

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Solos  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

633.851  
R1657  
2010

Embrapa Amazônia Ocidental  
SIN - BIBLIOTECA

# Zoneamento Agroecológico, Produção e Manejo para a Cultura da Palma de Óleo na Amazônia

Editores Técnicos

**PARTE I – Zoneamento Agroecológico para a Cultura da Palma de Óleo  
(Dendezeiro) nas Áreas Desmatadas da Amazônia Legal**

Antonio Ramalho Filho  
Paulo Emílio Ferreira da Motta

**PARTE II – Produção e Manejo Sustentáveis para a Cultura da Palma de Óleo  
(Dendezeiro) na Amazônia**

Pedro Luiz de Freitas  
Wenceslau Gerales Teixeira

Embrapa Solos  
Rio de Janeiro - RJ  
2010

# Características físicas do solo adequadas para implantação e manutenção da cultura de palma de óleo na Amazônia

*Wenceslau Gerales Teixeira, Omar Cubas,  
Gilvan Coimbra Martins, Pedro Luiz de Freitas,  
Maria do Rosário Lobato Rodrigues e Antonio Ramalho Filho*

## 1. Introdução

A palma de óleo (dendzeiro) destaca-se, entre as oleaginosas perenes, como a de maior potencial para suprir a demanda de óleos vegetais no Bioma Amazônia. Considerada a planta com o maior potencial de produção de óleo no Brasil, pode atingir produtividade anual de 4 a 6 t óleo.ha<sup>-1</sup>. Uma das vantagens da cultura é sua longa vida útil econômica, que pode chegar até 30 anos, com a produção distribuída durante todo o ano. O manejo do palmar (dendzeal) é capaz de absorver grande quantidade de mão de obra, criando um emprego direto a cada 5 hectares de plantio (BARCELOS et al., 1999).

A cultura da palma de óleo tem o potencial de aproveitar áreas já desmatadas, tornando-as produtivas com reduzido impacto ambiental devido ao caráter de cultivo permanente e à cobertura permanente do solo nas entrelinhas, seja por leguminosas, gramíneas ou mesmo por cultivos intercalares. Nos períodos iniciais de implantação da cultura, a associação

com outros cultivos assume especial importância nos sistemas de agricultura familiar tendo em vista o retorno econômico nos primeiros anos de plantio.

O bom estabelecimento, o desenvolvimento e a produtividade da palma de óleo são influenciados pelas suas características genéticas, que sofrem influências das condições pedológicas, climáticas e de manejo da cultura.

As condições climáticas exercem uma forte influência sobre a dinâmica dos fluxos de água e de nutrientes do solo para as raízes da palma de óleo, sendo a capacidade de armazenamento de água do solo um dos principais fatores para a garantia de elevadas produtividades. Para um bom rendimento, a cultura da palma de óleo exige precipitações regulares e ausência de estação seca prolongada. Condições climáticas para o desenvolvimento ótimo da cultura de palma de óleo são apresentadas por Corley e Tinker (2003), Bastos et al. (2001), Hartley (1970) e Müller (1980).

Neste capítulo, são apresentadas as características físicas do solo que determinam a dinâmica dos fluxos de água e de

nutrientes e a capacidade de retenção de água no solo, a disponibilidade de água para as plantas de palma de óleo e suas interações com as condições climáticas (precipitação, radiação solar e evapotranspiração da palma de óleo e das culturas de cobertura do solo), que definem a conservação e a necessidade de drenagem do solo.

---

## 2. Condições climáticas e disponibilidade de água no solo para a cultura de palma de óleo

Os requerimentos ideais para a boa produtividade da palma de óleo são precipitações anuais superiores a 2000 mm, sem meses com déficit hídrico intenso e com pelo menos 100 mm de precipitação mensal (HARTLEY, 1970). A precipitação e sua distribuição temporal é apenas um dos fatores a serem analisados na disponibilidade de água. As variações interanuais (médias de precipitação anual) e intra- anuais (média de precipitações mensais), em combinação com estimativas da Evapotranspiração (EVT) e do balanço hídrico, determinam a aptidão climática quanto à disponibilidade de água.

Estudos de aptidão climática e de balanço hídrico para o Estado do Pará foram realizados por Bastos et al. (2001). Para o Brasil, foram realizados estudos pelo *Institut de Recherche pour Les Huiles et Oleagineux* (IRHO) e, mais recentemente, esses estudos e os déficits hídricos estimados para a Amazônia Legal foram utilizados para a classificação da aptidão das terras para a cultura de palma de óleo apresentadas neste livro.

A EVT potencial de um palmar foi estimada para condições em que não haja limitação de fornecimento de água pelo solo, assumindo um valor médio de 3,3 mm.dia<sup>-1</sup> para palmares com um a três anos e valores médios de 5 a 6 mm.dia<sup>-1</sup> para palmares na fase adulta. Esse valor pode se elevar até 10 mm.dia<sup>-1</sup> em condições extremas (CORLEY e TINKER, 2003).

Além das condicionantes atmosféricas, a EVT de uma palma de óleo é condicionada pela disponibilidade de água no solo. Com a redução da umidade, a água retida no solo em poros de menor diâmetro equivalente tem aumentada sua energia potencial, conseqüentemente diminuindo a capacidade de extração de água até a parada de absorção pelas raízes da palma de óleo.

A água potencialmente disponível no solo para absorção pelas raízes poderá ser "perdida" por percolação abaixo da zona de absorção das raízes devido à evaporação direta da superfície do solo ou à EVT das plantas de cobertura, invasoras ou consorciadas. A limitação e a competição pela água feita pelas plantas intercalares em um palmar é uma questão complexa e dependente de condicionantes da espécie utilizada, das condições climáticas e das características do solo. Teoricamente, plantas intercalares também podem ser utilizadas em áreas muito úmidas para a redução da umidade do solo. Entretanto, tendo em vista o intenso sombreamento nas entrelinhas de um palmar adulto, observa-se praticamente apenas o crescimento de pteridófitas (musgos e samambaias), especialmente na Amazônia Central.

O balanço hídrico de uma área cultivada, como um palmar, é dado pelo balanço de massa entre as entradas (chuva e irrigação) e saídas de água (EVT, escoamento superficial e perda por percolação profunda). Um dos pontos cruciais para a estimativa do balanço hídrico se refere à capacidade de armazenamento de água no solo,

considerando a profundidade na qual o sistema radicular poderá absorver água sem reduções significativas de produtividade.

A umidade que o solo atinge, após cessar a drenagem pelos macroporos, é conhecida como umidade na Capacidade de Campo (CC). Sua definição é controversa, mas consiste basicamente na umidade do solo após este ter sido saturado e o fluxo da água ter praticamente cessado pelas forças gravitacionais. Essa umidade pode variar entre 15% e 45% para solos mais arenosos e mais argilosos, respectivamente. O Ponto de Murcha Permanente (PMP) pode ser resumido como a umidade na qual as plantas não conseguem mais absorver água do solo devido à elevada energia com que esta se apresenta. Esse valor é determinado com equipamentos especiais em laboratório e varia entre 7% e 25%, entre solos arenosos e muito argilosos.

A quantidade de água retida entre CC e PMP é conhecida como Água Disponível (AD). A quantidade de água disponível num solo é dependente de sua estrutura, textura e mineralogia. Esse valor pode ser alterado com o manejo do solo. Na maioria dos casos, ocorre uma redução da porcentagem de AD pela redução da porosidade e da umidade na CC causada por reduções do espaço poroso (compactação). A redução do tamanho dos poros faz com que a água seja retida no solo com maior energia, e a habilidade das raízes da palma de óleo em absorver a água do solo depende mais do potencial da água do que de sua quantidade total (TINKER e NYE, 2000). Essa relação entre potencial de água no solo e quantidade de água no solo é conhecida como Curva de Retenção de Umidade do solo (CRU). A relação (CRU) é governada, na maior parte, por forças capilares causadas pelos poros do solo no qual a água está armazenada. Solos com elevada quantidade de microporos apresentam um grande percentual de água com elevada energia

e são de mais difícil absorção pelas raízes das plantas de palma de óleo.

A Capacidade de Água Disponível (CAD) de um solo é a fração da água presente no solo que se encontra em condições de ser absorvida pelas raízes. Em geral, é o armazenamento possível de água, calculado pela diferença entre a umidade na CC e a umidade no PMP, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular.

O valor máximo de umidade que um solo pode atingir é conhecido como umidade de saturação. Isso ocorre quando todo o espaço poroso do solo está preenchido com água. A saturação do solo acontece muito raramente em condições de campo, sendo observada em locais que apresentam boa drenagem apenas quando ocorrem precipitações muito intensas, acima da capacidade de infiltração do solo. Um palmar bem manejado e com solo bem drenado, mesmo após intensas precipitações, não ficará saturado por um longo período. A boa drenagem do solo se dá quando há manutenção da estrutura que forma o espaço poroso, o qual regula os processos de aeração e drenagem do solo.

Após uma chuva ou irrigação, a drenagem é governada basicamente pela força gravitacional que atua efetivamente nos macroporos (poros com diâmetro equivalente maior que 50  $\mu\text{m}$ ). Nos poros de menor diâmetro (meso e microporos), as forças capilares e de adsorção é que controlam a velocidade do fluxo de água e a sua capacidade de drenagem. Em solos com grande percentual do espaço poroso com poros de pequeno diâmetro (microporos) e de textura argilosa, grande parte da água é retida por forças de adsorção que ocorrem entre as moléculas de água e a superfície das partículas (minerais de silte e argila, grãos de areia e frações orgânicas). Essa água retida por forças de adsorção ou forças capilares muito intensas é praticamente indisponível para a palma de óleo

e pode representar um grande percentual do total de água no solo. Nos Latossolos Amarelos muito argilosos da Amazônia Central, a água acima do PMP (praticamente indisponível às plantas) atinge valores de cerca de 20% a 25% da água total do solo (TEIXEIRA, 2001). Nos Latossolos Amarelos de textura média e arenosa da região de cultivo de palma de óleo no Estado do Pará, esses valores são de aproximadamente 15 a 20% (VIEIRA e SANTOS, 1987).

A geometria poral dos solos tropicais é bastante intrincada e faz com que o processo de transferência de água dos poros do solo para as raízes das plantas seja um processo bastante complexo, variável de acordo com as características do solo e as alterações causadas na porosidade pelo manejo. A compactação do solo causa a redução da porosidade total ou a redução do tamanho médio dos poros do solo (TEIXEIRA, 2001).

Caliman et al. (1990a), trabalhando em palmares na Costa do Marfim, observaram que a compactação do solo reduziu entre 20 e 30% a produtividade devido à menor retenção de água nos horizontes superficiais do solo. Para o cultivo da palma de óleo em áreas sujeitas a déficit hídrico (áreas em que o total de água que entra é menor que a quantidade total de água perdida pela EVT), é recomendável o plantio em solos que apresentem maior capacidade de armazenamento de água (normalmente os mais argilosos), em combinação com o uso de práticas culturais que visem reduzir a competição por água nos horizontes superficiais do solo. Nessas regiões, recomenda-se evitar a competição pela água, principalmente nos períodos de déficit hídrico, pelos cultivos intercalares. Entretanto, o uso de cultivo intercalar com espécies de ciclo curto, favorecendo a conservação de água no solo principal-

mente através da ação da cobertura do solo pelos restos culturais, pode reduzir o déficit hídrico. Em casos de regiões com déficit hídrico severo, o cultivo da palma de óleo só será viável com o fornecimento de água via irrigação. A irrigação nos palmares foi estudada durante doze anos na Costa do Marfim (PRIoux et al., 1992). Os resultados mostraram que, nas áreas irrigadas, foram obtidas produções médias de 22 toneladas de cachos e 5 toneladas de óleo por hectare ao ano, mostrando um ganho maior que 20% em relação à testemunha não irrigada.

No Brasil, são poucos os estudos de produção de palma de óleo irrigada. Na região de Açar (PA), foi feito um estudo no qual se verificou um aumento no número de cachos nas parcelas irrigadas que não se refletiram em aumento significativo da produção (VEIGA et al., 2001). Estão em andamento estudos feitos pela Embrapa, com resultados ainda incipientes, mas promissores, do cultivo de palma de óleo sob condições irrigadas nos cerrados do Brasil Central e de Roraima.

As horas de brilho solar devem ser superiores a  $1500 \text{ h ano}^{-1}$  (HARTLEY, 1970; MÜLLER, 1980). A baixa radiação solar pode reduzir a taxa fotossintética e alterar a maturação dos cachos, reduzindo a percentagem de óleo no fruto (DUFRENE e SAUGIER, 1993). A intensidade da radiação solar num determinado local é fundamental para altas produtividades. Corley e Tinker (2003) relatam que a incidência deverá ser maior que  $20 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . Este fator também está relacionado com a EVT do cultivo, cuja taxa é condicionada não só pela intensidade solar, como também pelos fatores temperatura, ventos e disponibilidade de água no solo.

### 3. Aspectos de diferentes classes de solo e da granulometria no desenvolvimento da palma de óleo

A palma de óleo se desenvolve bem em condições edáficas muito diversas, podendo se adaptar a solos distróficos (a saturação por bases no complexo de troca de cátions é menor que 50%), desde que corrigidos, adubados e manejados criteriosamente (VIÉGAS e BOTELHO, 2000). Entretanto, solos férteis terão custos reduzidos de adubação e, potencialmente, maior produtividade.

Na Amazônia brasileira, a palma de óleo vem sendo cultivada principalmente nos Latossolos Amarelos de textura média na região Bragantina e nos Latossolos Amarelos de textura argilosa na região de Manaus. Ambos os solos são distróficos, além de deficientes em fósforo e na maioria dos principais nutrientes (magnésio, potássio, cálcio e boro). Trabalhos conduzidos em Belém (PACHECO et al., 1985) e em Manaus (RODRIGUES et al., 1997) demonstraram que o fósforo foi o elemento mais limitante para o desenvolvimento e a produção de palma de óleo nesses locais.

Os Latossolos, nas suas condições originais, normalmente apresentam boas características físicas, sendo, entretanto, suscetíveis à compactação e à degradação da estrutura do solo. Paradoxalmente, os Latossolos Amarelos da região Bragantina, no Pará, apesar de apresentarem o predomínio de partículas minerais na fração areia, apresentam uma reduzida drenagem em relação aos Latossolos Amarelos argilosos ou muito argilosos bem estruturados da Amazônia Central, que apre-

sentam uma boa drenagem. Peralta et al. (1985) e Calliman et al. (1990b) concluíram que a manutenção das características físicas do solo num palmar pode contribuir de modo significativo para o aumento dos rendimentos devido à melhor eficiência de utilização dos adubos.

A palma de óleo apresenta melhores produtividades em solos com profundidade efetiva maior que 1,0 m e não compactados ou densos naturalmente. O sistema radicular fasciculado da palma de óleo é sensível a solos compactados (OLLAGNIER et al., 1970; CALLIMAN et al., 1990a), apresentando uma acentuada redução de crescimento quando cultivado nessas condições.

A presença de alguma camada de impedimento, como ocorre em alguns Plintossolos (solos que apresentam horizontes plíntico ou petroplíntico, caracterizados pela presença de uma camada de concreções) e Espodossolos (solos que apresentam horizonte espódico, muitas vezes endurecido pela cimentação de óxidos de ferro e alumínio), pode também limitar o estabelecimento e a produtividade da palma de óleo. A presença de grandes quantidades de concreções endurecidas (petroplintita) reduz o volume de solo para exploração das raízes e também a capacidade de armazenamento de água no solo, dado que normalmente as petroplintitas não possuem baixa porosidade. Entretanto, se a quantidade de petroplintita não for excessiva e as propriedades da massa de solo forem adequadas, esses solos podem ser parcialmente aptos, como ocorre em algumas áreas no estado do Pará. Em regiões onde ocorrem os Plintossolos, é necessário um estudo mais detalhado sobre a profundidade em que se encontram as camadas de impedimento e sua influência na redução da drenagem.

Regiões com predomínio de solos arenosos, como Espodossolos e Neossolos quartzarênicos, serão consideradas

inaptas ou terão aptidão marginal, tendo em vista, entre outras limitações, a baixa retenção de umidade. Solos com profundidade efetiva menor que 45 cm são considerados inaptos para a palma de óleo. Contudo, há relatos de palmares na Ásia com boa produtividade em solos de baixa profundidade efetiva (50 cm de profundidade) e em solos turfosos, desde que com bom suprimento de água e nutrientes (CORLEY e TINKER, 2003).

Os solos de textura arenosa, devido à baixa retenção de água e à drenagem excessiva, e os de textura muito argilosa e argilosos maciços, que apresentam reduzida drenagem, são considerados com aptidão marginal. A palma de óleo tolera, apenas por um curto período, a deficiência de oxigênio (hipoxia), geralmente relacionada a áreas encharcadas; em áreas de baixa permeabilidade ou sujeitas a inundações, é necessária a construção de sistemas de drenagem (LAUREZAL, 1980).

A boa drenagem do solo parece ser um fator crucial para o bom desenvolvimento da palma de óleo. Há uma confusão entre os problemas causados pelo excesso de água e o suprimento de oxigênio às raízes de plantas crescendo num solo. Solos saturados, cuja água apresenta oxigênio livre dissolvido, poderão não apresentar problemas quanto ao desenvolvimento da palma de óleo, que já foi cultivada com sucesso em experimentos de laboratórios em soluções nutritivas aeradas (ASSIS et al., 1996).

Entretanto, as raízes da palma de óleo são pouco tolerantes a condições de hipoxia no solo (CORLEY e TINKER, 2003). Em regiões de alta precipitação, como em parte da região Bragantina, no Pará, mesmo o uso de drenos poderá ser ineficiente para garantir uma boa aeração do solo. Algumas classes e horizontes de solos apresentam uma baixa condutividade hidráulica horizontal, fazendo com que os drenos funcionem com reduzida eficiência; con-

sequentemente, o solo poderá permanecer parcialmente saturado, mesmo com a presença de drenos. Nesses solos, uma rede densa de drenos pode ser necessária para efetivamente drenar e permitir a aeração do solo.

---

#### 4. Condições físico-hídricas do solo e sua relação com a incidência do amarelecimento fatal e o estado nutricional da palma de óleo

O avanço da cultura de palma de óleo no Brasil tem uma limitação causada pela incerteza do aparecimento da doença denominada Amarelecimento Fatal – AF. Há vários indícios de que essa doença seja um distúrbio fisiológico ou um ataque de patógenos secundários devido à predisposição causada por fatores abióticos (BERGAMIN FILHO et al., 1998; LARANJEIRA et al., 1998; FRANQUEVILLE, 2001; CHINCHILLA, 2008).

A ocorrência do AF foi verificada em várias classes de solos na América Latina (FRANQUEVILLE, 2001). Diversas pesquisas já foram realizadas para tentar relacionar as características físicas e hídricas do solo com a ocorrência do AF (RODRIGUEZ et al., 2000; HARTLEY, 1970) e as possíveis interações entre as características físicas e químicas do solo nos palmares (BOARI, 2008; CHINCHILLA, 2008). Contudo, os resultados não foram conclusivos, apenas indicativos de que uma reduzida drenagem pode ocasionar o AF (BERNARDES, 2000; BERGAMIN FILHO et al., 1998).

As condições de drenagem e aeração do sistema radicular do solo são propriedades dinâmicas que se alteram continua-

mente com as condições do ambiente. As condições microclimáticas de um palmar refletem na capacidade de EVT e evaporação da água no solo (CABRAL, 2000), num intrincado processo dinâmico no qual as condições de umidade do solo influirão na capacidade de infiltração e transmissão da água dentro do perfil do solo. As características da chuva que incide em determinada região, incluindo sua intensidade, quantidade e duração, influirão, por sua vez, no enchimento dos poros do solo, numa competição com o ar do solo. O diâmetro dos poros influenciará as condições de energia em que a água fica retida. Em algumas situações de manejo de solos tropicais, o espaço poroso total do solo não se altera, mas ocorrem mudanças na distribuição de frequência de poros por tamanho. O aumento da quantidade de poros de pequenos diâmetros (microporos) causa alterações drásticas nos fluxos de água e de ar no solo (TEIXEIRA, 2001).

Atualmente, encontra-se em andamento um projeto que avalia a hipótese de o AF ser provocado por uma redução na porosidade de aeração e, conseqüentemente, na condutividade hidráulica do solo, o que causaria uma diminuição temporária do potencial de oxirredução do solo. Isso acarretaria alterações na composição dos íons na solução do solo, especialmente nas formas iônicas reduzidas de ferro, manganês, nitrogênio e enxofre. Aparentemente, essas alterações estariam produzindo distúrbios fisiológicos que se iniciam no sistema radicular e ocasionam uma predisposição da palma de óleo ao AF.

## 5. Referências bibliográficas

ASSIS, R. P.; CARVALHO, J. G.; PAULA, M. B.; VIÉGAS, I. J. M.; ASSIS, M. P. Teores de nutrientes na parte aérea do dendezeiro em função de diferentes relações entre K, Ca e Mg na solução nutritiva. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., Manaus, 1996. **Resumos expandidos**. Manaus: SBCS, 1996. p. 662-663.

BARCELOS, E.; RODRIGUES, F. M.; MORALES, E. A. V. **Dendeicultura: alternativa para o desenvolvimento sustentável no Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. 19 p.

BASTOS, T. X.; MÜLLER, A. A.; PACHECO, N. A.; SAMPAIO, S. M. N.; ASSAD, E. D.; MARQUES, A. F. S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendezeiro no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 564-570, 2001.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; LARANJEIRA, F. F.; BERGER, R. D.; HAU, B. Análise temporal do amarelecimento fatal do dendezeiro como ferramenta para elucidar sua etiologia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 391-396, 1998.

BERNARDES, M. S.; VEIGA, A. S.; RAMOS, E. A doença de raiz amarelecimento fatal do dendezeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 33., Belém, 2000. **Resumos...** Belém: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2000. p. 454.

BOARI, A. **Estudos realizados sobre o amarelecimento fatal do dendezeiro (Elaeis guineensis Jacq.)**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 2008. 62 p.

CABRAL, O. M. R. Microclima de dendezais na Amazônia Ocidental. In: VIÉGAS, I. J. M.; MÜLLER, A. A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa, 2000.

CALIMAN, J. P.; CONCARET, J.; AUBRY, M. Subsoiling in oil palm plantations: description of an adapted tool and conditions for its use. **Oleagineux**, v. 45, n.8-9, p. 391-392. 1990a

CALIMAN, J. P.; CONCARET, J.; OLIVIN, J.; DUFOUR, F. Maintenance of physical soil fertility under oil palm in humid tropical regions. **Oleagineux**, v. 45, n. 3, p. 109-110.1990b

CHINCHILLA, C. The many faces of spear rots in Oil Palm: the need for an integrated management approach. **ASD Oil Palm Papers**, v. 32, p.1-25, 2008.



- CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. **The oil palm**. 4. ed. Oxford: Blackwell Sciences, 2003. 562 p.
- DUFRENE E.; SAUGIER, B. Gas exchange of oil palm in relation to light vapour pressure deficit, temperature and leaf age. **Functional Ecology**, v. 7, p. 97-104. 1993.
- FRANQUEVILLE, H. **Oil palm bud rot in Latin America**: preliminary review of established facts and achievements. Montpellier: CIRAD - Buro-Trop, 2001. 33 p.
- HARTLEY C. W. S. **The oil palm** (*Elaeis guineensis* Jacq). London: Longman. 1970. 706 p.
- LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM L.; BERGER, R. D.; HAU, B. Análise espacial do amarelimento fatal do dendezeiro como ferramenta para elucidar sua etiologia. **Fitopatologia Brasileira**. v. 23, n. 3; p. 397-403, 1998.
- LAUREZAL, A. Les sols d'Amérique latine et la culture du palmier à huile: mise en valeur. Aménagement: fertilization et potencial de production. **Oleagineux**, v. 35, n.11, p. 477-490, 1980.
- MÜLLER, A. A. **A cultura de dendê**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1980. 23 p.
- OLLAGNIER M.; OCHS, R.; MARTIN, G. Adubação do dendezeiro no mundo. **Fertilité**, Paris, v. 36, n. 2, p. 3-64. 1970.
- PACHECO, A. R.; TAILLIEZ, B. J.; SOUZA, R. L. R. de; LIMA, E. J. de. Les deficiences minerales du palmier à huile (*E. Guineensis* Jacq.) dans la region de Belém, Pará (Bresil). **Oleagineux**, v. 40, n.4, p. 295-309, 1985.
- PERALTA, F.; VÁSQUEZ O.; RICHARDSON D. L.; ALVARADO, A.; BORNEMISZA, E. Effect of some soil physical characteristics on yield, growth and nutrition, of the oil palm in Costa Rica. **Oleagineux**, v. 40, n. 8-9, p. 423-430, 1985.
- PRIoux, G.; JACQUEMARD, J. C.; FRANQUVILLE, H.; CALIMAN, J. P. 1992. Oil palm irrigation. Initial results obtained by PHCI (Ivory Coast). **Oleagineux**, Paris, v. 47, n. 8-9, p. 497-509, 1992.
- RODRIGUES, M. R. L.; MALAVOLTA, E. ; CHAILARD, H. La fumure du palmier à huile en Amazonie centrale résilienne. **Plantations, recherche, développement**. v. 4, n.6, p. 392-400, 1997.
- RODRIGUEZ, T. E.; VIÉGAST. J. M.; TRINDADE D. R.; MARTINS E SILVA, H.; FRAZÃO, D. A. C.; CORDEIRO, R. A. M. Influência das propriedades físicas do solo na ocorrência do amarelecimento fatal do dendezeiro. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL AGRONEGÓCIO DO DENDÊ. Belém, PA, 2000. **Uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia**. Belém, PA, Embrapa Amazônia Oriental, 2000.
- TEIXEIRA, W.G. Land use effects on soil physical and hydraulic properties of a clayey Ferralsol in the Central Amazon. **Bayreuther Bodenkundliche Berichte**, v. 72, p. 1-255, 2001.
- TINKER, P. B.; NYE, P. H. **Solute movement in the rhizosphere**. Oxford: University Press, 2000, 444 p.
- VEIGA, A. S.; SININBU, S. do E. S.; RAMOS, RAMOS, E. J. **Irrigação em dendezeiros na região do Acajá, Pará**. Belém: DENPASA, 2001. 34 p.
- VIÉGAS, I. de J. M.; BOTELHO, S. M. Nutrição e adubação do dendezeiro. In: VIEGAS, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. (Org.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA - CPATU, 2000, p. 229-273.
- VEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. D. **Amazônia**: seus solos e outros recursos naturais. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1987. 417 p.