Quadro 8) apresentavam-se coerentes, mas o acúmulo de nutrientes em cada parte da planta (Quadro 9) estava superestimado em algumas idades.

Utilizando métodos não destrutivos para estimar a produção de matéria seca da cultura do coqueiro, Friend & Corley (1994), em dois ensaios diferentes, constataram diferenças entre as variedades gigantes e entre o híbrido anão x gigante. A produção total de matéria seca para híbrido entre ST (Solomons Tall) X MRD (Malayan Red Dwarf), $23 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, não é considerada elevada quando comparada com outras culturas tropicais. Os autores comentam que em outros ensaios, com híbridos de maior potencial de produção, tem sido observada maior produção anual de matéria seca. Corley (1983) estimou, com base nos dados de Ouvrier & Ochs (1980), que a produção total de matéria seca do híbrido PB-121, na Costa do Marfim pode ser de $30 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Como não existem informações a respeito do crescimento do coqueiro anão, os dados de produção de matéria seca (Quadro 7) foram estimados em função de algumas

características dessa variedade. A emissão anual de folhas do coqueiro anão é 2,3 vezes maior que a emissão do híbrido (18 do anão e 14 do híbrido), embora a área foliar do anão seja 80 % menor que a área foliar do híbrido (Friend & Corley, 1993), sendo usado o fator 1,8 para converter a produção de matéria seca de folhas do coqueiro híbrido para o anão. O crescimento do estipe é menor, sendo estimado em 1/3 do crescimento do híbrido e o crescimento de raízes foi estimado como sendo 70 % menor que o do gigante e do híbrido, devido ao menor volume de solo explorado (volume 70 % menor).

Quadro 8. Teores dos nutrientes e de sódio na matéria seca, em cada parte da planta do coqueiro híbrido jovem, em diferentes idades e em boas condições de crescimento

Elemento	Parte da planta	Idade (mês)							
		6	16	28	40	52	65	77	89
		-----g kg ⁻¹ -----							
N	Raiz	6,94	5,72	5,44	4,90	4,75	4,45	4,04	4,48
	Estipe	21,05	20,00	19,46	14,32	13,45	11,89	11,91	11,96
	Folhas	11,83	9,40	8,87	7,64	8,96	9,47	8,42	9,24
	Cachos	-	-	-	10,00	5,95	5,96	6,54	6,75
P	Raiz	0,97	1,25	1,52	1,12	0,98	0,56	0,54	0,71
	Estipe	2,63	2,69	3,85	2,50	2,01	1,29	1,34	1,44
	Folhas	1,34	1,45	1,60	1,48	1,82	1,27	1,28	1,48
	Cachos	-	-	-	1,98	1,06	0,85	1,01	1,00
K	Raiz	9,72	11,70	7,80	7,30	4,95	5,63	2,22	3,85
	Estipe	21,05	21,04	21,49	20,46	18,73	19,35	17,22	13,50
	Folhas	18,70	13,27	11,83	9,64	8,28	11,21	9,92	9,18
	Cachos	-	-	-	20,55	14,82	15,85	15,08	14,04
Ca	Raiz	1,53	1,17	1,71	1,30	1,23	1,08	1,41	1,43
	Estipe	7,89	7,79	8,05	4,68	3,01	3,29	3,37	2,85
	Folhas	4,92	4,10	4,07	5,23	5,11	5,09	5,82	5,74
	Cachos	-	-	-	5,05	1,46	1,39	1,86	1,75
Mg	Raiz	1,39	1,30	1,43	1,43	1,17	1,11	1,26	1,16
	Estipe	4,25 ⁽¹⁾	4,25	4,63	4,62	3,06	2,26	2,40	2,20
	Folhas	2,26 ⁽¹⁾	2,26	2,69	3,06	3,13	2,65	2,76	2,72
	Cachos	-	-	-	4,29	1,91	1,39	1,72	1,75
Na	Raiz	0,69	1,04	1,35	1,25	1,46	1,49	1,65	1,68
	Estipe	0,53	1,24	1,31	1,36	1,39	1,40	1,02	1,16
	Folhas	0,73	1,41	1,39	1,30	1,62	1,70	1,91	1,69
	Cachos	-	-	-	0,55	0,91	0,91	0,91	0,99
Cl	Raiz	5,56	7,15	4,87	4,32	3,53	3,92	3,95	4,27
	Estipe	10,53	11,86	11,99	10,43	10,01	11,27	9,74	6,98
	Folhas	7,63	8,19	5,49	4,71	4,02	6,05	6,96	7,21
	Cachos	-	-	-	12,97	6,66	7,62	8,45	7,88
S	Raiz	0,83	0,55	0,67	0,62	0,58	0,54	0,69	0,53
	Estipe	2,11	0,83	0,93	0,39	0,38	0,32	0,58	0,44
	Folhas	1,11	0,87	0,79	0,87	0,99	0,92	0,95	0,95
	Cachos	-	-	-	0,88	0,42	0,45	0,53	0,49

Fonte: Adaptado de Ouvrier (1990).

⁽¹⁾Teores de magnésio estimados nas folhas e no estipe para os seis meses de idade considerados iguais aos teores da planta com 16 meses, devido à falta desse dado.

Quadro 9. Quantidade de nutrientes e de sódio imobilizada em cada parte da planta do coqueiro híbrido jovem, em diferentes idades e em boas condições de crescimento

Elemento	Parte da planta	Idade (mês)							
		6	16	28	40	52	65	77	89
		----- g/planta -----							
N	Raiz	0,500	4,400	22,885	57,100	96,524	85,824	152,806	184,477
	Estipe	0,399	5,079	90,377	379,529	550,672	671,491	985,439	1440,441
	Folhas	3,099	89,802	175,337	478,139	1010,473	1154,584	1164,399	1473,329
	Cachos	-	-	-	9,096	321,546	462,159	431,176	507,535
P	Raiz	0,070	0,962	6,394	13,051	19,915	10,800	20,425	29,236
	Estipe	0,050	0,683	17,880	66,259	82,294	72,853	110,872	173,431
	Folhas	0,351	13,853	31,628	92,624	205,252	154,839	177,011	235,988
	Cachos	-	-	-	1,801	57,284	65,912	66,588	75,190
K	Raiz	0,701	9,000	32,814	85,068	100,589	108,582	83,968	158,535
	Estipe	0,399	5,343	99,805	542,261	766,846	1092,796	1424,791	1625,916
	Folhas	4,899	126,774	233,848	603,306	933,786	1366,725	1371,834	1463,762
	Cachos	-	-	-	18,693	800,894	1229,064	994,210	1055,673
Ca	Raiz	0,110	0,900	7,194	15,149	24,995	20,829	53,331	58,884
	Estipe	0,150	1,978	37,386	124,036	123,236	185,804	278,835	343,249
	Folhas	1,289	39,169	80,453	327,312	576,286	620,574	804,846	915,250
	Cachos	-	-	-	4,594	78,900	107,785	122,628	131,583
Mg	Raiz	0,100	1,000	6,016	16,664	23,775	21,408	47,657	47,766
	Estipe	0,081	1,079	21,503	122,446	125,283	127,634	198,577	264,964
	Folhas	0,576	21,591	53,174	191,506	352,989	323,088	381,680	433,707
	Cachos	-	-	-	3,902	103,219	107,785	113,398	131,583
Na	Raiz	0,050	0,800	5,679	14,566	29,669	28,737	62,409	69,179
	Estipe	0,010	0,315	6,084	36,045	56,910	79,065	84,395	139,708
	Folhas	0,191	13,470	27,477	81,359	182,697	207,264	264,133	269,473
	Cachos	-	-	-	0,500	49,178	70,565	59,995	74,438
Cl	Raiz	0,401	5,500	20,488	50,341	71,733	75,603	149,402	175,830
	Estipe	0,200	3,012	55,685	276,431	409,831	636,476	805,892	840,659
	Folhas	1,999	78,243	108,523	294,769	453,360	737,617	962,496	1149,643
	Cachos	-	-	-	11,798	359,916	590,881	557,101	592,500
S	Raiz	0,060	0,423	2,819	7,225	11,786	10,415	26,098	21,824
	Estipe	0,040	0,211	4,319	10,336	15,558	18,072	47,989	52,993
	Folhas	0,291	8,312	15,616	54,448	111,648	112,167	131,375	151,479
	Cachos	-	-	-	0,800	22,697	34,895	34,942	36,843

Fonte: Adaptado de Ouvrier (1990).

4.2.2 Estimativa da demanda de nutrientes

Multiplicando-se a produção de matéria seca de cada compartimento do coqueiro híbrido jovem (Quadro 6) ou do coqueiro anão (Quadro 7), em boas condições de crescimento, pelo teor de cada nutriente (Quadro 8), obtém-se a quantidade de nutriente imobilizada em cada compartimento (Quadro 9). Durante a fase de crescimento e início de produção, os valores dos nutrientes acumulados em cada compartimento foram somados (Quadro 10) e, nos intervalos em que foram feitas colheitas, para o ajuste das equações, os valores dos nutrientes imobilizados na planta (raízes, estipe, folhas e frutos) foram linearizados (interpolados) e foi acrescentada a quantidade imobilizada nos cachos colhidos (Quadro 11), para a obtenção das equações de acúmulo total de nutrientes em função da idade (Quadros 12, 13 e 14).

A divisão em três faixas de idade, das equações de acúmulo de nutrientes em função da idade, antes de a planta atingir a idade adulta, deve-se às diferentes taxas de crescimento da planta. Inicialmente, o acúmulo de nutrientes é lento até os 18 meses, para o híbrido e até os 16 meses para o anão. Dos 19 aos 40 meses, para o híbrido, e dos 17 aos 42 meses, para o anão, o crescimento é rápido, e a planta acumula grande quantidade de nutrientes por ano. Após os 40 meses de idade (início do florescimento) até os 84 meses (idade adulta), para o híbrido, o acúmulo de nutrientes volta a ser pequeno, devido à menor taxa de crescimento, embora haja demanda para formação dos frutos.

Quadro 10. Quantidade de nutrientes imobilizados na planta inteira do coqueiro híbrido, em boas condições de crescimento, em diferentes idades

Elemento	Idade (mês)							
	6	16	28	40	52	65	77	89
	----- g/planta -----							
N	4,0	32,9	288,6	923,9	1.979,2	2.374,1	2.733,8	3.605,8
P	0,5	5,3	55,9	173,7	364,7	304,4	374,9	513,9
K	6,0	47,3	366,5	1.249,3	2.602,1	3.797,2	3.874,8	4.303,9
Ca	1,6	13,1	125,0	471,1	803,4	935,0	1.259,6	1.448,8
Mg	0,8	7,8	80,7	334,5	605,3	579,9	741,3	878,0
Na	0,3	4,6	39,2	132,5	318,5	385,6	470,9	552,8
Cl	2,6	28,9	184,7	633,3	1.294,8	2.040,6	2.474,9	2.758,6
S	0,4	2,8	22,8	72,8	161,7	175,6	240,4	263,1

Fonte: Ouvrier (1990).

Quadro 11. Nutrientes e sódio imobilizados nos cachos do coqueiro híbrido e removidos pela colheita antes da planta atingir a idade adulta

Elemento	Intervalo (mês)		
	52 - 65	65 - 77	77 - 89
	----- g/planta -----		
N	353	459	670
P	53	77	102
K	753	843	1284
Ca	30	56	84
Mg	50	74	113
Na	37	47	70
Cl	291	392	664
S	32	52	56

Fonte: Ouvrier (1990).

Quadro 12. Equações para estimar a quantidade de nutrientes e de sódio imobilizada na planta inteira (g/planta) em função da idade (mês), do coqueiro híbrido, para um bom crescimento, do plantio aos 18 meses de idade

Elemento	Equação	R ²	
N	$\hat{y} = 2,0354 e^{0,1614x}$	0,9753	(Eq. 4)
P	$\hat{y} = 0,2418 e^{0,1752x}$	0,9662	(Eq. 5)
K	$\hat{y} = 3,0771 e^{0,1576x}$	0,9970	(Eq. 6)
Ca	$\hat{y} = 0,7292 e^{0,1695x}$	0,9814	(Eq. 7)
Mg	$\hat{y} = 0,3208 e^{0,1824x}$	0,9786	(Eq. 8)
Na	$\hat{y} = 0,1464 e^{0,1821x}$	0,9530	(Eq. 9)
Cl	$\hat{y} = 1,4969 e^{0,1597x}$	0,9959	(Eq. 10)
S	$\hat{y} = 0,1985 e^{0,1552x}$	0,9788	(Eq. 11)

Quadro 13. Equações para estimar a quantidade de nutrientes e de sódio imobilizada na planta inteira (g/planta) em função da idade (mês), do coqueiro híbrido, para um bom crescimento, dos 19 aos 40 meses de idade

Elemento	Equação	R ²	
N	$\hat{y} = 116,720 - 24,147 x + 1,1045 x^2$	0,9985	(Eq. 12)
P	$\hat{y} = 20,458 - 4,396 x + 0,2052 x^2$	0,9993	(Eq. 13)
K	$\hat{y} = 175,980 - 35,11 x + 1,5415 x^2$	0,9970	(Eq. 14)
Ca	$\hat{y} = 75,905 - 14,931 x + 0,6169 x^2$	0,9953	(Eq. 15)
Mg	$\hat{y} = 59,573 - 11,550 x + 0,4577 x^2$	0,9931	(Eq. 16)
Na	$\hat{y} = 17,843 - 3,664 x + 0,1625 x^2$	0,9974	(Eq. 17)
Cl	$\hat{y} = 88,450 - 17,514 x + 0,7743 x^2$	0,9959	(Eq. 18)
S	$\hat{y} = 9,272 - 1,8961 x + 0,0868 x^2$	0,9788	(Eq. 19)

Quadro 14. Equações para estimar a quantidade de nutrientes e de sódio imobilizada na planta inteira (g/planta), em função da idade (mês), do coqueiro híbrido, para um bom crescimento, dos 41 aos 84 meses de idade

Elemento	Equação	R ²	
N	$\hat{y} = 2,6440 x^{1,6308}$	0,9251	(Eq. 20)
P	$\hat{y} = 2,3599 x^{1,2044}$	0,8029	(Eq. 21)
K	$\hat{y} = 1,5735 x^{1,8484}$	0,9220	(Eq. 22)
Ca	$\hat{y} = 2,9216 x^{1,3957}$	0,9706	(Eq. 23)
Mg	$\hat{y} = 5,5027 x^{1,1419}$	0,8989	(Eq. 24)
Na	$\hat{y} = 0,3087 x^{1,7029}$	0,9106	(Eq. 25)
Cl	$\hat{y} = 0,5572 x^{1,9477}$	0,9354	(Eq. 26)
S	$\hat{y} = 0,2103 x^{1,6315}$	0,9002	(Eq. 27)

No ajuste das equações, para estimar a quantidade de nutrientes e de sódio imobilizada na parte vegetativa em função da idade (Quadro 15, 16 e 17), considerou-se que os teores de nutrientes nas raízes, folhas e estipe do coqueiro anão são iguais aos do coqueiro híbrido nessa fase.

Quadro 15. Equações para estimar a quantidade de nutrientes e de sódio imobilizada na parte vegetativa do coqueiro anão (g/planta) em função da idade (mês), para um bom crescimento, do plantio aos 16 meses

Elemento	Equação	R ²	
N	$\hat{y} = 3,3077 e^{0,1521x}$	0,9709	(Eq. 28)
P	$\hat{y} = 0,4154 e^{0,1693x}$	0,9530	(Eq. 29)
K	$\hat{y} = 5,2532 e^{0,1464x}$	0,9719	(Eq. 30)
Ca ⁽¹⁾	$\hat{y} = 1,1721 e^{0,1643x}$	0,9844	(Eq. 31)
Mg ⁽¹⁾	$\hat{y} = 0,4876 e^{0,1763x}$	0,9740	(Eq. 32)
Na	$\hat{y} = 0,2356 e^{0,1767x}$	0,9463	(Eq. 33)
Cl	$\hat{y} = 2,5017 e^{0,1483x}$	0,9573	(Eq. 34)
S ⁽¹⁾	$\hat{y} = 0,2980 e^{0,1540x}$	0,9805	(Eq. 35)

⁽¹⁾Para os nutrientes cálcio, magnésio e enxofre, as equações para estimar o acúmulo de nutrientes devem ser usadas do plantio até a idade de 20 meses.

Quadro 16. Equações para estimar a quantidade de nutrientes e de sódio imobilizada na parte vegetativa do coqueiro anão (g/planta), em função da idade (mês), para um bom crescimento, dos 17 aos 42 meses

Elemento	Equação	R ²	
N	$\hat{y} = 99,954 - 21,840 x + 1,1239 x^2$	0,9302	(Eq. 36)
P	$\hat{y} = 22,597 - 5,0143 x + 0,2538 x^2$	0,8284	(Eq. 37)
K	$\hat{y} = 122,83 - 23,793 x + 1,4202 x^2$	0,9205	(Eq. 38)
Ca ⁽¹⁾	$\hat{y} = 109,35 - 21,083 x + 0,8541 x^2$	0,9799	(Eq. 39)
Mg ⁽¹⁾	$\hat{y} = 62,244 - 12,359 x + 0,5156 x^2$	0,9085	(Eq. 40)
Na	$\hat{y} = 18,518 - 3,9943 x + 0,1932 x^2$	0,9656	(Eq. 41)
Cl	$\hat{y} = 64,658 - 13,553 x + 0,7073 x^2$	0,9488	(Eq. 42)
S ⁽¹⁾	$\hat{y} = 14,859 - 2,9546 x + 0,1305 x^2$	0,9002	(Eq. 43)

⁽¹⁾Para os nutrientes cálcio, magnésio e enxofre, as equações devem ser utilizadas a partir dos 21 meses

Quadro 17. Equações para estimar a quantidade de nutrientes e de sódio (g/planta) imobilizada na parte vegetativa do coqueiro anão, em função da idade (mês), para um bom crescimento, dos 43 aos 72 meses

Elemento	Equação	R ²	
N	$\hat{y} = 0,6446 x^{1,9630}$	0,9161	(Eq. 44)
P	$\hat{y} = 0,3901 x^{1,6635}$	0,8953	(Eq. 45)
K	$\hat{y} = 1,2411 x^{1,8400}$	0,9447	(Eq. 46)
Ca	$\hat{y} = 0,1692 x^{2,1490}$	0,9039	(Eq. 47)
Mg	$\hat{y} = 0,2817 x^{1,8811}$	0,8445	(Eq. 48)
Na	$\hat{y} = 0,0368 x^{2,2494}$	0,9577	(Eq. 49)
Cl	$\hat{y} = 0,1947 x^{2,1568}$	0,9835	(Eq. 50)
S	$\hat{y} = 0,0398 x^{2,0821}$	0,9014	(Eq. 51)

4.2.3 Eficiência de recuperação de nutrientes pela planta

A eficiência de recuperação (ER) de nutrientes pela planta varia de acordo com a idade e, para alguns nutrientes, varia também com o fator capacidade do solo (Quadro 18). As plantas jovens apresentam menor ER que as plantas adultas devido ao reduzido sistema radicular, principalmente para nutrientes de baixa mobilidade no solo, como o fósforo (Prezotti, 2001). Esse comportamento explica a recomendação elevada de nutrientes em relação à quantidade que a planta imobiliza em sua biomassa.

A maioria dos trabalhos com coco não informa o ganho de biomassa da planta fertilizada em relação à testemunha, relacionando apenas as doses de fertilizante aplicadas com os teores dos nutrientes na folha utilizada como referência (4, 9 ou 14), de acordo com a idade (Manciot et al., 1979a, Manciot et al., 1979b, Bonneau et al., 1993, Leal et al., 1994). A ER de nutrientes pela planta é calculada pela diferença entre a quantidade de nutrientes imobilizada na planta fertilizada e a quantidade imobilizada na testemunha, dividida pela dose do nutriente aplicada, ou seja, quanto do nutriente aplicado a planta conseguiu absorver. Os valores da estimativa da ER foram considerados os mesmos para a planta jovem durante toda essa fase e não foi considerada a sua variação com a dose do nutriente aplicada, como fizeram Freitas (2001) e Raffaelli (2001), devido à falta de informações que possibilitassem o cálculo da ER para cada idade e sua variação com a dose.

Quadro 18. Eficiência de recuperação (ER) de nutrientes e de sódio, pela planta jovem e adulta

Elemento	ER	
	Jovem	Adulta
	----- % -----	
N	60 ⁽¹⁾	70
P	4,00 + 0,40(PR-60) ⁽²⁾	10,00 + 0,40(PR-60) ⁽²⁾
K	65 ⁽³⁾	70
Ca	45 ⁽⁴⁾	50
Mg	55 ⁽⁵⁾	60
Na	65 ⁽⁶⁾	70
Cl	-	-
S	7,80 + 0,44(PR-60) ⁽⁷⁾	11,80 + 0,44(PR-60) ⁽⁷⁾

⁽¹⁾ ER estimada com base em outras culturas perenes. Café: variação de 58 a 81 %, de acordo com o espaçamento.

⁽²⁾ ER estimada para solo argiloso igual a 6 % (PR-60 = 5) e solo arenoso (PR-60 = 55) igual a 26 %

⁽³⁾ ER com grande variação entre experimentos.

⁽⁴⁾ O Ca é o macronutriente menos estudado para o coco. Os valores são estimados com base em outras culturas. Cana: variação de 35 a 50 % e café: 24 a 42 %.

⁽⁵⁾ Em alguns experimento não houve efeito do Mg no aumento da produção, variando apenas os teores na folha. ER estimada com base em outras culturas. Cana variando de 50 a 70 % e café: 34 a 54 %.

⁽⁶⁾ ER estimada como sendo igual a ER do K.

⁽⁷⁾ ER estimada para solo argiloso igual a 10 % (PR-60 = 5) e solo arenoso igual a 32 % (PR-60 = 55).

4.2.4 Quantidade do nutriente no solo exigida pela planta

A quantidade do nutriente no solo exigida pela planta é obtida pela divisão da quantidade do nutriente imobilizada na biomassa (demanda) pela eficiência de recuperação. O volume de solo explorado é conhecido, na fase adulta, para as variedades anã (Cintra et al., 1992) e gigante (Cintra et al., 1993). Considera-se o volume de solo explorado pelo híbrido igual ao gigante, por falta de dados. O volume de solo explorado pela planta jovem é estimado em função do raio de distribuição das raízes a partir do estipe e da profundidade alcançada na idade adulta, sendo considerado um aumento anual de 5 cm na profundidade e 20 cm no raio até a idade adulta (Quadros 19 e 20).

Quadro 19. Volume de solo e área explorados por planta de coqueiro híbrido até atingir a idade adulta

Idade	Profundidade ⁽¹⁾	Raio ⁽¹⁾	Área ⁽²⁾	Volume 0-20 cm ⁽³⁾	Volume 20-60 cm ⁽³⁾	Volume total
mês	----- m -----		m ²	----- dm ³ -----		
12	0,30	0,60	1,13	226	113	339
24	0,35	0,80	2,01	402	301	703
36	0,40	1,00	3,14	628	628	1.126
48	0,45	1,20	4,52	904	1.130	2.034
60	0,50	1,40	6,15	1.231	1.846	3.077
72	0,55	1,60	8,04	1.608	2.813	4.421
84	0,60	1,80	10,17	2.035	4.069	6.104

⁽¹⁾ Considera-se um aumento anual na profundidade de 5 cm e no raio de 20 cm, e que a planta atinge o completo crescimento das raízes aos 84 meses, sendo o crescimento radicular do coqueiro híbrido considerado igual ao do gigante, determinado por Cintra et al. (1993).

⁽²⁾ Os valores da área do solo explorada pelas raízes são utilizados para cálculo da quantidade de nutrientes acrescentados pela chuva, por planta. Servem também para indicar a região onde deve ser feita a fertilização.

⁽³⁾ O cálculo do volume de solo explorado pelas raízes, em cada faixa de profundidade, serve para estimar a disponibilidade de nutrientes pelo solo em cada faixa, dadas as diferenças de fertilidade entre elas.

Quadro 20. Volume de solo e área explorados por planta de coqueiro anão até atingir a idade adulta

Idade	Profundidade ⁽¹⁾	Raio ⁽¹⁾	Área ⁽²⁾	Volume 0-20 cm ⁽³⁾	Volume 20-60 cm ⁽³⁾	Volume total
mês	----- m -----		m ²	----- dm ³ -----		
12	0,35	0,50	0,79	157	118	275
24	0,40	0,70	1,54	308	308	616
36	0,45	0,90	2,54	509	636	1.145
48	0,50	1,10	3,80	760	1.140	1.900
60	0,55	1,30	5,31	1.061	1.857	2.918
72	0,60	1,50	7,07	1.413	2.826	4.239

⁽¹⁾ Considera-se um aumento anual na profundidade de 5 cm e no raio de 20 cm, até a planta atingir a idade adulta (72 meses), sendo o crescimento do sistema radicular do coqueiro anão determinado por Cintra et al. (1992).

⁽²⁾ Os valores da área do solo explorada pelas raízes são utilizados para cálculo da quantidade de nutrientes acrescentados pela chuva, por planta. Servem também para indicar a região onde deve ser feita a fertilização.

⁽³⁾ O cálculo do volume de solo explorado pelas raízes, em cada faixa de profundidade, serve para a estimativa da disponibilidade de nutrientes pelo solo em cada faixa, dadas as diferenças de fertilidade entre elas.

4.2.5 Suprimento de nutrientes

O suprimento de nutrientes é dado pela soma da estimativa da quantidade de nutrientes disponíveis no solo (item 4.2.6), dos nutrientes adicionados pela chuva (item 4.2.7) e pela fertilização orgânica (item 4.2.8).

4.2.6 Estimativa da quantidade de nutrientes disponíveis no solo

Os teores de nutrientes determinados pela análise de solo não indicam o que a planta pode absorver. Porém, conhecendo-se a taxa de recuperação do nutriente pelo extrator, ou seja, a relação entre a quantidade do nutriente recuperada pelo extrator em relação à quantidade de nutriente aplicada no solo, pode-se estimar a quantidade de nutrientes presente no solo disponível para as plantas ⁽¹⁾, de acordo com o volume de solo explorado pelas raízes (Quadros 19 e 20). Como as raízes do coqueiro chegam a 60 cm de profundidade, é importante, ao realizar a coleta de solo para análise, amostrar pelo menos duas profundidades, de 0-20 e 20-40 cm. Se o usuário não fizer a análise de 40-60 cm, pode-se considerar que as concentrações de nutrientes são as mesmas da profundidade de 20-40 cm. Para os nutrientes influenciados pelo fator capacidade do solo, P e S, as taxas de recuperação do nutriente pelo extrator variam de acordo com o PR-60. Para a obtenção dos valores médios de recuperação de nutrientes por um determinado extrator foram agrupadas informações de diversos trabalhos, realizados com solos de diferentes características. Para fósforo e enxofre, a taxa de recuperação foi relacionada com características do solo que refletem o seu fator capacidade (FC), estimada pelo PR-60. Quando o valor do PR-60 é desconhecido, é estimado em função do teor de argila. Considera-se que a matéria orgânica do solo deve permanecer constante ou aumentar, e que o suprimento de N seja dado pela chuva, restos culturais e fertilizantes orgânicos, não sendo calculados os nutrientes liberados pela mineralização da matéria orgânica.

⁽¹⁾ As funções obtidas para estimar a disponibilidade de nutrientes pelo solo foram ajustadas por diversos autores e utilizadas na modelagem de outras culturas como milho (Carvalho, 2000), tomate (Mello, 2000), cana-de-açúcar (Freire, 2001), arroz (Raffaelli, 2001), café (Prezotti, 2001), soja (Santos, 2002).

4.2.6.1 Estimativa do PR-60 em função do teor de argila

O valor do PR-60 do solo tem relação significativa com características do solo, como o fator capacidade e o teor de argila, para solos semelhantes quanto à sua qualidade (Novais & Smyth, 1999). A determinação do PR-60 em análises de rotina tem sido gradualmente introduzida em alguns laboratórios. A maior complexidade e custo da análise textural e a dificuldade na utilização do teor de argila como medida de fator capacidade têm estimulado a crescente utilização do PR-60, medida que depende não apenas do teor de argila (quantidade), mas também de sua qualidade ou do poder de adsorção de P do solo (Prezotti, 1999).

Como não são todos os laboratórios que fornecem o valor do PR-60, para estimar este valor em função do seu teor de argila, foram agrupados os dados de Delazari (1979), Fonseca (1987), Silva (1990), Mello (1991), Viegas (1991), Fernandes Rojas (1992), Dias (1992), Rodrigues (1993), Campello (1993), Villani (1995), Freire (1996), Rivas Yupanqui (1997), Oliveira (1998), Rolim (1998), Ferreira (1998), e Freitas (1998) (Figura 5).

Embora a função apresente $R^2 = 0,736^{**}$, observa-se considerável dispersão de pontos, em que, por exemplo, um solo com teor de argila próximo a 30 % apresenta a estimativa do PR-60 variando de 16 a 52 mg L⁻¹. Essa variação indica que a qualidade da argila é característica tão importante quanto a quantidade, quando se deseja estimar o FC de P do solo.

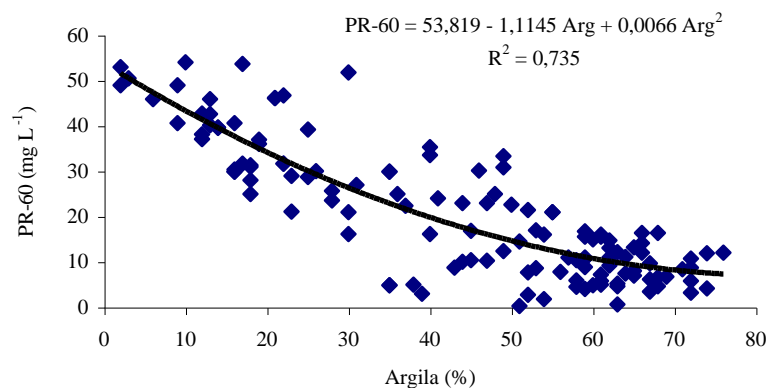


Figura 2. Fósforo remanescente (PR-60) em função do teor de argila.

4.2.6.2 Taxa de recuperação de fósforo pelo Mehlich-1 em relação ao fósforo aplicado, em função do PR-60

Os dados para o ajuste da equação foram obtidos com a aplicação de doses crescentes de P a amostras de diferentes solos e, após um período de equilíbrio, utilizando o extrator Mehlich-1, foi medido quanto desse nutriente foi recuperado. Com esses dados pode-se obter uma função que relaciona P recuperado pelo Mehlich-1 em função da dose de P aplicada. Alguns autores utilizaram doses muito elevadas de P, chegando até $5.072,2 \text{ mg dm}^{-3}$, obtendo, por essa razão, funções com tendência curvilínea. Como o objetivo deste trabalho é obter a declividade da função dentro de uma faixa de doses normalmente empregadas na agricultura, utilizou-se a porção retilínea da função que, geralmente, compreende doses inferiores a 850 mg dm^{-3} de P no solo.

Foram agrupados os dados dos trabalhos de Guss (1988), Mello (1991), Fonseca (1995), e Novelino (1999) (Figura 3).

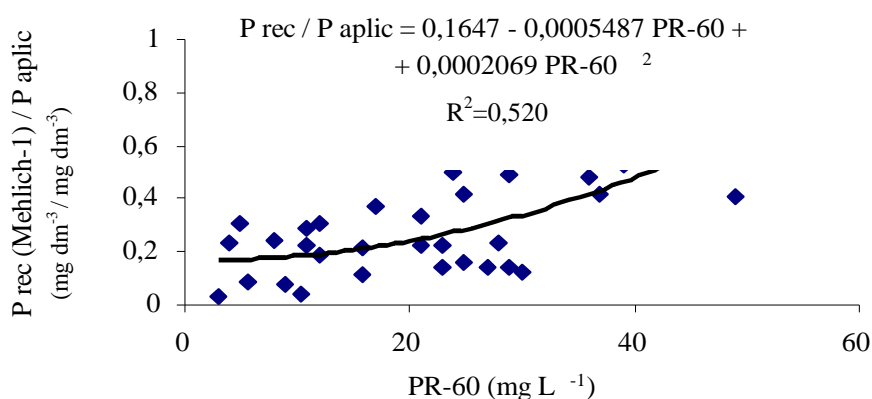


Figura 3. Taxa de recuperação de P pelo Mehlich-1 do fósforo aplicado, em função do fósforo remanescente (PR-60).

4.2.6.3 Taxa de recuperação de fósforo pela resina de troca aniônica em função da dose de fósforo aplicada

A função que relaciona o P recuperado pela resina de troca aniônica e o P aplicado (Figura 4) foi obtida com dados dos trabalhos de Gonçalves (1988), Moreira (1988), Moura Filho (1990) e Novelino (1999).

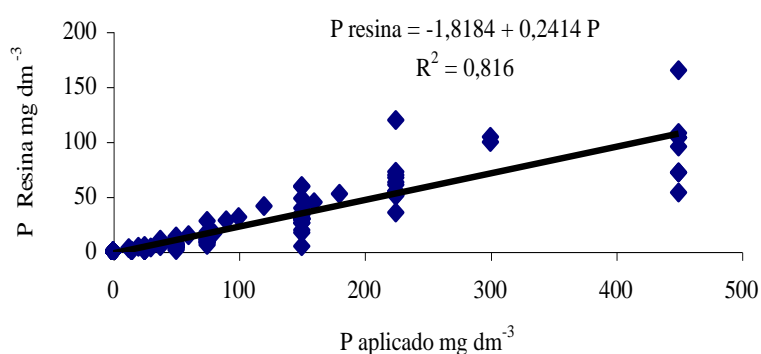


Figura 4. Fósforo recuperado pela resina de troca aniônica em função da dose de P aplicada.

A função segue tendência linear, com uma taxa de recuperação média (declividade) de 24,14 %. Observa-se maior dispersão de pontos à medida que se eleva a dose de P, indicando variação da declividade com o tipo de solo. Esta dispersão foi relacionada com o PR-60 dos solos (Figura 5), comprovando a influência do fator capacidade do solo sobre a taxa de recuperação de fósforo pela resina. É importante ressaltar que existe maior uniformidade dos pontos obtidos com a resina (Figura 5), comprovada pelo $R^2 = 0,722$, quando comparada ao Mehlich-1, com $R^2 = 0,520$ (Figura 3).

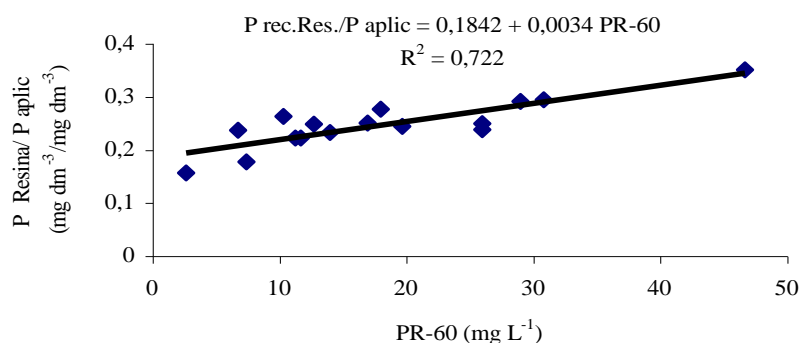


Figura 5. Taxa de recuperação de P pela Resina de troca aniônica do fósforo aplicado, em função do PR-60.

4.2.6.4 Taxa de recuperação de potássio pelo Mehlich-1 em função da dose de potássio aplicada

Esta função foi obtida pelo agrupamento de dados dos trabalhos de Andrade (1975), Prezotti (1985), Garcia Peña (1991) e Moraes (1999) (Figura 6). A declividade da função indica que, em média, 76,78 % do potássio aplicado é recuperado pelo extrator (Mehlich-1).

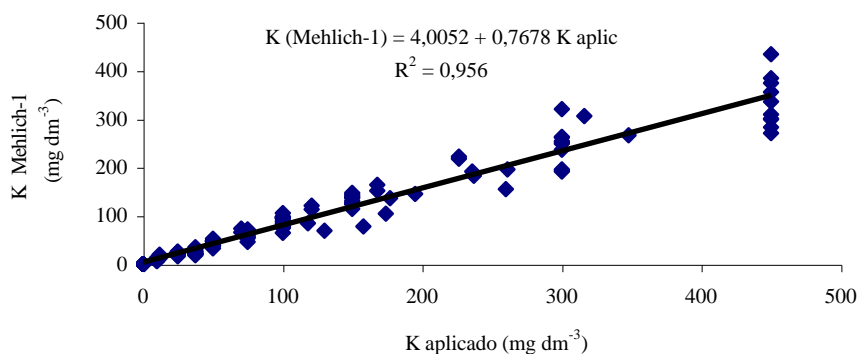


Figura 6. Potássio recuperado pelo Mehlich-1 em função do potássio aplicado.

4.2.6.5 Taxa de recuperação do cálcio trocável em função da dose de cálcio aplicada

O agrupamento de dados dos trabalhos de Portela (1984), Silva (1986), Louzada (1987), Garcia Peña (1991), Mendonça (1992), Alcoforado (1992) e Freitas (1998) permitiram estimar a taxa de recuperação do cálcio trocável em função da dose aplicada em torno de 76 % (Figura 7).

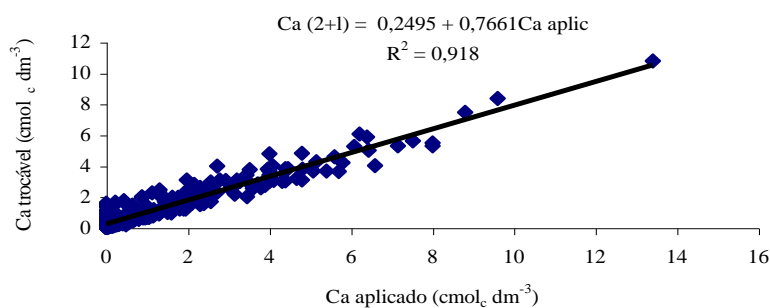


Figura 7. Cálcio trocável recuperado em função da dose de Ca aplicada.

4.2.6.6 Taxa de recuperação do magnésio trocável em função da dose de magnésio aplicada

Para magnésio trocável, a função para estimar a sua taxa de recuperação em função da dose de magnésio aplicada foi obtida pelo agrupamento de dados dos trabalhos de Portela (1984), Silva (1986), Louzada (1987), Garcia Peña (1991), Alcoforado (1992) e Freitas (1998) (Figura 8). A declividade da função indica que aproximadamente 80 % do magnésio aplicado é recuperado pelo KCl, 1 mol/L.

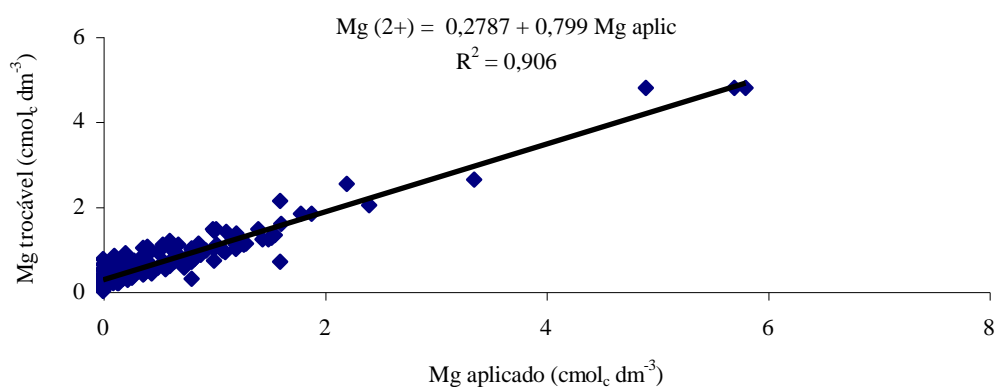


Figura 8. Magnésio trocável recuperado pelo KCl em função da dose de Mg aplicada.

Os valores da declividade das retas obtidas para as taxas de recuperação dos nutrientes Ca, Mg e K pelos seus respectivos extratores, em função da dose aplicada ao solo, foram semelhantes. Esse comportamento indica que os extratores Mehlich-1, para o K, e KCl, 1 mol/L, para o Ca e para o Mg, possuem poder de extração semelhante, e aproximadamente 20 % do dose de Mg e 25 % da dose aplicada de K e Ca não são recuperadas.

4.2.6.7 Taxa de recuperação de enxofre pelo $Ca(H_2PO_4)_2$ em HOAc, em relação a dose de S aplicada, em função do PR-60

O enxofre, em contato com o solo, apresenta comportamento semelhante ao fósforo, tornando-se menos acessível ao extrator à medida que o fator capacidade do solo aumenta. A capacidade de recuperação do extrator é inversamente proporcional ao fator capacidade do solo, medida pelo PR-60. Assim, em trabalho realizado por Alvarez V. et al. (1983), a declividade da função da taxa de recuperação, pelo $Ca(H_2PO_4)_2$ em HOAc, do enxofre

aplicado (mg dm^{-3}) foi relacionada com o PR-60 dos solos estudados, obtendo-se a seguinte função:

$$\Delta S_{\text{rec}} / \Delta S_{\text{aplicado}} = 0,040 + 0,0057 \text{ PR-60} \quad R^2 = 0,955 \quad (\text{Eq. 52})$$

Por esta função, observa-se que para um solo com $\text{PR-60} = 20 \text{ mg L}^{-1}$ o extrator recupera apenas 15,4 % do S aplicado. Em trabalho realizado por Fontes et al. (1982), a recuperação de S em solo com esta mesma característica foi de 31,2 %. Souza (1999) obteve uma função em que esta recuperação foi de 51,13 %. Essas diferentes taxas de recuperação, possivelmente, estejam ligadas ao desgaste do extrator proporcionado por fatores diferentes, tais como valores de pH e de FC dos solos, ao tempo de equilíbrio solo-extrator e à forma de aplicação e fonte de S.

4.2.6.8 Estimativa do P-residual

A aplicação de elevadas doses de P na cova de plantio gera um efeito residual no solo. O decréscimo exponencial do P-lábil, passando a P-não lábil, ao longo do primeiro ano, inicia-se logo após a aplicação, mas durante os anos de cultivo e com novas aplicações, o P residual, na forma lábil, aumenta. A reversibilidade do P-não lábil a P-lábil, embora pequena, também aumenta a cada ano, devido à saturação da superfície de adsorção, ficando o P retido com menor energia (Novais & Smyth, 1999).

Para estimar o P-residual em função do PR-60 e do tempo de equilíbrio do P com o solo, para os extratores Mehlich-1 ou Resina, foram desenvolvidas duas equações (Quadro 21) por Freire (2001).

Quadro 21. Equações utilizadas para estimar o P-residual, de acordo com a dose de P e o tempo de equilíbrio, para os extratores Mehlich-1 e Resina

Extrator	Equação
Mehlich-1	$\hat{y} = (0,05 + 0,0058(\text{PR-60})D)e^{-(0,000513637 + 0,0000284091(\text{PR-60}))T}$ (Eq. 53)
Resina	$\hat{y} = (0,3572 D)e^{-kT}$ (Eq. 54)

\hat{y} = P-residual, em mg dm^{-3} , $0,05 + 0,0058(\text{PR-60})$ estima a taxa de recuperação de P pelo mehlich-1 (Prec/Papl , em $\text{mg dm}^3/\text{kg ha}^{-1}$), D = dose de P, aplicada no plantio ou durante a fase de formação, em kg ha^{-1} , $(0,000513637 + 0,0000284091(\text{PR-60}))T$ estima a perda ou diminuição do P disponível no decorrer do tempo e T = tempo em dias, e k = 0,0013 constante de disponibilidade de P no solo

4.2.7 Nutrientes disponibilizados pela fertilização orgânica

A quantidade de nutrientes disponibilizados pela fertilização orgânica é calculada de acordo com a quantidade do material utilizado e composição, com base nos teores de nutrientes (Quadro 5). Considera-se que a quantidade total de nutrientes é liberada em um ano.

4.2.8 Nutrientes disponibilizados pela chuva

A chuva adiciona ao solo quantidades significativas de nutrientes, que entram no balanço nutricional. O cloro e o sódio são adicionados em maiores quantidades à medida que as regiões de cultivo se aproximam do litoral. Experimentos realizados na Costa do Marfim, em áreas situadas a menos de 5 km do oceano, demonstraram que mesmo na testemunha, sem adubação com KCl, os teores foliares de cloro são elevados (0,43 – 0,55 dag/kg na folha 14). A estimativa da adição de cloro pelas chuvas nessa região é de 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹. À medida que as áreas de cultivo se afastavam do litoral, os teores de cloro na testemunha decresciam, sendo de 0,10 dag/kg a 25 km e 0,04 dag/kg a 125 km do litoral (Ollagnier & Mardiana Wahyuni, 1984).

A análise da água da chuva e a precipitação anual, em cada região, fornecem as informações necessárias a respeito da adição de nutrientes, para os cálculos do Sistema. Como exemplo, são dados os valores médios da região da Aracruz- ES (Quadro 22).

Quadro 22. Quantidade de nutrientes e de sódio adicionados pela chuva (Aracruz-ES)

Elemento ⁽¹⁾	Quantidade
	kg ha ⁻¹ ano ⁻¹
N	19,2
P	0,29
K	6,19
Ca	1,88
Mg	1,56
Na	20,2
S	11,1 ⁽²⁾

Fonte: Neves (2000).

⁽¹⁾ Não foi determinada a adição de cloro.

⁽²⁾ Valor provavelmente inflacionado pela proximidade da fábrica de celulose

A adição de nutrientes pela chuva, por planta, é calculada de acordo com a superfície do solo que as raízes exploram, para cada variedade (Quadros 19 e 20).

4.2.9 Quantidade de nutrientes a ser fornecida (recomendação de fertilizantes)

A quantidade de nutrientes a ser fornecida (recomendação de adubação) é dada pela diferença entre a quantidade de nutrientes no solo que a planta precisa para formar determinada biomassa (Demanda – Quadros 12, 13, 14, 15, 16 e 17, dividida pela ER – Quadros 18) e o suprimento de nutrientes do solo, da fertilização orgânica (Quadro 5) e da chuva (Quadro 22).

A quantidade de calcário a ser aplicada é calculada pelo método da saturação por bases, utilizando-se a fórmula:

$$NC = (V_2 - V_1) T / 100$$

Em que: NC = necessidade de calcário, em t/ha, V_1 = saturação por bases, em %, V_2 = saturação desejada, em %, e T = CTC a pH 7,0, em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Para a cultura do coqueiro, procura-se elevar o V_2 para 60 % (Medina et al., 1980). Para o cálculo da quantidade de calcário a ser aplicada por ha, utiliza-se a fórmula:

$$QC = NC \times SC / 100 \times PF / 20 \times 100 / PRNT$$

Em que: NC = necessidade de calagem, em t/ha, SC = superfície coberta, em %, calculada em função da área do solo explorada pelas plantas (Quadros 19 ou 20) e do número de plantas por ha e PF = profundidade de incorporação (como o calcário é aplicado na superfície, considera-se PF = 5 cm), em cm, PRNT = poder relativo de neutralização total, em %,

Quando o método da saturação por bases recomendar determinada quantidade de calcário que forneça quantidades de Ca e de Mg maiores ou iguais às doses recomendadas pelo Sistema para suprir a demanda da planta, não é necessário aplicar outra fonte desses nutrientes. Quando o método recomendar quantidades de Ca ou, como geralmente ocorre, de Mg, menores que as doses recomendadas, há necessidade de suprir esses nutrientes por outras fontes.

4.3 Fertilização de plantas adultas

A planta híbrida é considerada adulta aos 89 meses e, a anã, aos 72 meses. Quando atingem essas idades, o volume de solo explorado pelo sistema radicular (Quadros 19 e 20) e o número de folhas por planta permanecem os mesmos. O crescimento anual do estipe passa a

ser constante (Quadro 23), e a produção de cachos torna-se responsável pela maior remoção de nutrientes (Quadro 24).

Quadro 23. Quantidade de nutrientes e de sódio imobilizados anualmente no estipe do coqueiro híbrido adulto (138 a 160 plantas/ha) e do coqueiro anão adulto (177 a 205 plantas/ha)

Elemento	Quantidade	
	Híbrido	Anão
	----- g/planta/ano -----	
N	269,0	89,7
P ⁽¹⁾	33,6	11,2
K	302,4	100,8
Ca	61,6	20,5
Mg	50,4	16,8
Na	28,0	9,3
Cl	156,6	85,5
S ⁽¹⁾	11,2	3,7

Fonte: Adaptado de Ouvrier (1992).

⁽¹⁾ Como os experimentos foram realizados em solo arenoso apenas, não é conhecida a variação desses nutrientes com o fator capacidade solo.

Quadro 24. Nutrientes e sódio imobilizados em cada parte do cacho (matéria seca) do coqueiro híbrido PB-121, para a produção de 1,0 kg de copra

Elemento	Espiguetas	Pedúnculo	Bucha	Casca	Albúmen	Cacho (total)
----- g kg ⁻¹ de copra-----						
N	0,3965	0,1354	2,8094	0,6894	11,9888	16,02
P ⁽¹⁾	0,0624	0,0203	0,1756	0,0172	1,9601	2,24
K	2,1288	1,0710	20,4854	1,3845	7,0258	32,10
Ca	0,2262	0,0438	0,7609	0,1264	0,2093	1,37
Mg	0,3650	0,1021	0,6204	0,0517	1,1608	2,30
Na	0,4105	0,3063	1,7910	0,2240	0,3235	3,06
Cl	1,7095	0,8564	13,7779	0,5400	1,7888	18,68
S ⁽¹⁾	0,0940	0,0089	0,2107	0,0689	0,9039	1,29

Fonte: Adaptado de Medina (1980).

⁽¹⁾ Como os experimentos foram realizados em solo arenoso apenas, não é conhecida a variação dos teores desses nutrientes com o fator capacidade solo.

4.3.1 Estimativa da demanda de nutrientes

A demanda anual de nutrientes da planta adulta passa a ser a soma da quantidade de nutrientes imobilizados no estipe (Quadro 23) com a quantidade de nutrientes imobilizada nos cachos (pedúnculo, espiguetas e frutos), para determinada produtividade (Quadro 24) (Ouvrier, 1992). As raízes e folhas não entram no balanço. Considera-se que a reciclagem das folhas e raízes mortas é responsável pela nutrição desses compartimentos que vão se formar.

4.3.1.1 Estimativa da imobilização de nutrientes no estipe

Como não existem dados da imobilização anual de nutrientes no estipe de coqueiros híbridos adultos, esse valor foi estimado como sendo 80 % do valor médio imobilizado na planta durante a fase jovem, mas em produção, entre 60 e 72 meses (Quadro 23).

Como não existem dados de imobilização anual de nutrientes no estipe do coqueiro anão e considerando-se que a sua taxa de crescimento é 1/3 da taxa de crescimento do híbrido, estima-se que 1/3 dessa quantidade seja imobilizada anualmente.

4.3.1.2 Estimativa da produção de frutos

No caso da produção de copra, quando possível, é importante que as espiguetas, pedúnculos e buchas sejam deixados na lavoura, junto com as folhas velhas. A quantidade de nutrientes imobilizada em cada componente do cacho e do fruto mostra a importância da reciclagem (Quadro 24). A exportação de nutrientes é muito maior quando os frutos são vendidos em cachos. Quando apenas o albúmen e a casca são exportados, as percentagens dos nutrientes removidos pela colheita e que retornam ao solo, quando o pedúnculo, as espiguetas e a bucha são deixados no solo são, em porcentagem: 20,86 do N, 11,55 do P, 73,80 do K, 75,43 do Ca, 47,28 do Mg, 82,08 do Na, 87,52 do Cl e 23,38 do S.

Os valores de nutrientes exportados pelos cachos utilizados pelo Sistema são muito parecidos com os encontrados por Ouvrier (1987), ao testar a combinação de três doses de potássio (KCl) e três doses de magnésio (Kieserita). As combinações de doses de fertilizantes provocaram variações nas quantidades de nutrientes exportadas por kg de copra produzido. O N variou de 15,85 a 18,41 g/kg de copra, o P de 2,17 a 2,85, o K de 15,55 a 32,33, o Ca de 0,69 a 1,55, o Mg de 1,42 a 2,03, o Na de 1,07 a 5,14 e o Cl de 6,91 a 17,05 g/kg de copra. Não são conhecidos os dados de S.

A concentração de Na na copra diminui à medida que a concentração de K aumenta, com o aumento da dose de KCl, indicando, como já foi comentado, que o Na substitui em parte o K, quando esse é encontrado em quantidades insuficientes. A concentração de Ca diminui com o aumento da dose de Mg, indicando haver competição entre esses dois nutrientes. A concentração de Mg nos frutos sempre foi maior que a de Ca, independente da dose de K ou Mg.

A quantidade de nutrientes imobilizada nos frutos da variedade anã é calculada considerando-se que os teores de nutrientes, nas partes componentes do fruto (bucha, casca e albúmen), são iguais aos teores do fruto híbrido (Quadro 25), por falta de dados. São conseguidos, na literatura, apenas os valores do peso fresco (Quadro 26) e da porcentagem de matéria seca em cada componente do fruto.

Quadro 25. Teores médios dos nutrientes e de sódio em cada componente do cacho (matéria seca) do coqueiro híbrido

Elemento	Espiguetas	Pedúnculo	Bucha	Casca	Albúmen
	----- g kg ⁻¹ -----				
N	5,40	2,60	2,40	1,20	12,60
P	0,85	0,39	0,15	0,03	2,06
K	28,99	20,56	1,75	2,41	7,38
Ca	3,08	0,84	0,65	0,22	0,22
Mg	4,97	1,96	0,53	0,09	1,22
Na	5,59	5,88	1,53	0,39	0,34
Cl	23,28	16,44	11,77	0,94	1,88
S	1,28	0,17	0,18	0,12	0,95

Fonte: Adaptado de Medina, (1980).

Quadro 26. Peso médio de cada componente do fruto fresco do coqueiro anão

Albúmen	Bucha	Casca	Água	Fruto
----- g/fruto -----				
322	318	138	174	952

Fonte: Le Saint & Nucé de Lamothe, (1987).

Considera-se que 78 % da bucha, 82 % da casca e 54 % do albúmen sejam de matéria seca [dados médios de Friend & Corley, (1994) e a água de coco com 5 % do seu peso de sólidos solúveis, com variação de 3,9 a 5,5 dag/L, segundo Jeganathan (1992)]. Para calcular a exportação de nutrientes das espiguetas e dos pedúnculos do coqueiro anão (Quadro 27), considera-se que a mesma quantidade de nutrientes é imobilizada nessas partes, tanto para a produção de 100 frutos do coqueiro híbrido como do gigante (Quadro 24), considerando o peso médio da copra dos frutos híbridos de 241 g.

Quadro 27. Exportação de nutrientes e de sódio pelos componentes do cacho (matéria seca) do coqueiro anão

Elemento	Pedúnculo	Espigueta	Bucha	Casca	Albúmen	Água ⁽¹⁾	Total
----- mg por fruto -----							
N	100	30	600	140	2190	-(²)	3050
P	20	10	40	-	360	10	440
K	520	260	4340	270	1280	270	6950
Ca	50	10	160	20	40	30	310
Mg	90	20	130	10	210	10	470
Na	100	70	380	40	60	10	660
Cl	320	210	2920	110	330	340	4220
S	20	-	40	10	170	10	260

⁽¹⁾ Os dados da composição da água de coco foram obtidos dos trabalhos de Rosa & Abreu (2000) e Jeganathan (1992).

⁽²⁾ Não são conhecidos os teores de N na água de coco, apenas os dados de proteínas.

4.3.2 Quantidade de nutrientes a ser fornecida (recomendação de fertilizantes)

Os cálculos para demanda de nutrientes, de acordo com a produtividade desejada e ER da planta adulta, suprimento de nutrientes e quantidade de nutrientes a ser fornecida, seguem a mesma seqüência de cálculos realizada para as plantas jovens. A única diferença é que os nutrientes contidos nas partes dos cachos e frutos retornados ao solo (Quadro 24), de acordo com a produtividade anterior e o manejo adotado, também são considerados no cálculo de suprimento.

4.3.3 Teor mínimo de nutrientes a ser mantido no solo (reserva técnica)

O Sistema, ao calcular o balanço nutricional, não leva em consideração a manutenção de um teor mínimo de nutrientes no solo, para garantir determinada produtividade, no ano seguinte ao ano em que foram feitos os cálculos do balanço nutricional. Se o usuário desejar, pode escolher uma produtividade que o Sistema recomenda doses a mais de nutrientes, para garantir essa produtividade.

4.3.4 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade tem como objetivo avaliar o efeito de cada variável considerada no balanço nutricional da cultura. Para cada nutriente, uma variável é analisada separadamente, mantendo-se as demais constantes e verifica-se o efeito dessa variação na dose de fertilizante recomendada.

4.3.5 Informações geradas pelo sistema

Balanço nutricional, para cada uma das variedades, em função da idade, considerando o conteúdo total de nutrientes imobilizado na planta, na fase jovem e o conteúdo imobilizado com o crescimento do estipe e fruto, de acordo com a produtividade desejada na fase adulta, eficiência de recuperação dos nutrientes pela planta, de acordo com a fase de crescimento, suprimento de nutrientes pela chuva, solo e fertilização orgânica.

Estimativa da quantidade de nutrientes imobilizada no cacho e que retorna ao solo em função da parte exportada: casca e albúmem, fruto inteiro ou fruto com o cacho (espiguetas e pedúnculos).

Recomendação de nutrientes para cova de plantio, planta jovem, em formação e início de produção e planta adulta.

Recomendação de corretivo (calcário), calculada pelo método de saturação por bases (elevando-se o V para 60 %). Quando o calcário não suprir a demanda de Magnésio, o Sistema recomenda esse nutriente na forma de fertilizante (sulfato de magnésio).

5. SIMULAÇÕES COM O SISTEMA

Para avaliar os resultados gerados pelo Sistema, são simuladas algumas situações, atribuindo-se valores às diversas variáveis consideradas: análise do solo, fertilização orgânica, adição de nutrientes pela chuva e restos culturais. As simulações abrangem algumas fases da cultura, como: fertilização de cova de plantio (Quadros 28 e 29), fertilização para o primeiro ano (Quadros 30, 31, 32 e 33) e fertilização para planta adulta (Quadros 34, 35, 36 e 37), para o coqueiro híbrido. Os cálculos para fertilização para as demais idades e para o coqueiro anão seguem a mesma seqüência.

5.1 Fertilização de cova de plantio

Considerando a cova padrão recomendada, de 80 x 80 x 80 cm, seu volume total é 512 dm³. Supondo-se uma análise de solo com: P = 10 mg dm⁻³ (Mehlich-1), K = 30 mg dm⁻³, S = 5 mg dm⁻³, Ca²⁺ = 0,5 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 0,1 cmol_c dm⁻³, PR-60 = 50 mg L⁻¹ e necessidade de calagem (NC) = 2 t ha⁻¹; e a adição de 10 kg de esterco bovino por cova, com 50 % de umidade. Os cálculos envolvidos são:

Nitrogênio: Para atingir o nível crítico (NCr) de implantação de 300 mg dm⁻³ (Quadro 3), e considerando que o solo não supre N, a demanda deste nutriente é de 300 mg dm⁻³. Em 512 dm³ é de 153.600 mg = 153,6 g por cova.

O suprimento de N é dado pela fertilização orgânica (Quadro 5), que fornece 88,0 g (10 kg de esterco com 50 % de umidade = 5 kg de esterco seco. Como o esterco seco apresenta 17,6 g/kg de N têm-se 88,0 g de N/cova), e pela chuva (Quadro 22), que fornece 2,2 g de N. Suprimento total: 88,0 + 2,2 = 90,2 g de N.

A quantidade a ser aplicada é de 153,6 – 90,2 = 63,4 g de N por cova. Na forma de fertilizante (uréia com 44 % de N; utiliza-se o fator 2,3 para converter N para uréia) 63,4 x 2,3 = 146 g de uréia/cova.

Fósforo: Utilizando-se a equação 1 (Quadro 4), NCr de implantação = $82,35 - 0,2744 \text{ PR-60} + 0,1035 \text{ PR-60}^2$, e com PR-60 = 50 mg/L (solo arenoso), o NCr é 327 mg dm^{-3} . A demanda de P é $327 \text{ mg dm}^{-3} \times 512 \text{ dm}^3 = 167.424 \text{ mg} = 167,4 \text{ g}$. Dividindo-se 167,4 por 0,6545 (Figura 3, fator de recuperação do nutriente pelo extrator, para PR-60 = 50), obtém-se a demanda de 255,8 g de P por cova.

O suprimento de P é dado pela fertilização orgânica (Quadro 5), que fornece 19,5 g (5 kg de esterco seco; $5 \times 3,9 \text{ g kg}^{-1}$ de P = 19,5 g de P) e pelo solo. O solo, com 10 mg dm^{-3} , fornece $10 \text{ mg dm}^{-3} \times 512 \text{ dm}^3 = 5.120 \text{ mg}$ de P = 5,12 g de P por cova, que dividido por 0,6545 (Figura 3, fator de recuperação do nutriente pelo extrator, para PR-60 = 50) fornece 7,8 g por cova. Suprimento total: $7,8 + 19,5 = 27,3 \text{ g}$ de P.

A quantidade a ser aplicada é $255,8 - 27,3 = 228,5 \text{ g}$ de P por cova. Na forma de fertilizante (superfosfato simples com 18 % de P_2O_5 ou 7,9 % de P, utiliza-se o fator 12,7 para converter P para super simples) $228,5 \times 12,7 = 2.907 \text{ g}$ de superfosfato simples. O valor aparentemente exagerado de superfosfato simples (SS) deve-se ao volume da cova, 512 dm^3 . Covas de 60 x 60 x 60 cm têm 216 dm^3 , menos da metade de volume.

Potássio: o NCr é 250 mg dm^{-3} (Quadro 3). A demanda de K é $250 \text{ mg dm}^{-3} \times 512 \text{ dm}^3 = 128.000 \text{ mg} = 128,0 \text{ g}$. Dividindo-se 128,0 por 0,7678 (Figura 6, fator de recuperação do nutriente pelo extrator), obtém-se 166,7 g de K por cova.

O suprimento de K é dado pela fertilização orgânica (Quadro 5), que fornece 101,5 g (5 kg de esterco seco, $5 \times 20,3 \text{ g kg}^{-1}$ de K = 101,5 g de K), pela chuva (Quadro 22), que fornece 0,7 g, e pelo solo. O solo, com 30 mg dm^{-3} , fornece $30 \text{ mg dm}^{-3} \times 512 \text{ dm}^3 = 15.360 \text{ mg}$ de K = 15,4 g de K, que dividido por 0,7678 (Figura 6, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 20,1 g por cova. Suprimento total = $20,1 + 101,5 + 0,7 = 122,3 \text{ g}$ de K.

A quantidade a ser aplicada é: $166,7 - 122,3 = 44,4 \text{ g}$ de K por cova. Na forma de fertilizante (cloreto de potássio com 48% de K e com 48 % de Cl, utiliza-se o fator 2,0 para converter K para KCl) $44,4 \times 2,0 = 89 \text{ g}$ de KCl. Considerando o KCl com 48 % de Cl, são aplicados na cova de plantio ($89 \text{ g} \times 0,48 = 42,7$) 42,7 g de Cl.

Cálcio: o NCr é 460 mg dm^{-3} (Quadro 3). A demanda de Ca é de $460 \text{ mg dm}^{-3} \times 512 \text{ dm}^3 = 235.520 \text{ mg} = 235,5 \text{ g}$. Dividindo-se 235,5 por 0,7661 (Figura 7, fator de recuperação do nutriente pelo extrator), obtém-se 307,4 g de Ca por cova.

O suprimento é dado pela fertilização orgânica (Quadro 5), que fornece 54,5 g de Ca (5 kg de esterco, $5 \times 10,9 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca = 54,5 g de Ca), pela chuva (Quadro 22), que fornece

0,2 g de Ca e pelo solo. O solo tem $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, que convertido para mg dm^{-3} ($\times 200$), equivale a $100,0 \text{ mg dm}^{-3}$. Assim, $100 \text{ mg dm}^{-3} \times 512 \text{ dm}^3 = 51200 \text{ mg} = 51,2 \text{ g}$, que dividido por 0,7661 (Figura 7, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 66,8 g de Ca. Suprimento total: $66,8 + 54,5 + 0,2 = 121,5 \text{ g de Ca}$.

A quantidade a ser aplicada é $307,4 - 121,5 = 185,9 \text{ g/cova de Ca}$.

Magnésio: o NCr é 140 mg dm^{-3} (Quadro 3). A demanda de Mg é de $140 \text{ mg dm}^{-3} \times 512 \text{ dm}^3 = 71.680 \text{ mg} = 71,7 \text{ g}$. Dividindo-se 71,7 por 0,7990 (Figura 8, fator de recuperação do nutriente pelo extrator), obtém-se 89,7 g de Mg por cova.

O suprimento é dado pela fertilização orgânica (Quadro 5), que fornece 22,0 g de Mg (5 kg de esterco, $5 \times 4,4 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg = 22,0 g de Mg), pela chuva (Quadro 22), que fornece 0,2 g de Mg e pelo solo. O solo tem $0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, que convertido para mg dm^{-3} ($\times 121,5$), equivale a $12,15 \text{ mg dm}^{-3}$. Portanto, $12,15 \text{ mg dm}^{-3} \times 512 \text{ dm}^3 = 6.195 \text{ mg} = 6,2 \text{ g}$, que dividido por 0,7990 (Figura 8, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 7,8 g de Mg. Suprimento total: $7,8 + 22,0 + 0,2 = 30,0 \text{ g de Mg}$.

A quantidade a ser aplicada é $89,7 - 30,0 = 59,7 \text{ g/cova de Mg}$.

Calagem: utiliza-se, para o cálculo da calagem, a fórmula da saturação por bases:

$$NC = (V_2 - V_1)T/100$$

com o objetivo de elevar o $V_2 = 60 \%$. Como exemplo, para uma $NC = 2,0 \text{ t ha}^{-1}$, tem-se:

A quantidade de calcário (QC) a ser aplicada é: $QC = NC \times PF/20 \times 100/PRNT \times SC/100$, considerando-se calcário incorporado na camada de 0-20 cm de profundidade (PF = 20 cm), PRNT = 80% e toda superfície do solo coberta (SC = 100%): $QC = 2,0 \times 20/20 \times 100/80 \times 100/100 = 2,5 \text{ t ha}^{-1}$ ($QC = 2,5 \text{ t ha}^{-1}$). Convertendo-se t para kg e ha para m^3 (com incorporação de 0-20 cm), $QC = 2.500 \text{ kg} / 2.000 \text{ m}^3$, $QC = 1,25 \text{ kg/m}^3$. Convertendo-se kg para g ($\times 1.000$) e m^3 para dm^3 ($\times 1.000$), tem-se $1,25 \text{ g dm}^{-3}$. Para cova de 512 dm^3 , $512 \text{ dm}^3 \times 1,25 \text{ g} = 640 \text{ g de calcário por cova}$. Considerando-se o calcário com 38 % de CaO e 12 % de MgO, têm-se:

$640 \text{ g de calcário} (\times 0,38) = 243,2 \text{ g de CaO} (: 1,40) = 173,7 \text{ g de Ca}$

$640 \text{ g de calcário} (\times 0,12) = 76,8 \text{ g de MgO} (: 1,82) = 42,2 \text{ g de Mg}$

A quantidade de Ca a ser aplicada para atingir o NCr, em mg/dm^{-3} , , 185,9 g por cova, é suprida pela calagem, que fornece 173,7 g de Ca e pelo superfosfato simples (2.947 g de SS, com 20 % de Ca: $2.947 \times 0,20 = 589,4 \text{ g}$), que fornece 589,4 g de Ca. Finalmente, $173,7 + 589,4 = 763,1 \text{ g de Ca}$.

A quantidade de Mg a ser aplicada para atingir o NCr, 59,7 g por cova, não é suprida pela calagem, que fornece 42,2 g de Mg. A quantidade de Mg a ser aplicada é: $59,7 - 42,2 = 17,5$ g de Mg. Na forma de fertilizante (sulfato de magnésio com 9 % de Mg, utiliza-se o fator 11,1 para converter Mg para sulfato de magnésio) $17,5$ g de Mg x 11,1 = 194 g de sulfato de magnésio.

Enxofre: utilizando-se a equação 3 (Quadro 4): $\text{NCr} = 10,80 - 1,54 \text{ PR-60}$, e $\text{PR-60} = 50$ (solo arenoso), o NCr é 88 mg dm^{-3} . A demanda de S é de $88 \text{ mg dm}^{-3} \times 512 \text{ dm}^3 = 45.056 \text{ mg} = 45,1$ g. Dividindo-se 45,1 por 0,3250 (equação 52, fator de recuperação do nutriente pelo extrator, para $\text{PR-60} = 50$), obtém-se 138,8 g de S por cova.

O suprimento de S pela chuva (Quadro 22) é de 1,3 g. O solo, com 5 mg dm^{-3} , fornece $5,0 \text{ mg dm}^{-3} \times 512 \text{ dm}^3 = 2.560 \text{ mg} = 2,6$ g, que dividido por 0,3250 (equação 52, fator de recuperação do nutriente pelo extrator, para $\text{PR-60} = 50$) fornece 8,0 g. Suprimento total = $1,3 + 8,0 = 9,3$ g de S.

A quantidade a ser aplicada é $138,8 - 9,3 = 129,5$ g de S por cova.

A quantidade S no superfosfato simples (12 % de S) aplicado na cova de plantio (2.947 g de SS x 0,12) = 353,6 g, supre a quantidade de S a ser aplicada, 129,5 g.

Quadro 28. Nível crítico (NCr) de implantação, análise do solo, fator de recuperação do elemento pelo extrator e suprimento de nutrientes pelo solo, pela fertilização orgânica e pela chuva

Elemento	NCr de implantação	Análise do solo ⁽¹⁾	Fator de recuperação do extrator	Suprimento pelo solo	Suprimento pela fertilização orgânica	Suprimento pela chuva ⁽²⁾
	----- mg dm^{-3} -----		%		----- g por cova -----	
Nitrogênio	300	--	--		88,0	2,2
Fósforo	327	10	65,45	7,8	19,5	0,0
Potássio	250	30	76,78	20,1	101,5	0,7
Cálcio	460	100	76,61	66,8	54,5	0,2
Magnésio	140	12	79,90	7,8	22,0	0,2
Sódio	--	--	--	--	26,0	2,3
Cloro	--	--	--	--	--	6,8
Enxofre	88	5	32,50	8,0	--	1,3

⁽¹⁾ Análise de solo descrita no item 5.1.

⁽²⁾ Considerando o exemplo do quadro 22.

Quadro 29. Requerimento de elementos na cova de plantio, suprimento total de elementos por cova, dose do elemento a ser aplicada e dose do fertilizante recomendada, para a cova de plantio

Elemento	Requerimento	Suprimento de	Dose do elemento	Dose do fertilizante ⁽¹⁾
		nutrientes		
----- g por cova -----				
Nitrogênio	153,6	90,2	63,4	144 de uréia
Fósforo	255,8	27,8	228,5	2.947 de super simples
Potássio	166,7	122,3	44,4	89 de KCl
Cálcio	307,4	121,5	185,9	
Magnésio	89,7	30,0	59,7	
Sódio	--	28,3	--	
Cloro	--	6,8	--	
Enxofre	138,8	9,3	129,5	

⁽¹⁾ Análise de solo descrita no item 5.1.

5.2 Fertilização para formação e início de produção

Como exemplo, são demonstrados os cálculos para fertilização de plantas de coqueiro híbrido, com um ano de idade. A demanda de nutrientes é calculada em função de suas quantidades imobilizadas na biomassa a ser formada no ano seguinte, tendo a fertilização o objetivo de suprir essa demanda. O P-residual é calculado em função da dose de P aplicada anteriormente (Quadro 21, Eq. 53), na cova de plantio.

Para a demonstração da seqüência de cálculos, supõe-se um solo com: P = 20 mg dm⁻³ (Mehlich-1), K = 30 mg dm⁻³, S = 6 mg dm⁻³, Na = 7 mg dm⁻³, Ca = 0,6 cmol_c dm⁻³, Mg = 0,1 cmol_c dm⁻³, PR-60 = 50 mg L⁻¹ e NC = 2,0 t ha⁻¹, na profundidade de 0-20 cm, e com: P = 10 mg dm⁻³ (Mehlich-1), K = 20 mg dm⁻³, S = 15 mg dm⁻³, Na = 5 mg dm⁻³, Ca = 0,3 cmol_c dm⁻³, Mg = 0,1 cmol_c dm⁻³, na profundidade de 20-40 cm; e a fertilização orgânica com 10 kg de esterco bovino por planta, com 50 % de umidade. Os cálculos necessários são:

Fertilização para plantas com um ano:

Nitrogênio: a quantidade de N imobilizada na planta aos 24 meses (Quadro 13, Eq. 12, $\hat{y} = 116,72 - 24,147x + 1,1045x^2$, para $x = 24$) é de 173,38 g. A quantidade de N imobilizada na planta aos 12 meses (Quadro 12, Eq. 4, $\hat{y} = 2,0354 e^{0,1614x}$, para $x = 12$) é de 14,14 g.

A demanda de N é de $173,38 - 14,14 = 159,24$ g. Dividindo-se a demanda, 159,24, pela eficiência de recuperação do nutriente pela planta (ER), 60 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta, 265,0 g.

O suprimento de N é dado pela fertilização orgânica (Quadro 5), 88,0 g, e pela chuva (Quadro 22), 3,9 g. Suprimento total: $88,0 + 3,9 = 91,9$ g de N.

A dose a ser aplicada é $265,0 - 91,9 = 173,1$ g de N. Na forma de fertilizante (x 2,3), 398 g de uréia.

Fósforo: A quantidade de P imobilizada pela planta aos 24 meses (Quadro 13, Eq. 13, $\hat{y} = 20,458 - 4,3962x + 0,2052x^2$, para $x = 24$) é de 33,14 g. A quantidade de P imobilizada na planta aos 12 meses (Quadro 12, Eq. 5, $\hat{y} = 0,2418 e^{0,1752x}$, para $x = 12$) é de 1,98 g.

A demanda de P é de $33,14 - 1,98 = 31,16$ g. Dividindo-se a demanda, 31,16, pela ER, 24 % (Quadro 18, para PR-60 = 50), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta, 129,2 g.

O suprimento de P é dado pela fertilização orgânica (Quadro 5), 19,5 g, pela chuva (Quadro 22), 0,1 g e pelo solo. O suprimento do solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes aos dois anos (Quadro 19): 20 mg dm^{-3} (análise de 0-20 cm) x $402 \text{ dm}^3 = 8.040 \text{ mg} = 8,0$ g, que dividido por 0,6545 (Figura 3, fator de recuperação do nutriente pelo extrator, para PR-60 = 50) fornece 12,2 g; e 10 mg dm^{-3} (análise de 20-40 cm) x $301 \text{ dm}^3 = 3.010 \text{ mg} = 3,0$ g, que dividido por 0,6545 (Figura 3, fator de recuperação do nutriente pelo extrator, para PR-60 = 50) fornece 4,6 g. Utilizando a equação 53 (Quadro 21), $Y = (0,05 + 0,0058(\text{PR}-60)\text{D})e^{-(0,000513637 + 0,0000284091(\text{PR}-60)\text{T}}$ para estimar o P-residual, com PR-60 = 50, T = 360 dias (1 ano após o plantio) e dose (D) = 228,5 g de P por cova, ou $228.500 \text{ mg} / 512 \text{ dm}^3 = 446,3 \text{ mg dm}^{-3}$. Multiplica-se este valor por 2, para converter de mg dm^{-3} para kg ha^{-1} . A dose aplicada foi de $892,6 \text{ kg ha}^{-1}$. O P-residual da fertilização da cova de plantio é de $150,2 \text{ mg dm}^{-3}$. Como as raízes alcançam 80 cm de raio a partir do estipe e 35 cm de profundidade, aos dois anos, o volume de solo explorado nessa idade é 703 dm^3 . O P-residual = $703 \text{ dm}^3 \times 150,2 \text{ mg dm}^{-3} = 105.591 \text{ mg} = 105,6$ g. Suprimento total: $12,2 + 4,6 + 105,6 + 19,5 + 0,1 = 142,0$ g.

A dose a ser aplicada é $129,2 - 142,0 = -12,8$ g de P. Não é necessário aplicar P em plantas com 1 ano de idade.

Potássio: a quantidade de K imobilizada pela planta aos 24 meses (Quadro 13, Eq. 14, $\hat{y} = 175,98 - 35,11x + 1,5415x^2$, para $x = 24$) é de 221,24 g. A quantidade de K imobilizada na planta aos 12 meses (Quadro 12, Eq. 6, $\hat{y} = 3,0771 e^{0,1576X}$, para $x = 12$) é de 20,42 g.

A demanda de K é de $221,24 - 20,42 = 200,82$ g. Dividindo-se a demanda, 200,82 pela ER, 65 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta, 309,0 g.

O suprimento de K é dado pela fertilização orgânica (Quadro 5), 101,5 g, pela chuva (Quadro 22), 1,2 g, e pelo solo. O suprimento pelo solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes aos dois anos (Quadro 19): 30 mg dm^{-3} (análise de 0-20 cm) $\times 402 \text{ dm}^3 = 12.060 \text{ mg} = 12,0$ g, que dividido por 0,7678 (Figura 6, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 15,6 g; e 20 mg dm^{-3} (análise de 20-40 cm) $\times 301 \text{ dm}^3 = 6.020 \text{ mg} = 6,0$ g, que dividido por 0,7678 (Figura 6, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 7,8 g. Suprimento total: $15,6 + 7,8 + 101,5 + 1,2 = 126,1$ g.

A dose a ser aplicada é $309,0 - 126,1 = 182,9$ g de K. Na forma de fertilizante (x 2,0), 366 g de KCl.

Cálcio: A quantidade de Ca imobilizada na planta aos 24 meses (Quadro 13, Eq. 15, $\hat{y} = 75,905 - 14,931x + 0,6169x^2$, para $x = 24$) é de 72,90 g. A quantidade de Ca imobilizada na planta aos 12 meses (Quadro 12, Eq. 7, $\hat{y} = 0,7292 e^{0,1695X}$, para $x = 12$) é de 5,58 g.

A demanda de Ca é de $72,90 - 5,58 = 67,32$ g. Dividindo-se a demanda, 67,32, pela ER, 45 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta no solo: 149,6 g.

O suprimento de Ca é dado pela fertilização orgânica (Quadro 5), 54,5 g, pela chuva (Quadro 22), 0,4 g, e pelo solo. O suprimento pelo solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes aos dois anos (Quadro 19): 120 mg dm^{-3} (análise de 0-20 cm) $\times 402 \text{ dm}^3 = 48.240 \text{ mg} = 48,2$ g, que dividido por 0,7661 (Figura 7, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 62,9 g e 60 mg dm^{-3} (análise de 20-40 cm) $\times 301 \text{ dm}^3 = 18.060 \text{ mg} = 18,1$ g, que dividido por 0,7661 (Figura 7, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 23,6 g. Suprimento total: $62,9 + 23,6 + 54,5 + 0,4 = 141,4$ g de Ca.

A dose a ser aplicada é $149,6 - 141,4 = 8,2$ g de Ca.

Magnésio: a quantidade de Mg imobilizada na planta aos 24 meses (Quadro 13, Eq. 16, $\hat{y} = 59,573 - 11,55x + 0,4577x^2$, para $x = 24$) é de 46,01 g. A quantidade de Mg imobilizada na planta aos 12 meses (Quadro 12, Eq. 8, $\hat{y} = 0,3208 e^{0,1824X}$, para $X = 12$) é de 2,87 g.

A demanda de Mg é de $46,01 - 2,87 = 43,14$ g. Dividindo-se a demanda, 43,14 pela ER, 55 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta no solo: 78,4 g.

O suprimento de Mg é dado pela fertilização orgânica (Quadro 5), 22,0 g, pela chuva (Quadro 22), 0,3 g, e pelo solo. O suprimento pelo solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes aos dois anos (Quadro 19): $12,1 \text{ mg dm}^{-3}$ (análise de 0-20 cm) $\times 402 \text{ dm}^3 = 4.864 \text{ mg} = 4,9$ g, que dividido por 0,7990 (Figura 8, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 6,1 g e $12,1 \text{ mg dm}^{-3}$ (análise de 20-40 cm) $\times 301 \text{ dm}^3 = 3.642 \text{ mg} = 3,6$ g, que dividido por 0,7990 (Figura 8, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 4,5 g. Suprimento total: $22,0 + 0,3 + 6,1 + 4,5 = 32,9$ g.

A dose a ser aplicada é $78,4 - 32,9 = 45,5$ de Mg, ou 505 g no forma de sulfato de magnésio.

Sódio: A quantidade de Na imobilizada na planta aos 24 meses (Quadro 13, Eq. 17, $\hat{y} = 17,843 - 3,6641x + 0,1625x^2$, para $x = 24$) é de 23,50 g. A quantidade de Na imobilizada na planta aos 12 meses (Quadro 12, Eq. 9, $\hat{y} = 0,1464 e^{0,1821x}$, para $x = 12$) é de 1,30 g.

A demanda de Na é de $23,50 - 1,30 = 22,20$ g. Dividindo-se a demanda, 22,20 pela ER, 65 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta no solo: 34,2 g.

O suprimento de Na é dado pela fertilização orgânica (Quadro 5), 26,0 g, pela chuva (Quadro 22), 4,1 g, e pelo solo. O suprimento pelo solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes aos dois anos (Quadro 19): 7 mg dm^{-3} (análise de 0-20 cm) $\times 402 \text{ dm}^3 = 2.814 \text{ mg} = 2,8$ g, que dividido por 0,7678 (considera-se o fator de recuperação do Na pelo extrator igual ao do K, por falta de dados) fornece 3,6 g e 5 mg dm^{-3} (análise de 20-40 cm) $\times 301 \text{ dm}^3 = 1.505 \text{ mg} = 1,5$ g, que dividido por 0,7678 (considera-se o fator de recuperação do Na pelo extrator igual ao do K, por falta de dados) fornece 2,0 g. Suprimento total: $26,0 + 4,1 + 3,6 + 2,0 = 35,7$ g.

A dose a ser aplicada é $34,2 - 35,7 = - 1,5$ de Na. Não é necessário fertilizar com Na.

Cloro: A quantidade de Cl imobilizada na planta aos 24 meses (Quadro 13, Eq. 18, $\hat{y} = 88,450 - 17,514x + 0,7743x^2$, para $x = 24$) é de 114,11 g. A quantidade de Cl imobilizada na planta aos 12 meses (Quadro 12, Eq. 10, $\hat{y} = 1,4969 e^{0,1597x}$, para $x = 12$) é de 10,19 g.

A demanda de Cl é de $114,11 - 10,19 = 103,92$ g. Dividindo-se a demanda, 103,92, pela ER, 55 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta no solo: 188,9 g.

O suprimento de Cl é dado pela chuva (Quadro 22), 12,1 g. Não são contabilizados o Cl do solo e da fertilização orgânica. Suprimento total: 12,1 g.

A dose a ser aplicada é $188,9 - 12,1 = 176,8$ g de Cl.

Como a fonte de potássio foi o KCl, que contém 48 % de Cl, foram aplicados 366,0 g de KCl x 0,48 = 176,0 g de Cl. A dose de KCl aplicada supre a necessidade de cloro.

Enxofre: a quantidade de S imobilizada na planta aos 24 meses (Quadro 13, Eq. 19, $\hat{y} = 9,272 - 1,8961x + 0,0868x^2$, para $x = 24$) é de 13,76 g. A quantidade de S imobilizada na planta aos 12 meses (Quadro 12, Eq. 11, $\hat{y} = 0,1985 e^{0,1552x}$, para $x = 12$) é de 1,28. A demanda de S é de 12,48 g. Dividindo-se a demanda, 12,48 pela ER, 30 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta: 41,6 g.

O suprimento de S é dado pela chuva (Quadro 22), 2,2 g, e pelo solo. O suprimento pelo solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes aos dois anos (Quadro 19): 6 mg dm^{-3} (análise de 0-20 cm) x $402 \text{ dm}^3 = 2.412 \text{ mg} = 2,4 \text{ g}$, que dividido por 0,3250 (Equação 52, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 7,4 g e 15 mg dm^{-3} (análise de 20-40 cm) x $301 \text{ dm}^3 = 4.515 \text{ mg} = 4,5 \text{ g}$, que dividido por 0,3250 (Equação 52, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 13,8 g. Suprimento total: $2,2 + 7,4 + 13,8 = 23,4 \text{ g}$ de S.

A dose a ser aplicada é $41,6 - 23,4 = 18,2 \text{ g}$ de S.

Como a fonte de P na cova de plantio foi o superfosfato simples, que contém 12 % de S, foram aplicados na cova : $2.947 \text{ g} \times 0,12 = 353,6 \text{ g}$ de S. O efeito residual do S na cova de plantio supre a necessidade de S.

Quadro 30. Demanda de elementos, eficiência de recuperação do elemento pela planta (ER) e requerimento, para fertilização de coqueiro híbrido com um ano de idade

Elemento	Demanda do elemento	ER ⁽¹⁾	Requerimento ⁽²⁾
	g por planta	%	g por planta
N	159,2	60,0	265,0
P	31,2	24,0	129,2
K	200,8	65,0	309,0
Ca	67,3	45,0	149,6
Mg	43,1	55,0	78,4
Na	22,2	65,0	34,2
Cl	103,9	55,0	189,1
S	12,5	29,8	41,5

⁽¹⁾Quadro 18

⁽²⁾ Análise de solo do item 5.1.

Quadro 31. Análise de solo (item 5.1), taxa de recuperação do elemento pelo extrator e suprimento de elementos pelo solo, para fertilização de coqueiro híbrido com um ano de idade

Elemento	Análise 0-20	Análise 20-40	Taxa de recuperação do	Suprimento: 0-20	Suprimento: 20-
	cm	cm	elemento pelo extrator	cm	40 cm
	----- mg dm ⁻³ -----		%	----- g -----	
N	-	-	-		
P	20	10	65,45	12,2	4,6
K	30	20	76,78	15,6	7,8
Ca	120	60	76,61	62,9	23,6
Mg	12	12	79,90	6,1	4,5
Na	7	5	76,78	3,6	2,0
Cl	-	-	-		
S	6	15	32,50	7,4	13,8

Quadro 32. Suprimento de elementos pelo solo, pela fertilização orgânica, pela chuva e suprimento total, para fertilização de coqueiro híbrido com um ano de idade

Elemento	Suprimento pelo solo	Suprimento pela fertilização orgânica	Suprimento pela chuva ⁽²⁾	Suprimento total
	----- g por planta -----			
N	-	88,0	3,9	91,9
P	122,4 ⁽¹⁾	19,5	0,1	142,0
K	23,5	101,5	1,2	126,1
Ca	86,5	55,0	0,4	141,4
Mg	10,6	22,0	0,3	32,9
Na	5,6	26,0	4,1	35,7
Cl	--	-	12,1 ⁽²⁾	12,1
S	21,2	-	2,2	23,4

⁽¹⁾Soma do P disponibilizado pelo solo (análise) com o P-residual da fertilização da cova de plantio, 105,2 g.

⁽²⁾Quadro 22.

Quadro 33. Requerimento, suprimento total de elementos, dose do elemento e dose do fertilizante recomendada, para fertilização de coqueiro híbrido com um ano de idade

Elemento	Requerimento	Suprimento total	Dose do elemento	Dose do fertilizante
----- g por planta -----				
N	265,0	91,9	173,1	393 de uréia
P	129,2	140,0	-	-
K	309,0	126,1	182,9	376 de KCl
Ca	149,6	141,4	8,2	
Mg	78,4	32,9	45,5	505 de sulfato de Mg
Na	34,2	35,7	-	
Cl	188,9	12,1	176,8	
S	41,5	23,4	16,8	

5.3 Fertilização para produção

Fertilização para coqueiro híbrido com dez anos, com produtividade de 5 t ha⁻¹ de copra e 160 plantas ha⁻¹ (31,25 kg de copra por planta):

Para a demonstração da seqüência de cálculos, supõe-se um solo com: P = 20 mg dm⁻³ (Mehlich-1), K = 30 mg dm⁻³, S = 6 mg dm⁻³, Na = 9 mg dm⁻³, Ca = 0,6 cmol_c dm⁻³, Mg = 0,1 cmol_c dm⁻³, PR-60 = 50 mg L⁻¹ e NC = 2,0 t ha⁻¹, na profundidade 0-20 cm e, com: P = 10 mg dm⁻³ (Mehlich-1), K = 20 mg dm⁻³, S = 15 mg dm⁻³, Na = 8 mg dm⁻³, Ca = 0,3 cmol_c dm⁻³, Mg = 0,1 cmol_c dm⁻³ e PR-60 = 50 mg L⁻¹, na profundidade 20-40 cm; fertilização orgânica com 30 kg de esterco bovino, com 50 % de umidade. O suprimento de nutrientes pelas cascas é calculado para uma produção anterior de 20 kg/planta de copra, considerando-se o retorno das espiguetas, pedúnculos e buchas. Os cálculos necessários são:

Nitrogênio: a quantidade imobilizada no estipe (Quadro 23) é 269,0 g/planta e a quantidade imobilizada nos cachos (Quadro 24) é 500,6 g/planta (16,02 g/kg de N na copra x 31,25 kg de copra). A demanda de N é igual a 269,0 + 500,6 = 769,6 g. Dividindo-se a demanda, 769,6, pela ER, 70 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta, 1.099,4 g.

O suprimento de N é dado pela fertilização orgânica, 264,0 g, pela chuva, 19,5 g, e pelas cascas, 66,8 g. Suprimento total: 264,0 + 19,5 + 66,8 = 350,3 g de N.

A dose de N a ser aplicada é de 1.099,4 – 350,3 = 749,1 g, que equivalem a 1.701 g de uréia.

Fósforo: a quantidade imobilizada no estipe (Quadro 23) é 33,6 g/planta e a quantidade imobilizada nos cachos (Quadro 24) é 70,0 g/planta (2,24 g/kg de P na copra x 31,25 kg de copra). A demanda de P é igual a $33,6 + 70,0 = 103,6$ g. Dividindo-se a demanda, 103,6, pela ER (30 %), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta, 345,3 g.

O suprimento de P é dado pela fertilização orgânica, 58,5 g, pela chuva, 0,3 g, pelas cascas, 5,2 g, e pelo solo. O suprimento pelo solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes da planta adulta (Quadro 19): 20 mg dm^{-3} (análise de 0-20 cm) x $2.035 \text{ dm}^3 = 40.700 \text{ mg} = 40,7 \text{ g}$, que dividido por 0,6545 (Figura 3, fator de recuperação do nutriente pelo extrator, para PR-60 = 50) fornece 62,2 g e 10 mg dm^{-3} (análise de 20-40 cm) x $4.069 \text{ dm}^3 = 40.690 \text{ mg} = 40,7 \text{ g}$, que dividido por 0,6545 (Figura 3, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 62,2 g. Suprimento total: $58,5 + 0,3 + 5,2 + 62,2 + 62,2 = 188,4$ g de P.

A dose de P a ser aplicada é $345,3 - 188,4 = 156,9$ g, que equivalem a 2.024 g de superfosfato simples.

Potássio: a quantidade imobilizada no estipe (Quadro 23) é 302,4 g/planta e a quantidade imobilizada nos cachos (Quadro 24) é 1.003,1 g/planta (32,10 g/kg de K na copra x 31,25 kg de copra). A demanda de K é igual a $302,3 + 1.003,1 = 1.305,4$ g. Dividindo-se a demanda, 1.305,4, pela ER, 70 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta, 1.864,9 g.

O suprimento de K é dado pela fertilização orgânica, 304,5 g, pela chuva, 6,3 g, pelas cascas, 473,7 g, e pelo solo. O suprimento pelo solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes da planta adulta: 30 mg dm^{-3} (análise de 0-20 cm) x $2.035 \text{ dm}^3 = 61.050 \text{ mg} = 61,1 \text{ g}$, que dividido por 0,7678 (Figura 6, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 79,6 g e 20 mg dm^{-3} (análise de 20-40 cm) x $4.069 \text{ dm}^3 = 81.380 \text{ mg} = 81,4 \text{ g}$, que dividido por 0,7678 (Figura 6, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 106,0 g. Suprimento total: $304,5 + 6,3 + 473,7 + 79,6 + 106,0 = 970,1$ g de K.

A dose de K a ser aplicada é $1.864,9 - 970,1 = 894,8$ g, que equivalem a 1.790 g de cloreto de potássio.

Cálcio: a quantidade imobilizada no estipe (Quadro 23) é 61,6 g/planta e a quantidade imobilizada nos cachos (Quadro 24) é 43,1 g/planta (1,37 g/kg de Ca na copra x 31,25 kg de copra). A demanda de Ca é de $61,6 + 42,8 = 104,4$ g. Dividindo-se a demanda, 104,4, pela ER, 50 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta, 208,8 g.

O suprimento de Ca é dado pela fertilização orgânica, 163,5 g, pela chuva, 1,9 g, pelas cascas, 20,6 g, e pelo solo. O suprimento pelo solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes da planta adulta (Quadro 19): 120 mg dm^{-3} (análise de 0-20 cm) x $2.035 \text{ dm}^3 = 244.200 \text{ mg} = 244,2 \text{ g}$, que dividido por 0,7661 (Figura 7, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 318,8 g e 60 mg dm^{-3} (análise de 20-40 cm) x $4.069 \text{ dm}^3 = 81.380 \text{ mg} = 81,4 \text{ g}$, que dividido por 0,7661 (Figura 7, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 106,3 g. Suprimento total: $163,5 + 1,9 + 20,6 + 318,8 + 106,3 = 611,1 \text{ g}$. A dose de Ca a ser aplicada é $208,8 - 611,1 = -402,9 \text{ g}$. Não é preciso fertilizar com Ca.

Magnésio: a quantidade imobilizada no estipe (Quadro 23) é 50,4 g/planta e a quantidade imobilizada nos cachos (Quadro 24) é 71,9 g/planta (2,30 g/kg de Mg na copra x 31,25 kg de copra). A demanda de Mg é $50,4 + 71,9 = 122,3 \text{ g}$. Dividindo-se a demanda, 122,3, pela ER, 60 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento requerida pela planta, 203,8 g.

O suprimento de Mg é dado pela fertilização orgânica, 66,0 g, pela chuva, 1,6 g, pelas cascas, 21,8 g, e pelo solo. O suprimento do solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes da planta adulta (Quadro 19): $12,1 \text{ mg dm}^{-3}$ (análise de 0-20 cm) x $2.035 \text{ dm}^3 = 24.624 \text{ mg} = 24,5 \text{ g}$, que dividido por 0,7990 (Figura 8, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 30,6 g e $12,1 \text{ mg dm}^{-3}$ (análise de 20-40 cm) x $4.069 \text{ dm}^3 = 49.235 \text{ mg} = 49,2 \text{ g}$, que dividido por 0,7990 (Figura 8, fator de recuperação do nutriente pelo extrator) fornece 61,6 g. Suprimento total: $66,0 + 1,6 + 21,8 + 30,6 + 61,6 = 181,6 \text{ g}$ de Mg. A dose de Mg a ser aplicada é $203,8 - 181,6 = 22,2 \text{ g}$.

Calagem: A NC, para elevar o V_2 para 60 %, é de $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ e considerando a aplicação de calcário na superfície (incorporação de 5 cm), PRNT = 80 e o crescimento do sistema radicular (Quadro 19, $10,17 \text{ m}^2$ por planta x 160 plantas/ha = $1.627,2 \text{ m}^2$ de superfície explorado pelas raízes em um ha, o que corresponde a 16,27 % da superfície), a quantidade Ca e Mg aplicada será:

$QC = 5/20 \times 100/80 \times 16,27/100 \times 2000 = 101,7 \text{ kg}$ de calcário ha^{-1} , que corresponde a 635 g/planta (160 plantas/ha)
635 g de calcário, com 38% de CaO e 12% de MgO, terão 241,3 g de CaO e 76,2 g de MgO, o que corresponde a 172,4 g de Ca e 41,8 g de Mg.

Sódio: a quantidade imobilizada no estipe (Quadro 23) é 28,0 g/planta e a quantidade imobilizada nos cachos (Quadro 24) é 95,6 g/planta (3,06 g/kg de Na na copra x 31,25 kg de copra). A demanda de Na é de $28,0 + 95,6 = 123,6$ g. Dividindo-se a demanda, 123,6, pela ER, 70 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta, 170,5 g.

O suprimento de Na é dado pela fertilização orgânica, 78,0 g, pela chuva, 20,6 g, pelas cascas, 50,2 g, e pelo solo. O suprimento pelo solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes da planta adulta: 9 mg dm^{-3} (análise de 0-20 cm) x $2.035 \text{ dm}^3 = 18.315 \text{ mg} = 18,3$ g, que dividido por 0,7678 (considera-se o fator de recuperação do nutriente pelo extrator do Na igual ao do K) fornece 23,8 g e 8 mg dm^{-3} (análise de 20-40 cm) x $4.069 \text{ dm}^3 = 32.712 \text{ mg} = 32,7$ g, que dividido por 0,7678 (considera-se o fator de recuperação do nutriente pelo extrator do Na igual ao do K) fornece 42,6 g. Suprimento total: $78,0 + 20,6 + 50,2 + 23,8 + 42,6 = 215,2$ g.

A dose de Na a ser aplicada é $170,5 - 215,2 = -44,7$ g. Não é necessário fertilizar com Na.

Cloro: a quantidade imobilizada no estipe (Quadro 23) é 156,6 g/planta e a quantidade imobilizada nos cachos (Quadro 24) é 583,8 g/planta (18,68 g/kg de Cl na copra x 31,25 kg de copra). A demanda de Cl é de $156,6 + 583,8 = 740,4$ g por planta. Dividindo-se a demanda, 740,4, pela ER, 60 % (Quadro 18), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta, 1.234,0 g.

O suprimento de Cl é dado pela chuva, 61,9 g, e pelas cascas, 326,9 g. Suprimento total: $61,9 + 326,9 = 388,8$ g.

A dose de Cl a ser aplicada é: $1.234,0 - 388,8 = 845,2$ g.

Como a fonte de potássio o KCl, que contém 48 % de Cl, foram aplicados 1.790 g de KCl x $0,48 = 859,2$ g de Cl. Assim, $845,2 - 859,2 = -14,0$ g de Cl. Não é necessário fertilizar com Cloro.

Enxofre: a quantidade imobilizada no estipe (Quadro 23) é 11,2 g/planta e a quantidade imobilizada nos cachos (Quadro 24) é 40,3 g/planta (1,29 g/kg de S na copra x 31,25 kg de copra). A demanda de S é de $11,2 + 40,3 = 51,5$ g por planta. Dividindo-se a demanda, 51,5, pela ER, 33,8 % (Quadro 18, para PR-60 = 50), tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta, 152,4 g.

O suprimento de S é dado pela chuva, 11,3 g, pelas cascas, 6,3 g, e pelo solo. O suprimento do solo é calculado em função do volume de solo explorado pelas raízes da planta adulta (Quadro 19): 6 mg dm^{-3} (análise de 0-20 cm) x $2.035 \text{ dm}^3 = 12.210 \text{ mg} = 12,2$ g, que dividido

por 0,3250 (Equação 52, fator de recuperação do nutriente pelo extrator, para PR-60 = 50) fornece 37,5 g e 15 mg dm⁻³ (análise de 20-40 cm) x 4.069 dm³ = 61.035 mg = 61,0 g, que dividido por 0,3250 (Equação 52, fator de recuperação do nutriente pelo extrator, para PR-60 = 50) fornece 187,7 g. Suprimento total: 11,3 + 6,3 + 37,5 + 187,7 = 242,6 g de S.

A dose a ser aplicada é 152,4 – 242,6 = - 90,2 g. Não é necessário fertilizar com S.

Quadro 34. Demanda de elementos, eficiência de recuperação do elemento pela planta (ER) e requerimento, para fertilização de coqueiro híbrido com dez anos e produção de 5 toneladas de copra por ano

Elemento	Demanda do elemento	ER ⁽¹⁾	Requerimento
	g por planta	%	g por planta
N	769,6	70,0	1.099,4
P	103,6	30,0	345,3
K	1.305,4	70,0	1.864,9
Ca	104,4	50,0	209,4
Mg	122,8	60,0	203,8
Na	123,6	70,0	176,5
Cl	740,4	60,0	1.234,0
S	51,5	33,8	152,4

⁽¹⁾ Quadro 18

Quadro 35. Análise de solo, taxa de recuperação do elemento pelo extrator e suprimento de elementos pelo solo, para fertilização de coqueiro híbrido com dez anos de idade e produção de 5 toneladas de copra por ano

Elemento	Análise	Análise	Taxa de recuperação do nutriente pelo extrator	Suprimento: 0-20	Suprimento: 20-40
	0-20 cm ⁽¹⁾	20-40 cm ⁽²⁾		cm	cm
	----- mg dm ⁻³ -----		%	----- g -----s	
N	-	-	-	-	-
P	20	10	65,45	62,2	62,2
K	30	20	76,78	79,6	106,0
Ca	120	60	76,61	318,8	106,3
Mg	12	12	79,90	30,6	61,6
Na	9	8	76,78	23,8	32,7
Cl	-	-	-	-	-
S	6	15	32,50	37,5	187,7

⁽¹⁾ e ⁽²⁾ Análise de solo descrita no item 5.3.

Quadro 36. Suprimento de nutrientes pelo solo, pela chuva, pela fertilização orgânica e total, para fertilização de coqueiro híbrido com dez anos de idade e produção de 5 toneladas de copra por ano

Elemento	Suprimento pelo solo	Suprimento pela chuva	Suprimento pela fertilização orgânica	Suprimento pelas cascas	Suprimento total
	----- g por planta -----				
N	-	19,5	264,0	66,8	350,3
P	124,4	0,3	58,5	5,2	188,4
K	185,6	6,3	304,5	473,7	970,1
Ca	425,1	1,9	163,5	20,6	611,1
Mg	92,5	1,6	66,0	21,8	181,6
Na	56,5	20,6	78,0	50,2	205,3
Cl	-	61,9	-	326,9	388,8
S	225,2	11,3	-	6,3	217,9

Quadro 37. Requerimento, suprimento total de elementos, dose do elemento a ser aplicada e dose do fertilizante recomendada, para fertilização de coqueiro híbrido com dez anos de idade e produção de 5 toneladas de copra por ano

Elemento	Requerimento	Suprimento total	Dose do elemento	Dose do fertilizante
----- g por planta/ano -----				
N	1.099,4	350,3	749,1	1.701 de uréia
P	345,3	188,4	156,9	1.805 de SS
K	1.865,0	970,1	894,9	1.844 de KCl
Ca	209,4	611,1	--	
Mg	203,8	181,6	22,2	
Na	170,5	205,3	--	
Cl	1.233,3	388,8	844,5	
S	152,4	217,9	--	

5.4 Teor mínimo do nutriente a ser mantido no solo (reserva técnica)

Com o objetivo de deixar no solo uma quantidade de nutrientes para garantir uma produtividade mínima no ano seguinte, adicionalmente ao necessário para fechar o balanço nutricional, pode-se aplicar uma dose extra de fertilizante (Quadro 38). Como exemplo, considera-se a fertilização para o coqueiro híbrido adulto e produção de 5 t ha⁻¹ de copra (item 5.3) e uma reserva de nutrientes para garantir uma produção extra de 2 t ha⁻¹ de copra no ano seguinte. A adição de nutrientes pela chuva (Quadro 22) e o crescimento do estipe (Quadro 23) são considerados constantes.

Nitrogênio: a demanda é 209,0 g para crescimento do estipe (Quadro 23) mais 200,3 g para formação de frutos (Quadro 24). Demanda total: 469,3 g de N. Dividindo-se a demanda pela ER, 70 %, tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta, 670,4. O suprimento é dado pelo retorno das cascas da produção anterior, 100,9 g e pela chuva, 19,5 g. $100,9 + 19,5 = 120,4$ g.

A quantidade do elemento exigida pela planta no solo, 670,4, menos o suprimento, 120,4, resulta na quantidade do elemento a ser aplicado: 550,0 g de N, que equivalem a 1.249 g de uréia.

Fósforo: a demanda é 33,6 g para crescimento do estipe (Quadro 23) mais 28,0 g para formação de frutos (Quadro 24). Demanda total: 61,6 g de P. Dividindo-se a demanda pela ER, 30 %, tem-se a quantidade do elemento exigida pela planta no solo, 205,3. O suprimento é dado pelo retorno das cascas da produção anterior, 8,1 g e pela chuva, 0,3 g. $8,1 + 0,3 = 8,4$ g.

A quantidade do elemento no solo exigida pela planta, 205,3, menos o suprimento, 8,4, resulta na quantidade do elemento a ser aplicado: 196,9 g de P, que equivalem a 2.264 g de superfosfato simples.

Para os demais nutrientes, a seqüência de cálculos é semelhante a que se tem feito.

Quadro 38. Requerimento, suprimento total, dose do elemento e dose do fertilizante recomendada, para fertilização de coqueiro híbrido com dez anos de idade e produção de 5 t de copra ano⁻¹, para garantir uma produção extra (reserva técnica) de 2 t de copra no ano seguinte

Elemento	Requerimento	Suprimento total	Dose do elemento	Dose do fertilizante
	----- g por planta -----			
N	670,4	120,4	550,0	1.249 de uréia
P	205,3	8,4	196,9	2.264 de SS
K	1005,2	746,6	258,6	533 de KCl
Ca	157,4	34,2	123,2	
Mg	132,0	35,6	96,4	
Na	94,7	99,1	- 4,4	
Cl	650,2	571,9	78,3	
S	70,5	18,4	52,1	

5.5 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade tem como objetivo avaliar o efeito de cada variável sobre as recomendações de fertilizantes geradas pelo Sistema (Figuras 9, 10, 11 e 12). Para cada nutriente, alterou-se uma variável em 0,5, 1, 1,5 e 2 vezes seu valor, mantendo-se as demais constantes. Foi considerada a recomendação pelo sistema para coqueiro híbrido adulto (item 5.3), com produção anterior de 3,2 t ha⁻¹ de copra, para o cálculo da liberação de nutrientes pelas cascas e com produção esperada de 5 t ha⁻¹ de copra. Variaram-se a produtividade do ano anterior, os teores do nutriente no solo, a dose de fertilizante orgânico e a produtividade.

As doses de N, P, K e Mg apresentaram maior variação (maior declividade) quando a produtividade foi alterada.

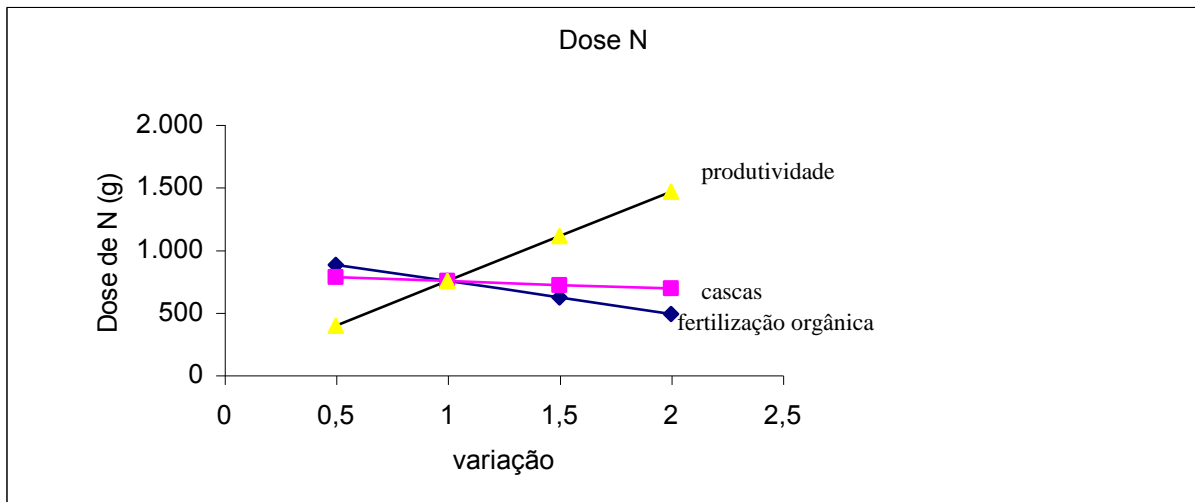


Figura 9. Análise de sensibilidade para variação de 0,5 a 2,0 vezes dos valores das variáveis envolvidas na estimativa da dose de N a ser aplicada.

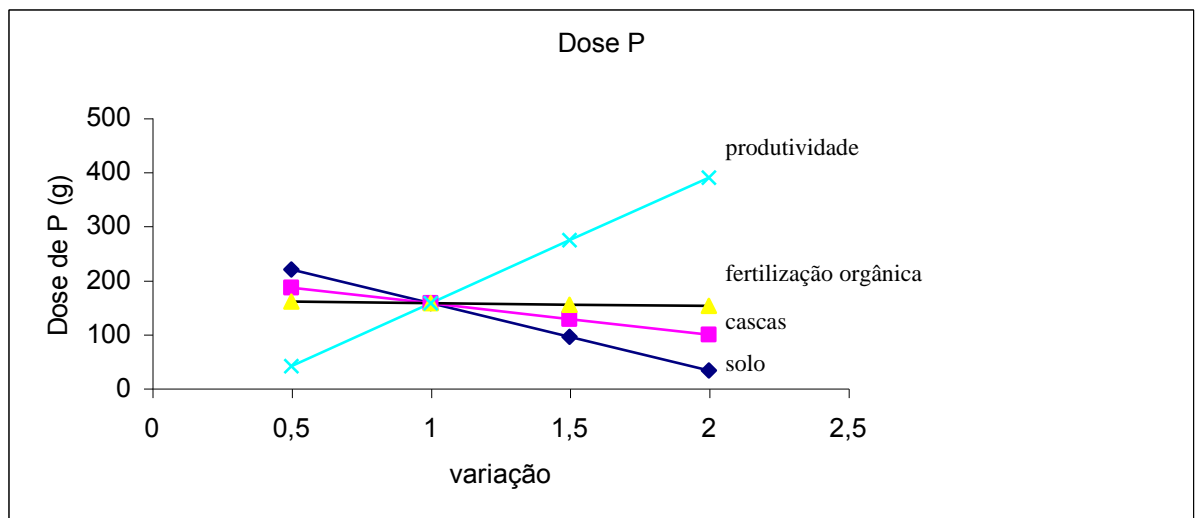


Figura 10. Análise de sensibilidade para variação de 0,5 a 2,0 vezes dos valores das variáveis envolvidas na estimativa da dose de P a ser aplicada.

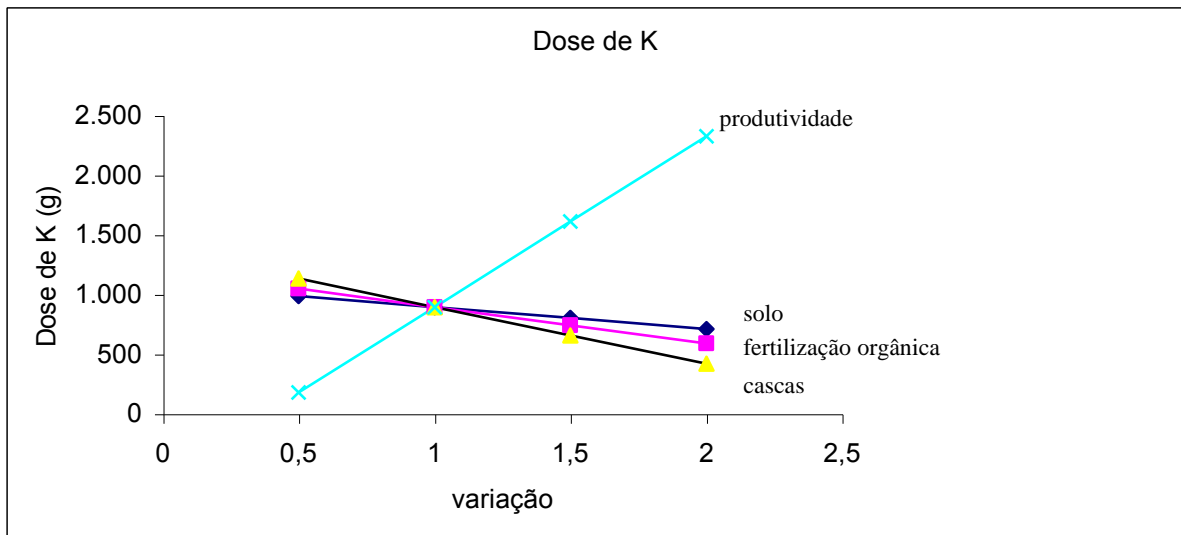


Figura 11. Análise de sensibilidade para variação de 0,5 a 2,0 vezes dos valores das variáveis envolvidas na estimativa da dose de K a ser aplicada.

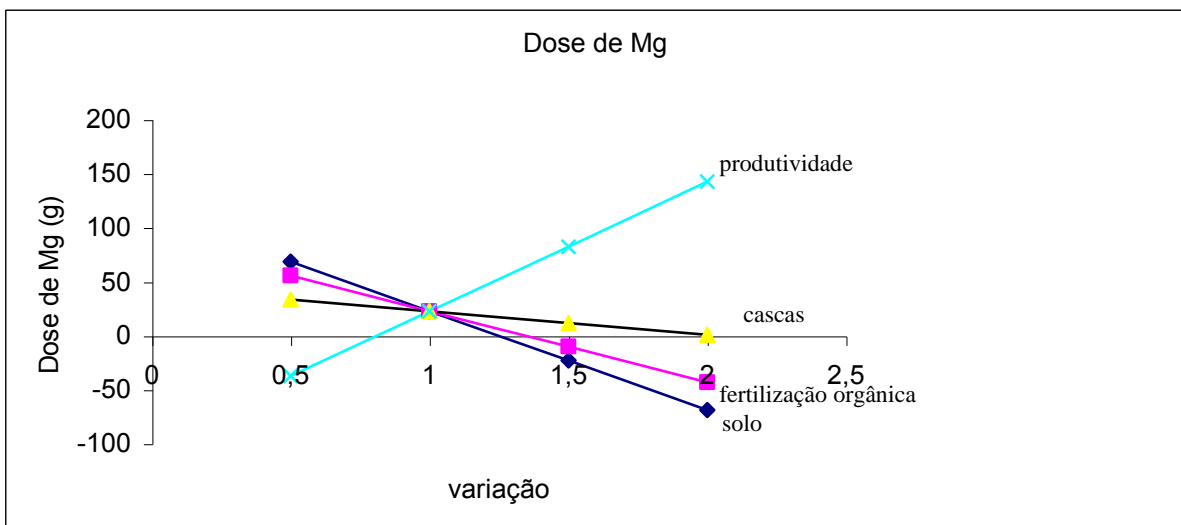


Figura 12. Análise de sensibilidade para variação de 0,5 a 2,0 vezes dos valores das variáveis envolvidas na estimativa da dose de Mg a ser aplicada.

6. COMPARAÇÃO ENTRE RECOMENDAÇÕES

Há grande variação entre as tabelas de recomendação de fertilizantes, indicando não existir conhecimento sobre a real demanda de nutrientes pela cultura. As quantidades de fertilizantes recomendadas pelas tabelas foram convertidas para quantidade do elemento, para facilitar as comparações entre elas e o Sistema (Quadros 39, 40 e 41). Com exceção da recomendação de Magat (1980), as demais recomendações consideram apenas N, P e K (Júnior, 1994; Sobral, 1998 e Madeira, 1998). A análise de solo considerada para os cálculos do Sistema é a mesma do item 5.2.

Para o coqueiro híbrido, a recomendação de nitrogênio do Sistema, até os seis anos, ficou semelhante com a recomendação da Embrapa (Sobral, 1998), com exceção do 1º ano, quando a recomendação do Sistema é menor devido ao menor crescimento da planta nessa fase, e no 3º ano, quando a recomendação foi maior, devido à fase de maior crescimento. A recomendação de nitrogênio, para a fase adulta, ficou inferior à da Embrapa e mais próxima da recomendação da Frutal (Júnior, 1994). A recomendação de fósforo pelo Sistema é superior na fase inicial, até o 3º ano, e inferior às outras recomendações a partir do 5º ano. A recomendação de potássio pelo Sistema, do 2º ao 6º ano, é superior às demais recomendações, indicando que a demanda da planta é superior às quantidades recomendadas pelas tabelas. A recomendação de potássio, para a fase adulta, ficou um pouco inferior à recomendação da Embrapa. O cálculo do Sistema, na fase adulta, leva em consideração a fertilização orgânica (30 kg de esterco) e o retorno das cascas (produção anterior de 20 kg copra/planta/ano).

Para o coqueiro anão, devido ao seu rápido crescimento, as doses recomendadas pelo Sistema, a partir do 2º ano, de nitrogênio, fósforo e potássio, são superiores às doses recomendadas pelas tabelas do Sebrae (Júnior, 1994), Embrapa (Sobral, 1998) e Frutal (Madeira, 1998). Durante a fase produtiva, sem considerar o retorno das cascas dos frutos, as doses de nitrogênio e fósforo recomendadas pelo Sistema são inferiores às tabelas e a dose de potássio superior, devido à elevada quantidade desse elemento exportada pelos frutos.

Quadro 39. Comparação entre o Sistema e as principais tabelas para recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para coqueiro híbrido

Idade	Sistema ⁽¹⁾	EMBRAPA	Frutal	Magat
----- g por planta -----				
----- Nitrogênio -----				
Cova	63	132	100	70
1 ano	174	440	150	100
2 anos	748	616	150	150
3 anos	1.261	704	350	200
4 anos	879	792	350	300
5 anos	1.020	968	500	400
6 anos	1.150	1.144	500	400
produção	748	1.320	650	400
----- Fósforo ⁽²⁾ -----				
Cova ⁽³⁾	220	70	63	35
1 ano	-	35	63	43
2 anos	309	104	63	65
3 anos	369	104	98	70
4 anos	145	174	98	90
5 anos	113	174	146	130
6 anos	76	209	146	130
produção	157	278	152	130
----- Potássio -----				
Cova	44	97	97	117
1 ano	183	291	291	170
2 anos	915	388	291	239
3 anos	1.533	485	388	304
4 anos	1.280	680	388	435
5 anos	1.533	777	534	522
6 anos	1.769	874	534	522
produção	895	971	631	522

⁽¹⁾ Considerando a análise de solo do item 5.2, fertilização orgânica com 5 kg de esterco de curral com 50 % de umidade na cova de plantio, 10 kg do 1º ao 3º ano, 20 kg do 4 ao 6 ano e, na fase adulta, considerando o retorno das cascas dos frutos e fertilização orgânica com 30 kg de esterco de curral (160 plantas/ha e produtividade de 5 t de copra/ano).

⁽²⁾ As recomendações de levam em consideração o efeito residual das doses de P plicadas anteriormente.

⁽³⁾ As recomendações para cova de plantio, ao contrário do Sistema, não fazem referência ao tamanho da cova.

Quadro 40. Comparação entre as principais tabelas e o Sistema para recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para coqueiro anão

Idade	Sistema ⁽¹⁾	EMBRAPA	Frutal	SEBRAE
----- g por planta -----				
----- Nitrogênio -----				
Cova	63	132	100	-
1 ano	246	440	150	-
2 anos	855	616	150	440
3 anos	1.032	704	350	484
4 anos	1.486	792	350	616
5 anos	1.849	968	500	748
produção	590	1.320	650	748
----- Fósforo ⁽²⁾ -----				
Cova ⁽³⁾	220	70	63	70
1 ano	-	35	63	-
2 anos	387	104	63	35
3 anos	260	104	98	104
4 anos	370	174	98	104
5 anos	432	174	146	174
produção	132	278	152	174
----- Potássio -----				
Cova	44	97	97	117
1 ano	399	291	291	-
2 anos	901	388	291	388
3 anos	1.237	485	388	388
4 anos	1.863	680	388	485
5 anos	2.364	777	534	631
produção	1.297	971	631	631

⁽¹⁾ Considerando a análise de solo do item 5.2, fertilização orgânica com 5 kg de esterco de curral com 50 % de umidade na cova de plantio, 10 kg do 1º ao 3º ano, 20 kg do 4 ao 6 ano e, na fase adulta, considerando o retorno das cascas dos frutos e fertilização orgânica com 30 kg de esterco de curral (160 plantas/ha e produtividade de 5 t de copra/ano).

⁽²⁾ As recomendações de levam em consideração o efeito residual das doses de P plicadas anteriormente.

⁽³⁾ As recomendações para cova de plantio, ao contrário do Sistema, não fazem referência ao tamanho da cova.

Quadro 41. Comparação entre as doses recomendadas por Magat (1991) e o Sistema, para magnésio e cloro, para coqueiro híbrido

Idade	Sistema ⁽¹⁾	Magat	Sistema	Magat
	----- g por planta -----			
	----- Magnésio -----		----- Cloro -----	
Cova	60	27		66
1 anos	46	47	177	110
2 anos	306	69	613	260
3 anos	348	137	1.049	400
4 anos	150	192	1.001	530
5 anos	137	220	1.207	700
6 anos	117	275	1.410	900
produção	44	275	845	900

⁽¹⁾ Considerando a análise de solo do item 5.2, fertilização orgânica com 5 kg de esterco de curral com 50 % de umidade na cova de plantio, 10 kg do 1º ao 3º ano e 20 kg a partir dos 4 anos e, na fase adulta, considerando o retorno das cascas dos frutos (160 plantas/ha e produtividade de 5 t de copra/ano).

O Sistema recomenda doses mais elevadas de magnésio para plantas com dois anos e com três anos de idade, já que a fase de maior crescimento da planta ocorre entre os 19 e os 40 meses de idade, enquanto que a recomendação de Magat (1991) é de doses crescentes. Quando é feita a comparação do total das doses de magnésio aplicadas, até os sete anos, os valores são semelhantes entre as duas recomendações (Figura 13). A dose de Mg recomendada pelo Sistema, para plantas adultas, é bem inferior à dose recomendada por Magat (1991), devido à consideração, para os cálculos das doses pelo Sistema, da quantidade de magnésio contida nas cascas e no esterco.

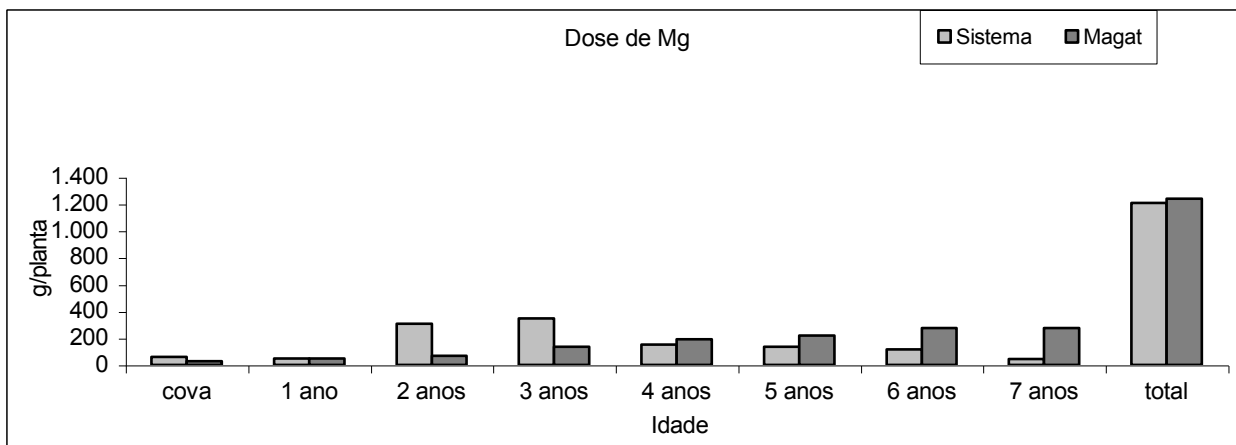


Figura 13. Comparação entre as doses de Magnésio recomendadas pelo Sistema e por Magat (1991), para o coqueiro híbrido

A recomendação de fertilização com cloro do Sistema, durante toda a fase jovem, é superior à recomendação de Magat (1991). Somente quando a planta atinge a idade adulta é que as recomendações de cloro passam a ser semelhantes, sendo a recomendação do Sistema um pouco inferior (Figura 14).

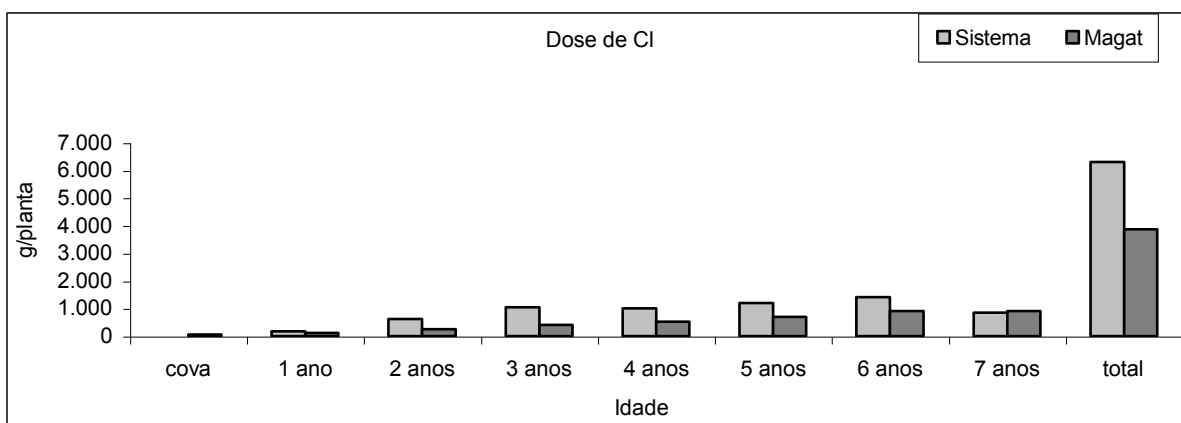


Figura 14. Comparação entre as doses de cloro recomendadas pelo Sistema e por Magat (1991), para o coqueiro híbrido

7. RESUMO E CONCLUSÕES

As recomendações de fertilizantes utilizadas no país são baseadas em curvas de resposta, em que nutrientes são aplicados em doses crescentes e seus efeitos no aumento da produção observados. Os ensaios de campo são realizados em determinada região, sendo os resultados extrapolados para outras com características edafo-climáticas provavelmente diferentes. As tabelas de recomendação de fertilizantes mais conhecidas e utilizadas para a cultura do coqueiro apresentam grande diferença entre si, não fazendo distinção entre as variedades, além de não considerarem a produtividade esperada. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um Sistema de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para a Cultura do Coqueiro. Foram consideradas as diversas variáveis envolvidas no balanço nutricional.

O Sistema leva em consideração, para estimar as doses de fertilizantes, a produtividade desejada, a variedade cultivada, a estimativa da disponibilidade de nutrientes no solo e a adição de nutrientes pela água da chuva, pela fertilização orgânica e pelos restos culturais, de acordo com a produtividade anterior e o manejo adotado. É dividido em três etapas: fertilização da cova de plantio, fertilização de formação e início de produção e fertilização de produção. A fertilização da cova de plantio têm como objetivo elevar os teores dos nutrientes a determinado nível crítico. A demanda de nutrientes pela cultura, a partir do primeiro ano, é calculada de acordo com a demanda de nutrientes para formação de biomassa no ano seguinte. Durante a fase jovem, devido à elevada quantidade de P aplicada na cova de plantio, o P-residual é estimado em função do fator capacidade do solo, do tempo de equilíbrio do P com o solo e da dose de P aplicada anteriormente. Quando a planta atinge a idade adulta, a demanda passa a ser calculada em função do crescimento do estipe e da produtividade desejada. A quantidade do nutriente exigida pela planta menos o suprimento de nutrientes por fontes diversas gera a recomendação de fertilizante. As informações necessárias para o desenvolvimento do Sistema foram obtidas na literatura e, quando não conhecidas, foram estimadas com base no comportamento de outras culturas perenes. A muito limitada

disponibilidade de dados sobre micronutrientes não permitiu suas inclusões no Sistema. São comparados os resultados obtidos pelo Sistema com as principais tabelas utilizadas para recomendação de fertilizantes para o coqueiro. A modelagem permite a identificação de áreas carentes de informações e direciona futuros trabalhos de pesquisa, devendo este Sistema ser aperfeiçoado em futuras versões, à medida que novas informações forem obtidas.

Na recomendação de fertilizantes para cova de plantio, pelas tabelas, não é considerado o volume da cova. As recomendações pelas tabelas de N e K, para a cova de plantio, quando comparadas com as recomendações do Sistema, são maiores, e a recomendação de P é menor.

As recomendações de maiores doses de fertilizantes durante a fase de formação e início de produção, comparativamente à fase de produção (planta adulta) devem-se ao fato de que a demanda de nutrientes, durante a fase de produção, é devida apenas ao crescimento do estipe e à produção de frutos, enquanto que na fase de formação ocorre, também, crescimento de raízes e não é considerada a reciclagem das folhas.

O Sistema oferece a possibilidade de calcular a dose de fertilizante de acordo com a forma de aproveitamento dos frutos, considerando o retorno dos nutrientes contidos nas partes do cacho retornadas ao solo.

A demanda de K pela cultura é muito elevada, sendo as recomendações geradas pelo Sistema superiores às recomendações das tabelas para a fase de formação e início de produção.

O Sistema oferece a opção de calcular doses suplementares, para a manutenção de teores mínimos de cada nutriente no solo, que possibilitem a colheita de determinada quantidade de frutos no ano seguinte àquele em que é calculado o balanço (reserva técnica).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ADDISCOTT, T. M.; SMITH, J. & BRADBURY, N. Critical evaluation of models and their parameters. *J. Environ. Qual.*, 24:803-807, 1998.
- ADDISCOTT, T. M. & WEGENET, R. J. Concepts of solute leaching in soils: a review of modeling approaches. *Soil Sci.*, 36:411-424, 1985.
- ALCOFORADO, P. A. U. G. Efetividade de diferentes materiais corretivos na correção de acidez de dois Latossolos e no crescimento do sorgo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1992. 54 p. (Tese de Mestrado).
- ALVAREZ V., V. H. Correlação e calibração de métodos de análise de solo. 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*. 1.ed. Viçosa, Jard, 1996. p. 608-615.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. & BARROS, N. F. Níveis críticos de enxofre em solos de cerrado para o crescimento de mudas de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., Curitiba, 1983, Resumos. Curitiba, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 164-165.
- ANDRADE, A. G.; HAAG, H. P. & OLIVEIRA, G. D. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). In: ACUMULAÇÃO DE MICRONUTRIENTES, 32., Piracicaba, 1975. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz., 1975. p. 151-169.
- BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. & PEREIRA, P. R. G. Manejo nutricional de plantas perenes. 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*. 1.ed. Viçosa, Jard, 1996. p. 607-614.

- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. ; TEIXEIRA, J. L. & FERNANDES FILHO. NUTRICALC 2.0 – Sistema para cálculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para o cultivo de eucalipto. In: SIMPÓSIO IUFRO – Manejo nutritivo de plantaciones florestales. Valdivia, Chile, 1995. p. 301-304.
- BONNEAU, X.; OCHS, R.; QUSAIRI, L. & NURLAINI LUBIS, L. Nutrition minérale des cocotiers hybrides sur tourbe, de la pépinière à l'entrée en production. *Oléagineux*, 48:9-26, 1993.
- BONNEAU, X. Optimization of mineral nutrition in a coconut plantation taking an experimental approach *in situ*. *Expl. Agric.*, 32:405-418, 1996.
- BOOTE, K. J.; JONES, J. W. & PICKERING, N. B. Potential uses and limitations of crop models. *Agron. J.*, 88:704-716, 1996.
- CAMPELO, M. R. Avaliação da reversibilidade de fósforo não-lábil para lábil em solos com diferentes características químicas, físicas e mineralógicas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993. 63 p. (Tese de Mestrado)
- CINTRA, F. L. D.; LEAL, M. L. S. & PASSOS, E. E. M. Root system distribution in dwarf coconuts. *Oléagineux*, 49:225-234, 1992.
- CINTRA, F. L. D.; PASSOS, E. E. M. & LEAL, M. L. S. Avaliação do sistema radicular de cultivares de coqueiro gigante. *Oléagineux*, 48:453-461, 1993.
- DAVID, N. C.; DANIEL, N. A. & FELICITOS, H. R. El cultivo de palma de coco en México In: SÃO JOSÉ, A R.; SOUZA, I. V. B.; MOURA, J. I. L. & REBOUÇAS, T. N. H., eds. *Coco produção e mercado*. 1.ed. Vitória da Conquista, DFZ/UESB, 1999.p. 20-35.
- DELAZARI, P. C. Disponibilidade de fósforo em solos do Estado do Espírito Santo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1979. 85 p. (Tese de Mestrado)
- DIAS, L. E. Dinâmica de formas de enxofre e de cátions trocáveis em colunas de solo tratadas com diferentes doses de fósforo e de gesso. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992. 147 p. (Tese de Doutorado)
- ESCHBACH, J. M. & MANCIOT, R. Les oligoéléments dans la nutrition du cocotier. *Oléagineux*, 36:291-304, 1981.
- FERNÁNDEZ ROJAS, I. E. J. Efeito do capeamento da apatita-de-araxá com alumínio sobre a disponibilidade de fósforo e o crescimento de sorgo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992. 44 p. (Tese de Mestrado)

- FERRAZ, L. G. B.; MEDEIROS, A. T. & SILVA, M. R. A cultura de coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1994. 30 p. (Monografia)
- FERREIRA, G. B. Interferências de matéria orgânica e ferro na dosagem de boro com azometina-h e comparação de extratores para boro disponível no solo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998. 97 p. (Tese de Mestrado)
- FONSECA, D. M. Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987. 146 p. (Tese de Mestrado)
- FONSECA, D. M. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de *Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus*, *Panicum maximum* e *Brachiaria decumbens*, em casa de vegetação e no campo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995. 150 p. (Tese de Doutorado)
- FONTES, M. P. F.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H. & BORGES, A. C. Disponibilidade do enxofre em três extratores químicos em Latossolos de Minas Gerais. R. Bras. Ci. Solo, 6:226-230, 1982.
- FREIRE, F. J. Sistema cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da cana de açúcar. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001. 87 p. (Tese de Doutorado)
- FREIRE, F. M. Disponibilidade de fósforo e de enxofre para a cultura do milho em três solos de Minas Gerais. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996. 114 p. (Tese de Doutorado)
- FREITAS, J. A. D. Determinação da necessidade de calagem para o crescimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998. 99 p. (Tese de Doutorado)
- GARCIA PEÑA, J. A. Cálcio, magnésio e potássio no solo e em plantas de algodão, utilizando magnesita calcinada e cloreto de potássio, em três níveis de calagem. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991. 79 p. (Tese de mestrado)
- GONÇALVES, J. L M. Cinética de transformação de fósforo lábil em não-lábil em amostras de solos de cerrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988. 62 p. (Tese de Mestrado)
- GUSS, A. Exigência de fósforo para estabelecimentos de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais em solos com diferentes características físicas e químicas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988. 74 p. (Tese de mestrado)

- JUNIOR, C. D. R. M. R.. Coqueiro (*Cocos nucifera*): cultivo sob condição irrigada. 2.ed. Recife, SEBRAE/PE, 2000. 49 p.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Editora Agronômica 'Ceres', 143-191, 1985.
- LE SAINT, J. P. & NUCÉ DE LAMOTHE, M. Les hybrides de cocotier Nains: performances et intérêt. *Oléagineux*, 42:353-362, 1987.
- LEAL, E. C.; SANTOS, Z. G.; RAM, C.; WARNICK, D. R. N.; LEAL, M. L. S. & RENARD, J. L.. Efeito da adubação mineral sobre a incidência das lixas *Sphaerodothis torrendiella* e *Sphaerodothis acrocominae* no coqueiro *Cocos nucifera* L. *Oléagineux*, 49:213-220, 1994.
- LOUZADA, P. T. C. Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987. 52 p. (Tese de Mestrado)
- MADEIRA, M. C. B.; HOLANDA, S. J. de; GUEDES, F. X. & OLIVEIRA, J. F. Coqueiro anão, da produção de mudas à colheita. EMPARN, Natal, RN, 1998. 72 p.
- MAGAT, S. S. Coconut. Philippine Coconut Authority, Philippines. 234-244, 1981 .
- MAGAT, S. S. Effects of increasing rates of sodium chloride (common salt) fertilization on coconut palms grown under an inland soil (Tropudalfs), of Mindanao, Philippines. *Oléagineux*, 43:13-17, 1988.
- MAGAT, S. S. Fertilizer recommendations for coconut based on soil and leaf analyses. *Philippine journal of coconut studies*, 16:25-30, 1991.
- MAGAT, S. S. & MARGATE, R. Z. The chlorine needs of coconuts. *CORD*. Vol. VI: 30-51, 1990.
- MANCIOT, R.; OLLAGIER, M. & OCHS, R. Nutrition minérale et fertilisation du cocotier dans le monde. *Oléagineux*, 34:500-510, 1979a.
- MANCIOT, R.; OLLAGIER, M. & OCHS, R. Nutrition minérale et fertilisation du cocotier dans le monde. *Oléagineux*, 34:575-581, 1979b.
- MANCIOT, R.; OLLAGIER, M. & OCHS, R. Nutrition minérale et fertilisation du cocotier dans le monde. *Oléagineux*, 35:22-27, 1980.
- MEDINA, J. C. Coco I – cultura In: MEDINA J. M., GARCIA, J. L. M. MARTIN, Z. J., KATO, K., TERUO, P., TURATTI, J. M., SANTOS, L. C., SILVA, M. T. C., CANTO, W. L., NETO, L. C. B. & MORETTI V. A., edS. ITAL Instituto de tecnologia de alimentos. Série Frutas Tropicais-5 Coco – da cultura ao

- processamento e comercialização. 1.ed. São Paulo, Imprensa Oficial do Estado, 1980. p.7-58.
- MELLO, J. W. V. Dinâmica de fósforo, ferro e manganês e disponibilidade de fósforo para arroz em solos inundados. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991. 198 p. (Tese de Doutorado)
- 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. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999. 85 p. (Tese de Mestrado)
- MOREIRA, J. F. Cinética de transformação de P-lábil em não-lábil no solo avaliada por análise química e crescimento de mudas de eucalipto. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988. 52 p. (Tese de Mestrado)
- MOURA FILHO, G. Disponibilidade de fósforo em amostras de solos de várzeas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990. 76 p. (Tese de Mestrado)
- NOVAIS, R. F. & SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. 1ed. Viçosa, Departamento de Solos - Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.
- NOVELINO, J. O. Disponibilidade de fósforo ao longo do tempo em solos altamente intemperizados avaliada por extratores químicos e crescimento vegetal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999. 70 p. (Tese de Doutorado)
- OCHS, R.; BONNEAU, X. & QUSAIRI, L. Nutrition minérale en cuivre des cocotiers hybrides sur tourbe. *Oléagineux*, 48:5-73, 1993.
- OLIVEIRA, F. H. T. Disponibilidade de fósforo pela resina aniônica e difusão de alumínio em Latossolos. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998. 45 p. (Tese de Mestrado)
- OLLAGINER, M. & MARDIANA WAHYUNI Nutrition et fumure minérale du cocotier hibryde Nain de Malaisie x Grand Ouest Africain (PB 121 – MAWA). *Oléagineux*, 39:409-416, 1984.
- OUVRIER, M. Evolution de la composition minérale du cocotier hybride PB 121 au jeune âge. *Oléagineux*, 45:69-78, 1990.
- OUVRIER, M. Minéralisation du régime du cocotier hybride PB 121, de la fleur à la maturité. *Oléagineux*, 3:229-236, 1982.

- OUVRIER, M. & OCHS, R. Exportations minérales du cocotier hybride Port-Bouet 121. *Oléagineux*, 33:437-442, 1978.
- OUVRIER, M. & TAFFIN, G. Evolution of mineral elements of coconut husks left in the field. *Oléagineux*, 40:435-437, 1985.
- PASSIOURA, J.B. Simulation models: science, snake oil, education or engineering? *Agron. J.*, 88:690-694, 1996.
- PORTELA, M. C. L. S. Necessidade de calagem para as culturas do feijão e do milho, em consórcio, em solos da microrregião Mata de Viçosa, Minas Gerais. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984. 68 p. (Tese de Mestrado)
- PREZOTTI, L. C. Nível crítico de potássio para a produção de mudas de eucalipto. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1985. 45 p. (Tese de Mestrado)
- PREZOTTI, L. C. Sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do café arábica. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001. 93 p. (Tese de Mestrado)
- RAFFAELI, V. Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de nutrientes para arroz irrigado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001. 76 p. (Tese de Mestrado)
- RIVAS YUPANQUI, F. F. Nutrição fosfatada e fotossíntese no sistema simbiótico *Medicago sativa* – *Rizobium meliloti* em solos com diferentes disponibilidades de fósforo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997. 124 p. (Tese de Doutorado)
- RODRIGUES, E. C. O. Efeito da aplicação de sulfato de cálcio e de uma mistura de carbonatos de cálcio e de magnésio sobre características químicas do solo e o crescimento de plantas de milho. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993. 103 p. (Tese de Mestrado)
- ROLIM, M. V. Fósforo disponível pelos extratores Mehlich-1 e Resina em esfera e lamina, em amostras de solos submetidos a diferentes graus de moagem. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998. 70 p. (Tese de Mestrado)
- ROSA, M. de F. & ABREU, F. A. P. de. Água de coco: métodos de conservação. Fortaleza: Embrapa – CNPTA / SEBRAE/CE (Documento 37), 2000. 40 p.
- SILVA, D. J. Necessidade de calagem e diferentes relações Ca:Mg para a produção de mudas de eucalipto. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986. 53 p. (Tese de Mestrado)

- SILVA, J. T. A. Relações entre características do solo que refletem a capacidade tampão de fósforo e o nível crítico para sorgo em dez Latossolos de Minas Gerais, em casa de vegetação. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990. 85 p. (Tese de Mestrado)
- SINCLAIR, T. R. & SELIGMAN, N. G. Crop modeling: from infancy to maturity. *Agron. J.*, 88:698-704, 1996.
- SOBRAL, L. F. Estado nutricional dos coqueirais de Sergipe. Aracajú: Embrapa-CNPCo (Boletim de Pesquisa, 5), 1989. 19 p.
- SOBRAL, L. F. Nutrição e adubação do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D.R.N. & SIQUEIRA, L. A. ed. A cultura do coqueiro no Brasil. 2. eds. Brasil, Embrapa-SPI, 1998. p. 129-158.
- SOUZA, R. B. Níveis críticos de enxofre em solos e em folhas de cultivares de café. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999. 88 p. (Tese de Doutorado)
- VIÉGAS, R. A. Dinâmica de fontes de fósforo aplicadas a solos com diferentes níveis de acidez. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991. 66 p. (Tese de Mestrado)
- VILLANI, E. M. A. Fluxo difusivo de fósforo influenciado por fontes e por tempo de contato do fósforo com o solo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995. 57 p. (Tese de Mestrado)