

JOSÉ AUGUSTO DOS SANTOS NETO

**BIOMASSA E NUTRIENTES EM PINHÃO-MANSO E SISTEMA
DE ADUBAÇÃO COM BASE NO BALANÇO NUTRICIONAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S237b
2011

Santos Neto, José Augusto dos, 1979-

Biomassa e nutrientes em pinhão-manso e sistema de adubação com base no balanço nutricional / José Augusto dos Santos Neto. – Viçosa, MG, 2011.
x, 63f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Renildes Lúcio Ferreira Fontes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 52-60

1. Pinhão-manso - Nutrição. 2. Adubos e fertilizantes.
3. Biomassa vegetal. 4. Biocombustíveis. 5. Plantas oleaginosas. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 633.85

JOSÉ AUGUSTO DOS SANTOS NETO

**BIOMASSA E NUTRIENTES EM PINHÃO-MANSO E SISTEMA
DE ADUBAÇÃO COM BASE NO BALANÇO NUTRICIONAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 31 de maio 2011.

Prof. Júlio César Lima Neves
(Coorientador)

Prof. Nairan Félix de Barros
(Coorientador)

Prof. Luiz Antônio dos Santos Dias

Prof. Luiz Henrique Arimura Figueiredo

Prof. Renildes Lúcio Ferreira Fontes
(Orientador)

À minha esposa, Helena, e aos meus filhos (João Gabriel e Maria Clara);

A Maria Aparecida Augusto Valete (*In memoriam*);

Aos meus pais, José Augusto e Lourdes;

A avó Maria do Carmo Nunes de Souza.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades que me foram dadas na vida, principalmente por ter vivido fases difíceis, que foram matérias-primas de aprendizado.

Ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa e a Universidade Estadual de Montes Claros, que me concederam a oportunidade para realização do curso de Doutorado.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pela concessão da bolsa de estudo.

A empresa Sada, Eng. Agrônomo Newton, ao mestre Carlos Gusmão e o Sr. Luiz, pelo apoio e a concessão da área para realização das coletas do material.

Aos professores Renildes Fontes, Júlio Neves e Nairam Félix, pelos ensinamentos e sugestões que enriqueceram este trabalho.

Aos professores Luiz Antônio Dias, professor Luiz Henrique Arimura e ao professor Víctor Hugo, pelo apoio e pelas sugestões.

Agradeço especialmente a minha esposa, Helena, e meus filhos, João Gabriel e Maria Clara, que são o maior presente que Deus poderia ter me dado nesta vida. Por toda felicidade, carinho, compreensão, apoio, incentivo, dedicação encontrada na minha querida família que sempre fará parte de cada vitória.

Aos meus pais, pelo todo apoio dado à minha vida. O meu sentimento é de gratidão e admiração por tudo o que vocês já fizeram por mim.

À Dona Carmem, pelas infinitas orações e pela dedicação a minha família. Sempre presente nos momentos mais difíceis, não só no doutoramento como da minha vida.

A Antônio Nunes, Bárbara, Cássia, Cibele, Dilma, Iago Eduvirgens, Iago Natan, Léo, Louise, Mara, Romeu, Sylvio, Ana Maria, Maria Alice, Milena, Thierry

e outros familiares que me deram suporte e apoio nos momentos alegres e tristes nesta maratona de quatro anos. Vocês foram e são verdadeiros amigos.

Aos funcionários da Unimontes, pela disponibilidade e colaboração em todas as demandas solicitadas.

Aos estudantes de graduação Rafael, Fábio e Rosimeire, pela colaboração durante a fase de processamento do material vegetal. Aos orientados Renato e Pedro que não mediram esforços para colaborar com esta tese, estando presentes nos momentos mais difíceis na fase experimental.

Aos amigos Nelson, Adriana, Marlon, Silvia, Mauro, Adelica, Regina, Rodinei e Juliana pelo estímulo e apoio.

A Luciana, Cláudia e Tatiane, pelo apoio e pelos bons conselhos que serviram para um bom desempenho no curso.

Aos demais professores, funcionários, colegas e amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste curso.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Caracterização da área de estudo	11
3.2. Coleta de campo	12
3.3. Demanda nutricional	14
3.4. Calagem	15
3.5. Suprimento do solo	16
3.6. Suprimento pelos resíduos orgânicos	19
3.7. Balanço nutricional	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1. Características de frutos e sementes de Pinhão-manso colhidos em diferentes estágios de maturação.....	22
4.2. Liberação de nutriente da manta orgânica em plantio de Pinhão-manso	23
4.3. Produção e partição de biomassa	24
4.4. Teores, conteúdos e partição dos nutrientes	25
4.5. Coeficiente de utilização biológica - CUB	42
4.6. Parametrização do Sistema FERTICALC para o Pinhão-manso.....	42
4.6.1. Subsistema solo	42
4.6.1.1. Calagem	42

4.6.1.1.1 Método da neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$	42
4.6.1.1.2 Método da saturação por bases	43
4.6.1.2. Suprimento dos nutrientes do solo	43
4.6.1.3. Suprimento dos macronutrientes pelos resíduos orgânicos...	45
4.6.2 Subsistema planta	46
4.6.2.1 Requerimento pela cultura.....	46
4.6.3 Balanço nutricional	49
5. CONCLUSÕES	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
7. Apêndice	61

RESUMO

SANTOS NETO, José Augusto dos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2011. **Biomassa e nutrientes em pinhão-manso e sistema de adubação com base no balanço nutricional.** Orientador: Renildes Lúcio Ferreira Fontes. Coorientadores: Júlio César Lima Neves e Nairam Félix de Barros.

A crescente pressão mundial pelo desenvolvimento de tecnologias automotivas menos poluentes tem impulsionado a utilização do Biodiesel. A discussão sobre a inserção do biodiesel na matriz energética no Brasil tem se intensificado, focando plantas oleaginosas que propiciem maior emprego de mão de obra em regiões que estejam à margem do processo do desenvolvimento econômico. Nesse contexto, a cultura do Pinhão-manso vem despertando interesse por parte do programa nacional, tendo em vista que as regiões Nordeste e Norte de Minas Gerais apresentam grande potencial para a implantação dessa cultura. O Pinhão-manso é uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel. Atualmente busca-se estabelecer práticas de cultivo do pinhão-manso que permitam viabilizar sua exploração sob técnicas racionais e econômicas. Experiências internacionais e as observações de plantas isoladas têm apontado para um elevado potencial produtivo, mas existem poucos estudos científicos. Ainda não se dispõem de critérios que permitam a interpretação das análises de solo e recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do Pinhão-manso. A utilização dos métodos mecanísticos possibilita desenvolver um Sistema de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes em tempo bastante reduzido e sem conduzir os experimentos conforme o método tradicional. O objetivo deste trabalho foi determinar a biomassa, nutrientes em Pinhão-manso, e desenvolver um sistema de adubação com base no balanço nutricional visando à produção vegetal para fomentar a produção de biocombustíveis no Estado de Minas Gerais. Os dados foram coletados em áreas localizadas em Mocambinho, Jaíba/MG, em condições de sequeiro, em diferentes idades de plantio (2, 3 e 4 anos). Em cada parcela, foi utilizada uma planta para determinação da matéria seca, teores e partições dos nutrientes de seus componentes. A quantidade do nutriente fornecida pelo solo foi calculada determinando o quociente entre o teor do nutriente e a taxa de sua

recuperação pelo extrato, somando aos nutrientes fornecidos pela matéria orgânica. Foram determinados valores de eficiência de utilização de nutrientes para a produção de casca e semente, com vistas a obter definida produtividade. A quantidade de nutriente demandado pela cultura foi estimada pelo somatório da quantidade de nutriente necessário para produção de sementes e a demanda para produção de caule, folhas, raízes e cascas dos frutos. A produção de massa seca total variou com a idade. Os teores de nutrientes nos componentes variaram, sendo maiores para K, N e Ca entre os macronutrientes e Mn, Fe e Zn para os micronutrientes. As cascas dos frutos apresentaram teores de K superiores aos demais componentes da planta, sendo uma alternativa para utilização na adubação orgânica. O sistema de recomendação proposto preconizou doses maiores para N, P e K do que as atualmente utilizadas para o Pinhão-mansão.

ABSTRACT

SANTOS NETO, José Augusto dos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2011. **Biomass and nutrients in *Jatropha curcas*, and system of fertilization based on the nutritional balance.** Advisor: Renildes Lúcio Ferreira Fontes. Co-Advisors: Julio César Lima Neves and Nairam Félix de Barros.

The increasing world-wide pressure for the development of less pollutant automotive technologies has stimulated the use of the Biodiesel. The discussion on the insertion of biodiesel in the power source in Brazil has intensified itself, with focus on oil crops that propitiate greater use of workmanship in regions that are less developed economically. In that context, the Physic nut culture has aroused interest on part of national program, since the Northeast and North regions of Minas Gerais present great potential for the implantation of that culture. The Physic nut is a plant which produces oil with all the qualities necessary to be transformed into oil diesel. Currently it is aimed to establish practices of physic nut culture that allows making possible its exploitation under rational and economic techniques. International experiences and the observations of isolated plants have pointed with respect to one high productive potential, but there are few scientific studies. There are no criteria that allow interpretation of soil analysis and recommendation of agricultural liming and fertilizers for Physic nut crop. The use of the mechanistic methods makes possible to develop a System of Recommendation of Agricultural liming and Fertilizers in a much reduced time and without leading the experiments in accordance with the traditional method. The purpose of this work was to determine the biomass, nutrients in Physic nut, and developing a fertilization system based on the nutritional balance aiming at plant production to foment the production of biofuels in Minas Gerais State. The data were gathered in areas located in Mocaminho, Jaíba/MG, in dry land conditions, different ages of plantation (2, 3 and 4 years). In each parcel, it was used a plant for determination of dry matter, contents and partitions of the nutrients of its components. The amount of the nutrient supplied by the soil was calculated determining the quotient between nutrient content and the rate of its recovery by the extract, adding to nutrients supplied by the organic matter. Values of nutrients use efficiency for the rind and seed production were determined in order to get definite productivity. The amount of nutrient required by the culture

was esteem by the sum of the amount of nutrient necessary for production of seeds and the requirement for production of stem, leaves, roots and fruits' rinds. The production of total dry mass varied according to the age. The nutrients contents in the components varied, being higher for K, N and Ca between the macronutrients and Mn, Fe and Zn for the micronutrients. The fruits' rinds presented K contents superior to the others components of the plant, being an alternative for use in the organic fertilization. The proposed system of recommendation established higher doses for N, P and K than the ones currently used for the Physic nut.

1. INTRODUÇÃO

Em anos recentes tem havido uma crescente pressão mundial pelo desenvolvimento de tecnologias automotivas menos poluentes, com geração de menor emissão de gases para o ambiente. Isso estimula a produção de combustíveis, cujas queimas emitam substâncias menos poluentes para a atmosfera. O biodiesel atende a essa característica e sua produção tem sido cada vez mais implementada como alternativa para geração de energia com menor emissão de gases.

O Biodiesel tem origem não fóssil, é derivado de fontes renováveis de energia, e pode, gradualmente, substituir o óleo diesel na matriz energética mundial. A utilização de fontes alternativas de energia provenientes da biomassa reduz drasticamente as emissões de gases de efeito estufa, em comparação aos combustíveis fósseis. Isso acontece porque na queima de combustíveis oriundos da biomassa ocorre uma ciclagem de gases que foram captados da atmosfera e transformados no processo da fotossíntese.

A discussão sobre a inserção do biodiesel na matriz energética nacional tem se intensificado no Brasil, com foco nas plantas oleaginosas que, além de proporcionarem a produção do biocombustível, propiciam maior emprego de mão de obra. Nesse contexto, a cultura do Pinhão-manso vem despertando interesse, considerando que as regiões Nordeste e Norte de Minas Gerais apresentam grande potencial para a implantação dessa cultura.

O óleo do Pinhão-manso tem as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel, composto, principalmente, pelos ácidos oleico (41%) e

linoleico (37%), seguidos pelos ácidos palmítico (13,3%) e esteárico (6,4%) (BICUDO *et al.*, 2007).

A cultura pode ser cultivada em pequenas propriedades, com utilização de mão de obra familiar, podendo se constituir em uma fonte de renda adicional para os produtores rurais do Nordeste e Norte de Minas Gerais. Entretanto, ainda não há disponibilidade de genótipo selecionado, estabelecimento de sistema de produção adequado, bem como zoneamento agrícola para produtividade potencial da cultura nas regiões mencionadas. Atualmente busca-se estabelecer práticas de cultivo do Pinhão-manso que permitam viabilizar sua exploração sob técnicas racionais e econômicas.

Considerando os fatores de produção, a adubação é uma das principais técnicas usadas para aumento da produtividade e rentabilidade da atividade agrícola. A adubação correta do solo permite o aumento da produtividade das culturas, com ganho na qualidade do produto e garantia de retorno econômico. Entretanto, para o Pinhão-manso ainda existem poucas informações, o que limita o uso da análise de solo e da planta visando à interpretação dos resultados para recomendação segura de corretivos e fertilizantes, de modo a se ter retorno econômico. Estudos criteriosos com o uso de corretivos e fertilizantes para essa cultura são fundamentais para se buscar maior produtividade e maior qualidade do óleo produzido. Isso possibilitará maior desenvolvimento social das regiões produtoras e contribuirá para a maior qualidade do ambiente.

Um método eficiente e de boa exatidão para estimar a necessidade de adubação de uma cultura, o qual satisfaz os princípios das leis gerais da adubação, é o do balanço nutricional. No entanto, não se encontra no mercado hoje um sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do Pinhão-manso que leve em consideração: extração e exportação de nutrientes pela cultura, eficiência de recuperação pela planta do nutriente aplicado, taxa de recuperação pelo extrator utilizado na análise de solo, dentre outros.

O objetivo deste trabalho foi determinar a biomassa, nutrientes e desenvolver um sistema de recomendação de corretivos e adubos para a cultura do Pinhão-manso (FERTICALC Pinhão), com base no balanço nutricional, visando à produção de sementes para fomentar a produção de biocombustíveis no Estado de Minas Gerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil tem um grande potencial para produção de biodiesel devido à abundância de suas terras agricultáveis e ao seu clima favorável. A produção de biodiesel no Brasil vem sendo implantada de maneira gradual iniciando-se com a Lei 11097/05 que estabeleceu a meta de se adicionar biodiesel no óleo diesel consumido no país, atingindo-se o percentual de 5% até 2013.

A cultura do Pinhão-manso está sendo considerada uma opção agrícola para a região Nordeste e Norte de Minas Gerais por ser uma espécie nativa, exigente em insolação e tolerante à seca. Apesar de pouco explorada comercialmente no Brasil, é uma cultura que produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare, leva de três a quatro anos para atingir a idade produtiva e sua produção pode se estender até os 50 anos, sendo viável para a obtenção do biodiesel (Azevedo, 2006).

Vários cientistas tentaram definir a origem do pinhão-manso, mas acredita-se que o pinhão-manso proceda da América do Sul, possivelmente originário do Brasil, tendo sido introduzido nas Ilhas do Arquipélago Cabo Verde e Guiné por navegadores portugueses, de onde foi disseminada pelo continente Africano.

O nome *Jatropha*, deriva do grego *iatrós* (doutor) e *trophé* (comida), implicando as suas propriedades medicinais. *Curcas* é o nome comum para o Pinhão-manso em Malabar, Índia. Possui outros nomes populares: Pinhão-paraguaio, pinhão-de-purga, pinhão-de-cerca, purgante-de-cavalo, manduigaçu, mandubiguaçu, figo-do-inferno, purgueira,, grão-de-maluco, pinhão-de-cena, tuba, tartago, tapete, siclité,

pinhão-de-inferno, pinhão-das-barbadas e pinhão croá. O Pinhão-manso pertence à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona e da mandioca.

É um arbusto grande, de crescimento rápido, cuja altura normal é de dois a três metros, mas pode alcançar até cinco metros em condições especiais. O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente; floema com longos canais que se estende até as raízes, nos quais circula o látex, suco leitoso que corre com abundância de qualquer fermento. O tronco ou fuste é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (Brasil, 1985).

Ainda de acordo com Brasil (1985), as folhas do Pinhão-manso são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma com três a cinco lóbulos e pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Floração monoica, apresentando na mesma planta, mas com sexo separado, flores masculinas, em maior número, nas extremidades das ramificações, e femininas nas ramificações, as quais são amarelo-esverdeadas e diferencia-se pela ausência de pedúnculo articulado nas femininas que são largamente pedunculadas.

O Pinhão-manso pode ser reproduzido via sexuada, ou multiplicado por estacas. Em ambos os casos, a seleção das matrizes deve ser rigorosa, escolhendo-se as melhores plantas. De modo geral, as plantas oriundas de sementes são mais resistentes e de maior longevidade, atingindo idade produtiva após quatro anos, enquanto as provenientes de estacas são de vida mais curta e sistema radicular menos vigoroso, mas começam a produzir no segundo ano. Quando obtida por via sexual, em boas condições de produção, a longevidade dessa euforbiácea é de 30 a 50 anos, podendo viver até mais de um século (Peixoto, 1973)

Dados de quatro décadas atrás (Peixoto, 1973) mostram que a produção do pinhão-manso no primeiro ano pode alcançar até 500 kg/ha, dependendo das condições locais, de clima e de solo. No segundo ano, a produtividade aumenta para cerca de 1.500 kg/ha, passa para aproximadamente 3.000 kg no terceiro ano e atinge cerca de 5.000 a partir do quarto ano. Segundo Brasil (1985), em espaçamento 3x3, o rendimento anual de óleo pode atingir de 3,0 a 4,0 t/ha, com dados mais recentes, Carnielli (2003) reporta que o Pinhão-manso produz, no mínimo, 2,0 t/ha/ano de óleo.

Em Minas Gerais, numa área de baixada irrigada, com boa fertilidade, anteriormente cultivada com banana, Purcino e Drummond (1986) observaram que o Pinhão-mansinho produziu, logo no 2º ano, 2.000 kg/ha de sementes. Para esses autores, o potencial de produção de semente dessa cultura ficou evidenciado, principalmente pelas produções das melhores plantas, que atingiram 6.468 e 6.373 kg/ha já no 1º ciclo de colheitas. De acordo com dados obtidos de plantios de Pinhão-mansinho no Centro Experimental de Ségou, na antiga África Ocidental Francesa, a produtividade da cultura pode alcançar em torno de 8.000 kg/ha de sementes.

O Pinhão-mansinho cresce rapidamente em solos pedregosos e de baixa umidade, adaptando-se em regiões mais secas dos trópicos, onde a quantidade de chuva anual fica entre 300 e 1000 mm. É uma cultura que consegue se desenvolver bem em áreas com clima desfavorável à maioria das culturas alimentares tradicionais, podendo ser considerada uma das mais promissoras oleaginosas para obtenção de Biodiesel. Apesar de pouco exigente em condições climáticas e de fertilidade do solo, o Pinhão-mansinho deve ser preferencialmente cultivado em solos profundos, bem estruturados e pouco compactados, para que o sistema radicular possa crescer e explorar maior volume de solo, satisfazendo a necessidade da planta em nutrientes (Vale, et al, 2006; Peixoto, 1973; Brasil, 1985).

Gusmão et al. (2007), trabalhando com a técnica da omissão dos macronutrientes e avaliando o efeito da acidez em mudas de Pinhão-mansinho, notaram que o crescimento e a área foliar das plantas foram reduzidos pela acidez do solo e pela omissão dos macronutrientes, principalmente P, Ca e Mg. Eles observaram que as plantas não foram afetadas pela ausência dos micronutrientes, exceto pelo Zn que causou redução dos internódios e maior número de folhas pequenas. Maia et al. (2011), utilizando a mesma técnica, verificaram que os nutrientes que mais limitam o crescimento das plantas de pinhão-mansinho são N, P e K, e que a ausência de calagem também compromete o crescimento das plantas.

Steiner et al. (2009) avaliaram os efeitos das concentrações de Al em solução nutritiva sobre o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular de plântulas de Pinhão-mansinho. Observaram que as concentrações de Al reduziram linearmente o número de folhas, altura de planta, área foliar, massa seca da parte aérea e comprimento da raiz primária das plantas. Concentrações de alumínio acima de 20 mg/L foram as mais limitantes para o desenvolvimento do pinhão-mansinho em solução nutritiva. Segundo Saturnino et al. (2005), a correção do solo, quanto a seu

teor de alumínio livre, pela calagem, tem efeito positivo sobre o desenvolvimento do Pinhão- manso.

A utilização de gesso e calagem antes do plantio, com o calcário incorporado a uma profundidade de até 20 cm do solo é recomendada para solos cultivados com Pinhão-manso (Peixoto, 1973). Mais recentemente, Tanure et al. (2007) relacionaram uma saturação por bases de 55% ao máximo crescimento das mudas de Pinhão-manso em solo arenoso sob casa de vegetação, enquanto Dias et al. (2007) recomendam o aumento da saturação de bases para 60%.

Trabalhando com escória de siderurgia e diferentes fontes de adubação para o Pinhão-manso em casa de vegetação, Nogueira et al. (2009) e Martins et al. (2009) observaram que os teores foliares de cálcio ficaram próximo ao adequado ($1,9 \text{ dag kg}^{-1}$). Para o Mg, com o uso de cama aviária, com e sem correção do solo, os valores ficaram próximos ao valor considerado ideal para a cultura ($0,48 \text{ dag kg}^{-1}$). Candido et al. (2009) observaram aumentos nos teores de Mn quando utilizada a adubação mineral, e incrementos de Fe, Zn e B quando utilizado o esterco bovino.

Trabalhos recentes (Torres et al., 2009; Candido et al., 2009; Soares et al., 2009; Brinate, 2009; Frasson et al., 2009; Nogueira, 2009; Martins, 2009) mostram que adubações com cama-de-frango influenciam positivamente no desenvolvimento do Pinhão-manso. Entretanto, Assunção et al (2009) constataram que a emissão de inflorescências na cultura do Pinhão-manso, em solo adubado com cama de frango, e outros adubos, não apresentou diferença significativa em relação à testemunha, o que deve estar relacionado à rusticidade da cultura.

Plantas de Pinhão-manso respondem de forma positiva à aplicação de N, não ocorrendo o mesmo para o K (Silva et al., 2007; Daniel et al., 2009). Essas observações corroboram as de Oliveira(2009) de que o Pinhão-manso respondeu muito bem à adubação nitrogenada, mostrando ganhos em sua fitomassa quando adubado com ureia na dosagem de 80 Kg ha^{-1} e podado com 25 inserções foliares. Guimarães et al. (2008) afirma que o Pinhão-manso não necessita de grandes quantidades de K, pelo menos para o seu desenvolvimento inicial, sendo requerido em maiores quantidades na fase de produção de sementes da planta. Santos et al. (2007) mostraram que o pinhão-manso é responsivo à adubação potássica, nos primeiros três meses de desenvolvimento, desenvolvendo melhor com altas doses de fósforo e potássio

Neto et al. (2007) obtiveram resposta do Pinhão- manso à adubação com P, corroborando observações de Erasmo et al. (2009) que, no primeiro ano de cultivo, registraram aumento de 26,9 % no número de cachos e 39,5 % na produção de sementes, a partir da aplicação de 50 g planta⁻¹ de P₂O₅. Contudo, a aplicação de P₂O₅ não influenciou a altura de plantas, o diâmetro do caule, o número de ramos e o teor de óleo das sementes de Pinhão- manso.

Estudos realizados por Gusmão (2010) verificou-se que a cultura do Pinhão-manso aumentou a produção de sementes e teor de óleo com adição de 200 g do formulado 36:18:20. Resultados semelhantes foi encontrado por Sagar e Panda (2011), que utilizaram combinações de doses 50:100:60 g/planta de N, P e K nas condições agroclimáticas do leste da Índia.

Staut et al (2007) estudaram o efeito da adubação com boro no momento do plantio e posteriormente na aplicação foliar no crescimento e produção inicial da cultura. No primeiro ano verificaram que a aplicação de diferentes doses de boro via solo e as adubações foliares influenciaram o peso da casca de frutos, a altura de plantas, o diâmetro da copa, a massa seca do tegumento e o rendimento. Verificaram, também, que as doses aplicadas somente via solo influenciaram o peso de 100 sementes, o diâmetro da copa, do caule e do fruto e os teores de fósforo, ferro, zinco e boro na folha. O efeito foi linear somente para as doses de boro via solo, observando-se que a produtividade diminuiu à medida que se aumentou a dose de boro, indicativo de ocorrência de efeito depressivo do boro sobre o rendimento já na primeira dose de boro disponibilizada (2,0 kg ha⁻¹). Isto sugere que o boro disponível no solo foi o suficiente para atender as necessidades da cultura.

Silva Junior et al. (2009) testando níveis de salinidade no solo observaram que o acúmulo de matéria seca total da planta de Pinhão-manso foi reduzido significativamente com o aumento da salinidade, onde as plantas submetidas a 2,61 dS.m⁻¹ apresentaram redução de crescimento em torno de 88,0 % quando comparadas à testemunha. O tratamento com 3,79 dS.m⁻¹ também mostrou-se deletério para as plântulas de pinhão-manso. Segundo Vale et al (2006), o Pinhão-manso na fase inicial de crescimento mostra-se sensível à salinidade da água de irrigação na faixa de zero a 4,2 dS.m⁻¹.

O acúmulo de nutrientes no Pinhão-manso apresenta a ordem N > Ca > K > Mg > P > S > Mn > Fe > B > Zn > Cu nas folhas e N > K > Ca > P Mg > S > Mn >

Fe > B > Zn > Cu nos frutos. Com a estimativa de acúmulo de nutrientes nos frutos, e considerando-se um espaçamento de 4 x 2 m na cultura, a extração de nutrientes pelos frutos, no quarto ano de cultivo, corresponderia a uma retirada de 146,2; 65,4 e 124,38 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Isso indica que o Pinhão- manso extrai elevada quantidade de nutrientes na colheita, e, se o solo não for adequadamente adubado, haverá o seu empobrecimento ao longo dos anos (Laviola e Dias, 2008).

Saturnino et al. (2005) afirmam que para alcançar altas produtividades com a cultura do Pinhão-manso é necessário que o solo seja adubado com N, P, Ca, Mg e S; entretanto, as pesquisas com adubação para essa cultura ainda estão em fase inicial. A recomendação de adubação para o Pinhão-manso (Quadro 1) é baseada na idade das plantas, aumentando-se o aporte de nutrientes via adubação até o 5º ano de cultivo (Dias et al., 2007).

Quadro 1. Recomendação de adubação para cultura do pinhão-manso de acordo com a idade das plantas

<i>Idade da Planta</i>	<i>g/planta</i>	<i>Formulado</i>
0 a 1 ano	120 a 150	20-00-15
1 a 2 anos	160 a 200	20-00-15
3 a 4 anos	300 a 375	20-00-15
4 a 5 anos*	600 a 750	20-00-15

* A partir do 5º ano de cultivo, segue a recomendação de adubação para o 4º ano

Os subprodutos do pinhão-manso podem ter vários destinos. Além do enriquecimento do solo com matéria orgânica, os resíduos vegetais do Pinhão-manso incorporam significativas quantidades de N, P e K, o que contribui para manter um nível de produtividade regular da cultura, diminuindo o consumo de fertilizantes (Brasil,1985).

Para que se tenha o cultivo do Pinhão-manso de forma sustentável na exploração de grandes áreas, há a necessidade de geração de informações nas áreas de fertilidade do solo e nutrição de plantas, o que deve ser obtido a partir de trabalhos de pesquisa. Os estudos de fertilidade do solo, classicamente, compreendem a instalação de experimentos de correlação e calibração, pelos quais se definem os

níveis críticos de nutrientes no solo e doses de corretivos e fertilizantes. Uma alternativa para este processo foi adotada para o eucalipto por Barros et al (1995), que utilizaram o balanço de nutrientes no sistema solo-planta para definir a necessidade de adubação e doses de corretivo e fertilizantes para essa cultura. Vários outros estudos foram realizados para outras culturas utilizando a mesma estratégia (Prezotti, 2000; Freire, 2001; Santos, 2002; Oliveira, 2003; Rosa, 2002).

Essa filosofia que utiliza o balanço nutricional visa ao desenvolvimento de um sistema que permita diferenciar a necessidade da cultura de acordo com a produtividade desejada e com o potencial de suprimento de nutriente pelo solo, de modo que o aporte de nutrientes seja oriundo, fundamentalmente, do balanço nutricional da cultura. O sistema mecanístico em que se baseia essa filosofia é subdividido em dois subsistemas: o de suprimento dos nutrientes e o de requerimento da cultura (Figura 1). O primeiro contempla a oferta dos nutrientes pela calagem, solo e mineralização dos compostos orgânicos, e o segundo refere-se à demanda de nutrientes pela planta. No final é gerado um balanço nutricional, que é positivo quando o suprimento é inferior ao requerimento, indicando a necessidade de aplicação do nutriente, e negativo, quando ocorre o inverso, não sendo necessária a adubação.

Barros et al. (1995) e Tomé Junior & Novais (2000) afirmam que para um bom desenvolvimento desse sistema é necessária a obtenção de estimativas da demanda de nutriente pelas plantas e de dados referentes à eficiência de sua utilização para produção de lenho, galhos, frutos. Deve-se avaliar, também, a partição da biomassa da planta e o suprimento de nutrientes para os compartimentos da planta, levando-se em consideração o que está contido na manta orgânica.

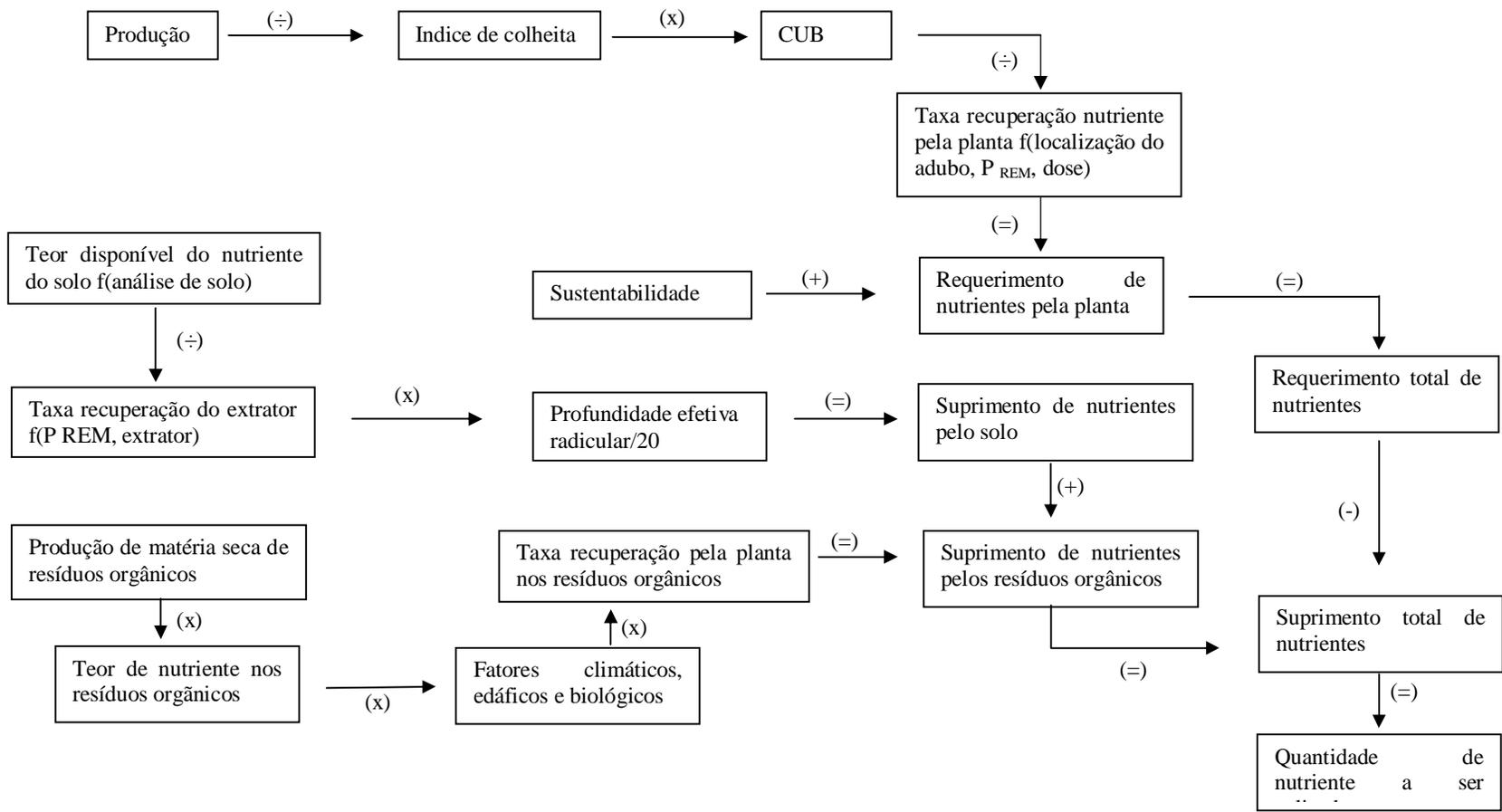


Figura 1. Esquema do sistema Ferticalc desenvolvido no Departamento de Solos da UFV, adaptado de Santos et al. (2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em área de plantio comercial de pinhão-manso de dois (Área 1) e três anos (Área 2), na empresa SADA Bioenergia e Agricultura Ltda., Unidade de Jaíba, MG, (latitude 15°10'47,7" sul, longitude 043°53'51,1" oeste e altitude de 475 m). As plantas com 4 anos de idade (Área 3) estavam localizadas na Gleba A do projeto de irrigação do município Jaíba/MG (latitude 15°08'40,6" sul, longitude 043°56'93" oeste e altitude de 468,5 m). O período de estudo ocorreu entre outubro de 2010 e março de 2011.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado por um verão chuvoso e inverno seco, com índice médio pluviométrico anual de 916 mm, distribuído entre os meses de outubro a março. A temperatura média mensal oscila entre valores extremos de 18 a 27 °C.

A área utilizada para o estudo foi de 4,27 ha, com plantas de Pinhão-manso do acesso SADA JCL plantadas no espaçamento de 4 m x 2,5 m. Todas as plantas foram irrigadas até 1 ano de idade, com adubação sugerida por Dias et al (2007). Foi feita capina mecânica com o trator e grade aradora na entrelinha, e capina química com Glifosato (2 L ha⁻¹) e manual com enxada entre plantas na linha uma vez. O controle de pragas como ácaros e cigarrinha-verde foi feito com o inseticida Agritoato 400 CE (Dimetoato), 750 mL ha⁻¹. O controle de doenças não se fez necessário no período do trabalho.

Em cada área foram estabelecidas três glebas de 10 x 10 m contendo 10 plantas de Pinhão-manso cultivadas em condições de sequeiro, adubadas conforme descrito no Quadro 2. Nas áreas com plantas com mesma idade, utilizou-se a prática de não adubar (0) e utilizar 100 e 140% da recomendação de adubação adotada por Dias et al (2007), porém o formulado utilizado foi NPK 18-06-24. A adubação foi a lanço em única vez, devido ao curto período das chuvas na região.

Quadro 2. Esquema de adubação realizada nas áreas cultivadas com Pinhão-manso.

Identificação	Idade (ano)	Manejo
T1	2	sem adição do formulado
T2	2	adubação com 225 g/planta do formulado
T3	2	adubação com 315 g/planta do formulado
T4	3	sem adição do formulado
T5	3	adubação com 416 g/planta do formulado
T6	3	adubação com 583 g/planta do formulado
T7	4	sem adição do formulado
T8	4	adubação com 416 g/planta do formulado
T9	4	adubação com 583 g/planta do formulado

3.2. Coleta de campo

Dentro de cada área foram coletadas, em setembro de 2010, aleatoriamente, 20 amostras simples de solo em duas profundidades (0-20 cm e 20-40cm) para formar uma amostra composta em cada profundidade. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm. Na terra fina seca ao ar (TFSA) foi realizada análise química (Quadro 3), determinando-se pH em água, teores de P, K, Zn, Cu, Fe, Ca, Mn, Mg, acidez trocável, acidez potencial, C orgânico, B, P-remanescente e S. O carbono orgânico das amostras de solo foi determinado pelo método Walkley-Black (1934). Os cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos com KCl 1 mol L^{-1} , K^+ , P, Zn, Cu, Fe, Mn com o extrator Mehlich-1, e H^+ e Al^{3+} com solução de acetato de cálcio 1 mol L^{-1} , tamponada com ácido acético a pH 7,0. Na análise física (Quadro 4), foram determinadas as frações de areia grossa, areia fina, silte e argila pelo método da Pipeta (Embrapa, 1997).

Em cada área foi utilizada uma planta representativa (Quadro 1A) para caracterização dos compartimentos da planta (tronco, galho, folhas e frutos). Os frutos de cada planta amostrada foram separados em casca e sementes, levando em consideração o grau de maturação: verde, amarelo e preto. Todo material vegetal foi acondicionado em sacos de papel, conduzido aos Laboratórios da Universidade Estadual de Montes Claros-Unimontes, na cidade de Janaúba-MG, seco a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ por 96 horas. Nesse material foram determinados a umidade e o peso da matéria seca.

Quadro 3. Caracterização química das amostras de TFSA dos solos utilizados

Identif.	Prof (cm)	pH ¹	MO ² dag/kg	P ³ mg dm ⁻³	K ³	Ca ⁴	Mg ⁴	Al ⁴	H+Al ⁵			V	m	B ⁶	Cu ³	Fe ³	Mn ³	Zn ³	S ⁷	P _{rem-60} ⁸ mg/L
									t	T	c									
Área 1	0-20	6,7	0,8	2,0	28	2,3	0,8	0	0,5	3,1	3,6	86,2	0	0,3	0,2	27,9	102,7	3,1	21,4	46,7
Área 1	20-40	6,0	0,5	2,1	19	1,9	0,6	0	0,7	2,5	3,2	78,2	0	0,2	0,2	32,1	85,4	1,2	27,2	45,8
Área 2	0-20	6,3	0,8	2,0	86	2,1	0,6	0	0,3	2,9	3,2	90,6	0	0,2	0,2	31,9	117,1	2,3	22,9	47,3
Área 2	20-40	5,7	0,4	0,8	74	1,4	0,5	0	0,8	2,1	2,9	72,7	0	0,1	0,2	26,5	80	1,0	31,1	45,4
Área 3	0-20	5,6	4,8	3,1	106	7,7	1,0	0	5,4	8,9	14,3	62,2	0	0,1	0,3	12,5	220,4	0,6	22,3	24,1
Área 3	20-40	5,4	3,1	3,5	44	6,4	0,6	0,1	5,1	7,3	12,3	58,4	1,4	0,3	0,4	12,3	136,5	0,5	27,6	15,7

⁽¹⁾ água ⁽²⁾ Walkley-Black; ⁽³⁾ Mehlich-1; ⁽⁴⁾ KCl 1 mol L⁻¹; ⁽⁵⁾ CaOAc 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0 (baseados em De Felippo & Ribeiro, 1997); ⁽⁶⁾ água quente (Abreu et al., 1994); ⁽⁷⁾ Fosfato monocalcico em ácido acético e ⁽⁸⁾ Fósforo remanescente (Alvarez V. et al., 2000).

Quadro 4. Caracterização física das amostras de TFSA dos solos utilizados

Identif.	Prof. (cm)	Areia		Silte	Argila	Classe Textural	Classe de Solo
		Grossa	Fina				
----- dag kg ⁻¹ -----							
Área 1	0-20	57	29	3	11	Areia-franca	Neossolo Quartzarênico
Área 1	20-40	56	31	1	12	Areia-franca	Neossolo Quartzarênico
Área 2	0-20	59	28	1	12	Areia-franca	Neossolo Quartzarênico
Área 2	20-40	59	30	2	9	Areia-franca	Neossolo Quartzarênico
Área 3	0-20	18	4	11	67	Muito argiloso	Latossolo Vermelho-Amarelo
Área 3	20-40	17	4	9	70	Muito argiloso	Latossolo Vermelho-Amarelo

3.3. Demanda nutricional

A matéria seca foi moída e mineralizada por meio da digestão nítrico-perclórica (Tedesco et al.,1985) e nos extratos foram determinados: P (colorimetria pelo método da vitamina C de acordo com Braga e Defelipo, 1974), B (Azometina H de acordo com Bataglia e Raij,1990); K (fotometria de emissão de Chama); S (turbidimetria); e Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn (espectrofotometria de absorção atômica). Nos extratos submetidos à mineralização sulfúrica foi determinado o N total (Método Kjeldahl).

Os teores dos nutrientes dos componentes das plantas foram determinados em subamostras dos materiais vegetais. Os conteúdos dos nutrientes dos compartimentos dos arbustos foram calculados multiplicando-se o peso da matéria seca de cada parte da planta pelo teor de nutriente das respectivas partes, estimando-se, a partir dos dados da parcela, os valores para as plantas em um hectare. O mesmo procedimento foi realizado para estimar o conteúdo dos nutrientes na manta orgânica.

Foi calculado o Coeficiente de Utilização Biológica (CUB), definido como a quantidade de biomassa produzida por unidade de nutriente absorvido pela planta. O CUB é igual ao inverso da concentração do nutriente no componente da planta, expresso em kg kg^{-1} . Para estimar a biomassa da parte vegetativa necessária para obter a produtividade esperada, utilizou-se o índice de colheita que é definido pela relação entre a produção de sementes e o total da biomassa seca produzida pela cultura do Pinhão-mansão.

A taxa de recuperação do fertilizante aplicado pela planta é definida como a quantidade de nutriente absorvida por unidade de nutriente aplicado. Para o K, as taxas de recuperação pelas plantas foram definidas pelo escopo da variabilidade entre os limites inferiores e superiores de uma faixa de valores pré-estabelecidos, que podem ser alterados por situações que interferem nos valores para mais ou para menos dentro desta faixa (Quadro 5).

Quadro 5 - Escopo da variabilidade para taxa de recuperação de nutrientes pela Planta.

Nutriente	Mínimo	Máximo	Média	Tendência	
	----- % -----			Redução	Aumento
K	40	90	65	Maior	Menor

Fonte: Silva (2009) adaptado de Tomé Jr. (2004)

Para o fósforo, segundo Tomé Jr (2004), a taxa de recuperação de fósforo fica na faixa de 5 a 20 % para solos argilosos e arenosos, respectivamente. Os valores intermediários podem ser estimados pela seguinte equação:

$$T_{X_{\text{recpl}}P} = 5 + 0,25 \times P_{\text{rem}}, \text{ onde:}$$

$T_{X_{\text{recpl}}P}$ = taxa de recuperação de P pela planta, em percentagem;

P_{rem} = P remanescente, mg L^{-1}

As equações ou valores médios utilizados para a $T_{X_{\text{recpl}}}$ não abrangem a totalidade dos fatores que influenciam essa variável, mas buscou-se a maior abrangência possível dentre os dados disponíveis.

Quadro 6 - Valores de taxa de recuperação de nutrientes pela planta ($T_{X_{\text{recpl}}}$) ou equações que a estima.

Nutriente	$T_{X_{\text{recpl}}}$
Ca ¹	0,50
Mg ¹	0,60
S ¹	0,55
Zn ²	0,06
Fe ³	0,10
Mn ³	0,10
Cu ³	0,10
B ³	0,10

⁽¹⁾ Possamai (2003); ⁽²⁾ Silva (2006); ⁽³⁾ Oliveira (2003);

3.4. Calagem

A Necessidade de Calagem (NC) pode ser obtida pelo método da neutralização do Al^{3+} e da elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (Alvarez V. e Ribeiro, 1999) ou pelo método da Saturação por Bases (Raij et al, 1993). Para a cultura do Pinhão-manso, o valor adotado para m_t foi de 10 % e X é igual a 3 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. O valor de Y é variável com a capacidade tampão da acidez do solo, podendo ser estimado em função do P_{rem} (Alvarez V. & Ribeiro, 1999):

$$\hat{Y} = 4,002 - 0,125901 \text{ Prem} + 0,001205 (\text{Prem})^2 - 0,00000362 (\text{Prem})^3 ; R^2 = 0,999$$

em que,

P_{rem} é expresso em mg L^{-1}

No método da saturação por bases, procura-se elevar o valor de saturação por bases atual do solo (V_a) para um valor esperado (V_e), corrigindo-se, assim, o pH para um valor considerado adequado para a cultura. Para o Pinhão-manso, utiliza-se o valor de 60 % para V_e , com objetivo de atingir pH entre 5,6 e 6,7 (Dias et al., 2007).

Para estimar o incremento nos valores de pH para cada t/ha de CaCO_3 aplicada, utiliza-se a equação ajustada por Mello (2000):

$$\Delta\text{pH} = -0,0235 + 1,4944/(\text{H} + \text{Al}) \times \text{NC}, R^2 = 0,814,$$

em que:

ΔpH = incremento estimado do pH (H_2O), em unidade de pH por t ha^{-1} de calcário (PRNT 100%), ($\text{H} + \text{Al}$) é expresso em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e NC = Necessidade de calagem, em t ha^{-1} .

A calagem, além de neutralizar o Al^{3+} , fornece Ca e Mg, sendo o suprimento de Ca e Mg calculado pela equação:

$$\hat{\text{S}}\hat{\text{U}}\hat{\text{P}}(\text{X})_{\text{calagem}} = \text{QC} \times [(\text{T}(\text{XO})_{\text{calcário}}/100) \times \text{f}] \times 1000$$

em que:

$\hat{\text{S}}\hat{\text{U}}\hat{\text{P}}(\text{X})_{\text{calagem}}$ = quantidade de Ca ou Mg suprida pela calagem, em kg ha^{-1} ;

QC = quantidade de calcário utilizada, em t ha^{-1} ;

f = fator de conversão da forma de óxido para forma elementar, sendo igual a 0,71417 para Ca e 0,6030 para Mg;

1000 = fator de conversão de t ha^{-1} para kg ha^{-1} .

3.5. Suprimento do solo

O sistema radicular do Pinhão manso é superficial, concentrando maior proporção de raízes nos primeiros 20 cm. Profundidade que será utilizada para futuros cálculos no sistema.

A quantidade do nutriente que o solo poderá fornecer à planta foi calculada determinando-se o quociente entre o teor do nutriente na planta e o valor da taxa de recuperação do nutriente (pelo extrator) no solo, convertendo-se teor obtido em quantidade. As taxas de recuperação dos macro e micronutrientes foram estimadas em função de dados de pesquisa encontrados na literatura (Quadro 7).

Para estimar o suprimento de N pela matéria orgânica do solo, buscam-se métodos microbiológicos para predizer o potencial de fornecimento de N pelo solo. A sua disponibilidade no solo é resultante do balanço entre os processos microbiológicos de mineralização e imobilização (CANTARUTTI, 1996). Muitas pesquisas têm sido feitas ao longo dos anos na tentativa de desenvolver índices que permitam estimar a capacidade de suprimento de N dos solos de forma simples e eficiente, partindo da premissa de que apenas uma fração do N total do solo é mineralizado.

Quadro 7 - Valores de taxa de recuperação de nutrientes (TR_{ext}), ou equações que a estimam, pelos extratores utilizados na análise de solo

Nutriente	Extrator	TR_{ext} ou Equação respectiva	R^2
P	Mehlich-1 ⁽¹⁾	$TR_{ext}P = 0,0673 + 0,0122^{**} Prem$	0,68
P	Resina ⁽²⁾	$TR_{ext}P = 0,419^{***} Prem^{0,1281}$	0,69
K	Mehlich-1 ⁽³⁾	$TR_{ext}K = 0,66 + 0,0068^{**}Prem, \forall 1 \leq Prem \leq 40$	0,74
K	Resina ⁽³⁾	$TR_{ext}K = 0,662 + 0,014^* Prem - 0,00364^o Prem^2$	0,73
Ca	KCl 1 mol L ⁻¹ ⁽¹⁾	$TR_{ext}Ca = 0,7661$	
Mg	KCl 1 mol L ⁻¹ ⁽¹⁾	$TR_{ext}Mg = 0,7990$	
S	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ . HOAc ⁽¹⁾	$TR_{ext}S = 0,04 + 0,0057^{**}Prem$	0,96
Zn	Mehlich-1 ⁽¹⁾	$TR_{ext}Zn = 0,36 - 0,0023 Prem + 0,00012^{**} Prem^2$	0,93
Fe	Mehlich-1 ⁽⁵⁾	$TR_{ext}Fe = 0,41$	
Mn	Mehlich-1 ⁽⁵⁾	$TR_{ext}Mn = 0,88$	
Cu	Mehlich-1 ⁽⁴⁾	$TR_{ext}Cu = 0,97 - 0,1272^{***} MO$	0,74
B	Água quente ⁽⁴⁾	$TR = 0,55 - 0,0708^{***} MO + 0,0051^* Prem$	0,63

Fonte: ⁽¹⁾ Mello (2000); ⁽²⁾ Santos (2002); ⁽³⁾ Possamai (2003); ⁽⁴⁾ Santos Neto (2003); ⁽⁵⁾ Aspiazú (2004)
O, *, **, *** significativo a 10, 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

A taxa de mineralização anual de N foi definida por um escopo da variabilidade (Quadro 8). Considerando-se que a atividade microbiana é influenciada por fatores climáticos, temperatura e água disponível no solo, foi utilizado como modulador para os cálculos das taxas de mineralização a evapotranspiração real (ETR).

A taxa mensal de mineralização do N no mês foi determinada pela equação (Tomé Jr. 2004):

$$Tx_{Min}Ni = Tx_{Min}N_{anual} \times [ETRi / \Sigma(ETRi)].$$

Em que:

$Tx_{Min}Ni$ = taxa de mineralização do N no mês i, em percentagem;

$Tx_{Min}N_{anual}$ = taxa de mineralização anual do N, definida pelo usuário conforme o escopo de variabilidade, em percentagem;

$ETRi$ = estimativa da evapotranspiração real no mês i, em mm;

$\Sigma(ETRi)$ = somatório da evapotranspiração de cada mês, cujo total é a evapotranspiração real anual, em mm.

Os dados climatológicos necessários para cálculo da taxa de mineralização foram obtidos pelo Inmet (2011) para o ano de 2009 da localidade Mocambinho, Jaíba-MG.

Para estimar a quantidade de N proveniente da mineralização, Tomé Jr (2004) assumiu a relação C/N = 10, e que na matéria orgânica 58% são compostos de C. Dessa forma esse mesmo autor estimou o N pela seguinte equação:

$$QNMOi = [(TeorMO / 1,724 / 10) \times Prof \times 1000] \times (Tx_{Min}Ni / 100).$$

Em que:

$QNMOi$ = quantidade de N proveniente da mineralização da matéria orgânica no mês i, em kg ha⁻¹;

$TeorMO$ = teor de matéria orgânica do solo, em dag kg⁻¹;

$Prof$ = profundidade da camada de solo considerada como explorada pelas raízes, em cm.

Quadro 8 - Escopo da variabilidade para taxa de mineralização anual do N da matéria orgânica

Mínimo	Máximo	Tendência		
----- % -----		Fator	Redução	Aumento
1	5	Pluviosidade	Regiões mais Secas	Regiões mais úmidas
		Tipo de solo	Solos argilosos compactados	Solos arenosos ou argilosos sem problemas de compactação
			Solos rasos ou mal drenados	Solos profundos e bem drenados
		Manejo do solo	Plantio direto	Preparo convencional
			Sem calagem recente	Calagem recente na área (12 a 24 meses)
			Sem pousio ou reforma recente de pastagem	Pousio ou reforma recente de pastagem
			Áreas de uso antigo	Áreas recém-desbravadas
			Sem aplicações frequentes de adubos orgânicos	Com aplicações frequentes de adubos orgânicos
			Uso contínuo de culturas não Leguminosas	Uso recente de leguminosas em rotação

Fonte: Tomé Jr. (2004)

3.6. Suprimento pelos resíduos orgânicos

No campo, observa-se que as folhas das plantas de pinhão-mansão caem durante o período mais seco. Em condições irrigadas, as plantas levam mais tempo para a senescência das folhas do que em condição de sequeiro, porém em ambas as situações as plantas perdem todas as folhas em períodos de temperaturas mais amenas. Observações que confirmam as de Matos (2010), que verificou, em Viçosa-MG, senescência das folhas de Pinhão-mansão nas condições de redução de temperatura mínima e uma maior amplitude térmica.

Isso demonstra que as folhas do ano anterior poderão representar importante fonte de nutrientes para a produção atual, dependendo da quantidade de

material depositado, teor de nutrientes e fatores ambientais, que afetam direta e indiretamente as taxas de mineralização.

Para estudar a decomposição da serapilheira foliar da cultura do Pinhão-manso, foi usada uma adaptação da técnica das bolsas de decomposição “nylon hairnets” ou “litter bags”, descrita por Bocock e Gilbert (1957).

A amostragem da manta orgânica foi realizada em setembro 2009, em uma área restrita por um gabarito (0,5 x 0,5 m) de onde foram retiradas três amostras do material orgânico na superfície, na linha de crescimento das plantas, por parcela. As amostras, depois de pesadas, foram levadas para a estufa e secas à temperatura de 65 °C durante 72 horas. Posteriormente, foram realizadas as análises para determinação dos macronutrientes.

O material de cada bolsa de nylon foi pesado na umidade ambiente, correspondendo ao tempo inicial de decomposição, somando aproximadamente 30 gramas cada. A outra parte do material coletado foi destinada a uma calibragem para se obter uma relação entre a fitomassa seca e a fitomassa na umidade ambiente de amostras similares ao conteúdo das bolsas. Tal procedimento permitiu a obtenção de uma estimativa da massa seca inicial do material do experimento sem interferir com a secagem artificial dessas amostras. As bolsas ficaram 90 dias no campo entre outubro e dezembro.

Os resultados de decomposição foram expressos em porcentagem, obtidos a partir da expressão: %Decomposição Acumulada (%DA) = 100- (Mf x 100)/Mi em que Mf = massa final e Mi= massa inicial. A porcentagem de decomposição acumulada (%DA) é o resultado direto da diferença entre massa final e inicial, expressa em porcentagem.

A quantidade do nutriente “X” liberado na mineralização dos resíduos orgânicos é estimada pela equação:

$$\hat{S}ÚP(X)_{res.org} = MS_{res.org} \times (T(X)_{res.org}/f_1) \times TL(X)$$

em que:

$$\hat{S}ÚP(X)_{res.org} = \text{suprimento do nutriente “X” liberado na mineralização dos resíduos orgânicos, em kg ha}^{-1};$$

$$MS_{res.org} = \text{quantidade de matéria seca dos resíduos orgânicos, em kg ha}^{-1};$$

$T(X)_{\text{res.org}}$ = teor do nutriente “X” na matéria seca dos resíduos orgânicos, em dag kg^{-1} para macronutriente e mg kg^{-1} para micronutrientes;

f_1 = fator de correção de unidade; para macronutrientes $f_1 = 10^2$ e para micronutrientes $f_1 = 10^6$;

$TL(X)$ = taxa de liberação do nutriente “X” nos resíduos orgânicos em kg kg^{-1} .

3.7. Balanço nutricional

O requerimento de nutrientes pela cultura é a quantidade de nutrientes necessária para viabilizar uma determinada produtividade desejada para cultura. É preciso estimar a quantidade de matéria seca produzida e os teores de nutrientes dos compartimentos da planta, considerando-se a eficiência de recuperação, pela planta, dos nutrientes aplicados ao solo.

A quantidade de nutriente demandado pela cultura foi estimada pelo somatório da quantidade de nutriente necessário para produção de sementes mais as quantidades demandadas para as produções de caule, folhas e casca da semente (em kg ha^{-1}).

O sistema de recomendação foi desenvolvido tendo como modelo o sistema descrito por Tomé Jr. e Novais (2000): $\text{Nut}_{\text{fert}} = [(\text{Nut}_{\text{planta}} - \text{Nut}_{\text{solo}}) + \text{Nut}_{\text{sust}}]/\text{Ef}$, onde: Nut_{fert} = Nutriente a ser adicionado por fertilizante; $\text{Nut}_{\text{planta}}$ = demanda do nutriente pela cultura; Nut_{solo} = oferta do nutriente pelo solo; Nut_{sust} = demanda do nutriente para manter a sustentabilidade da exploração agrícola; Ef = índice de eficiência de absorção, pela cultura, do nutriente aplicado como fertilizante.

Nos trabalhos relacionados ao Ferticalc, procurou-se garantir a manutenção da fertilidade, deixando o teor mínimo de nutriente para evitar a exaustão dos nutrientes do solo em longo prazo. Dessa forma, mesmo que o balanço nutricional entre o fornecimento do solo e a demanda da cultura seja positivo, recomenda-se aplicar ao solo o somatório dos nutrientes de todos os componentes exportados pela cultura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características de frutos e sementes de Pinhão-manso colhidos em diferentes estágios de maturação

Os teores médios da umidade das sementes e cascas do pinhão-manso estão descritos no Quadro 9. Os valores encontrados nas sementes de frutos de coloração preta atenderam os pressupostos das sementes ortodoxas, teor de umidade variando entre 5% a 10%. O teor de umidade da semente é importante para a determinação da quantidade de calor que deve ser fornecida para a massa de grãos durante o processo de secagem.

Quadro 9 - Umidade média das cascas e sementes de frutos de Pinhão-manso em diferentes estágios de maturação

Componente	Umidade (%)		
	Verde	Amarelo	Preto
Cascas	89,00	88,03	15,41
CV (%)	4,71	6,41	7,40
Sementes	47,68	45,33	7,40
CV(%)	8,43	21,10	28,08

CV = coeficiente de variação

O comprimento e diâmetro dos frutos de Pinhão-manso diminuíram com o tempo de maturação (Quadro 10), o que pode ser explicado pela perda de água durante o processo de amadurecimento do fruto, principalmente da casca. Esses dados são semelhantes aos de Saturnino et al. (2005), que encontraram frutos com dimensões de cerca de 25 – 40 mm de comprimento por 20 - 25 mm de diâmetro.

Quadro 10 - Valores médios de comprimento e diâmetro de frutos de pinhão-mansão em mm

Valores	Frutos (mm)					
	Verde		Amarelo		Preto	
	Comp.	Diâmetro	Comp.	Diâmetro	Comp.	Diâmetro
Mínimo	26	23	25	20	22	16
Máximo	38	28	35	28	34	24
Média	29,19	24,96	28,26	23,64	26,64	21,34
CV (%)	7,58	5,12	8,89	6,15	6,42	5,96

CV = coeficiente de variação

O peso médio úmido e seco das cascas e sementes por fruto estão descritos no Quadro 11, sendo constituídos os frutos verdes e amarelos de 69% de casca e 31% de sementes, quando úmido, e 30% de casca e 70% de sementes quando secos. O peso seco dos frutos variou entre 2,21 e 2,68 g, e da semente de 0,50 a 0,65g, corroborando o resultado encontrado por Arruda et al. (2004). Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), as sementes mais pesadas são as que foram atendidas na demanda nutricional durante seu desenvolvimento, além de possuírem embriões bem formados e com maior quantidade de reservas, podendo apresentar uma correlação positiva com o vigor e estabelecimento da plântula no campo.

Quadro 11 – Peso absoluto e relativo de casca e sementes por fruto de Pinhão-mansão

Frutos	Fruto úmido (g)			Fruto Seco (g)		
	Peso Total	% casca	% sem.	Peso Total	% casca	% sem.
Verde	9,82	69	31	2,43	32	68
Amarelo	8,29	67	33	2,34	30	70
Marrom	2,95	32	68	2,54	29	71

4.2. Liberação de nutriente da manta orgânica em plantio de Pinhão-mansão

A manta orgânica foi coletada 90 dias após a sobreposição ao solo, sendo que a massa seca remanescente foi de 14,21 g. A decomposição acumulada ficou aproximadamente em torno de 51,3%.

Nos três meses, a liberação de nutrientes do material vegetal foi maior para nitrogênio (76,3%), seguido pelo fósforo (48,89%) (Quadro 12), sendo a sequência completa definida pela ordem $N > P > S > Mg > Ca > K$. O cálcio (51,1%) e o potássio (30,10%) apresentaram as menores percentagens de liberação de nutrientes das folhagens para o solo. Para o potássio, possivelmente, na época da coleta do material já havia ocorrido sua liberação, daí seus teores encontrados serem

muito baixos. O K apresenta liberação mais rápida pelo fato de não participar da formação de compostos estruturais nas plantas. Oliveira et al. (1999) observaram, no período de um ano, a liberação de 85 % do K na decomposição da palhada de cana-de-açúcar.

Vale salientar que o período em que as bolsas ficaram no campo foi curto, que pode subestimar a taxa de decomposição. O período das chuvas continuava nos meses posteriores, fator que influencia diretamente a microbiota do solo responsável pela decomposição. Verificou-se que no mês de abril 2010 existia pouco material vegetal sobre o solo, principalmente folhas de Pinhão-manso.

Quadro 12 - Teores de nutrientes (dag/kg) presentes nas folhas de Pinhão-manso submetidas à decomposição, e a percentagem de liberação dos nutrientes em 90 dias.

Tempo (dias)	N	P	K	Ca	Mg	S
0	1,19	0,11	0,19	3,31	0,76	0,23
90	0,28	0,03	0,13	1,62	0,29	0,06
	76,3 (%)	69,8(%)	30,1(%)	51,1(%)	62,3(%)	73,6(%)

4.3. Produção e partição de biomassa

A produção e partição de biomassa dos componentes das plantas de Pinhão-manso estão descritas no Quadro 13. A produção de biomassa total, entre as plantas, variou conforme a idade, sendo, em média, 12,63, 19,05 e 52,52 t ha⁻¹, respectivamente, para as plantas com 2, 3 e 4 anos de idade. Para produção e distribuição da biomassa da parte aérea em Pinhão-manso irrigado com idade de 24 meses, Drummond et al. (2010) obtiveram uma biomassa total média de 15,10 t ha⁻¹. Esse valor é superior ao encontrado para as plantas de 24 meses analisadas no presente trabalho. Isso indica uma variação na produção de biomassa com o genótipo da planta e com o manejo utilizado para a cultura.

A produtividade obtida para o Pinhão-manso foi baixa, exceto para as plantas com 4 anos de idade com as quais se atingiu 2.300 kg ha⁻¹ de sementes em condições de sequeiro. Numa área de baixada irrigada com boa fertilidade, Purcino e Drummond (1986) conseguiram, com a metade desse tempo (logo no segundo ano), atingir 2.000 kg ha⁻¹ de sementes. Em trabalho mais recente em Petrolina-PE, já no

primeiro ano de cultivo, Drummond et. al. (2007) obtiveram produtividades variando de 330 kg ha⁻¹, em condições de sequeiro, a 1.200kg ha⁻¹, em área irrigada.

Comparando a produtividade das plantas de mesma idade (Quadro 13), observou-se que as mesmas responderam à adubação, principalmente quando se utilizou a 100% da recomendação de Dias et al (2007). Isso mostra que a cultura do Pinhão-mansão pode aumentar a produtividade em função da adubação.

A maior produtividade nas plantas de 4 anos não pode ser justificada apenas pela idade, mas pelas condições onde estavam localizadas com solos muito argilosos (Quadro 3) e com teores maiores de matéria orgânica, cálcio e potássio (Quadro 2). Importante enfatizar que solos argilosos com maiores teores de argila e matéria orgânica retêm mais água, favorecendo um maior desenvolvimento das plantas.

A distribuição da biomassa nas plantas de Pinhão-mansão mostrou uma maior estocagem de carbono no tronco e nos ramos, resultados que ratificam os de Torres et al. (2010). Isso pode estar relacionado ao maior acúmulo de celulose, hemiceluloses e ligninas nas paredes celulares dos tecidos do caule, que apresentam função estrutural na planta (Taiz e Zeiger, 2004). Além disso, esses componentes representaram 86,5% do peso total das plantas.

Nas plantas com 2 e 3 anos houve um aumento expressivo na quantidade de carbono estocado em todos os compartimentos arbóreos da cultura do pinhão-mansão. O total do carbono estocado no quarto ano foi 21,6 t ha⁻¹, correspondendo a 79,2 t ha⁻¹ de CO₂ capturado.

O peso da matéria seca dos ramos e frutos aumentou com o avanço da idade das plantas, visto que os ramos corresponderam a 76,78 % em média dos componentes das plantas. O peso seco das folhas diminuiu com o aumento da idade. Plantas mais velhas possuem copas exuberantes, o que dificulta a entrada de luz nas extremidades basais dos ramos, diminuindo a quantidade de folhas. Essa diminuição é fato constatado em campo e foi observado no presente trabalho que a quantidade de folhas diminuiu com aumento da idade.

4.4. Teores, conteúdos e partição dos nutrientes

Os teores de macro e micronutrientes nos componentes das plantas de Pinhão-mansão estão mostrados nos Quadros 14 e 15. Os nutrientes N, Ca e K foram

obtidos em maiores teores nos compartimentos das plantas, principalmente nas folhas, cujos resultados foram semelhantes ao de Laviola e Dias (2008) e Maia et. al. (2011). Os teores de Ca foram relativamente altos nos troncos. Nas folhas, os maiores teores foram para N, sendo que nas plantas de 4 anos, o Ca foi superior, justificado pelos altos teores encontrados no solo.

Os teores de K ($4,35 \text{ dag kg}^{-1}$) foram considerados altos nas cascas. O Cu foi elemento encontrado com os menores teores nas plantas de Pinhão-manso, independente do órgão da planta. Os altos teores de Fe e Mn foram observados nas folhas e tronco.

O Pinhão-manso apresentou a seguinte ordem de acúmulo de nutrientes nas folhas: $N > Ca > K > Mg > P > S > Mn > Fe > B > Zn > Cu$, confirmando os resultados encontrados por Laviola e Dias (2008). Já nas sementes os teores obedeceram à seguinte ordem: $N > K > P > Mg > Ca > S > Mn > Zn > B > Fe > Cu$.

Os conteúdos de nutrientes, bem como as respectivas partições nos componentes das plantas de Pinhão-manso, são apresentados nos Quadros 17 a 27.

No compartimento dos ramos registraram-se as maiores proporções de todos os nutrientes, em seguida veio o compartimento dos troncos, depois folhas e frutos (Quadro 14 e 16). Deve ser ressaltado que mudanças nessa ordem podem ocorrer, principalmente entre folhas e frutos, dependendo das idades das plantas.

O N para as plantas mais produtivas (4 anos) foi obtido em maior proporção nas sementes do que nas folhas, chegando ao índice de colheita médio de 7,9 %. O Ca está distribuído em maiores proporções nos troncos, ramos e folhas, ficando menos de 3% para os frutos. Dentre todos os nutrientes observou-se que o N é o nutriente mais exportado pela cultura.

As partições de nutrientes para casca do fruto, principalmente para o K, evidenciam a importância em retornar esses resíduos para o campo. Notou-se que as partições dos micronutrientes para sementes foram aumentando com as idades das plantas, em destaque para o Zn, Cu e B.

Quadro 13 - Biomassa, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-manso em diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais.

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
Matéria seca (t/ha)									
Tronco	1,43	1,84	2,54	2,01	2,25	2,79	3,64	4,13	4,25
Ramos	7,66	8,32	11,41	12,38	15,7	16,08	34,11	43,73	49,54
Folhas	1,08	1,31	1,96	1,68	1,75	1,18	3,83	3,47	4,57
Cascas	0,04	0,05	0,02	0,15	0,11	0,12	0,43	0,40	0,85
Sementes	0,06	0,11	0,05	0,40	0,3	0,25	1,10	1,22	2,30
Frutos	0,10	0,16	0,07	0,55	0,41	0,37	1,53	1,62	3,15
Total	10,27	11,63	15,98	16,63	20,11	20,42	43,12	52,95	61,51
Partição (%)									
Tronco	13,92	15,83	15,90	12,09	11,19	13,66	8,44	7,80	6,91
Ramos	74,59	71,57	71,40	74,44	78,06	78,73	79,10	82,58	80,54
Folhas	10,52	11,27	12,27	10,10	8,70	5,78	8,88	6,55	7,43
Cascas	0,39	0,39	0,12	0,90	0,56	0,60	1,00	0,76	1,38
Sementes	0,58	0,95	0,31	2,41	1,49	1,22	2,55	2,30	3,74
Frutos	0,97	1,34	0,43	3,31	2,05	1,83	3,55	3,07	5,12
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 14 – Teores de macro (dag kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) em compartimentos de plantas de Pinhão-mansô, em diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

NUTRIENTE	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
Tronco									
N	0,88	0,80	0,96	0,96	0,94	0,88	0,57	0,57	0,50
P	0,07	0,09	0,14	0,06	0,06	0,05	0,07	0,14	0,10
K	1,37	1,01	1,16	1,04	0,89	0,59	0,89	1,40	1,28
Ca	2,12	1,54	2,04	2,24	1,83	1,74	0,76	2,05	1,21
Mg	0,34	0,32	0,35	0,42	0,26	0,33	0,17	0,29	0,27
S	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,06	0,07	0,06	0,05
Zn	4,80	18,50	22,60	12,00	18,70	20,30	6,80	11,50	3,10
Fe	161,30	137,60	70,50	71,50	38,60	80,80	260,90	124,30	225,30
Mn	710,90	742,80	1146,00	1079,00	1273,00	431,50	52,60	80,30	147,70
Cu	2,50	3,80	3,10	2,50	2,10	2,30	38,90	2,90	2,60
B	14,40	10,80	13,00	12,00	10,90	11,50	33,30	15,90	20,90
Ramos									
N	1,27	1,28	1,27	1,19	1,81	1,35	0,80	0,79	0,57
P	0,10	0,12	0,10	0,05	0,06	0,08	0,12	0,15	0,11
K	1,61	1,13	1,25	0,89	0,89	0,83	1,73	1,58	1,49
Ca	0,95	0,98	0,83	0,65	0,61	0,88	1,12	0,75	0,61
Mg	0,33	0,38	0,39	0,36	0,29	0,46	0,25	0,23	0,18
S	0,07	0,07	0,08	0,08	0,13	0,07	0,08	0,06	0,05
Zn	26,80	23,60	35,40	24,90	25,40	19,80	11,10	13,90	13,00
Fe	17,30	34,60	16,70	74,50	22,10	28,50	35,30	18,90	24,20
Mn	545,10	647,60	1047,50	588,90	759,00	370,10	115,10	49,50	104,40
Cu	4,40	3,90	5,20	3,40	3,50	3,60	3,50	2,90	3,10
B	15,70	11,30	14,50	12,90	13,50	13,00	18,80	18,90	14,10

Cont...

Quadro 14 – Cont...

NUTRIENTE	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
Folhas									
N	2,97	2,74	3,20	3,22	3,12	3,17	2,66	2,84	2,89
P	0,17	0,18	0,20	0,16	0,16	0,16	0,25	0,33	0,31
K	1,97	1,49	1,79	1,49	1,49	1,34	2,24	2,27	2,36
Ca	2,96	2,66	2,58	2,65	2,73	2,79	4,20	3,77	3,08
Mg	1,02	1,06	1,11	1,35	1,15	1,62	1,12	1,12	1,02
S	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14	0,16	0,13	0,13	0,16
Zn	25,40	17,60	28,00	22,60	18,90	22,40	21,60	27,70	23,40
Fe	77,80	60,00	77,20	111,10	92,30	101,90	149,30	103,20	92,80
Mn	543,40	690,30	739,10	426,30	456,60	330,40	207,40	163,20	178,70
Cu	6,40	5,10	7,20	7,60	9,20	7,40	5,50	7,00	6,30
B	48,60	22,20	24,00	61,50	72,60	69,70	40,80	36,80	29,40

Quadro 15 – Teores médios de macro e micronutrientes em cascas e sementes de Pinhão-mansô.

COMPONENTES	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	dag kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Cascas	0,67	0,07	4,35	0,35	0,54	0,08	6,38	20,50	153,90	6,69	31,20
CV (%)	30,72	25,04	31,01	33,13	9,82	11,90	91,70	52,37	33,01	27,63	28,53
Sementes	2,47	0,56	0,63	0,39	0,43	0,14	23,97	17,01	67,06	11,67	22,75
CV (%)	22,02	16,63	14,02	35,71	10,85	21,85	11,19	37,76	8,93	10,82	16,99

CV: coeficiente de variação

Quadro 16 – Conteúdos de nitrogênio, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-manso, diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
N (kg/ha)									
Tronco	42,44	50,34	81,25	64,62	70,25	88,39	96,75	117,46	122,83
Ramos	97,05	106,75	144,56	147,32	283,86	216,28	274,24	344,59	283,37
Folhas	9,51	10,53	18,78	16,09	16,50	10,40	21,91	19,85	22,62
Cascas	0,19	0,30	0,13	1,18	0,76	0,83	2,98	2,70	5,70
Sementes	1,48	2,72	1,24	10,13	7,42	6,18	26,96	30,17	56,88
Frutos	1,67	3,03	1,37	11,31	8,18	7,01	29,94	32,87	62,58
Total	150,68	170,65	245,96	239,35	378,78	322,07	422,84	514,77	491,40
Partição (%)									
Tronco	28,17	29,50	33,04	27,00	18,55	27,44	22,88	22,82	24,99
Ramos	64,41	62,55	58,77	61,55	74,94	67,15	64,86	66,94	57,67
Folhas	6,31	6,17	7,63	6,72	4,36	3,23	5,18	3,86	4,60
Cascas	0,13	0,18	0,05	0,49	0,20	0,26	0,71	0,52	1,16
Sementes	0,98	1,59	0,50	4,23	1,96	1,92	6,38	5,86	11,58
Frutos	1,11	1,77	0,56	4,73	2,16	2,18	7,08	6,39	12,74
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 17 – Conteúdos de fósforo, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-mansô, diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
P (kg/ha)									
Tronco	2,42	3,23	5,04	3,30	3,68	4,54	9,24	13,65	13,11
Ramos	7,74	9,69	10,93	6,21	9,91	12,17	41,78	63,58	54,49
Folhas	0,78	1,15	2,84	1,06	0,99	0,62	2,70	4,77	4,68
Cascas	0,02	0,03	0,01	0,12	0,08	0,09	0,31	0,28	0,59
Sementes	0,33	0,61	0,28	2,28	1,67	1,39	6,05	6,78	12,78
Frutos	0,35	0,64	0,29	2,40	1,74	1,47	6,36	7,06	13,36
Total	11,29	14,72	19,09	12,96	16,32	18,81	60,09	89,06	85,64
Partição (%)									
Tronco	21,39	21,97	26,38	25,43	22,56	24,14	15,38	15,33	15,30
Ramos	68,59	65,84	57,24	47,94	60,71	64,72	69,53	71,39	63,63
Folhas	6,90	7,82	14,85	8,14	6,04	3,31	4,50	5,35	5,46
Cascas	0,17	0,21	0,07	0,94	0,48	0,45	0,51	0,31	0,69
Sementes	2,95	4,15	1,45	17,56	10,21	7,38	10,07	7,61	14,92
Frutos	3,12	4,36	1,52	18,50	10,69	7,84	10,59	7,92	15,60
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 18 – Conteúdos de potássio, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-manso, diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
K (kg/ha)									
Tronco	28,19	27,43	45,49	29,97	33,55	37,41	81,54	93,75	100,30
Ramos	123,40	94,18	142,85	110,43	140,04	133,79	590,44	691,37	738,64
Folhas	14,81	13,26	22,78	17,51	15,61	6,99	34,16	48,61	58,54
Cascas	1,23	1,98	0,84	7,63	4,90	5,35	19,35	17,51	36,96
Sementes	0,38	0,70	0,32	2,59	1,90	1,58	6,90	7,72	14,56
Frutos	1,61	2,67	1,16	10,23	6,80	6,93	26,25	25,24	51,53
Total	168,00	137,55	212,28	168,13	196,00	185,12	732,39	858,97	949,01
Partição (%)									
Tronco	16,78	19,95	21,43	17,82	17,12	20,21	11,13	10,91	10,57
Ramos	73,45	68,47	67,29	65,68	71,45	72,27	80,62	80,49	77,83
Folhas	8,81	9,64	10,73	10,41	7,96	3,77	4,66	5,66	6,17
Cascas	0,73	1,44	0,40	4,54	2,50	2,89	2,64	2,04	3,90
Sementes	0,23	0,51	0,15	1,54	0,97	0,86	0,94	0,90	1,53
Frutos	0,96	1,94	0,55	6,08	3,47	3,75	3,58	2,94	5,43
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 19 – Conteúdos de cálcio, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-mansó, diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
Ca (kg/ha)									
Tronco	42,26	48,89	65,51	53,27	61,34	77,76	152,84	155,58	131,03
Ramos	72,69	81,62	94,82	79,97	96,40	141,50	381,35	327,10	302,69
Folhas	22,85	20,20	39,94	37,62	32,06	20,53	28,92	71,20	55,43
Cascas	0,10	0,16	0,07	0,62	0,40	0,43	1,57	1,42	3,00
Sementes	0,24	0,43	0,20	1,61	1,18	0,98	4,28	4,79	9,02
Frutos	0,33	0,59	0,26	2,23	1,57	1,41	5,85	6,21	12,02
Total	138,14	151,30	200,53	173,08	191,37	241,21	568,96	560,09	501,17
Partição (%)									
Tronco	30,59	32,31	32,67	30,77	32,05	32,24	26,86	27,78	26,14
Ramos	52,62	53,95	47,28	46,21	50,37	58,66	67,03	58,40	60,40
Folhas	16,54	13,35	19,92	21,73	16,75	8,51	5,08	12,71	11,06
Cascas	0,07	0,11	0,03	0,36	0,21	0,18	0,28	0,25	0,60
Sementes	0,17	0,29	0,10	0,93	0,61	0,41	0,75	0,85	1,80
Frutos	0,24	0,39	0,13	1,29	0,82	0,59	1,03	1,11	2,40
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 20 – Conteúdos de magnésio, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-manso, diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
Mg (kg/ha)									
Tronco	14,63	19,50	28,22	27,11	25,97	45,20	40,91	46,13	43,14
Ramos	24,90	31,53	43,93	44,94	45,06	73,16	85,28	99,70	90,16
Folhas	3,62	4,22	6,92	6,99	4,57	3,85	6,36	10,20	12,29
Cascas	0,15	0,25	0,11	0,95	0,61	0,67	2,42	2,19	4,62
Sementes	0,26	0,47	0,21	1,76	1,29	1,07	4,68	5,24	9,87
Frutos	0,41	0,72	0,32	2,71	1,90	1,74	7,10	7,42	14,49
Total	43,55	55,97	79,39	81,76	77,49	123,95	139,64	163,46	160,08
Partição (%)									
Tronco	33,59	34,84	35,55	33,17	33,51	36,46	29,30	28,22	26,95
Ramos	57,16	56,33	55,33	54,97	58,15	59,03	61,07	61,00	56,32
Folhas	8,31	7,54	8,72	8,55	5,89	3,10	4,55	6,24	7,68
Cascas	0,35	0,44	0,13	1,17	0,79	0,54	1,73	1,34	2,89
Sementes	0,59	0,84	0,27	2,15	1,66	0,87	3,35	3,20	6,17
Frutos	0,94	1,28	0,40	3,32	2,45	1,41	5,08	4,54	9,05
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 21 – Conteúdos de enxofre, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-mansô, diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
S (kg/ha)									
Tronco	1,70	2,65	3,43	2,89	3,24	4,32	4,77	5,41	6,63
Ramos	5,13	6,07	9,36	10,28	19,94	10,93	28,31	25,36	24,77
Folhas	0,43	0,62	1,43	1,39	1,68	0,70	2,80	1,91	2,19
Cascas	0,02	0,04	0,02	0,14	0,09	0,10	0,36	0,32	0,68
Sementes	0,09	0,16	0,07	0,58	0,43	0,35	1,54	1,73	3,26
Frutos	0,11	0,19	0,09	0,72	0,52	0,45	1,90	2,05	3,94
Total	7,37	9,53	14,30	15,29	25,37	16,41	37,78	34,73	37,53
Partição (%)									
Tronco	23,08	27,80	23,98	18,94	12,77	26,36	12,62	15,58	17,67
Ramos	69,60	63,72	65,42	67,23	78,58	66,64	74,95	73,02	66,00
Folhas	5,86	6,46	10,00	9,12	6,62	4,24	7,40	5,49	5,84
Cascas	0,31	0,38	0,11	0,92	0,36	0,60	0,94	0,93	1,81
Sementes	1,15	1,64	0,50	3,80	1,67	2,16	4,09	4,98	8,68
Frutos	1,46	2,02	0,60	4,72	2,03	2,76	5,03	5,90	10,49
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 22 – Conteúdos de zinco, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-mansô, diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
Zn (g/ha)									
Tronco	36,32	32,38	71,12	45,43	42,53	62,50	78,62	114,40	99,45
Ramos	205,29	196,35	403,91	308,26	398,78	318,38	378,62	607,85	644,02
Folhas	5,18	24,24	44,30	20,16	32,73	23,95	26,04	39,91	14,17
Cascas	1,80	2,90	1,24	11,20	7,19	7,85	28,38	25,70	54,24
Sementes	14,38	26,37	11,99	98,25	71,92	59,94	261,32	292,48	551,40
Frutos	16,18	29,27	13,23	109,44	79,12	67,79	289,70	318,18	605,64
Total	262,98	282,24	532,56	483,29	553,15	472,62	772,99	1080,33	1363,28
Partição (%)									
Tronco	13,81	11,47	13,35	9,40	7,69	13,22	10,17	10,59	7,29
Ramos	78,06	69,57	75,84	63,78	72,09	67,37	48,98	56,26	47,24
Folhas	1,97	8,59	8,32	4,17	5,92	5,07	3,37	3,69	1,04
Cascas	0,68	1,03	0,23	2,32	1,30	1,66	3,67	2,38	3,98
Sementes	5,47	9,34	2,25	20,33	13,00	12,68	33,81	27,07	40,45
Frutos	6,15	10,37	2,48	22,65	14,30	14,34	37,48	29,45	44,43
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 23 – Conteúdos de ferro, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-manso, diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
Fe (g/ha)									
Tronco	111,25	110,40	196,09	223,31	207,68	284,30	543,45	426,22	394,40
Ramos	132,52	287,87	190,55	922,31	346,97	458,28	1204,08	826,50	1198,87
Folhas	174,20	180,26	138,18	120,12	67,55	95,34	999,25	431,32	1029,62
Cascas	5,79	9,32	3,99	36,01	23,13	25,24	91,27	82,63	174,40
Sementes	10,20	18,71	8,50	69,70	51,02	42,52	185,38	207,49	391,17
Frutos	15,99	28,03	12,49	105,70	74,15	67,76	276,65	290,12	565,57
Total	433,97	606,56	537,31	1371,40	696,35	905,69	3023,44	1974,15	3188,46
Partição (%)									
Tronco	25,64	18,20	36,49	16,28	29,82	31,39	17,97	21,59	12,37
Ramos	30,54	47,46	35,46	67,25	49,83	50,60	39,82	41,87	37,60
Folhas	40,14	29,72	25,72	8,76	9,70	10,53	33,05	21,85	32,29
Cascas	1,33	1,54	0,74	2,63	3,32	2,79	3,02	4,19	5,47
Sementes	2,35	3,08	1,58	5,08	7,33	4,69	6,13	10,51	12,27
Frutos	3,69	4,62	2,32	7,71	10,65	7,48	9,15	14,70	17,74
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 24 – Conteúdos de manganês, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-manso, diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
Mn (g/ha)									
Tronco	777,06	1270,15	1877,31	856,86	1027,35	921,82	754,94	674,02	759,48
Ramos	4175,47	5388,03	11951,98	7290,58	11916,30	5951,21	3926,06	2164,64	5171,98
Folhas	767,77	973,07	2246,16	1812,72	2227,75	509,17	201,46	278,64	674,99
Cascas	43,45	69,96	29,92	270,29	173,63	189,50	685,17	620,26	1309,19
Sementes	40,24	73,77	33,53	274,82	201,18	167,65	730,97	818,15	1542,41
Frutos	83,69	143,72	63,46	545,10	374,81	357,15	1416,14	1438,41	2851,59
Total	5803,99	7774,97	16138,90	10505,27	15546,21	7739,35	6298,59	4555,70	9458,03
Partição (%)									
Tronco	13,39	16,34	11,63	8,16	6,61	11,91	11,99	14,80	8,03
Ramos	71,94	69,30	74,06	69,40	76,65	76,90	62,33	47,51	54,68
Folhas	13,23	12,52	13,92	17,26	14,33	6,58	3,20	6,12	7,14
Cascas	0,75	0,90	0,19	2,57	1,12	2,45	10,88	13,62	13,84
Sementes	0,69	0,95	0,21	2,62	1,29	2,17	11,61	17,96	16,31
Frutos	1,44	1,85	0,39	5,19	2,41	4,61	22,48	31,57	30,15
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 25 – Conteúdos de cobre, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-manso, diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
Cu (g/ha)									
Tronco	9,15	9,38	18,29	15,28	20,70	20,65	20,02	28,91	26,78
Ramos	33,70	32,45	59,33	42,09	54,95	57,89	119,39	126,82	153,57
Folhas	2,70	4,98	6,08	4,20	3,68	2,71	148,99	10,06	11,88
Cascas	1,89	3,04	1,30	11,75	7,55	8,24	29,79	26,97	56,92
Sementes	7,00	12,84	5,84	47,84	35,02	29,19	127,25	142,42	268,50
Frutos	8,89	15,88	7,14	59,59	42,57	37,42	157,04	169,39	325,42
Total	54,45	62,69	90,83	121,16	121,90	118,67	445,43	335,18	517,65
Partição (%)									
Tronco	16,81	14,97	20,13	12,61	16,98	17,40	4,49	8,63	5,17
Ramos	61,90	51,76	65,32	34,74	45,08	48,78	26,80	37,84	29,67
Folhas	4,96	7,94	6,69	3,47	3,01	2,29	33,45	3,00	2,30
Cascas	3,47	4,85	1,43	9,70	6,19	6,94	6,69	8,05	11,00
Sementes	12,86	20,48	6,43	39,49	28,73	24,59	28,57	42,49	51,87
Frutos	16,33	25,33	7,86	49,18	34,92	31,54	35,26	50,54	62,87
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 26 – Conteúdos de boro, e respectiva partição, em plantios de Pinhão-manso, diferentes idades e adubações (sem adubação (0), 100% da recomendação e 140% recomendação) no Norte de Minas Gerais

COMPONENTES	2 anos			3 anos			4 anos		
	0	100%	140%	0	100%	140%	0	100%	140%
B (g/ha)									
Tronco	69,50	40,85	60,96	123,62	163,35	194,46	148,51	151,98	124,95
Ramos	120,26	94,02	165,45	159,70	211,95	209,04	641,27	826,50	698,51
Folhas	15,55	14,15	25,48	20,16	19,08	13,57	127,54	55,17	95,51
Cascas	8,81	14,18	6,07	54,79	35,20	38,41	138,89	125,73	265,39
Sementes	13,65	25,03	11,38	93,23	68,25	56,88	247,98	277,55	523,25
Frutos	22,46	39,21	17,44	148,02	103,45	95,29	386,87	403,28	788,64
Total	227,77	188,22	269,33	451,50	497,82	512,36	1304,19	1436,94	1707,61
Partição (%)									
Tronco	30,51	21,70	22,63	27,38	32,81	37,95	11,39	10,58	7,32
Ramos	52,80	49,95	61,43	35,37	42,58	40,80	49,17	57,52	40,91
Folhas	6,83	7,52	9,46	4,47	3,83	2,65	9,78	3,84	5,59
Cascas	3,87	7,53	2,25	12,14	7,07	7,50	10,65	8,75	15,54
Sementes	5,99	13,30	4,22	20,65	13,71	11,10	19,01	19,32	30,64
Frutos	9,86	20,83	6,48	32,78	20,78	18,60	29,66	28,07	46,18
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 27 – Coeficiente de utilização biológico (CUB) de nutrientes para produção de sementes em plantios de Pinhão-mansão no Norte de Minas Gerais.

COMPONENTES	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	kg kg ⁻¹						kg g ⁻¹				
Tronco	124,43	1459,85	90,77	47,51	293,83	1530,61	170,45	6,08	1,25	394,74	50,25
Ramos	92,00	1095,69	70,85	110,58	319,83	1287,55	40,60	23,60	1,81	265,49	63,29
Folhas	33,93	511,25	52,61	30,60	85,81	761,42	43,10	8,87	2,33	153,85	19,88
Cascas	149	1445	23	284	184,12	1252	156,85	48,78	6,50	149,45	32,05
Sementes	40	180	158	255	233,04	706	41,71	58,80	14,91	85,66	43,96

Quadro 28 - Análise de solo utilizado para exemplificar o funcionamento do Ferticalc Pinhão-mansão.

Identif.	Prof (cm)	pH ¹	MO ² dag/kg	P ³ mg dm ⁻³	K ³ mg dm ⁻³	Ca ⁴ mg dm ⁻³	Mg ⁴ mg dm ⁻³	Al ⁴ mg dm ⁻³	H+Al ⁵ mg dm ⁻³	t	T	V %	m	B ⁶ mg dm ⁻³	Cu ³ mg dm ⁻³	Fe ³ mg dm ⁻³	Mn ³ mg dm ⁻³	Zn ³ mg dm ⁻³	S ⁷ mg dm ⁻³	Prem ⁸ mg/L
001	0-20	5,0	1,4	2,0	39	0,8	0,5	0,5	3,1	1,9	4,5	31,1	26	0,3	0,2	30,3	35,6	3,1	3,2	30

⁽¹⁾água ⁽²⁾Walkley-Black; ⁽³⁾Mehlich-1; ⁽⁴⁾KCl 1 mol L⁻¹; ⁽⁵⁾CaOAc 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0 (baseados em De Fellippo & Ribeiro, 1997); ⁽⁶⁾água quente (Abreu et al., 1994); ⁽⁷⁾ Fosfato monocálcico em ácido acético e ⁽⁸⁾ Alvarez V. et al. (1999)

4.5. Coeficiente de utilização biológica – CUB

A eficiência de utilização de nutrientes foi usada para estimar a demanda nutricional pela planta para obtenção de uma definida produtividade esperada. Como na colheita do Pinhão-manso, geralmente, é a semente ou semente + casca que saem da área, é fundamental que se utilize valores de CUB, para evitar sub ou superestimação dos nutrientes contidos no produto colhido.

Na semente, os valores médios de CUB (Quadro 27) evidenciaram que dentre os macronutrientes, o S é o mais eficientemente utilizado pelas plantas de Pinhão-manso, seguido por Mg, Ca, P, K e N; entre os micronutrientes destacou-se o CUB de Cu, Fe, B, Zn e Mn.

4.6. Parametrização do Sistema FERTICALC para o Pinhão-manso

Será apresentada uma parametrização do Ferticalc Pinhão-manso utilizando-se as informações obtidas a partir dos dados gerados no presente trabalho e com base em informações obtidas na literatura. Para efetuar as simulações foi considerada a produtividade desejada de $4,0 \text{ t ha}^{-1}$. O solo foi amostrado na camada de 0 a 20 cm (Quadro 28), fazendo-se a correção da acidez com calcário de PRNT igual a 90 %, contendo 38 % CaO e 12 % MgO.

4.6.1 Subsistema solo

4.6.1.1. Calagem

4.6.1.1.1 Método da neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de Ca^{2+} + Mg^{2+}

$$\text{NC} = Y[\text{Al}^{3+} - (m_t/100)] + [X - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$$

$$\hat{Y} = 4,002 - 0,125901 \text{ Prem} + 0,001205 (\text{Prem})^2 - 0,00000362 (\text{Prem})^3$$

$$\hat{Y} = 4,002 - 0,125901 \times 30 + 0,001205 \times (30)^2 - 0,00000362 \times (30)^3$$

$$\hat{Y} = 1,20$$

Para a cultura do Pinhão-manso considerou a saturação de alumínio tolerada pela cultura (m_t) = 10%, sendo a exigência de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = 3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

$$\text{NC} = 1,2[0,5 - (10 \times 1,9/100)] + [3,0 - (0,8 + 0,50)]$$

$$\text{NC} = 2,10 \text{ t ha}^{-1}$$

4.6.1.1.2 Método da saturação por bases

Será adotada a saturação de base desejada pela cultura igual a 60%, recomendada por Dias et al. (2007).

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

$$NC = [(60 - 31,1)4,5]/100$$

$$NC = 1,30 \text{ t ha}^{-1}$$

Os valores de pH (H₂O) final após a calagem foram estimados pela equação de Mello (2000). Obteve-se o valor 6,0 (quando se usou o método da neutralização do Al³⁺ e elevação dos teores de Ca²⁺ + Mg²⁺) e 5,60 (quando se usou o método da saturação por bases). Adotou-se o método da neutralização do Al³⁺ e elevação dos teores de Ca²⁺ + Mg²⁺ para determinar a quantidade de calcário (QC), considerando aplicação do calcário na área total.

$$QC_{\text{utilizado}} = NC \times (100/\text{PRNT}) = 2,1 \times 100/90$$

$$QC_{\text{utilizado}} = 2,33 \text{ t ha}^{-1}$$

Então, o suprimento de Ca e Mg pela calagem:

$$\hat{S}\hat{U}\hat{P}(X)_{\text{calagem}} = QC \times [(T(XO)_{\text{calcário}}/100) \times f] \times 1000$$

$$\hat{S}\hat{U}\hat{P}(\text{Ca})_{\text{calagem}} = 2,33 \times [(38/100) \times 0,7147] \times 1000$$

$$\hat{S}\hat{U}\hat{P}(\text{Ca})_{\text{calagem}} = 632,8 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\hat{S}\hat{U}\hat{P}(\text{Mg})_{\text{calagem}} = 2,33 \times [(12/100) \times 0,6030] \times 1000$$

$$\hat{S}\hat{U}\hat{P}(\text{Mg})_{\text{calagem}} = 168,6 \text{ kg ha}^{-1}$$

4.6.1.2. Suprimento dos nutrientes do solo

O suprimento estimado de nutriente do solo (0-20 cm) foi obtido a partir dos resultados descritos no Quadro 28 e das respectivas taxas de recuperação pelo extrator (Quadro 7). Foi considerada a profundidade do sistema radicular de 20 cm.

Quadro 29 - Valores de taxa de recuperação de nutrientes pelo extrator, e respectivo suprimento pelo solo

Nutriente	TR _{ext}	Suprimento
	%	----- kg ha ⁻¹ -----
P	0,43	9,30
K	0,86	90,7
Ca	0,77	415,6
Mg	0,80	150,0
S	0,21	30,5
	%	----- g ha ⁻¹ -----
Zn	0,32	19,4
Fe	0,41	147,80
Mn	0,88	80,91
Cu	0,79	0,51
B	0,60	1,00

O suprimento de N pelo solo foi obtido com os valores do teor de matéria orgânica (Quadro 28) e da taxa de mineralização anual que leva em consideração o balanço hídrico (Quadro 30). Baseado no Quadro 8, adotou-se uma taxa $T_{X_{Min}N_{anual}} = 3\%$. As equações abaixo foram utilizadas para estimar a quantidade de N suprida pelo solo:

$$T_{X_{Min}Ni} = T_{X_{Min}N_{anual}} \times [ETR_i / \Sigma(ETR_i)]$$

$$QNMO_i = [(TeorMO / 1,724 / 10) \times Prof \times 1000] \times (T_{X_{Min}Ni} / 100)$$

Quadro 30 – Balanço hídrico mensal e anual do distrito Mocambinho/Jaíba-MG.

Mês	T	ETP	P	P-EPT	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	-° C-	mm								
JAN	26,8	183	24	-159	-167	3	-47	71	112	0
FEV	27,4	173	44	-129	-297	0	-3	46	127	0
MAR	26,3	152	148	-4	-301	0	0	148	4	0
ABR	25,1	137	83	-54	-355	0	0	84	53	0
MAI	25,4	131	4	-127	-482	0	0	4	127	0
JUN	22,7	118	0	-118	-599	0	0	0	118	0
JUL	22,6	123	0	-123	-722	0	0	0	123	0
AGO	22,2	148	0	-148	-870	0	0	0	148	0
SET	24,7	172	6	-166	-1037	0	0	6	166	0
OUT	28,2	189	63	-126	-1163	0	0	63	126	0
NOV	26,1	160	385	225	0	58	58	160	0	167
DEZ	25,8	158	149	-9	-9	50	-8	157	1	0
TOTAL	25,3	1844	906	-938			0	739	1105	167

Obs.: T- temperatura média; Precipitação média mensal (P); Evapotranspiração potencial (ETP); Negativo acumulado (NAC); Armazenamento de água no solo (ARM); Alteração de água no solo (ALT); Evapotranspiração real (ETR); Deficiência hídrica (DEF) e Excedente hídrico (EXC), todos os dados em milímetros.

Quadro 31 - Estimativa da quantidade de N proveniente da decomposição da matéria orgânica do solo

Mês	ETR (mm)	ETR _i / Σ(ETR _i)	T _{XMinNi}	QNMO _i
	-----mm-----		----- (%) -----	-----kg ha ⁻¹ -----
JAN	71	0,0961	0,2882	4,68
FEV	46	0,0622	0,1867	3,03
MAR	148	0,2003	0,6008	9,76
ABR	84	0,1137	0,3410	5,54
MAI	4	0,0054	0,0162	0,26
JUN	0	0,0000	0,0000	0,00
JUL	0	0,0000	0,0000	0,00
AGO	0	0,0000	0,0000	0,00
SET	6	0,0081	0,0244	0,40
OUT	63	0,0853	0,2558	4,15
NOV	160	0,2165	0,6495	10,55
DEZ	157	0,2124	0,6373	10,35
TOTAL	739		3,0	48,72

4.6.1.3. Suprimento dos macronutrientes pelos resíduos orgânicos

Para cálculo do suprimento de nutrientes provenientes da mineralização da serrapilheira foi considerada a produtividade desejada (4000 kg ha⁻¹) de matéria orgânica remanescente da queda das folhas. Foi utilizada a composição e a taxa de liberação dos nutrientes descritos no Quadro 9, exceto para o K.

$$\hat{S}\hat{U}P(N)_{res.org} = 4000 \times (1,19/100) \times 0,76$$

$$S\hat{U}P(N)_{res.org} = 36,18 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\hat{S}\hat{U}P(P)_{res.org} = 4000 \times (0,11/100) \times 0,70$$

$$S\hat{U}P(P)_{res.org} = 3,1 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\hat{S}\hat{U}P(K)_{res.org} = 4000 \times (0,19/100) \times 0,70$$

$$S\hat{U}P(K)_{res.org} = 5,3 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\hat{S}\hat{U}P(Ca)_{res.org} = 4000 \times (3,3/100) \times 0,51$$

$$S\hat{U}P(Ca)_{res.org} = 67,32 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\hat{S}\hat{U}P(Mg)_{res.org} = 4000 \times (0,76/100) \times 0,62$$

$$S\hat{U}P(Mg)_{res.org} = 18,85 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\hat{S}\hat{U}P(S)_{res.org} = 4000 \times (0,23/100) \times 0,74$$

$$S\hat{U}P(S)_{res.org} = 6,81 \text{ kg ha}^{-1}$$

4.6.2 Subsistema planta

4.6.2.1 Requerimento pela cultura

Para determinação da quantidade de matéria seca nas sementes, é considerada a produtividade desejada (4000 kg ha⁻¹), descontando-se a umidade média de sementes (26,37 %) colhidas em frutos de coloração amarela e preta:

$$MS_{sementes} = 4000 \times [(100-26,37)/100]$$

$$MS_{sementes} = 2945,20 \text{ kg ha}^{-1}$$

O índice de colheita é a relação entre a produção comercial e o total da biomassa seca produzida pela cultura. Considerando plantas mais produtivas, o índice de colheita foi de 3,74 %, podendo assim estimar a matéria seca total:

$$MS_{total} = 2945,20/0,0374$$

$$MS_{total} = 78,75 \text{ t ha}^{-1}$$

A partir da partição realizada para as plantas de Pinhão-mansão neste trabalho, é possível inserir no sistema os índices de partição da biomassa de cada componente. Quanto à planta mais produtiva, a alocação foi de 6,91% (troncos), 80,54% (ramos), 7,43% (folhas), 1,38% (cascas) e 3,74% (sementes). A partir desses dados pode-se calcular a matéria seca produzida para cada componente da planta.

$$MS_{\text{tronco}} = 78,75 \times 0,0691$$

$$MS_{\text{tronco}} = 5,44 \text{ t ha}^{-1}$$

$$MS_{\text{ramos}} = 78,75 \times 0,805$$

$$MS_{\text{ramos}} = 63,43 \text{ t ha}^{-1}$$

$$MS_{\text{folhas}} = 78,75 \times 0,0743$$

$$MS_{\text{folhas}} = 5,85 \text{ t ha}^{-1}$$

$$MS_{\text{cascas}} = 78,75 \times 0,0138$$

$$MS_{\text{cascas}} = 1,09 \text{ t ha}^{-1}$$

Dividindo-se a quantidade de matéria seca dos componentes pelo CUB (Quadro 28), encontra-se a quantidade de nutriente na matéria seca da planta de Pinhão-mansão.

Quadro 32 - Conteúdo de nutrientes para macronutrientes (kg ha⁻¹) e micronutrientes (g ha⁻¹) estimados nos compartimento das plantas.

Nutriente	Tronco	Ramos	Folhas	Cascas	Sementes	TOTAL
N	43,7	68,9	172,4	7,3	73,6	366,0
P	3,7	5,8	11,4	0,8	16,4	38,1
K	59,9	89,5	111,2	47,4	18,6	326,7
Ca	114,5	57,4	191,2	3,8	11,5	378,4
Mg	18,5	19,8	68,2	5,9	12,6	125,1
S	3,6	4,9	7,7	0,9	4,2	21,2
Zn	31,9	156,2	135,7	6,9	70,6	401,4
Fe	894,7	268,8	659,5	22,3	50,1	1895,5
Mn	4352,0	3504,4	2510,7	167,7	197,5	10732,4
Cu	13,8	23,9	38,0	7,3	34,4	117,4
B	108,3	100,2	294,3	34,0	67,0	603,8

O requerimento de nutrientes (Quadro 33) foi estimado com base nos conteúdos de nutrientes nos plantios e em suas taxas de recuperação (Quadro 5 e 6).

Quadro33- Taxa de recuperação de nutrientes (Tx_{reapl}) pelas plantas de Pinhão-Manso e respectivas quantidades requeridas.

Nutriente	Tx _{reapl}	Requerimento
N	0,75	488 kg ha ⁻¹
P	0,13	293 kg ha ⁻¹
K	0,65	436 kg ha ⁻¹
Ca	0,50	757 kg ha ⁻¹
Mg	0,60	209 kg ha ⁻¹
S	0,55	39 kg ha ⁻¹
Zn	0,06	4014 g ha ⁻¹
Fe	0,10	18955 g ha ⁻¹
Mn	0,10	107324 g ha ⁻¹
Cu	0,10	1174 g ha ⁻¹
B	0,10	6038 g ha ⁻¹

4.6.3. Balanço nutricional

O balanço nutricional é dado pela diferença entre o requerimento total e o suprimento total de nutrientes (Quadro 34). Cabe ressaltar que, quando o balanço nutricional for positivo, indica necessidade de adubação. Caso negativo deve-se adicionar doses correspondentes ao que for exportado pela colheita para propiciar a manutenção da fertilidade do solo.

Quadro 34 - Suprimento de nutriente pela calagem, solo, resíduos orgânicos, requerimento pela planta, balanço nutricional e dose recomendada.

Nutriente	Suprimento			Requerimento	Sustentabilidade	Balanço Nutricional	Dose recomendada
	Calagem	Solo	Res. Org.	Planta			
	-----kg ha ⁻¹ -----						
N		48,72	39,2	488		400,08	400,08
P		9,30	3,1	293,08		280,68	280,68
K		90,7	5,3	435,6		339,6	339,6
Ca	632,8	415,6	67,3	756,8	11,5	-347,4	0
Mg	168,6	150	18,9	208,5	12,6	-116,4	0
S		30,5	6,81	38,55		1,24	1,24
Zn		0,019	-	4,01		3,99	3,99
Fe		0,147	-	18,96		19,81	19,81
Mn		0,08	-	107,3		107,22	107,22
Cu		0,001	-	1,17		1,17	1,17
B		0,001	-	6,04		6,04	6,04

Para o N, Ca e Mg, o aumento da quantidade de resíduos orgânicos apresentou grande contribuição para redução da dose final desses nutrientes, enquanto que para P, K e S a influência dos resíduos orgânicos é pouco expressiva.

As doses aparentemente elevadas de N, na realidade, não o são, pois, segundo Gusmão (2010) e Sagar e Panda (2011), o N é um dos nutrientes importantes para o Pinhão-mansão, contribuindo para aumento de produtividade e dos teores de óleo. O fósforo, apesar de não ser recomendado por Dias et al. (2007), o sistema Ferticalc Pinhão mostrou que a planta demanda por esse nutriente,

corroborando vários trabalhos (Sagar e Panda (2011); Neto et al. (2007); Erasmos et al. (2009) que mostram aumento de produtividade em função do P.

Para o K, observou-se que o solo utilizado tinha baixa disponibilidade e pouco suprimento. Sendo um dos elementos mais exigidos pelas plantas de Pinhão-manso, principalmente, para produção de casca. Caso esta retorne para a área de produção terá uma diminuição de 47,8 kg ha⁻¹ da dose recomendada. A quantidade Ca e o Mg suprido pelo solo e pela calagem foram suficientes para atender à demanda da cultura.

Dentre os micronutrientes recomendados na adubação, o B e o Mn foram os mais exigidos pela cultura, sendo o primeiro muito importante para a formação do tubo polínico e para a viabilidade do fruto. Segundo Staut et al. (2007), o B afeta diretamente a produtividade da cultura do Pinhão-manso.

5. CONCLUSÕES

1. O grau de maturação dos frutos de Pinhão-mansó influencia a umidade das sementes;
2. A liberaçãó de nutrientes pela manta orgânica ocorre na seguinte ordem: $N > P > S > Mg > Ca > K$;
3. Os ramos correspondem a 76,8 % da planta de Pinhão-mansó, seguido pelos troncos, folhas, sementes e cascas;
4. O fruto de Pinhão-mansó é dividido, em média, em 70 % de sementes e 30 % de cascas.
5. A demanda nutricional do Pinhão-mansó é maior para cálcio, nitrogênio e potássio. Para os micronutrientes a demanda é maior para Mn e B.
6. As simulações realizadas com o FERTICALC Pinhão demonstraram que o sistema recomenda doses maiores de N, P e K do que as atualmente utilizadas para o Pinhão-mansó;
7. Os resultados obtidos pelo FERTICALC Pinhão mostram que é possível otimizar o uso de corretivos e fertilizantes para a cultura, considerando as variações das condições de solo, planta e metas de produtividade, de forma contínua. Contudo, há necessidade de incorporar procedimentos que permitam avaliar a viabilidade econômica das doses e calibrar melhor as taxas de recuperação dos nutrientes N P e K pelas plantas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V. V.H., NOVAIS, R.F., DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. **Determinação e uso de fósforo remanescente**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, **25:21-32. 2000.**

ALVAREZ V., V. H. e RIBEIRO, A.C.. Calagem. In: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: SBCS.1999. 359 p.

ARRUDA, Francineuma Ponciano de et al. 2004. Cultivo de pinhão manso como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n. 1, p.789-799. jan-abr 2004. Disponível em: www.rbb.ba.gov.br/arquivo. Acessado em 05 de maio 2010.

ASPIAZÚ, I. **Extração de ferro e manganês por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA em solos de Minas Gerais e da Bahia**. 2004.49p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).Viçosa:UFV, 2004.

ASSUNÇÃO, M. P ; VENDRUSCOLO, M. C. ; NIED., A. H. ; SOARES, V. M. ; FRASSON, D. B. ; TORRES, G.N. . Floração do Pinhão- manso (*Jatropha curcas* L.) no período chuvoso submetido a diferentes fontes de adubação. In: 6o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2009, Montes Claros - MG. **Anais** Lavras-MG: UFLA, 2009. v. único.

AZEVEDO, H., 2006. “Pinhão- manso é lançado pelo presidente Lula como opção para o biodiesel – Vegetal é de fácil cultivo”. **Hoje em Dia**, 8 a 14/01/2006, Brasília-DF.

BARROS, N.F., Novais, R.F., Teixeira, J.L., Fernandes Filho, E.I. NUTRICALC 2.0 - Sistema para cálculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. **Bosque**, n.16, p.129-131, 1995.

BATAGLIA, O.C & RAIJ, B. Van. Eficiência de extratores na determinação de boro em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14:25-31. 1990.

BICUDO, T. C. et al. Estabilidade e tempo de indução oxidativa do óleo de pinhão-mansão para produção. In: II CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, CRBTB, 26, 2007, Brasília, DF. **Anais...Brasília, DF: MCT/ABIPIT, 2007.** Disponível em:<<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/caracterizacao/26.pdf>>Acessado em: 22/05/2008.

BOCOCK, K. L.; GILBERT, O. J. W. The disappearance of litter under different woodland conditions. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 9, n. 2, p. 179-185, 1957.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica do fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, 21:73-85, 1974.

BRASIL.Ministério da Indústria e do Comércio. **Secretária de Tecnologia Industrial**. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Brasília: STI/CIT, 1985. 364p. (Documentos, 16).

BRINATE, S. V. B. ; OTES, H.N. ; TOMAZ, M. A. ; AMARAL, J. F. T. ; MARTINS, L. D. . Avaliação dos teores foliares de N, P e K, do Pinhão- manso (*Jatropha curcas* L.), sob presença e ausência de escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo, adubados com adubos orgânicos e mineral. In: 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2009, Montes Claros - MG. **Anais eletrônicos...** Lavras - MG : UFLA, 2009. v. 6. p. 2071-2079

CANDIDO, A. O. ; MARTINS, L. D. ; OTES, H.N. ; AMARAL, J. F. T. ; NOGUEIRA, N. O. ; BRINATE, S. V. B. ; TOMAZ, M. A. . Influência da aplicação de escória de siderurgia nos teores foliares de micronutrientes do pinhão-mansão submetido a diferentes adubações. In: 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2009, Montes Claros - MG. **Anais eletrônicos...** Lavras - MG : UFLA, 2009. v. 6 p. 2116-2087.

CANTARUTTI, R.B. **Dinâmica de nitrogênio em pastagens de *Brachiaria humidicola* em monocultivo e consorciada com *Desmodium ovalifolium* cv. Itabela no sul da Bahia**. 1996. 83p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1996.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. 2003. Disponível em : www.ufmg.br/boletim/bol1413/quarta.. Acessado em 29 de maio de 2010.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal – SP. UNESP, 2000, 588p.

DANIEL,H.; HAYASHI, F. K.; MENEZELLO, H. B., LAZARINI, E.. Produtividade da cultura de Pinhão- manso no segundo ano de cultivo sob diferentes adubações com N e K. In: 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2009, Montes Claros - MG. **Anais eletrônicos...** Lavras - MG : UFLA, 2009. v. 6.

DEFELIPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1981. 17p. (Boletim Extensão, 29)

DIAS, L.A.S.; LEME, L.P.; LAVIOLA, B.G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O.L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C.E.; SANSTOS, A.S.; SOUSA, L.C.A.; OLIVEIRA, T.S.; DIAS, D.C.F.S. **Cultivo de pinhão manso (Jatropha curcas L.) para produção de óleo combustível**. Viçosa, MG, 2007. 40p.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B.; PAIVA, L. E.; MORGADO, L. B.; REIS, E. M. Produção do pinhão-manso no semi-árido brasileiro. In: Congresso Internacional de Agroenergia e Biocombustíveis, 2007, Curitiba-PR. **Anais eletrônicos...** Curitiba-PR.2007.

DRUMOND. M. A.; SIMÕES, W. L. ANJOS, J. B; EVANGELISTA, M. R.V.. Produção e distribuição da biomassa da parte aérea do Pinhão manso irrigado, aos dois anos de idade, em Santa Maria da Boa Vista-PE. In: III Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Brasília. 2009. **Anais eletrônicos...** Disponível em: oleo.ufla.br/anais_06/. Acessado em 15 de maio 2011.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análises do Solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212p. 1997.

ERASMO, E. A. L.; GONÇALVES, R. C.; COSTA, N. V. da.; SARAIVA, A.; DORNELAS, D. F.; DORNELAS, B. F.. Desenvolvimento de plantas de Pinhão-manso em resposta à adubação fosfatada (1º ano). In: 6o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2009, Montes Claros-MG. **Anais eletrônicos ...** Lavras-MG : UFLA, 2009. v. ÚNICO.

FRASSON, D. B. ; VENDRUSCOLO, M. C. ; NIED., A. H. ; MELO, S. P. ; ASSUNÇÃO, M. P ; SOARES, V. M. ; ARAÚJO JÚNIOR, P. C . Influência de diferentes fontes de adubação na emissão de cachos e na frutificação da cultura do Pinhão- manso no período chuvoso. In: 6o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2009, Montes Claros-MG. **Anais eletrônicos ...** Lavras-MG : UFLA, 2009. v. ÚNICO.

FREIRE, F.J. **Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da cana-de-açúcar.** 2001. 87p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa:Viçosa, MG. 2001.

GUIMARÃES, A. S. **Crescimento e Desenvolvimento inicial do Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) em função de fontes e quantidades de fertilizantes.** 2008. 92p.. Tese (Doutorado em Agronomia). Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba. 2008.

GUSMÃO, C.A.G. **Desempenho do Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) de segundo ano submetido a diferentes doses e relações NPK.** 2010. 82 p. Dissertação (Mestrado Produção Vegetal no Semiárido). Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba. 2010.

GUSMÃO, C.A.G.; FERNANDES, L.A.; D'ANGELIS, S.J.; SOUZA, F.F.O.; VITORINO, D.S.J.; LEITE, G.L.D. **Modificações no crescimento e na area foliar de plântulas de Pinhão- manso (*Jatropha curcas* L.) ocasionadas por distúrbios nutricionais.** Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/agricultura>. Acesso em 15 de abril de 2008.

LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de Pinhão- manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1969-1975, 2008.

LEI Nº 11.097, de 13/01/2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências.

MAIA, J. T. L. S., GUILHERME, D. O. de, PAULINO, M. A. de O., SILVEIRA, H. R. de O., FERNANDES, L. A.. Efeito da omissão de macro e micronutrientes no crescimento de Pinhão-manso. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 174-179, abr.-jun., 2011.

MARIANO, K.R. S.; AMORIM, S. M. C.de; MARIANO JÚNIOR, C. A. S.; e SILVA, K. K. A. Decomposição e Liberação de Nutrientes da Fração Foliar de *Coccoloba ramosissima* Wedd. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, jul. 2007. p. 372-374

MARTINS, L. D. ; NOGUEIRA, N. O. ; TOMAZ, M. A. ; AMARAL, J. F. T. ; LAVIOLA, B.G. . Efeito do corretivo escória de siderurgia e diferentes adubações no teor nutricional de folhas de mamona e pinhão-manso. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, p. 135-145, 2009.

MATOS, F. S. **Caracterização fisiológica da senescência foliar em populações de *Jatropha curcas* L.** 2010. 48 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

MELLO, M. S.. **Sistema de interpretação de análise de solo e recomendação de calagem e fertilizantes para a cultura do tomate.** 2000. 170 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

MOHAPATRA, S., PANDA, P. K.. Effects of Fertilizer Application on Growth and Yield of *Jatropha curcas* L. in an Aerice Tropaequept of Eastern India. **Not Sci Biol**, 2011, 3(1):95-100.

NETO, A. M. ; SILVA, J. T. A. da; SILVA, I. P. ; COSTA, E. L. da. Efeito da Aplicação de Diferentes Doses de Fósforo No Pinhão-Manso (*Jatropha curcas* L). In: XXXI Congresso Brasileiro Ciência do Solo. Gramado RS, 05 a 10 de agosto de 2007. **eletrônicos...** Gramado/RS: SBCS, 2007.

NOGUEIRA, N. O. ; OTES, H.N. ; TOMAZ, M. A. ; AMARAL, J. F. T. ; MARTINS, L. D. ; CANDIDO, A. O. . Efeito da aplicação de escória de siderurgia e de diferentes fontes de adubação nos teores foliares de cálcio e magnésio do pinhão-manso. In: 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2009, Montes Claros - MG. **Anais eletrônicos ...** Lavras-MG : UFLA, 2009. v. ÚNICO.

NORTON, E.R. & SILVERTOOTH, J.C. Evaluation of the effects of added nitrogen interaction on nitrogen recovery efficiency calculations. **Arizona Cotton Report**, The University of Arizona College of Agriculture, 1999. p.221-231. Disponível em:<<http://ag.arizona.edu/pubs/crops/as1123/>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

OLIVEIRA, J. R. V. **Sistema para cálculo de balanço nutricional e Recomendação de calagem e adubação de Povoamentos de teca - NUTRITECA.** 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2003.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P. & PICCOLO, M.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesq. Agropec. Bras.**, 24:2359-2362, 1999.

OLIVEIRA, S. J. C. . **Componentes de crescimento do Pinhão- manso (*Jatropha Curcas L.*) em função da adubação mineral e da poda.** UFP. 2009. 126 p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba. 2008.

OLSON, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology** 42: 322-331.

PEIXOTO, A.R. Plantas oleaginosas arbóreas. **São Paulo: Nobel, 1973. 284p.**

POSSAMAI, J. M. **Sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do algodoeiro.** 2003, 80p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2003.

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

PURCINO, A. A. C. ; DRUMMOND, O.A. **Pinhão- manso.** Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 7p.

RAIJ, B. van.; BATAGLIA, O.C. & SILVA, N.M. (Coord.). **Acidez e Calagem no Brasil.** Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 361p.

SANTOS NETO, J.A. **Taxas de recuperação de zinco, cobre e boro por diferentes extratores em solos da Bahia e de Minas Gerais.** 2003. 51p. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2003.

SANTOS, F.C. **Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja.** 2002, 64. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2002.

SANTOS, H. Q. **Sistema para cálculo do balanço de nutrientes e recomendação de calagem e adubação de pastagens para bovinos de corte.** 2003. 142p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Vicosa, Vicosa. 2003.

SANTOS, S.; FERREIRA Jr., E. J.; PIRES, B.; NETTO, A. P. C. Efeito de diferentes adubações no desenvolvimento inicial de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., Varginha, 2007. **Anais eletrônicos...** Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. p.547-554.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D. ; GONÇALVES, N. P.; LOPES, H. F. . Caracterização física e química de alguns solos cultivados com Pinhão- manso no Estado de Minas Gerais. In: II Congresso Brasileiro de Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. **Anais eletrônicos...** Varginha/MG: UFLA, 27 a 29 de Julho de 2005. p 103-107.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Produção de oleaginosas para o biodiesel. **Informe Agropecuário**, v.26, p.44-74, 2005.

SILVA JUNIOR, I. M. da, WANDERLEY FILHO, H.C. de L., CAVALCANTE, P. G. da S., CRUZ, S. J. S., ASSIS, M. P. D. de., SILVA, A. H. A. da, TIBOLA, T., ENDRES, L.. **Avaliação de Matéria Seca e Área Foliar da Cultura do Pinhão-Manso (*Jatropha curcas*) SOB ESTRESSE.** Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R1266-1.pdf>. Acessado em 15 de maio de 2010.

SILVA, A. P.. **Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro.** 2006. 169 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Vicosa, Vicosa. 2006.

SILVA, E.B.; TANURE, L.P.P.; SANTOS, S.R.; JUNIOR, P.S. RESENDE. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília v. 44, n. 4, p. 392-397, 2009

SILVA, J. V. O. da. **Produção e partição de biomassa e nutrientes e parametrização de um sistema para recomendação de N, P e K para cacauzeiros.**2009.95p. Dissertação(Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz – Ilhéus. 2009.

SILVA, J.T.A.; COSTA, E.L.; SILVA, I.P.; NETO, A.M. Adubação do Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) com nitrogênio e fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4, Varginha, 2007. **Anais eletrônicos...** Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. p.1316-1320

SOARES V.M., VENDRUSCOLO M.C., CABRAL E.P., DIAS V.R.M., FRASSON D.B., TORRES G.N., ASSUNÇÃO M.P. JÚNIOR P.C.A. Crescimento de plantas de Pinhão- manso em diferentes fontes de adubação. . In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, Energia e Sustentabilidade, 2009, Montes Claros. **Anais eletrônicos...** 2009.

STAUT, L. A.; SILVA, C. J. D.; KURIHARA, C. H.; SA, L. G. N. e; ABRÃO, J. S. Efeito do boro na cultura do pinhão manso: resultados preliminares. In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel, 2007, Brasília – DF. **Anais eletrônicos...** Brasília-DF, 2007.

STEINER, F. ; DRANSKI, J.A.L. ; PINTO JÚNIOR, A.S. . Crescimento de plântulas de *Jatropha curcas* L. submetidas à concentração de alumínio em solução nutritiva. In: 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2009, Montes Claros-MG. **Anais eletrônicos...** Lavras-MG : UFLA, 2009. v. ÚNICO

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artamed. 2004. 719 p.

TANNER, E. V. J. The decomposition of leaf litter in Jamaican montane rain forests. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 69. 1981. p. 263-275.

TANURE, L.P.P. et. al. Avaliação do crescimento de Pinhão- manso (*Jatropha curcas* L.) a diferentes níveis de saturação por bases. In: XXXI Congresso Brasileiro Ciência do Solo.Gramado/RS: SBCS, 05 a 10 de agosto de 2007. **Anais eletrônicos...**Gramado RS, 2007.

TEDESCO, M.J.; VOLWEISS, S.J.; BOHRNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. (Boletim técnico, 5).

TOME JUNIOR, J. B. ; NOVAIS, R. F. . Utilização de modelos como alternativas às tabelas de recomendação de adubação. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 25(3), p. 8 - 11, 15 out. 2000.

TORRES, C. M. M. E. et al. Estoque de carbono da cultura do Pinhão-mansô, ao terceiro ano, no município de Viçosa, MG. In: 5º Congresso Internacional de Bioenergia. Curitiba –PR, **Anais eletrônicos...** Curitiba-PR,2010.

TORRES, G.N. ; VENDRUSCOLO, M. C. ; SOARES, V. M. ; ASSUNÇÃO, M. P ; FRASSON, D. B. . Diâmetro de caule do Pinhão- mansô submetido a diferentes fontes de adubação. In: V CONIC - Congresso Interno de Iniciação Científica da Universidade do Estado de Mato Grosso - 2ª Jornada Científica da Unemat, 2009, Cáceres - MT. V CONIC - Congresso Interno de Iniciação Científica, 2009. Mato grosso. **Anais eletrônicos...** Mato Grosso. 2009.v. UNICO.

VALE, Leandro Silva1; SEVERINO, Liv Soares; BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macedo. Crescimento do Pinhão- mansô em solo compactado. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Brasília. 2006. **Anais eletrônicos...** 2006.Disponível em: < www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2006. Acessado em 14/05/2007.

Vedana, J.C.S., 2006. “**Tudo sobre Pinhão- mansô – Jatropha curcas**”. Disponível em: <http://www.pinhaomanso.com.br/>.

VITTI, G.C. & SUZUKI, J.A. **A determinação do enxofre - sulfato pelo método turbidimétrico**. Jaboticabal, Universidade Estadual de São Paulo, 1978. 13p.

Walkley, A.; Black, I. A.; *Soil Sci.* 1934, 37, 29.

7. APÊNDICE

Quadro 1A. Altura e número de ramos de plantas de Pinhão-mansô em diferentes idades em Jaíba-MG.

Identificação	PLANT A	Altura	número de ramos
T1	1	2,56	10
T1	2	2,74	8
T1	3	2,67	11
T1	4	3,2	10
T1	5	2,43	9
T1	6	2,87	10
T1	7	2,31	7
T1	8	2,23	11
T1 ¹	9	2,61	9
T1	10	2,56	9
T2	1	2,56	10
T2 ¹	2	2,74	9
T2	3	2,67	10
T2	4	3,20	10
T2	5	2,54	9
T2	6	2,87	10
T2	7	3,10	8
T2	8	2,43	10
T2	9	2,61	9
T2	10	2,56	9
T3	1	2,87	7
T3	2	2,81	8
T3	3	2,83	10
T3	4	2,61	9
T3	5	2,56	10
T3	6	2,73	9
T3	7	2,87	8
T3	8	2,22	7
T3	9	2,45	9
T3 ¹	10	2,63	9
T4	1	2,67	11
T4 ¹	2	2,54	11
T4	3	2,48	14
T4	4	2,32	10
T4	5	2,67	9
T4	6	2,45	11
T4	7	2,78	12
T4	8	2,34	10
T4	9	2,68	9
T4	10	2,66	11
T5	2	2,32	16
T5	3	2,56	14
T5	4	2,32	15
T5	5	2,67	16
T5	6	2,79	14
T5 ¹	7	2,53	13
T5	8	2,34	11
T5	9	2,68	14
T5	10	2,66	11

T6 ¹	1	2,54	14
T6	2	2,35	16
T6	3	2,45	13
T6	4	2,30	15
T6	5	2,67	16
T6	6	2,69	16
T6	7	2,58	13
T6	8	2,44	12
T6	9	2,78	15
T6	10	2,56	12
T7	1	4,38	12
T7	2	5,34	11
T7	3	5,32	10
T7 ¹	4	4,91	13
T7	5	4,98	14
T7	6	4,23	13
T7	7	4,56	14
T7	8	4,78	13
T7	9	4,78	14
T7	10	5,56	11
T8 ¹	1	5,25	12
T8	2	5,24	12
T8	3	5,32	11
T8	4	5,23	13
T8	5	5,23	13
T8	6	5,23	12
T8	7	5,56	12
T8	8	5,28	11
T8	9	5,18	13
T8	10	4,97	10
T9	1	5,61	12
T9	2	5,1	13
T9	3	5,92	12
T9 ¹	4	5,43	13
T9	5	5,35	12
T9	6	5,62	12
T9	7	5,76	13
T9	8	5,28	12
T9	9	5,28	14
T9	10	5,1	11

¹ Planta média utilizada para coleta dos dados