

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL

The seal of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central figure of a person, possibly a scholar or a worker, surrounded by a laurel wreath. Above the figure are three stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written along the top inner edge of the circle, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written along the bottom inner edge. Two small dots are positioned on the left and right sides of the circle.

**DINÂMICA DA ÁGUA E NUTRIENTES NA SOLUÇÃO DO  
SOLO EM UM DENDEZAL (*Elaeis guineensis* Jacq.) NA  
AMAZÔNIA CENTRAL**

**OMAR CUBAS ENCINAS**

MANAUS, AM  
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL

**OMAR CUBAS ENCINAS**

**DINÂMICA DA ÁGUA E NUTRIENTES NA SOLUÇÃO DO  
SOLO EM UM DENDEZAL (*Elaeis guineensis* Jacq.) NA  
AMAZÔNIA CENTRAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Wenceslau Geraldes Teixeira

Co-orientador: Dr. Wanderlei Antônio Alves de Lima

MANAUS, AM  
2016

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

E56d Encinas, Omar Cubas  
Dinâmica da água e nutrientes na solução do solo em um  
dendezal (*Elaeis guineenses* Jacq.) na Amazônia Central / Omar  
Cubas Encinas. 2016  
143 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Wenceslau Geraldês Teixeira  
Coorientador: Wanderlei Antônio Alves de Lima  
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal  
do Amazonas.

1. Palma de óleo. 2. lixiviação. 3. balanço hídrico. 4.  
evapotranspiração. 5. potencial matricial. I. Teixeira, Wenceslau  
Geraldês II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

**OMAR CUBAS ENCINAS**

**DINÂMICA DA ÁGUA E NUTRIENTES NA SOLUÇÃO DO SOLO EM UM DENDEZAL (*Elaeis guineensis* Jacq.) NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Aprovado em 27 de julho de 2016

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Wenceslau Geraldes Teixeira, Presidente  
Embrapa solos/RJ**

**Prof. Dr. Jean Dalmo de Oliveira Marques, Membro  
Instituto Federal do Amazonas**

**Profa. Dra. Maria do Rosário Lobato Rodrigues, Membro  
Embrapa Amazônia Ocidental**

**Prof. Dr. Newton Paulo de Souza Falcão, Membro  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**

**Prof. Dr. Hedinaldo Narciso Lima, Membro  
Universidade Federal do Amazonas**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Wenceslau Geraldes Teixeira, por sua solidariedade e por ter me ajudado quando precisei; por sua orientação, apoio, estímulo, compreensão, paciência, disponibilidade, agilidade, desprendimento, positividade, simplicidade, e, sobretudo pelo incentivo e sua amizade. Sou-lhe muito grato;

Ao meu Co-orientador, Dr. Wanderlei Antônio Alves de Lima, por sua valiosa contribuição no desenvolvimento da pesquisa, orientação e apoio na discussão do trabalho;

Ao Dr. Alexandre Ortega da Embrapa solos, pelo apoio e orientação na instalação dos equipamentos e processamento dos dados;

Ao Dr. Savio Filgueiras Ferreira do INPA, pelo apoio e orientação no processamento dos dados;

A Embrapa CPAA/Solos, pela infraestrutura concedida e as análises realizadas;

À Universidade Federal do Amazonas, especialmente, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, por possibilitar a realização desse trabalho;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, pelos ensinamentos e conhecimentos adquiridos ao longo destes quatro anos de doutorado;

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo ao Doutorando;

Aos amigos do Laboratório de Análise de Solos e Plantas da Embrapa Amazônia Ocidental Estevão e Taveira, obrigado por tudo;

Ao pessoal do Campo Experimental do Rio Urubu CERU – EMBRAPA CPAA. Especialmente ao James, Bruno, João, Magno, Ricardo, Osmar, Urbano e aos motoristas Cleiton, Luís e Pedro pelo apoio e auxílio no campo;

A minha filha Sonia Kasandra Hidalgo Cubas, pela compreensão das minhas ausências e que apesar da tua curta idade, podes entender os sacrifícios da vida;

A minha esposa Johana Shulier Hidalgo Rojas, pelo amor, paciência, motivação, dedicação, compreensão e por ser pai e mãe da nossa she she nas minhas ausências.

À minha família, especialmente aos meus pais Mario Cubas Sisley e Sonia Encinas Godoy, aos meus queridos irmãos Christian, Sandro e David, e a minha cunhada Mariela, por todo o apoio recebido ao longo destes anos;

A minha querida amiga Adriana Costa Gil de Souza e à sua maravilhosa família, em especial a Dona Ana que descansa em paz. Só a gente sabe o quanto a senhora fez por nós, somos muito gratos por tudo e ficara guardado em nossos corações;

A meu querido amigo e brother Rodrigo Santana Macedo, pelo apoio, incentivo e disponibilidade nos momentos mais difíceis nesta etapa de vida;

A meu amigo Tony Vizcarra Bentos, pela amizade, incentivo na realização deste trabalho e a discussão estatística deste trabalho;

A meu amigo Jorge Gallardo e à sua família, por todo o apoio brindado ao longo destes anos e a sincera amizade;

A todos os conterrâneos, amigos e colegas que fizeram mais amena todos estes anos no Brasil: Erick Oblitas, Pedro Bracamonte, Gilson, Roberto Rojas, Elvis, Ruby e seu esposo Bosco, Fralex, Piña, Felipe;

A todos aqueles que de uma forma u outra contribuíram com a realização deste trabalho;

E por ultimo, mas, não por isso menos especial, quero agradecer a Deus e à vida por permitir compartilhar parte da minha existência com vocês!!!

**AGRADEÇO!!!!**

## RESUMO

O conhecimento das propriedades hídricas dos solos é uma premissa para quantificação do balanço hídrico, que é dado pelo balanço de massa entre as entradas (chuva e irrigação) e saídas de água: evapotranspiração, escoamento superficial e perda por percolação profunda. Na Amazônia Ocidental pouco se conhece a respeito da dinâmica da água e nutrientes na solução do solo, principalmente em dendezaís. Os trabalhos existentes limitam-se a algumas áreas de florestas primária, secundárias, manejadas, sistemas agroflorestais, áreas degradadas e pastagens. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do uso do solo e as variações temporais, decorrentes das condições climáticas na dinâmica dos nutrientes na solução do solo (SS) e da água sob um dendezal (DD) e uma floresta primária (FP). O experimento foi instalado em julho de 2013 e conduzido até junho de 2015, no campo experimental do Rio Urubu, CERU – Embrapa, no município de Rio Preto da Eva. Foram instalados em campo dois equipamentos de coleta automática de solução do solo, para avaliar a dinâmica dos cátions na SS num dendezal e numa floresta primária em três profundidades (20, 40 e 100 cm). Dentro do dendezal, também foram instalados sensores de umidade, temperatura e potencial matricial do solo em duas profundidades (20 e 60 cm), além de um pluviômetro para registrar a precipitação dentro do dendezal. Ao mesmo tempo foi instalada uma estação micrometeorológica fora do dendezal com sensores de umidade, temperatura, vento e radiação solar, além de um pluviômetro para registrar a precipitação total e armazenar os dados a cada hora. A micro estação também registrava dados de umidade, temperatura e potencial matricial do solo, através de sensores que foram instalados a 20 e 60 cm de profundidade no solo, em uma trincheira aberta a 4 m de distância da estação. Todos estes dados foram utilizados para estimar a evapotranspiração, o balanço hídrico do dendezal e a dinâmica da água. Amostras de solo com estrutura deformada e indeformada também foram coletados para determinar características químicas, físicas e hídricas da área em estudo. O solo das duas áreas apresentam elevada retenção de água no ponto de murcha permanente ( $0,23 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) e baixa água disponível ( $0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Independentemente da profundidade, o pH da solução do solo nas duas áreas apresenta um padrão cíclico, tornando-se mais ácido na época chuvosa. A condutividade elétrica evidencia lixiviação e perda de nutrientes nos períodos de maior precipitação no DD do que na FP. O  $\text{K}^+$  foi o cátion que apresentou maior movimentação na SS no DD e o  $\text{Al}^{3+}$  na FP. O  $\text{Ca}^{2+}$  se apresenta em maior concentração na SS do DD, seguido do  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Na FP, o  $\text{Al}^{3+}$  se apresenta com a maior concentração,

seguido do  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e do  $Mg^{2+}$ . Dentre os elementos avaliados, os que apresentam menor concentração em ambas as áreas, foram o  $Fe^{2+}$  e o  $Mn^{2+}$ . A média diária da evapotranspiração do dendezeiro foi de 3,2 mm. Do total de água precipitada, 45% foi evapotranspirada pelo dendezeiro e 15% da foi retida pelo dossel e o estipe do dendezeiro. A área apresenta um déficit e um excedente hídrico de 13 e 1407 mm por ano. O conteúdo de água volumétrica observado nas profundidades de 20 e 60 cm indica uma elevada movimentação da água com elevada infiltração e drenagem no solo.

**Palavras-chave:** Palma de óleo, lixiviação, balanço hídrico, evapotranspiração, potencial matricial.

## ABSTRACT

The knowledge of the hydric properties of the soil is a premise to quantify the water balance, which is given by the mass balance between inputs (rain and irrigation) and outputs: evapotranspiration, runoff and deep percolation loss. In western of Amazon, little is known about the dynamics of water and nutrients in the soil solution, especially in oil palm plantations. The studies were limited to certain areas of primary and secondary forests, agroforestry, degraded areas and pastures. Therefore, this study aimed to evaluate the influence of land use (oil palm plantation, dendezal in portuguese - DD and primary forest - PF) and temporal variations, in the soil water content and in the concentration of some minerals in the soil solution (SS). The experiment were installed in July 2013 and conducted until June 2015, in the experimental station of the Urubu River, CERU - Embrapa in Rio Preto da Eva. Amazon state - Brazil. It were installed two automatic soil solution station, to collected semi-automatically the soil solution in the DD and PF at three depths (20, 40 and 100 cm). Within the oil pal plantation it was also installed soil moisture sensors, soil temperature and soil matrix potential sensors in two depths (20 and 60 cm), and a rain gauge to record rainfall. In the border of the DD and near the PF plot was installed an automatic micro weather station with hourly evaluation of air humidity, and temperature, velocity and direction of wind, solar radiation, and precipitation. The micro station also recorded data soil water content, soil temperature and soil matrix potential with sensors installed at 20 and 60 cm depth. These data were used to estimate evapotranspiration and hydric balance of oil palm plantation and the dynamics of soil water with time. Soil samples with deformed and non-deformed structure were also collected and analyzed to determine chemical, physical and hydric characteristics of the soil. The soil of the two land use systems studies showed high water retention in the permanent wilting point ( $0.23 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) and low available water ( $0.11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Regardless of the depth, the pH of the soil solution in the two areas has a cyclic pattern to become more acidic during the rainy season. The electrical conductivity indicated leaching and nutrient losses in the periods of greater precipitation in DD than in FP.  $\text{K}^+$  is the cation with the highest movement in the SS DD and  $\text{Al}^{3+}$  in FP.  $\text{Ca}^{2+}$  is present in higher concentration in the SS DD, followed  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$ . In FP,  $\text{Al}^{3+}$  is present in the highest concentration, followed  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$ . Among the elements evaluated, the lower concentration in the soil solution both areas were  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Mn}^{2+}$ . The average daily

evapotranspiration of oil palm was 3.2 mm. Of the precipitated water, 45% was evapotranspired by the oil palms and 15% was retained by the canopy and the stipe of the palm oil. The area has a deficit and water surplus of 13 and 1,407 mm per year, respectively. The volumetric water content observed at 20 to 60 cm depth indicates a high water movement with elevated infiltration rates.

**Keywords:** Oil palm, leaching, hydric balance, evapotranspiration, matric potential.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Campo Experimental do Rio Urubu (CERU - Embrapa Amazônia Ocidental), Rio Preto da Eva - AM. ....	32
Figura 2. A) Unidade de controle de vácuo (VS-Twin – UMS - Alemanha), B) Tubo com cápsula de cerâmica, C) Garrafas de armazenamento e caixas protetoras. ....	34
Figura 3. A) Distância entre os extratores e o estipe do dendezeiro; B) Profundidade de instalação dos extratores; C) Monitoramento da área de floresta primária; D) Cápsulas extratoras de solução do solo instaladas em arvores de 25 m de altura. ....	35
Figura 4. A) Coleta e fracionamento das amostras; B) Amostras identificadas para análise de pH e CE da solução do solo. ....	36
Figura 5. Micro estação meteorológica com sensor de temperatura e umidade do ar; velocidade e direção do vento; radiação solar e precipitação. CERU. ....	44
Figura 6. Monitoramento da precipitação e fatores microclimáticos do solo dentro do dendezal. CERU. ....	46
Figura 7. Esquema de instalação dos sensores (Us, Ts, PAs, PPI) instalados no dendezal. ....	46
Figura 8. A) Trincheira aberta com esquema de instalação dos sensores do solo (Us, PAs e Ts); B) Micro estação meteorológica e pluviômetro. CERU. ....	47
Figura 9. Precipitação mensal na área sob dendezeiros entre Agosto de 2013 a Julho de 2015. Campo Experimental do Rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA). Rio Preto da Eva - AM. ....	50
Figura 10. Variação quinzenal da precipitação e do pH da solução do solo sob dendezal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM. ....	61
Figura 11. Variação quinzenal da precipitação e da condutividade elétrica da solução do solo sob dendezal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM. ....	63
Figura 12. Variação quinzenal da precipitação e do íon de potássio na solução do solo sob dendezal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três	

repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM. ....	67
Figura 13. Variação quinzenal da precipitação e do íon de cálcio na solução do solo sob dendezal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM. ....	70
Figura 14. Variação quinzenal da precipitação e do íon de magnésio na solução do solo sob dendezal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM. ....	72
Figura 15. Variação quinzenal da precipitação e do íon de alumínio na solução do solo sob dendezal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM. ....	75
Figura 16. Variação quinzenal da precipitação e do íon de ferro na solução do solo sob dendezal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM. ....	77
Figura 17. Variação quinzenal da precipitação e do íon de manganês na solução do solo sob dendezal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM. ....	79
Figura 18. Precipitação diária durante o período de 13 de Julho de 2013 a 30 de Junho de 2015. Campo experimental do Rio Urubu – CERU. Rio Preto da Eva. AM. ....	81
Figura 19. Variação da evapotranspiração diária do dendezeiro (ETc) estimada pelo método FAO - Penman-Monteith, a partir dos dados climatológicos de uma micro estação meteorológica no Campo experimental do Rio Urubu – CERU. Rio Preto da Eva. AM. ....	82
Figura 20. Correlação entre a ETc estimada a partir de dados de uma micro estação e uma estação meteorológica automatizada do INMET RIO URUBU – Município do Rio Preto da Eva - AM. ....	85

Figura 21. Variação média diária da umidade volumétrica a 20 e 60 cm de profundidade do solo sob dendezeiros, Campo experimental do Rio Urubu – Embrapa CPAA. ....	89
Figura 22. Potencial da água no solo sob dendezeiros nas profundidades de 20 e 60 cm de profundidade. Campo experimental do Rio Urubu – Embrapa CPAA. ....	90
Figura 23. Média diária do armazenamento da água nas camadas de 0 – 40 e 40 – 80 cm do perfil do solo sob dendezal. Campo experimental do Rio Urubu – Embrapa CPAA. ....	91
Figura 24. Variação média diária da umidade volumétrica na camada de 0 - 20 cm de profundidade do solo no dendezal e na borda. Campo experimental do Rio Urubu – Embrapa CPAA. ....	92
Figura 25. Variação média diária da umidade volumétrica do solo na camada de 20 - 60 cm de profundidade na borda e no dendezal. CERU – Embrapa CPAA. ....	93

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Histórico de adubações de cobertura do dendezal – Campo Experimental do Rio Urubu - CERU.....	33
Tabela 2. Composição granulométrica dos solos sob um dendezal e sob floresta primária. Campo Experimental do Rio Urubu (CERU – Embrapa CPAA), Rio Preto da Eva – AM.....	51
Tabela 3. Densidade do solo, micro e macro porosidade, volume total dos poros do solo sob um dendezal e floresta primária. Campo Experimental do Rio Urubu (CERU – Embrapa CPAA), Rio Preto da Eva – AM.....	52
Tabela 4. Valores de retenção de água em um Latossolo Amarelo distrófico, muito argiloso, sob cultivo de dendezeiro e sob floresta primária. CERU – Embrapa, Rio Preto da Eva, AM. ....	55
Tabela 5. Características químicas do solo das áreas sob dendezeiros e sob floresta primária, Campo Experimental do Rio Urubu (CERU – Embrapa CPAA), Rio Preto da Eva – AM.....	58
Tabela 6. Valores médios, desvio padrão (DP), máximo (Max) e mínimo (Min) do pH e condutividade elétrica da solução do solo de áreas no dendezal e floresta primária em três profundidades. CERU – Embrapa, Rio Preto da Eva, AM. ....	64
Tabela 7. Valores médios, desvio padrão (DP), máximo (Max.) e mínimo (Min.) dos cátions na solução do solo sob dendezaís e floresta primária em três profundidades (20 cm, 40 cm e 60 cm). Campo Experimental do Rio Urubu - EMBRAPA CPAA, Rio preto da Eva – AM..	80
Tabela 8. Evapotranspiração da cultura (ETc), precipitação e porcentagem de chuva evapotranspirada em um dendezal e do INMET RIO URUBU. ....	84
Tabela 9. Componentes do balanço hídrico para a o dendezeiro, considerando 100% da água disponível no solo de textura muito argilosa (CAD = 100 mm). Campo Experimental do Rio Urubu – CERU/EMBRAPA CPAA – Município de Rio Preto da Eva - AM.....	87

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO .....	1
2.	REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....	5
2.1	A cultura do dendezeiro .....	5
2.1.1	Morfologia do dendezeiro.....	7
2.2	Requerimentos ecológicos do dendezeiro.....	12
2.2.1	Precipitação pluviométrica.....	12
2.2.2	Insolação .....	13
2.2.3	Temperatura .....	14
2.2.4	Solos .....	15
2.3	Evapotranspiração .....	17
2.4	Balanço hídrico .....	20
2.5	Dinâmica da água no solo .....	22
2.6	Solução do solo .....	25
3.	OBJETIVOS .....	31
3.1	Geral .....	31
3.2	Específicos .....	31
4.	MATERIAL E MÉTODOS .....	32
4.1	Caracterização e localização da área de estudo.....	32
4.2	Histórico do campo experimental do rio Urubu e de adubação do dendezal.....	33
4.3	Avaliação da dinâmica do pH, da condutividade elétrica e da concentração dos cátions na solução do solo sob dendezeiro e uma floresta primária.....	34
4.3.1	Amostragem da solução do solo e armazenamento.....	36
4.3.2	Amostragem do solo.....	36
4.3.3	Análise de solo .....	37
4.3.4	Granulometria .....	37
4.3.5	Densidade do solo ( $\rho_s$ ), volume total de poros (VTP), macroporos (Mp), microporos (Mip), retenção de água e água disponível (AD) .....	38
4.3.6	Retenção de água no solo.....	39
4.3.7	Análise química do solo.....	40
4.3.8	Análise da solução do solo.....	40
4.3.9	Delineamento Experimental.....	41

4.3.10	Análise estatística .....	41
4.4	Estimativa das taxas de evapotranspiração de dendzeiros .....	42
4.5	Estimativa do balanço hídrico em um plantio com dendzeiro .....	45
4.6	Avaliação da dinâmica e do armazenamento da água no solo sob dendzeiros.	48
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	50
5.1	Precipitação .....	50
5.2	Características físicas do solo .....	51
5.2.1	Textura .....	51
5.2.2	Densidade do solo, microporosidade, macroporosidade, volume total dos poros, retenção de água e quantidade de água disponível. ....	52
5.3	Parâmetros químicos do solo .....	56
5.4	Parâmetros químicos da solução dos solos .....	59
5.4.1	pH da solução do solo .....	59
5.4.2	Condutividade elétrica da solução do solo.....	62
5.4.3	Concentrações dos cátions na solução do solo: Potássio, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Ferro e Manganês .....	66
5.5	Estimativa das taxas de evapotranspiração do dendzeiro .....	81
5.6	Balanço hídrico em um plantio de dendzeiro .....	86
5.7	Avaliação da dinâmica e do armazenamento da água no solo sob dendzeiros.	89
6.	CONCLUSÕES .....	94
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	97
	APÊNDICE.....	110

## 1. INTRODUÇÃO

Considerada como a cultura de mais rápida expansão (FITZHERBERT et al., 2008) e de maior rendimento toneladas de óleo/ha (CORLEY & TINKER 2003), o dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) é uma oleaginosa cultivada em cerca de 15 milhões de hectares em todo o mundo (FAO 2015). Seu cultivo é realizado principalmente em países com clima tropical úmido, sendo a Indonésia e a Malásia os maiores produtores seguidos da Tailândia, Nigéria, Colômbia, Equador, Honduras, Brasil, Papua Nova Guine, dentre outros (FAO 2015).

O dendezeiro no Brasil é cultivado comercialmente nas regiões norte e nordeste, com grande potencial de expansão, sendo que o estado do Pará apresenta a maior produção (82%) seguida pelo estado da Bahia (17%). Contudo, o estado do Pará apresenta o maior potencial, devido à sua razoável infraestrutura e principalmente a suas condições edafoclimáticas favoráveis (VIEGAS et al., 2001). A dendeicultura é uma atividade agroindustrial que se caracteriza por contribuir ao desenvolvimento das regiões com clima tropical úmido com benefícios econômicos pela alta rentabilidade e geração de emprego, social pela fixação do homem no campo e ecológicos pela redução de impactos ambientais além de ser uma fonte de óleo vegetal, com potencial para substituir o óleo diesel (HOMMA et al., 2000).

Os dendezais cultivados em países com climas de tropico úmido, apresentam uma diversidade de condições edáficas e climáticas (CARVALHO 2000). Nos trópicos, 35% dos solos e 50% dos solos de América Latina estão representados pelos Latossolos (SZOTT et al., 1991), que segundo van WAMBEKE (1992), são solos pouco férteis (distróficos), com elevada acidez (HARTER 2007). No entanto, apresentam boas propriedades físicas, sendo em geral profundos e bem drenados (TEIXEIRA et al., 2010).

A cultura do dendezeiro desenvolve-se bem em condições edáficas diversas, podendo se adaptar a solos distróficos, desde que sua acidez e fertilidade sejam corrigidas através de corretivos e adubações adequadas (RODRIGUES et al., 2000; VIEGAS & BOTELHO 2000).

Nesse sentido, o uso de adubos é necessário para manter a produtividade e elevar os rendimentos desta cultura (CALIMAN et al., 1991; NG 2001). Entretanto, o uso de adubos minerais podem contribuir com a acidificação do solo, provocando uma queda do pH do solo (LUNGU & DYNOODT 2008; NELSON et al., 2010). Ao mesmo tempo, pode ocorrer perda total ou parcial de alguns nutrientes por lixiviação, devido às elevadas precipitações e taxas de percolação da solução do solo em algumas regiões (OMOTI et al., 1983), como a região Amazônica.

A lixiviação é definida como a translocação de solutos abaixo do sistema radicular, influenciada por fatores pedoclimáticos e pelo manejo do sistema solo-planta em agroecossistemas (OLIVEIRA et al., 2002). Os fatores que afetam a velocidade e a taxa total de íons lixiviados são: textura do solo, capacidade de troca catiônica e aniônica; taxa e volume total de precipitação; dose e tipo do adubo; solubilidade dos sais e afinidade dos íons para seus locais de adsorção no solo; presença de íon acompanhante; composição química de restos de culturas incorporadas ao solo e fatores microclimáticos como: temperatura do solo, umidade e aeração (CAMARGO, 2000).

A intensidade com que os nutrientes são removidos da solução do solo quer seja pela absorção pelas raízes das plantas ou pela imobilização por micro-organismos, também influencia as taxas de infiltração e de lixiviação (NG & DEVILLE 1984). Por outro lado, durante períodos chuvosos, grandes quantidades de água podem ser perdidas, através do escoamento superficial e percolação. O mesmo processo de perda de água também pode levar à perdas de grandes quantidades de nutrientes (TUNG et al., 2009).

Em sistemas de cultivo perenes, as altas precipitações em solos permeáveis, que são típicos de áreas nos trópicos úmidos, faz com que haja perdas de nutrientes por lixiviação (SCHROTH et al., 1999). Segundo FOONG (1991), as maiores perdas de nutrientes por lixiviação acontecem nos períodos de alta precipitação onde a percolação é alta e a

evapotranspiração é baixa. O mesmo autor menciona que as perdas por lixiviação em dendezaes adultos pode apresentar de 2% a 5% do adubo aplicado em um solo franco argiloso.

Estudos realizados em áreas de floresta primária e florestas alteradas na região de Manaus mostram valores mais elevados de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  na solução do solo no período chuvoso (FERREIRA et al., 2006), o que pode ser resultado da maior mineralização da matéria orgânica na época chuvosa (LUIZÃO & SCHUBART, 1987). Entretanto, alguns autores ressaltam que ainda faltam informações sobre as perdas de nutrientes por lixiviação em dendezaes nas condições de tropico úmido (OMOTI et al., 1983).

Na presença de maior quantidade de água no solo, o dendezeiro apresenta maior taxa de evapotranspiração, mas, com elevada umidade relativa do ar, esta taxa diminui (BURGOS et al., 1998). Outros autores acrescentam que, as taxas da evapotranspiração do dendezeiro também variam de acordo com a umidade do solo (DUFRENE et al., 1992). O número de meses com déficit hídrico pode variar de 2 a 12 com média de 9 meses na Malásia (BAKOUMÉ et al., 2013). Entretanto, a dinâmica da água em dendezaes ainda não foi estudada em detalhe e pouco se conhece sobre a evapotranspiração desta cultura e sua dependência do armazenamento da água no solo (ACOSTA et al., 2001), nas condições da Amazônia.

O conhecimento das propriedades hídricas dos solos é uma premissa para quantificação do balanço hídrico, que é dado pelo balanço de massa entre as entradas (chuva e irrigação) e saídas de água (evapotranspiração, escoamento superficial e perda por percolação profunda) (MAESTRE et al., 2008). Na Amazônia Ocidental pouco se conhece a respeito da dinâmica da água e nutrientes na solução do solo, principalmente sob dendezaes. Os trabalhos existentes limitam-se a sistemas agroflorestais, florestas primárias, secundárias, áreas degradadas e pastagens (PICCOLO et al., 1994; FERREIRA et al., 2006; SCHROTH et al., 2000, 2001; NEU 2005). Estudos preliminares (três meses) dos fatores climáticos que

influenciam o balanço hídrico em dendezaís na Amazônia Ocidental foram realizados por CABRAL (2000). Porém, as taxas de evapotranspiração, assim como os fatores que envolvem o balanço hídrico e a dinâmica dos nutrientes na solução do solo em dendezaís, não foram avaliadas.

A utilização do manejo adequado para a cultura do dendezeiro, além de potencialmente minimizar os custos operacionais, permitirá a maximização dos recursos naturais. Nesse sentido, os agroecossistemas devem ser analisados em conjunto, onde todos os componentes do sistema solo-planta-atmosfera interagem de forma dinâmica. A magnitude dessas interações sobre as diversas condições agroecológicas permite o desenvolvimento de alternativas de manejo para o planejamento e intervenções no estabelecimento de projetos agrícolas com maiores chances de sucesso.

O presente estudo teve por objetivo avaliar a influência dos sistemas de uso do solo (floresta primária e dendezal) no conteúdo volumétrico da água no solo e na sua dinâmica dos nutrientes na solução do solo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1 A cultura do dendzeiro

A palmeira (*Elaeis guineensis* Jacq.), conhecida comumente no Brasil como dendzeiro ou palma de óleo, é originária da Costa Ocidental da África (Golfo da Guiné), sendo encontrada em povoamentos subespontâneos desde o Senegal até Angola (ZEVEN, 1967). No Brasil, supõe-se que tenha sido introduzida na Bahia junto com os escravos oriundos da África Ocidental, trazidos para trabalhar na lavoura de cana-de-açúcar a partir do século XVII (TRINDADE et al., 2005). Sabe-se que o dendzeiro ocorre de forma subespontânea numa estreita faixa de uns 5 a 10 quilômetros da ilha de Itaparica, na baía de Salvador até o sul de Maraú, no estado da Bahia, sendo também encontrado em grupos espalhados em muitas partes desse estado até o paralelo 18° S, e em pequenas áreas ao norte, próximo ao litoral nos estados do Nordeste brasileiro (SANZ et al., 2005).

A expansão da cultura do dendzeiro fez com que fossem implantadas novas áreas de exploração em regiões com climas bastante diversos. As áreas cultivadas com o dendzeiro encontram-se na faixa intertropical do globo, dispersas em regiões diversas da África, América do Sul e Sudeste Asiático, portanto, sujeitas a uma multiplicidade de condições edáficas e climáticas (CARVALHO, 2000).

Sua ampla distribuição tem sido favorecida pelas inúmeras possibilidades do uso do óleo, bem como por sua adaptabilidade a diferentes condições ecológicas. De seus frutos extraem-se dois tipos de óleo: o óleo de dendê, que é extraído do mesocarpo do fruto; e o óleo de palmiste extraído do endosperma da semente (VIEGAS & MÜLLER, 2000). Esses óleos são muito utilizados na indústria alimentar, na indústria siderúrgica, na fabricação de produtos de limpeza, na indústria de farmacêuticos e cosméticos, assim como substituto do óleo diesel derivado do petróleo (SOUZA, 2013).

O mercado mundial de óleos e gorduras cresce a cada ano e apenas algumas poucas espécies respondem por cerca de 60% desta demanda. Dentre estas poucas espécies, estão soja, o dendzeiro e a canola, sendo que o dendzeiro é a espécie que apresenta maior produtividade. Em estudos comparativos de produtividade, com a soja, que produz em média  $0,46 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de óleo e o dendzeiro pode produzir até  $4 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (AGRIANUAL, 2012). 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 dendzal é capaz de absorver grande quantidade de mão de obra, criando um emprego direto a cada 5 hectares de plantio (BARCELOS et al., 1999).

Além do potencial produtivo da espécie, o custo de produção do óleo de dendê é inferior ao das outras principais oleaginosas por isso destaca-se como a espécie que deverá ser responsável por atender a maior parte da crescente demanda mundial de óleo vegetal, estimada, para 2050, em 240 milhões de toneladas (CORLEY, 2009). Esse cenário de crescimento de demanda por óleo de palma explica em parte, as diversas iniciativas estabelecidas tanto no setor privado como no Governo Federal, para promover expansão da área plantada com o dendzeiro no País (AGRIANUAL, 2012).

Por ser uma cultura de perene de grande porte, o dendzeiro possibilita o recobrimento da área quando adulta, e na fase jovem é associada às leguminosas de cobertura de solo, podendo ser considerada um sistema ecologicamente estável e com baixos impactos negativos ao ambiente (EMBRAPA, 2006). A representatividade do Brasil no mercado internacional é baixa. Entretanto, as limitações de disponibilidade de áreas nos países tradicionais produtores e a necessidade que muitos países terão de optar pela produção de grãos, em detrimento das culturas oleaginosas, para atender suas às necessidades internas, darão aos países que dispõem de área e tecnologia para a expansão da cultura do dendzeiro uma grande oportunidade de participar do mercado mundial, como é o caso do Brasil (EMBRAPA, 2006).

### **2.1.1 Morfologia do dendezeiro**

O dendezeiro é uma palmeira monocaule, que na base, assemelha-se a uma coluna cônica e a partir de 1 m de altura o diâmetro torna-se quase constante. Na parte superior, possui uma coroa de folhas formadas pelo meristema ou gema apical. É uma planta monóica, e produz flores masculinas e femininas separadas na mesma planta, mas alternadamente, ou seja, em ciclos sexuais. Como as inflorescências são emitidas em ciclos sucessivos, e o período de maturidade sexual de uma inflorescência não se sobrepõe ao de outra, a reprodução ocorre por fecundação cruzada, o que define a espécie como alógama. O sistema radicular do dendezeiro é do tipo fasciculado, composto de raízes primárias, secundárias, terciárias e quaternárias. Em plantas adultas, milhares de raízes emergem do bulbo radicular, órgão volumoso hemisférico de 80 cm de diâmetro, que penetra cerca de 40 a 50 cm no solo, formado a partir de entrenós da base do estipe (CORLEY, 2009).

#### **2.1.1.1 O estipe**

O dendezeiro tem somente um ponto de crescimento aéreo: o meristema apical. Este dá origem a estipe, folhas, inflorescências e infrutescências. Esse ponto de crescimento está localizado na parte central do ápice do estipe, em uma depressão côncava que mede de 10 a 12 cm de diâmetro e tem de 2,5 a 4,0 cm de profundidade em palmeiras adultas. O estipe é ereto, bem desenvolvido e sem ramificações, é uma coluna de diâmetro quase constante que se prolonga do bulbo radicular (MULLER & CONCEIÇÃO, 2000). Pode alcançar 30 m de altura, entretanto, quando cresce na floresta, é raro atingir 20 m. O diâmetro do caule varia de 22 a 75 cm, com variações em função do cultivar e do ambiente (GONÇALVES, 2001).

### 2.1.1.2 O sistema radicular

As raízes são do tipo fasciculado e se desenvolvem a partir do bulbo, órgão de 80 cm de diâmetro e profundidade de 40 a 50 cm, localizado na base do estipe. De toda a superfície do bulbo partem raízes primárias que, em sua maior parte, estendem-se horizontalmente, paralelas à superfície do solo, predominando nos primeiros 50 cm. Algumas raízes primárias são lançadas diretamente para baixo, aprofundando-se no solo, servindo para fixar a planta e captar água do lençol freático. As raízes primárias são pouco sinuosas, com diâmetro quase constante de 4 a 9 mm, medem de menos de 1 até 20 m e quase não se ramificam. Por serem na maioria lignificadas, não possuem capacidade de absorção (VALLEJO, 1978; CÔTE D'IVOIRE, 1980; JOURDAN et al., 2000). As raízes primárias maiores emitem raízes secundárias no sentido ascendente, as quais, quando ainda não lignificadas, podem realizar absorção. As raízes secundárias emitem raízes terciárias com cerca de 10 cm de comprimento, as quais emitem as quaternárias com 5 a 10 mm de comprimento. As raízes do dendezeiro não possuem pelos absorventes, e as raízes terciárias e quaternárias exercem a função de absorção de água e nutrientes.

Estudos com radioisótopos e indicadores de oxirredução demonstraram que só as raízes quaternárias e terciárias são absorventes, no entanto, a extremidade das raízes primária podem fazer isto antes de se lignificar (TORRES et al., 2002). As raízes do dendezeiro mostram um tropismo positivo quando se apresentam melhores condições de abastecimento de água e de nutrientes e onde tenha material vegetal em decomposição e proliferam em solos ricos em nutrientes (HARTLEY, 1983).

Estudos relacionando as características edáficas e o desenvolvimento do sistema radicular do dendezeiro mostraram correlações positivas entre a densidade radicular e as concentrações de potássio e fósforo, e com o alumínio trocável e a densidade do solo apresentaram correlações negativas (CRISTANCHO et al., 2007). Os resultados encontrados

por este autor indicam um efeito das condições do solo no crescimento do sistema radicular do dendezeiro, nesse sentido, deveria se ter cuidado para incluir nos pacotes de manejo integrado da nutrição na cultura.

Na medida em que aumenta a concentração de potássio, aumenta de forma crescente a densidade radicular por unidade de volume (CRISTANCHO et al., 2007). O mesmo efeito foi reportado por Salisbury et al. (1994) em outras espécies onde o Potássio, assim como o ácido fosfórico, influi no desenvolvimento radicular da planta. Kochian et al. (2004), reportaram que igual que no caso do potássio, o fósforo também influi significativamente no desenvolvimento do sistema radicular.

Na medida em que a concentração de Alumínio aumenta no solo, a longitude das raízes do dendezeiro diminui por unidade de volume de solo (CRISTANCHO et al., 2007). Os mesmos autores mencionam que a mesma tendência também foi encontrada para a saturação por alumínio: valores acima de 30% exercem um efeito negativo no desenvolvimento do sistema radicular. Salisbury et al. (1994) e Kochian et al. (2004) reportaram que as concentrações relativamente elevadas de Alumínio que apresentam muito solos ácidos (aqueles que estão por debaixo de um pH de aproximadamente 5,5) podem inibir a expansão e alongação das células da raiz de algumas espécies, não só pelos efeitos nocivos que afetam a disponibilidade do fósforo, mas também porque inibem a absorção de ferro e pelo efeito tóxico que afeta o metabolismo da planta.

Estudos realizados por PRIMAVESI (1982) verificaram que a densidade do solo exerce um efeito negativo sobre o desenvolvimento radicular do dendezeiro, devido que o crescimento radicular é limitado em solos compactado e de textura fina. Na medida em que se aumenta a densidade do solo, diminui a densidade radicular por unidade de volume, sendo pouco provável encontrar raízes em solos com densidade próximo de  $1,8 \text{ g cm}^{-3}$  (CRISTANCHO et al., 2007). Entretanto, os mesmos autores não verificaram diferenças

significativas entre a longitude total do sistema radicular nos carreadores e nas leiras de dendezais.

### **2.1.1.3 As folhas**

O estipe de um dendezeiro adulto é coroado por um penacho de 30 a 50 folhas, cada uma medindo de 5 a 8 metros e pesando de 5 a 8 quilos. A folha do dendezeiro é penada e composta por três partes: pecíolo, ráquis e folíolos. O pecíolo fica aderido ao estipe, mede 1,5 m de comprimento, tem a face inferior arredondada e a superior lisa, e é guarnecido por espinhos nas laterais. A ráquis, medindo de 3,5 a 6,5 m de comprimento, suporta os folíolos em número de 200 a 350, dispostos de ambos os lados. Os folíolos da parte média da ráquis são maiores e medem até 1,20 m de comprimento por 5 a 6 cm de largura (HARTLEY, 1983).

A folha do dendezeiro possui características semi-xerofíticas, com cutícula espessa e tecido lignificado. Outra característica é a presença de estômatos localizados na parte abaxial das folhas. Estas possuem células guarda com paredes finas, que se fecham ao meio dia, sob condições de estresse hídrico (CONCEIÇÃO & MÜLLER, 2000). A reação do dendezeiro aos períodos de seca é reduzir a evapotranspiração, atrasando a abertura das folhas e fechando os estômatos, nesse período a planta mostra várias flecha são mesmo tempo, reduzindo a produção de folhas abertas. Uma distribuição uniforme de chuvas ao longo do ano aliada à alta densidade de luz eleva a produção de folhas (VARGAS, 1978).

Os fatores genéticos e ambientais têm importante papel na produção de folhas. Ambientes apresentando períodos secos definidos condicionam menor produção de folhas do que locais com precipitação pluviométrica mais intensa e uniforme. Por consequência, influenciam na maior ou menor altura do estipe. A produção de folhas determina a produção potencial de inflorescências. Os fatores que afetam a produção de folhas afetarão a produção de cachos, uma vez que o primórdio da inflorescência é produzido na axila de cada folha (SURRE & ZILLER, 1969).

#### 2.1.1.4 Floração e frutificação

O dendezeiro é uma planta monóica, ou seja, apresenta flores masculinas e femininas na mesma planta. Na axila de cada folha desenvolve-se uma gema floral que pode transformar-se em inflorescência masculina, feminina ou hermafrodita. Em uma mesma palmeira, as inflorescências masculinas e femininas são produzidas em ciclos alternados de duração variável. O aborto de uma inflorescência, que normalmente ocorre na ocasião do crescimento rápido, por falta de água e nutrientes, se traduz em ausência de inflorescência na axila da folha no momento da antese (SURRE & ZILLER, 1969).

A razão sexual, isto é, a relação entre o número de inflorescências femininas e o número total de inflorescências, é fortemente influenciada por fatores ambientais. Palmeiras sob sombreamento, demasiadamente podadas ou doentes que apresentam reduzida superfície de folhas mostram alta proporção de inflorescências masculinas 24 meses após esses acontecimentos (VARGAS, 1978).

Ambientes com períodos de secas definidas induzem a formação de inflorescências masculinas. Inversamente, as chuvas favorecem a formação de inflorescências femininas (VARGAS, 1978). Reduções na intensidade de luz provocam maior formação de inflorescências masculinas. Dessa forma, o sombreamento ou a redução da área foliar por pragas ou doenças, ou, ainda, uma poda severa tendem a promover a formação de mais inflorescências masculinas (VARGAS, 1978).

O cacho do dendezeiro tem o período completo de formação entre cinco e seis meses após a fecundação das flores femininas. O cacho apresenta forma ovóide, podendo alcançar 50 cm de comprimento e 35 cm de largura. O peso dos cachos pode variar de 3 a 50 quilos, com uma média de 30 quilos, dependendo da idade da planta e das condições ambientais (VIEGAS & MÜLLER, 2000).

## **2.2 Requerimentos ecológicos do dendezeiro**

Os elementos climáticos que mais favorecem a produção do dendezeiro são: temperatura do ar em níveis moderados e disponibilidade de insolação e radiação solar associada a chuvas bem distribuídas durante os meses, sendo a chuva o elemento climático que apresenta maior efeito no crescimento e na produção desta cultura, visto que na ausência da irrigação, a chuva é o elemento determinante da disponibilidade de água no solo para uso das plantas (BASTOS, 2000). Segundo MÜLLER & BOTELHO (2010), entre os fatores ambientais, os de maior relevância para o cultivo do dendezeiro são o clima e solo.

### **2.2.1 Precipitação pluviométrica**

As chuvas devem ser bem distribuídas no decorrer do ano, sem a ocorrência de estações secas definidas, com média superior 2000 mm. Nos meses menos chuvosos, a pluviometria não deve, preferencialmente, ser inferior a 100 mm e não deve superar três meses (HARTLEY, 1988). A quantidade de água que chega ao solo não é o único fator a ser observado. Estudos mais completos que considerem a evapotranspiração e a capacidade de reter água no solo devem ser cuidadosamente analisados. Dependendo da deficiência no fator climático há uma redução do desempenho produtivo do dendezeiro (MÜLLER & BOTELHO, 2010).

Déficits hídricos acumulados acima de 60 dias ocasionam redução no aparecimento de folhas novas, aumento da emissão de inflorescências masculinas e diminuição do peso médio dos cachos, com acentuado reflexo na produtividade (OLIVIN, 1966). Em Pobé, no Benin, dentro de certos limites, observou-se a redução de produtividade de 30 para 10 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, quando o déficit hídrico médio anual elevou-se de 0 para 600 mm (MAILLARD et al., 1974). Segundo HENSON (1993), as variações nas taxas de extração de óleo no dendê sofrem

variações cíclicas, pelo comportamento estacional do clima. Em regiões do Zaire meridional e parte da Nigéria onde é freqüente ter dois a quatro meses secos, ocasionando grandes flutuações de rendimentos de um ano para outro (HARTLEY, 1988).

As regiões inaptas para dendeicultura são aquelas que possuem precipitações totais anuais inferiores a  $1000 \text{ mm ano}^{-1}$ , com distribuição irregular e deficiência hídrica anual maior que 200 mm (BASTOS et al., 2001). Segundo GONÇALVES (2001), o regime hídrico é um dos principais fatores envolvido nas oscilações de produtividade nas diferentes regiões onde se cultiva o dendezeiro. Estudos realizados por Villalobos et al. (1992), observaram diferenças marcantes no estado de hidratação de dendezeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação). Dendezeiros adultos não irrigados sofreram enrolamento prematuro das folhas inferiores, acúmulo de folas sem abrir (flechas) e baixa condutividade estomática, em relação aos dendezeiros irrigados.

Para BASTOS (2000), as variáveis pluviométricas anuais se refletem na sexualização das inflorescências e na produção dos cachos no intervalo de até 28 meses. Afirma ainda que a pluviosidade afeta a emissão foliar, o número e o peso médio dos cachos. Outros estudos mencionam que os efeitos da seca em dendezeiros se apresentam até dois anos depois de haver-se apresentado o estresse hídrico (LUBIS et al., 1993; CORLEY & HONG, 1981). Isto demonstra a importância de evitar o déficit hídrico e de nutrientes ao dendezeiro para reduzir os fatores de perda do fruto.

### **2.2.2 Insolação**

Segundo BASTOS (2000), a insolação como reflexo da radiação solar incidente, é considerada como um elemento climático de extrema importância na produção do dendezeiro, devido a que a insolação e a radiação solar estão associadas à produtividade da cultura pelo

processo de fotossíntese, e também estão relacionadas à maturação dos cachos e ao teor de óleo na polpa dos frutos.

O brilho solar não deve ser inferior a cinco horas diárias durante todo o ano, podendo atingir sete horas por dia em alguns meses. Esse fator está relacionado com a precipitação pluviométrica. O número de horas de insolação deve aproximar-se de 2.000 ao ano, sendo o limite inferior de 1.500 horas. As chuvas frequentes, que deixam o céu encoberto por muito tempo, podem prejudicar o desenvolvimento da cultura, devido à redução da radiação direta (GONÇALVES, 2001). Porém, de maior importância é a amplitude do espectro luminoso e sua intensidade.

Existem regiões com produtividades economicamente compensadoras, cuja insolação é de 900 horas ano<sup>-1</sup>, compensadas que são pela disponibilidade de água e nutrientes (MÜLLER & BOTELHO, 2010). A intensidade da radiação solar num determinado local é fundamental para altas produtividades. CORLEY & TINKER (2003) relatam que a incidência deverá ser maior que 20 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>. Este fator também está relacionado com a evapotranspiração do cultivo, cuja taxa é condicionada não só pela intensidade solar, como também pelos fatores temperatura, vento e disponibilidade de água no solo.

### **2.2.3 Temperatura**

A fotossíntese e muitos outros processos bioquímicos e fisiológicos são influenciados em grande parte pela temperatura. Existe uma temperatura ótima na qual se chega às taxas máximas de fotossíntese. Entretanto, a taxa fotossintética é fortemente inibida a temperaturas muito altas ou muito baixas (LARCHER, 2003). Por ser uma cultura tropical, o dendezeiro requer temperaturas elevadas para seus processos fisiológicos e desenvolvimento. As temperaturas máximas ideais se encontram entre 29° a 33°C e as mínimas entre 22° a 24°C (HARTLEY, 1988).

Romero et al. (2007), mencionam que a fotossíntese diminui de maneira inversamente proporcional quando a temperatura ultrapassa 29°C. CORLEY & HARDON (1973) reportam que o dendezeiro em viveiro submetido a episódios de seca forte diminuem sua eficiência fotoquímica depois dos 35°C e chegando ao fechamento estomático entre 39° e 42°C, o que evitaria a perda de água por transpiração. Em plantas jovens, o crescimento é totalmente inibido em temperaturas abaixo de 15°C. Também podem ocasionar aborto de cachos (FERWERDA, 1977).

Segundo Barcelos et al. (1995), a temperatura tem efeito marcante sobre o número de folhas emitidas, o número de cachos produzidos e o teor de óleo nos frutos do dendezeiro. Em dendezeiros adultos, parece provável que com o incremento da temperatura de 25° para 27°C, o número de folhas por ano aumenta. As plantações com produção alta são encontradas nas regiões com menor variação anual de temperaturas relativas às médias mensais (GONÇALVES, 2001). Segundo o autor, temperaturas baixas podem aumentar o abortamento das inflorescências antes da antese e diminuir o amadurecimento dos cachos. Altas temperaturas podem ter efeito oposto.

#### **2.2.4 Solos**

Sendo a base de sustentação dos cultivos, a qualidade dos solos desempenha um papel fundamental para o sucesso dos investimentos agrícolas. Segundo MACEDO & RODRIGUES (2000), o dendezeiro pode ser cultivado em diversos tipos de solos das regiões tropicais, entretanto deve-se dar preferência aos solos profundos, bem drenados e planos, evitando-se os arenosos ou muito argilosos. Assim como as características físicas do solo, as características químicas do solo também são importantes. No caso do dendezeiro, existe a necessidade de aplicar fertilizantes, quando o solo apresentar baixa fertilidade, porém, quanto

à acidez do solo, o dendezeiro se adapta bem a solos ácidos, desenvolvendo-se bem na faixa de pH entre 4 a 6 (RODRIGUES, 1993).

Solos profundos, sem camadas de impedimento e de boa permeabilidade são os indicados para o cultivo do dendezeiro. A maioria dos Latossolos e Argissolos que ocorrem na Amazônia é adequada. Esses solos são normalmente profundos e originalmente não apresentam camadas adensadas (MÜLLER & BOTELHO, 2010). O uso intenso de máquinas tende a compactar estes solos o que impede o pleno crescimento do sistema radicular fasciculado dos dendezeiros. Na Costa do Marfim, observou-se que a compactação do solo reduz de 20 a 30% o potencial de produção das plantas e induz a uma menor resistência à seca e a um fechamento precoce dos estômatos em virtude da menor retenção de água nos horizontes superficiais do solo (CALIMAN et al., 1990). Solos com teores de argila inferiores a 20% são de aptidão regular ou marginal para instalação dos dendezaís.

Na Amazônia brasileira, o dendezeiro 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 são distróficos, além de deficientes em fósforo e na maioria dos principais nutrientes (magnésio, potássio, cálcio e boro) (TEIXEIRA et al., 2010). Os mesmos autores mencionam que 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 apresentam uma boa drenagem.

Segundo Caliman et al. (1990), o sistema radicular fasciculado do dendezeiro é sensível a solos compactados, 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), e Espodosolos (solos que apresentam horizonte espódico, muitas vezes endurecido pela cimentação de óxidos de ferro e alumínio), pode também limitar o estabelecimento e a produtividade do dendezeiro (TEIXEIRA et al., 2010). Os mesmos autores ressaltam que 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 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.

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. O dendezeiro tolera, apenas por um curto período, a deficiência de oxigênio (hipóxia), geralmente relacionada a áreas com água estagnada (TEIXEIRA et al., 2010).

### **2.3 Evapotranspiração**

A evapotranspiração é uma ferramenta muito utilizada na estimativa do consumo de água pelas plantas, dentre outras. Os primeiros estudos foram realizados por Thornthwaite (1948) o qual denominou o fenômeno de evapotranspiração potencial (ETp). Segundo Penman (1948), a ETp é o processo de transferência da água para a atmosfera, na unidade de tempo, de uma superfície totalmente coberta por vegetação verde, de porte baixo, em pleno desenvolvimento e sem restrição de água no solo. Segundo CAMARGO & CAMARGO (2000), Thornthwaite considerou a ETp como um elemento meteorológico normal, que

representa a precipitação necessária para atender à necessidade de água de uma cobertura vegetal.

A evapotranspiração depende de fatores climáticos como: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, chuva e pressão de vapor, como as principais variáveis. Com relação à cultura depende de fatores como: área foliar, estágio de desenvolvimento, arquitetura foliar, resistência do dossel e outros que geralmente estão associados a um valor do coeficiente de cultura ( $K_c$ ). Com relação aos fatores climáticos segundo HARGREAVES (1994), o vento influencia a advecção, sendo as interações do vento com a temperatura, umidade relativa, déficit de pressão de vapor, e outros, difíceis de serem estimadas por equações.

Segundo MUKAMMAL & BRUCEL, citados por CHANG (1968), a radiação solar é sem dúvida o elemento climático mais importante na estimativa da taxa de evapotranspiração. Amatya et al. (1992) relatam em estudo realizado na Carolina do Norte (EUA), que a radiação foi o elemento meteorológico mais importante no processo de evapotranspiração. Segundo Pereira et al. (1997), a evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água para as plantas no solo. A radiação depende do local (latitude), topografia e época do ano. A disponibilidade de energia, conforme os autores são controlados pelo poder refletor da superfície (coeficiente de reflexão-albedo) onde superfícies mais claras refletem mais, portanto, têm menos energia disponível. A demanda atmosférica é controlada pelo poder evaporante do ar ( $E_a$ ), relacionado à velocidade do vento e ao déficit de pressão de vapor. Quanto maior o valor de  $E_a$ , maior será a evaporação. Os autores lembram que existe uma interação entre a demanda de umidade pelo ar, e a água disponível no solo.

De acordo com algumas condições atmosféricas de elevada radiação e de elevada umidade no solo, as plantas podem transpirar na sua máxima capacidade, e nessas condições,

a evapotranspiração se denomina de potencial (ETp); em condições normais de campo, a umidade no solo é variável e as condições atmosféricas flutuam, neste caso, as plantas transpiram a uma taxa inferior à potencial, conhecida como evapotranspiração real ou atual (ETo) (MEJIA, 2000).

DOORENBOS & PRUITT (1977) recomendam o cálculo da evapotranspiração das culturas, em três estágios: 1) determinação do efeito do clima no requerimento de água pelas culturas, dados pela evapotranspiração de referência (ETo), 2) o efeito das características da cultura no requerimento de água, dado pelo coeficiente da cultura (Kc) e 3) o efeito das condições locais e práticas agrícolas no requerimento de água pelas culturas, advecção, dimensão do campo, disponibilidade de água, salinidade e métodos de cultivo e irrigação.

O Manual 24 da FAO (DOORENBOS & PRUITT, 1977), sugere os seguintes métodos: Blaney-Criddle, Radiação, Penman-Monteith e Tanque de Evaporação, os mesmos que determinam a evapotranspiração de referência, para diferentes condições climáticas. O Relatório de Consultores Especialistas nos Procedimentos para Revisão do Roteiro da FAO, com relação a Previsões de Requerimento de Água pelas culturas (SMITH, 1991), concluiu que a equação combinada de melhor desempenho na estimativa de ETo é a de Penman-Monteith. Entretanto, a última publicação da FAO, o Boletim 56 (ALLEN et al., 1998), novamente atualiza os procedimentos de cálculo de ETo, analisa aspectos relacionados à determinação do Kc e recomenda procedimentos de avaliação dos dados empregados nas estimativas de ETo.

Determinando a ETp na região litorânea do Ceará, Miranda et al. (2007) encontraram valores de 0,52 e 5,01 mm dia<sup>-1</sup> aos 11 e 36 meses de idade para o coqueiro anão-verde, respectivamente. Na Índia, RAO (1989), observou que a ETp de coqueiros gigantes jovens variou de 2,3 a 5,5 mm dia<sup>-1</sup>. Em condições favoráveis de umidade do solo e adubação, e sem restrições ao desenvolvimento da cultura, o dendezeiro tem grande potencial de transpiração

(MEJIA, 2000). A evapotranspiração potencial para dendezeiros de um a três anos, para condições em que não haja limitação de fornecimento de água pelo solo, foi estimada com um valor médio de 3,3 mm dia<sup>-1</sup> e valores médios de 5 a 6 mm dia<sup>-1</sup> para dendezeiros na fase adulta. Esse valor pode se elevar até 10 mm dia<sup>-1</sup> em condições extremas (CORLEY e TINKER, 2003).

Na região de Manaus, as taxas de ETp avaliadas assumiram valores médios de 4 mm para um sistema agroflorestal e de 2,66; 1,12 e 0,96 mm para o cultivo de pupunheira, com floresta primária e puerária, respectivamente (CORREA et al., 2001). A taxa média da evapotranspiração da floresta primária, na terra firme, em Manaus, foi estimada de 3,4 mm e 2,5 mm em seringais (CABRAL, 1991). Na estação seca no sudoeste e centro da Amazônia a evapotranspiração média diária em áreas de pastagens foram de 2,4 e 2,2 mm, respectivamente. Enquanto na estação chuvosa os valores foram de 3,5 e 2,1 mm, respectivamente (RANDOW et al., 2012).

## **2.4 Balanço hídrico**

O balanço hídrico de uma área cultivada é dado pelo balanço de massa entre as entradas (chuva e irrigação) e saídas de água (evapotranspiração, escoamento superficial e perda por percolação profunda). Segundo Teixeira et al. (2010), as condições climáticas exercem uma forte influência sobre a dinâmica dos fluxos de água e de nutrientes do solo para as raízes do dendezeiro, sendo a capacidade de armazenamento de água do solo um dos principais fatores para a garantia de elevadas produtividades.

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 (TEIXEIRA et al., 2010).

Para as condições Amazônicas, trabalhos de MORAES & BASTOS (1972) e BASTOS (2000), baseados em condições pluviométricas médias e resultados de balanço hídrico anual, relatam que nessa região, a precipitação mensal não atende à demanda potencial de água para a cultura do dendezeiro durante todo o ano, em grande parte da região, incluindo extensa área no estado do Pará.

O dendezeiro é bastante exigente na disponibilidade de água no solo, e os locais com pronunciado déficit hídricos promovem baixo desenvolvimento e produtividade (BASTOS, 2000). Entretanto, o dendezeiro é considerado de grande capacidade de sobrevivência nos períodos secos, devido ao seu sistema estomático eficiente e à sua capacidade de reduzir a área folhar em situações de estresse hídrico (GONÇALVES, 2001).

A água é um fator limitante para a fotossíntese quando se apresenta em deficiência ou excesso. Quando há deficiência, a planta responde fechando os estômatos para diminuir as perdas por transpiração, reduzindo ao mesmo tempo o fornecimento de CO<sub>2</sub> à planta. O resultado é uma queda na fotossíntese. Na Colômbia, quando se comparou áreas com irrigação e sem irrigação, o dendezeiro mostrou que pela manhã, quando a temperatura é baixa, e a transpiração é mínima, as plantas tem os estômatos abertos (condutância estomática alta). Ao meio dia, com temperaturas mais elevadas e evapotranspiração muito elevada, os dendezeiros apresentam uma tendência a fechar os estômatos (condutância estomática diminui), devido a que neste ponto a velocidade de absorção de água pelas raízes é menor que a perda de água por transpiração. Entretanto, nos dendezeiros com irrigação o fechamento dos estômatos é menor. Desta maneira, as plantas com irrigação podem fazer fotossíntese por um maior período, o qual resulta numa maior produtividade (SMITH, 1989).

As plantações, estabelecidas através de práticas mecanizadas, quando não contam com a proteção de leguminosas, por exemplo, têm as propriedades físicas dos solos degradadas ao longo dos anos, reduzindo a eficiência das chuvas, que passam a contribuir, mas para o

escoamento superficial, ao invés da reposição das reservas de água (CABRAL, 1991). Como consequência, observa-se a alteração do balanço hidrológico regional, devido às mudanças das taxas de absorção de água pelo solo, em função da densidade de plantas e dos percentuais de interceptação (CALDER, 1986).

Através do balanço hídrico de uma área vegetada, durante um período de controle, e após a remoção parcial ou total da vegetação, torna-se possível a quantificação dos efeitos das alterações nos termos do balanço, apesar das limitações impostas pelas flutuações inter anuais da precipitação (BOSCH & HEWLETT, 1982). Para ANDRADE JUNIOR (2000), os resultados do balanço hídrico podem ser utilizados no zoneamento agroclimático de cada região, demanda potencial da água das culturas irrigadas, definição de prioridade no planejamento de pesquisas ou para o conhecimento do regime hídrico. O crescimento, o desenvolvimento e eventualmente a produção do dendezeiro são afetados por limitações no fornecimento de água (CORLEY, 1976; CHANG et al., 1985; FOONG, 1993).

## **2.5 Dinâmica da água no solo**

A dinâmica da água no solo ocorre devido à diferença de potencial total da água, e tem o sentido do maior para o de menor potencial da água no solo. A equação que melhor descreve e quantifica o movimento da água em materiais porosos saturados foi estabelecido primeiro por Darcy em 1856, sendo adaptada mais tarde por Buckingham em 1907, passando a se chamar equação de Darcy-Buckingham (REICHARDT & TIMM, 2004).

O conteúdo de água no solo deve ser monitorado e ajustado de maneira a reduzir a drenagem e a lixiviação dos agroquímicos utilizados na agricultura abaixo do sistema radicular (SCHAFFER, 1998). Segundo ANGELOCCI (2002), a água das chuvas pode seguir diversos caminhos. Parte dela, dependendo da cultura, pode ser interceptada pela vegetação e evaporar, sem chegar ao solo. A outra parte pode infiltrar ou evaporar e, dependendo da

declividade do terreno e cobertura vegetal, escorrer sobre a superfície do solo levando consigo partículas de solo e nutrientes. Da água infiltrada, parte pode chegar até o lençol freático e parte fica retida no solo e podendo ser absorvida pelas raízes das plantas e voltar à atmosfera pela transpiração ou evaporação direta da superfície do solo.

A variação do conteúdo da água na planta é consequência da defasagem temporal entre a absorção de água e a perda na fase de vapor pela planta, que conduz ao desenvolvimento de déficits hídrico a curto e em longo prazo. Estas variações da planta dependem de um conjunto de fatores que afetam a absorção e transpiração. Os que afetam a absorção da água são divididos em: 1) fatores ambientais (disponibilidade hídrica, temperatura do solo, aeração do solo e concentração de solução do solo) e 2) fatores da planta (sistema radicular). A extensão e a ramificação do sistema radicular variam enormemente entre as espécies e com as diferentes condições físicas do solo. Já os fatores que afetam a transpiração, são: 1) os fatores ambientais (a energia radiante, umidade do ar e do vento, temperatura do ar e disponibilidade hídrica) e, 2) fatores das plantas tais como: o tamanho e a forma das folhas, bem como sua orientação e exposição, área e característica foliar, estrutura anatômica e relação área foliar/sistema radicular (ANGELOCCI, 2002).

A relação entre a chuva e as necessidades de água das plantas é geralmente expressa pelo balanço hídrico, por meio do qual é possível visualizar excedentes e deficiências de água no solo para a maioria das plantas (BASTOS, 2000). O regime hídrico é um dos principais fatores envolvido nas oscilações de produtividade verificadas nas diferentes regiões onde se cultiva o dendezeiro, observando-se diferenças marcantes no estado de hidratação dos dendezeiros submetidos a dos regimes hídricos: com e sem irrigação (estresse hídrico) (GONÇALVES, 2001; VILLALOBOS, et al., 1992).

A extração de água do solo pelas plantas está definida pelo gradiente de potencial hídrico entre a superfície fotossinteticamente ativa e o solo. Na medida em que o

fornecimento de água pelas raízes se faz deficiente, o gradiente de potencial hídrico aumenta acima da máxima resistência estomática ocasionando fechamento dos estômatos, redução da taxa fotossintética e conseqüentemente a redução na conversão de foto-assimilados (ACOSTA, 2000). O mesmo autor menciona que o estudo detalhado dos fluxos de água e vapor através da matriz do solo e sua aplicação na equação de balanço de massas entre estratos definidos do perfil do solo, permite estimar o comportamento dos padrões diários de consumo de água pelas raízes das plantas além de indicar a profundidade na qual a água está sendo consumida e a taxa de consumo a cada profundidade.

Burgos et al. (1998), observaram que num solo com déficit hídrico, o coeficiente da cultura de dendezeiro ( $K_c$ ) permanece constante devido à baixa evapotranspiração. Entretanto, este coeficiente se incrementa com o aumento da água no solo, sendo maiores onde as condições de umidade são ótimas para o desenvolvimento dos dendezeiros, apresentando uma evapotranspiração máxima. ACOSTA & SIMONDS (2001), estimando os padrões diários de consumo de água pelas raízes de dendezeiro na Colômbia, mostrou que quando o potencial matricial aumenta, em valores absolutos, como consequência da redução da umidade do solo, o consumo de água é de cerca de  $5 \text{ mm dia}^{-1}$ , quando o solo apresenta um potencial matricial próximo da capacidade de campo ( $-10 \text{ kPa}$ ), e menos de  $2 \text{ mm dia}^{-1}$  quando o potencial matricial é próximo de  $-250 \text{ kPa}$ .

Um dendezal 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 (TEIXEIRA et al., 2010). Nos Latossolos Amarelos muito argilosos da Amazônia Central, a água acima do ponto de murcha permanente 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 dendezeiros 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).

## **2.6 Solução do solo**

A solução do solo pode ser definida como sendo a fase aquosa do solo e seus solutos que se encontram dissolvidos em um dado momento, dentre eles os solutos minerais ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$ , etc.) e orgânicos (aminoácidos, ácidos húmicos, enzimas, etc.) provenientes dos processos químicos e bioquímicos do solo e da troca com a hidrosfera e biosfera (BLANCO, 2006). A solução do solo representa o local predominante de ocorrência das reações químicas no solo e o meio natural do crescimento das plantas, além de abrigar as frações químicas dos elementos imediatamente disponíveis no ambiente (WOLT, 1994). Sendo assim, o conhecimento da composição química da solução é de grande importância (CIOTTA, 2004), tanto para estudos de manejo ambiental, como da fertilidade do solo e da nutrição de plantas.

A importância de se estudar a solução do solo está relacionada ao fato das plantas, somente, absorverem nutrientes que estão presentes em solução, além de fornecer indicadores de fertilidade e de acidez local. O pH é um importante indicador das condições química do solo, por possuir capacidade de interferir na disponibilidade de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal, favorecendo ou não suas liberações. BRADY (1983) descreve que o pH quando em condições muito ácidas ( $< 4,5$ ) pode resultar em dissolução de

alguns elementos como ferro, alumínio e manganês, em proporções tais que, podem tornar-se tóxicos, dificultando o desenvolvimento de algumas plantas. Quando o pH se encontra muito elevado ( $> 8,0$ ) o ferro, o manganês e o zinco se tornam menos assimiláveis ao vegetal. Hedin et al. (2003), relatam que a intensa produção de ácidos orgânicos nos ecossistemas Amazônicos favorece o aumento da acidez da solução do solo ( $\text{pH} < 5,0$ ), elevação das concentrações de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), e uma redução na disponibilidade de  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ .

A condutividade elétrica (CE) é usada para medir a quantidade de sais presente em solução do solo. Quanto maior a quantidade de sais presente na solução, maior será o valor da CE obtido. TOMÉ (1997) afirma que o excesso de sais na zona radicular, independentemente dos íons presentes, prejudica o desenvolvimento e produtividade das plantas. Isso porque uma maior concentração da solução exige da planta um maior dispêndio de energia para conseguir absorver água (efeito osmótico) prejudicando seus processos metabólicos essenciais. Mas, cada espécie vegetal possui um nível de tolerância ao excesso de sais.

Embora se reconheça a importância da solução do solo para a nutrição vegetal, seu estudo é difícil, devido à complexidade da fase de extração (RAIJ, 1991). Entretanto, existem diversos métodos de extração da solução do solo: deslocamento de solução em coluna, pela adição ou retirada de gases ou adição de líquidos; centrifugação à alta e à baixa pressão; câmara de pressão; vácuo no extrato saturado e soluções aquosas; métodos de adsorção molecular; e uso de extratores providos de cápsulas porosas (WOLT, 1994). A utilização de extratores de cápsulas porosas, para extrair a solução do solo, é bastante difundida, principalmente por seu manejo fácil, custo relativamente baixo e pelo fato de o extrato obtido não requerer tratamentos prévios às determinações químicas (MORAES & DYNIA, 1990). Para SILVA (2002), o monitoramento da solução com o uso de extratores providos de cápsulas de cerâmica porosa auxilia na tomada de decisão da quantidade de fertilizantes.

A utilização de cápsulas com sucção ou simplesmente lisímetros de tensão para extração da solução do solo, *in situ*, é uma metodologia recomendada devido à relativa facilidade de instalação das cápsulas, pouca perturbação do solo, não impedimento do fluxo da água e da troca de gases no solo, possibilita amostragens contínuas e em diferentes profundidades do perfil do solo (GROSSMANN & UDLUFT, 1991).

Existe uma condição de equilíbrio entre os componentes da solução do solo e a fase sólida, através da ocorrência de importantes reações químicas com transferência de espécies entre as fases. Além da fase sólida, a solução do solo ainda interage com a fase gasosa, com as plantas e fauna do solo (MEURER & ANGHINONI, 2004). Segundo esses autores, a caracterização da composição da solução do solo podem ser utilizados para prever transformações e reações de absorção, adsorção, dissolução e precipitação que podem ocorrer no solo, sendo que a análise química das soluções pode identificar as formas e quantidades dos elementos que estão sendo adicionados ao solo e transferidos para outros compartimentos do ambiente através do lençol freático.

A composição e a força iônica da solução do solo são importantes para a maioria dos aspectos da química do solo, sendo a composição, boa indicadora da disponibilidade dos nutrientes, entretanto, ela varia em função do material de origem, pH, teor de matéria orgânica, adição de produtos químicos, das condições de oxi-redução, do manejo do solo e também do clima (MEURER & ANGHINONI, 2004).

A solução do solo apresenta uma grande dinâmica e os elementos que se encontram dissolvidos são afetados pelas cinéticas de várias reações, como o equilíbrio entre ácido e base, complexação iônica, precipitação e dissolução de sólidos, oxidação, redução e troca iônicas (CHAVES et al., 1991). Na região tropical, devido à intensa intemperização dos minerais do solo, a solução do solo apresenta baixa concentração de nutrientes (STARK &

JORDAN, 1978), confirmando a necessidade de introdução via adubações, aplicação de corretivos para manutenção de nível de fertilidade adequado.

A calagem em solos ácidos é provavelmente a prática agrícola com o maior potencial para alterar a composição do complexo de troca e conseqüentemente da solução do solo. Devido ao rápido equilíbrio entre as fases (sólida e líquida) do solo, os efeitos da calagem e/ou gessagem manifestam-se rapidamente sobre a dinâmica de íons em solução (AMARAL, 1998). As concentrações de elementos na solução do solo seguem uma tendência, fosfatos geralmente apresentam concentrações muito baixas, as de  $K^+$  e  $Mg^{2+}$  são médias, enquanto que as de  $Ca^{2+}$  são normalmente mais altas (MENGEL & KIRKBY 1987).

Na região Amazônica existe a tendência natural dos ecossistemas de perder nitrogênio via solução do solo, devido ao intenso mecanismo de lixiviação, drenagem, e os rápidos mecanismos de decomposição (SANTOS et al., 1975). Estudos realizados por ALFAIA (1994; 1997) têm demonstrado aumentos da mineralização do N orgânico do solo causado pela aplicação de fertilizantes nitrogenados e materiais vegetais de leguminosas em solos de terra firme da Amazônia Central. Na Nigéria, as perdas por lixiviação, de fertilizantes aplicados em dendezaís foi de 11 kg de N por hectare (OMOTI et al., 1983).

Schroth et al. (2001), verificaram a entrada de  $5,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na água da chuva na Amazônia Central, no qual 42 % foram na forma orgânica, 33 % na forma de amônia e 25 % na forma de nitrato. Na composição química da água da chuva na região de Manaus para alguns elementos o aporte atmosférico é significativo (MORTATTI, 1995).

Segundo Silva et al. (2005), os teores de  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Mg^{2+}$  na solução do solo, são relativamente baixos, pois refletem os solos da região da Amazônia Central. A água que atravessa o dossel (transprecipitação) apresenta o  $K^+$  como fonte de maior importância (CAMPO et al., 2000; GRIMALDI et al., 2004), e os exsudados de raízes em sistemas cobertos por vegetação como a menos significativa (STALLARD & EDMOND, 1981).

Entretanto, ocorre entrada significativa de  $K^+$  ( $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), através da ciclagem da serrapilheira (LUIZÃO, 1989), e em áreas desmatadas e queimadas, as cinzas são fonte de  $K^+$  que diminuem a sua disponibilidade, devido à grande mobilidade deste elemento, que é lixiviado rapidamente via solução do solo (GRIMALDI et al., 2004). A extração seletiva de madeira em áreas de floresta primária também causa alterações significativas nas quantidades de  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Mg^{2+}$  e  $Na^+$  na solução do solo (FERREIRA et al. 2006).

Segundo MARRS (1991), a disponibilidade do  $Ca^{2+}$  no solo é um fator limitante da produtividade e da ciclagem de outros nutrientes, bem como a taxa de mineralização do nitrogênio em florestas de terra firme na Amazônia. Piccolo et al. (1994), estudando a composição mineral da solução do solo durante 16 meses (uma estação seca e dois períodos chuvosos) em uma floresta natural e uma submetida a desmatamento e queima da vegetação, observaram que no primeiro período úmido, o fluxo totais dos íons mais abundantes ( $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mn^{2+}$ ) foram maiores sob floresta queimada do que sob floresta natural; porém, para os dois períodos seguintes, um seco e outro chuvoso, os fluxos de nutrientes foram mais elevados na floresta natural.

LUIZÃO (1989), em trabalho realizado na região de Manaus, observou que a principal fonte de  $Mg^{2+}$  no solo em áreas de floresta é derivada da reciclagem de serrapilheira, correspondendo a uma entrada anual de  $14 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Segundo NEU (2005), a dinâmica do  $Mg^{2+}$  está relacionada com a sazonalidade da precipitação, apresentando grandes aportes na solução dos solos com o início do período chuvoso.

A dinâmica dos íons no solo é dependente de vários fatores, tais como textura do solo, quantidade de nutriente aplicada, intensidade de chuva ou lâmina de água aplicada na irrigação, forma química do nutriente aplicado, entre outros. SOUZA (2000) acrescenta que o movimento de íons no solo está relacionado com a intensidade de percolação da água e com o comportamento de cada um em relação às condições de fixação, adsorção e lixiviação, que é

função de cada íon e do tipo de solo em que se encontra. Entretanto, quando a planta retira íons da solução do solo, sua concentração pode variar com o tempo de maneira diferente para cada nutriente e cada condição ambiental especial e por isso, a sua determinação é difícil e apenas valores médios e aproximados podem ser obtidos (REICHARDT, 1996).

A importância do uso da fase líquida do solo passa pelo dinamismo dos dados produzidos, e sua utilização deve ser enfatizada nos estudos do dueto gênese do solo/uso da terra, ou seja, no entender para poder prever comportamento (RESENDE et al., 2002), contextualizando os dados referentes às práticas de manejo e possibilitando a necessária construção de modelos plausíveis de comportamento do ambiente frente às atividades agrícolas e florestais.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

Avaliar a influência do uso do solo na dinâmica da água e dos nutrientes na solução do solo num dendezal e floresta primária na Amazônia Central brasileira.

#### **3.2 Específicos**

1. Avaliar a dinâmica do pH, condutividade elétrica e cátions contidos na solução do solo num dendezal e floresta primária;
2. Estimar as taxas e a variação sazonal da evapotranspiração de dendezeiros;
3. Estimar o balanço hídrico num dendezal na Amazônia Central;
4. Avaliar a dinâmica e o armazenamento da água no solo sob dendezeiros.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização e localização da área de estudo

O trabalho foi realizado no Campo Experimental do Rio Urubu – CERU/Embrapa Amazônia Ocidental, localizado a 150 km ao norte da cidade de Manaus no Município de Rio Preto da Eva - Estado do Amazonas, com acesso pela rodovia AM010 – km 87, Distrito Agropecuário da Superintendência da Zona Franca de Manaus (DAS - SUFRAMA), com latitude 2°35' S, longitude 59°28' W, e altitude 200 m (Figura 1).

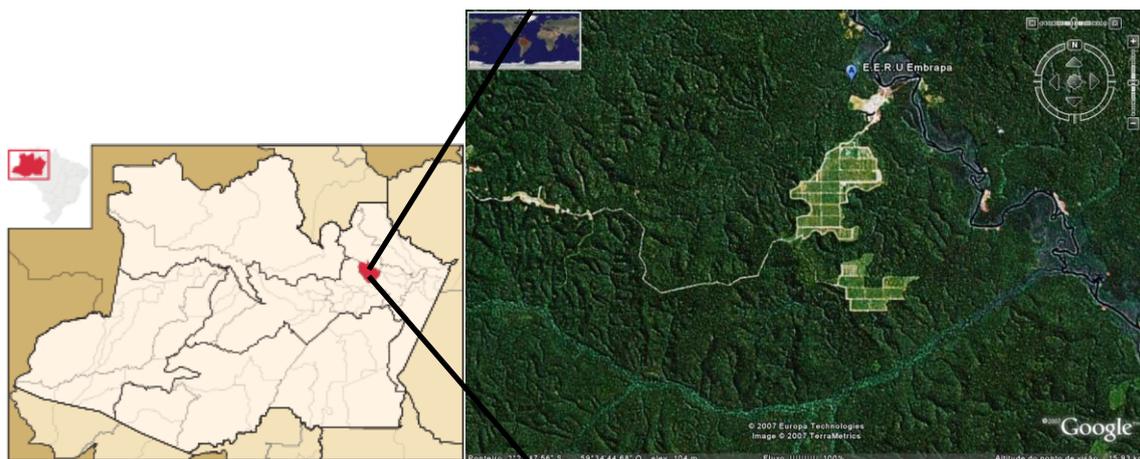


Figura 1. Campo Experimental do Rio Urubu (CERU - Embrapa Amazônia Ocidental), Rio Preto da Eva - AM.

De acordo com a classificação do Köppen, o clima é do tipo Ami, quente úmido, tropical chuvoso, com variação anual de temperatura inferior a 5°C sem definição de estações verão e inverno. A temperatura média anual varia em torno de 27°C, com média de máximas de 32°C e das mínimas 21°C. A umidade relativa do ar varia em torno de 85%. A média de insolação total anual é de 1.940 horas. A pluviosidade anual média é de aproximadamente 2100 mm. O solo predominante no local, segundo a classificação brasileira de solos, é da classe dos Latossolo Amarelo, distrófico, textura muito argilosa. (GUILLAUMET et al., 2003).

#### 4.2 Histórico do campo experimental do rio Urubu e de adubação do dendezal

O Campo experimental do Rio Urubu (CERU) possui uma área de 3.000 ha. Atualmente 412 ha são cultivados como Bancos Ativos de Germoplasmas (BAGs), (30 ha de BAG de *Elaeis oleifera* e 25 ha de BAG de *E. guineensis*), experimentos do programa de melhoramento genético (215,7 ha) e de ensaios agrônômicos (47,1 ha) e campos genealógicos de plantas tipo Dura (67,5 ha) e Tenera/Pisífera (24,1 ha).

A área onde foi instalado o experimento é um dendezal de aproximadamente 2,72 ha denominada de A63. Esta área teve seu uso iniciado em março de 1987 após a retirada de 3,14 ha de floresta primária para instalação do primeiro Banco Ativo de Germoplasma (BAG), utilizando-se motosserra e trator de esteira. Em 1999 os dendezeiros foram eliminados com o uso de herbicidas e posteriormente tombados e deixados no local para decomposição. No ano de 2000, foram plantados 389 dendezeiros totalizando uma área de 2,72 ha.

Atualmente, o plantio recebe podas, limpezas e colheitas periodicamente. O transporte dos cachos está sendo feito pelos carregadores com uso de tratores. O espaçamento entre as plantas é de 9,0 x 9,0 m, estabelecido na forma de triângulo equilátero, fazendo um total de 143 plantas ha<sup>-1</sup>. O histórico de adubações dos últimos três anos está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Histórico de adubações de cobertura do dendezal – Campo Experimental do Rio Urubu - CERU.

Ano	Produtos utilizados na adubação					
	Sulfato de Amônio <sup>(1)</sup> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Arad <sup>(2)</sup>	Cloreto de Potássio <sup>(3)</sup> KCl	Sulfato de Magnésio <sup>(4)</sup> MgSO <sub>4</sub>	Borax <sup>(5)</sup>	Micro Nutrientes <sup>(6)</sup>
----- g planta <sup>-1</sup> -----						
2009	2.000	3.000	1.500	700	150	150
2010	1.000	2.000	1.500	1.200	200	200
2012	2.000	3.000	2.000	2.000	200	200

<sup>(1)</sup>(S=22% e 20% de NH<sub>4</sub>), <sup>(2)</sup>(Ca= 37%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= 33% e S= 1%), <sup>(3)</sup>(K<sub>2</sub>O= 60%), <sup>(4)</sup>(Mg= 9%; S= 11%), <sup>(5)</sup>(B= 10%), <sup>(6)</sup>(S= 3,2%; B= 1,8%; Cu= 0,8%; Mn= 2%; Mo= 0,1% e Zn= 9%).

### 4.3 Avaliação da dinâmica do pH, da condutividade elétrica e da concentração dos cátions na solução do solo sob dendezeiro e uma floresta primária

Monitorou-se intensivamente a solução do solo (SS) em três locais próximos a dendezeiros, da mesma idade, altura e procedência, através de um sistema automatizado de controle de sucção (VS-Twin – UMS - Alemanha) (Figura 2 A). A força de sucção (vácuo) era regulada a 60 kPa após a leitura do potencial da água no solo através de um tensiômetro automático (T4e - UMS Alemanha). O sistema era formado por um conjunto de tubos extratores de 20 mm de diâmetro e de 40, 60, 120 cm de comprimento. Uma das extremidades do tubo continha uma cápsula de cerâmica porosa que ficava em contato com o (Figura 2B). A outra extremidade do tubo se conecta através de um sistema de mangueiras e capilares aos recipientes coletores (frascos de 500 ml) onde ficava armazenada a SS. Os recipientes coletores ficavam hermeticamente fechados e protegidos dentro de caixas plásticas (Figura 2C). As coletas de solução do solo eram realizadas, aproximadamente, de 15 em 15 dias, por um período de 15 meses, totalizando 30 coletas.

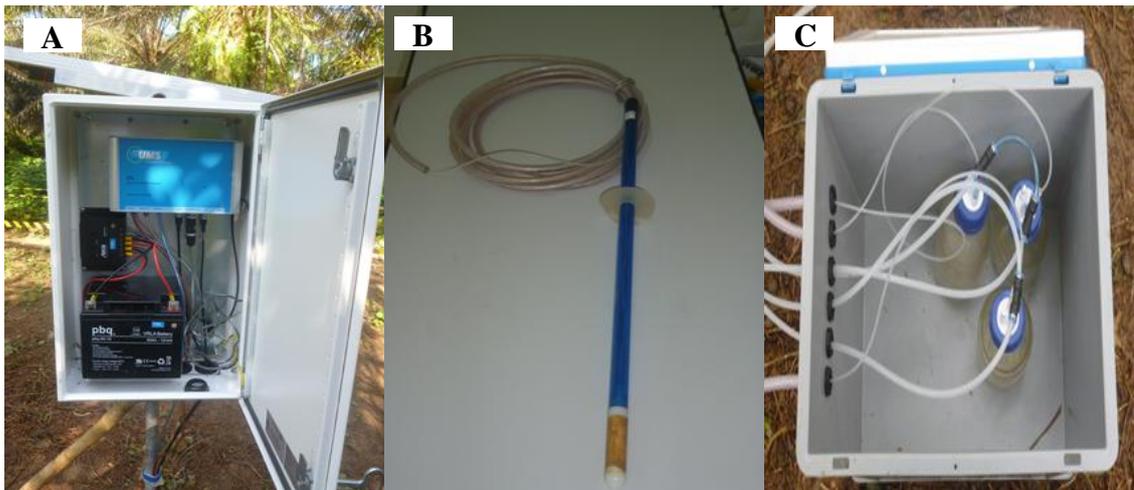


Figura 2. A) Unidade de controle de vácuo (VS-Twin – UMS - Alemanha), B) Tubo com cápsula de cerâmica, C) Garrafas de armazenamento e caixas protetoras.

As cápsulas extratoras foram instaladas a 1,5 m do estipe do dendezeiro e a 1,0 m de distância entre as cápsulas a 20, 40 e 100 cm de profundidade ao lado da faixa do carreador (Figura 3A, B). Cada dendezeiro foi considerado uma parcela, totalizando três repetições. Uma área de floresta primária (FP) a cerca de 200 m da área de monitoramento no dendezal também foi monitorada (Figura 3C). O procedimento de instalação das cápsulas extratoras na FP foi realizado da mesma forma que no dendezal (DD), sendo que os pontos de amostragem da SS foram selecionado próximos a três árvores com mais de 25 m de altura (Figura 3C). Após a instalação, o sistema foi estabilizado por um período de 60 dias, desprezando-se as duas primeiras coletas de SS.

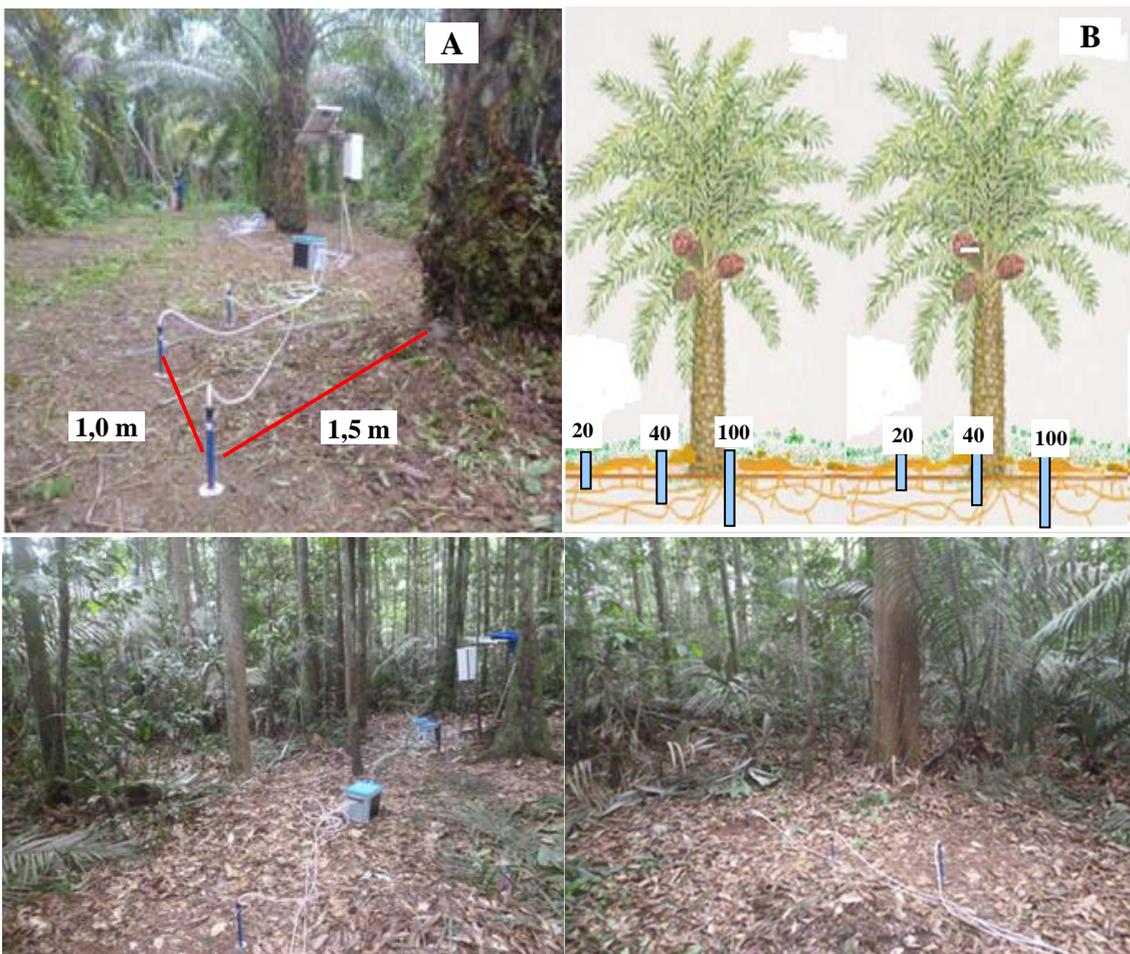


Figura 3. A) Distância entre os extratores e o estipe do dendezeiro; B) Profundidade de instalação dos extratores; C) Monitoramento da área de floresta primária; D) Cápsulas extratoras de solução do solo instaladas em árvores de 25 m de altura.

#### 4.3.1 Amostragem da solução do solo e armazenamento

Antes de coletar as amostras de SS, os recipientes eram limpos com água deionizada, posteriormente as amostras coletadas eram fracionadas em duas sub amostras e identificadas e guardadas em tubos de polipropileno (tubos falcon de 50 ml) e armazenadas sob refrigeração em caixas de isopor contendo gelo (Figura 4A). Posteriormente às coletas da SS no campo, os recipientes eram novamente limpos utilizando-se água deionizada para a próxima coleta.

Uma das subamostras para preservação e redução da atividade biológica era acidificada com 200  $\mu$ l de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) a 10%, estas foram utilizadas na determinação dos cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ ) (Figura 4 B). As outras subamostras sem acidificação foram utilizadas para determinação do pH, condutividade elétrica (CE) e do íon potássio ( $\text{K}^+$ ).

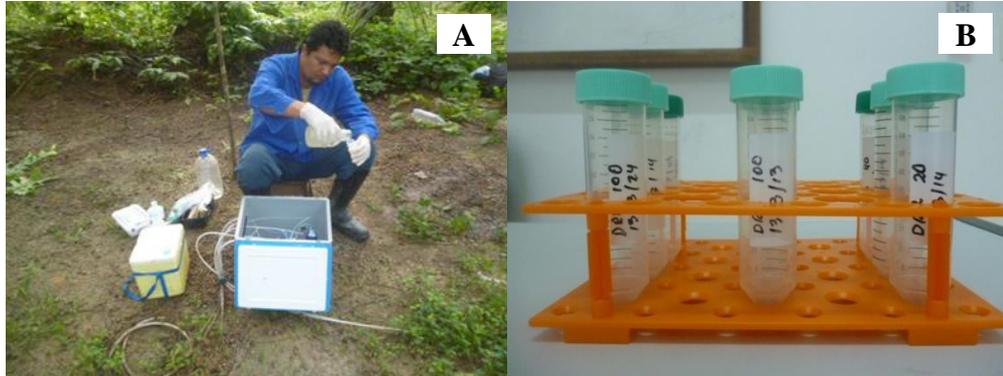


Figura 4. A) Coleta e fracionamento das amostras; B) Amostras identificadas para análise de pH e CE da solução do solo.

#### 4.3.2 Amostragem do solo

Foram coletadas amostras compostas do solo com estrutura deformada por meio de tradagens nas profundidades de 0-30, 30-50, 50-80 e 80-110 cm, próximo dos três dendezeiros monitorados, para determinação dos parâmetros físicos (granulometria) e químicos (pH, C orgânico, P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ).

Foram coletadas amostras com estrutura indeformadas em cilindros de aço de 100 cm<sup>3</sup> em três locais próximos de cada área em estudo, nas profundidades de 0-10 e 40-50 cm para determinações da densidade do solo ( $\rho_s$ ), macroporosidade (MP), microporosidade (MIP), volume total de poros (VTP) e da retenção de água do solo nos potenciais de 0; 1; 3,1; 6,1 e 1500 kPa. As coletas também foram realizadas na área de floresta primária no mesmo esquema e profundidades que no dendezal. Os procedimentos analíticos utilizados são descritos a seguir:

#### **4.3.3 Análise de solo**

As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Planta – LASP - da Embrapa Amazônia Ocidental em Manaus – AM. As análise de solução do solo foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Planta – LASP - da Embrapa Solos, Rio de Janeiro – RJ.

#### **4.3.4 Granulometria**

As análises granulométricas foram realizadas em amostras de Terra Fina Seca ao Ar (< 2 mm) após agitação lenta (12 horas) e dispersão química com solução NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>. A fração areia foi separada em peneiras de 2 - 0,2 mm (areia grossa) e de 0,2 - 0,05 mm (areia fina). O teor de argila foi determinado pelo método da pipeta (EMBRAPA, 2009) e o teor de silte estimado por diferença.

#### 4.3.5 Densidade do solo ( $\rho_s$ ), volume total de poros (VTP), macroporos (Mp), microporos (Mip), retenção de água e água disponível (AD)

Para estimar a densidade do solo foi utilizado o método do anel volumétrico (EMBRAPA 2009). As amostras coletadas em cilindros metálicos foram preparadas retirando-se o excesso de solo, de maneira que o solo amostrado ocupasse somente o volume interno do anel.

As amostras foram secas em estufa a 105° C por 24 horas para determinação do conteúdo da massa de solo seco e assim obter-se a densidade do solo ( $\rho_s$ ), conforme BLAKE & HARTGE (1986). A  $\rho_s$  foi determinada pela seguinte expressão:

$$\rho_s = \left[ \frac{m_{ss}}{v} \right] \quad \text{Equação 1}$$

Em que:  $\rho_s$  = densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ );  $m_{ss}$  = massa do solo seco a 105° C (Mg);  $v$  = volume do cilindro ( $\text{m}^3$ )

O volume total de poros (VTP) foi calculado a partir dos valores de densidade do solo e de densidade de partículas (foi considerado o valor de  $2,65 \text{ Mg m}^{-3}$ ), segundo a expressão:

$$\text{VTP} = [1 - (\rho_s/\rho_p)] * 100 \quad \text{Equação 2}$$

Em que: VTP = volume total de poros ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ );  $\rho_p$  = densidade de partículas ( $\text{Mg m}^{-3}$ )

A microporosidade foi calculada por meio da expressão:

$$\text{Microporosidade (\%)} = 100 * (\theta_{pF 1.8} - m_{ss})/(m_{ss}) \quad \text{Equação 3}$$

A macroporosidade foi calculada por meio da expressão:

$$\text{Macroporosidade (\%)} = \text{VTP} - \text{microporosidade} * 100 \quad \text{Equação 4}$$

Em que: VTP = volume total de poros

#### 4.3.6 Retenção de água no solo

As amostras coletadas em cilindros metálicos foram saturadas numa bandeja por meio da elevação gradual de uma lâmina de água. Após a saturação, a retenção de água foi determinada sucessivamente nas tensões de 0, 1, 1.5 e 1.8 pF (pF = log<sub>10</sub> cm H<sub>2</sub>O) empregando o método da mesa de tensão para as baixas tensões. Dando continuidade as avaliações, as amostras foram submetidas à tensão de 4.2 pF na câmara de Richards conforme método descrito por KLUTE & DIRKSEN (1986).

O conteúdo de água volumétrica foi calculada para as tensões ( $\theta_{pF 0}$ ,  $\theta_{pF 1.0}$ ,  $\theta_{pF 1.5}$ ,  $\theta_{pF 1.8}$ ,  $\theta_{pF 4.2}$ ) a partir da relação entre a umidade na referida tensão e a massa do solo seco. Obtido estes valores, o conteúdo de água volumétrica foi calculado pela seguinte expressão:

$$\theta = \frac{\text{conteúdo de água}}{\text{volume}} \quad \text{Equação 5}$$

Com base nos resultados da umidade na capacidade de campo ( $\theta_{cc} = pF1.8$ ) e a umidade no ponto de murcha permanente ( $\theta_{pmp} = pF4.2$ ) foi determinada a água disponível (AD), através da seguinte expressão:

$$AD = \theta_{cc} - \theta_{pmp} \quad \text{Equação 6}$$

#### 4.3.7 Análise química do solo

Os procedimentos analíticos realizados foram conforme a EMBRAPA, (2009): pH em água utilizando relação solo:solução 1:2,5 após agitação e repouso por 30 minutos.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  foram extraídos com solução  $\text{KCl}$   $1 \text{ mol L}^{-1}$ , enquanto a extração de  $\text{H+Al}$  foi realizada com acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  a pH 7,0. Os elementos P,  $\text{K}^+$  foram extraídos com solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{HCl}$   $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ . Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram determinados por espectrometria de absorção atômica;  $\text{K}^+$  por fotometria de chama e  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H+Al}$  por titulometria. Fe, Mn, Cu, Zn foram extraídos em solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{HCl}$   $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  e determinados por absorção atômica. Carbono orgânico foi realizado por meio de oxidação por via úmida com dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )  $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ .

Por meio das análises anteriormente descritas, foram calculados os seguintes índices: soma de bases (S) =  $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^+$ ; capacidade de troca catiônica (T) = S +  $\text{Al}^{+3} + \text{H}$ ; saturação por bases (V %) =  $100 \text{ S/T}$ ; saturação por alumínio (m %) =  $100 \text{ Al}^{+3}/\text{S} + \text{Al}^{+3}$ , conforme EMBRAPA (2009).

#### 4.3.8 Análise da solução do solo

As análises de pH e CE da solução do solo foram realizadas utilizando eletrodo de pH e um condutivímetro, respectivamente, conectado a um multímetro portátil Thermo Scientific (Orion Star™ - EUA).

As análise de pH e CE foram realizadas em um prazo máximo de 12 horas após a coleta. Os eletrodos de pH e CE eram previamente aferidos e feita a calibração com solução padrão. Após cada leitura, os eletrodos eram lavados com água deionizada. O íon  $\text{K}^+$  foi determinado por um eletrodo combinado de potássio (Thermo 9719BN - EUA), que também foi conectado ao multímetro (Orion Star™ - EUA). Antes das análises, o eletrodo de potássio

era calibrado através da curva de calibração, utilizando soluções padrão. Após cada leitura, o eletrodo era lavado com água deionizada.

Os cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ ) foram determinados por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES) utilizando um equipamento Perkin-Elmer (Optima 3000 – EUA). A concentração dos elementos foi determinada com base na curva analítica obtida por diluição adequada do padrão analítico multielementar IV da Merck (diluído em  $\text{HNO}_3$  1 mol  $\text{L}^{-1}$ ) e pelas respectivas áreas dos picos das linhas de emissão (EMBRAPA, 2009).

#### **4.3.9 Delineamento Experimental**

O delineamento experimental foi um fatorial de 2 x 3, sendo dois tipos de uso da terra (dendzal e floresta primária) e três profundidade (20, 40 e 100 cm). Para isso foram distribuídas seis parcelas, sendo três parcelas no dendzal e três na floresta primária. Em cada parcela foram instaladas três cápsulas extratoras de solução do solo nas profundidades de 20, 40 e 100 cm.

#### **4.3.10 Análise estatística**

Foram feitas análises de variância e teste de média (Tukey) da solução do solo para comparação entre os valores dos parâmetros avaliados no dendzal e na floresta primária dentro de cada profundidade avaliada (20, 40 e 100 cm). Foi feita também uma comparação dos parâmetros do solo, por análise de variância e teste de medias (Tukey) nas profundidades de 0 - 30, 30 – 50, 50 – 80, 80 – 110 cm. As análises foram realizadas utilizando o programa R (R Core Team, 2016).

#### 4.4 Estimativa das taxas de evapotranspiração de dendezeiros

Para estimar as taxas de evapotranspiração do dendezeiro, primeiro foi realizada uma estimativa da evapotranspiração de referencia (ET<sub>0</sub>) e posteriormente a estimativa da evapotranspiração da cultura do dendê (ET<sub>c</sub>). Os resultados da ET<sub>c</sub> apresentados foram diários para o período compreendido entre 13 de Julho 2013 a 30 de Junho 2015.

A evapotranspiração de referencia (ET<sub>0</sub>) foi estimada segundo o método de Penman-Monteith, descrito por Allen et al. (1998). Este método utiliza variáveis climatológicas, tais como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar. A equação a seguir representa o método de Penman- Monteith- FAO para calcular a evapotranspiração de referencia (ET<sub>0</sub>):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)} \quad \text{Equação 7.}$$

Onde  $\Delta$  é a declividade da curva de pressão de vapor em relação à temperatura (KPa.°C<sup>-1</sup>),  $R_n$  é o saldo da radiação diária (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>),  $G$  é o fluxo total de calor no solo (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>),  $e_s$  é a pressão de saturação de vapor (kPa),  $e_a$  representa a pressão atual de vapor (kPa),  $U_2$  é a velocidade do vento a 2 metros de altura (m),  $T$  é a temperatura média do ar (°C),  $\gamma$  é a constante psicométrica (kPa.°C<sup>-1</sup>). Quando os valores de  $R_n$ ,  $G$ ,  $U_2$  e  $T$  são medidos em estação meteorológica necessita-se calcular os valores de  $\Delta$ ,  $\gamma$ ,  $e_s$  e  $e_a$ . O valor de  $\Delta$  é calculado pela equação 8:

$$\Delta = \frac{4098 \left[ 0,6108 \exp \left( \frac{17,27T}{T + 273,3} \right) \right]}{(T + 237,3)^2} \quad \text{Equação 8}$$

O coeficiente  $\gamma$  é calculado pela equação 9:

$$\gamma = 0,665 \cdot 10^{-3} P_{atm} \quad \text{Equação 9}$$

A  $P_{atm}$  diz respeito à pressão atmosférica local, que pode ser calculada com base na altitude local em metros ( $z$ ) pela equação 10:

$$P_{atm} = 101,3 \left( \frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26} \quad \text{Equação 10}$$

A diferença de  $e_s$  e  $e_a$  é o déficit de saturação e são calculados utilizando as equações 11 e 12:

$$e_s = 0,6108 \exp \left[ \frac{17,27T}{T + 237,3} \right] \quad \text{Equação 11}$$

$$e_a = \frac{e_s UR}{100} \quad \text{Equação 12}$$

Para a obtenção dos dados climatológicos usados na estimativa da ETc, foi instalado uma estação micro meteorológica na borda do dendezal (Figura 5). Os parâmetros avaliados foram temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) (Termo Higrômetro CS215, Campbell - EUA), velocidade do vento (VV) (Anemômetro RM 03001 Young - Inglaterra), radiação solar (RS) (Piranômetro - CS300, Campbell - EUA), precipitação (PP) (Pluviômetro TB4 - Hydrological Services - Austrália). Todos os sensores eram automáticos conectados a um

datalogger (CR1000, Campbell - EUA), com armazenagem horaria dos dados médios e total para a precipitação (Figura 5).

As estimativas da evapotranspiração da cultura (ETc), foram obtidas de acordo com a seguinte expressão:

$$ETc = ETo \cdot Kc \quad \text{Equação 13.}$$

Em que: ETc = evapotranspiração da cultura; ETo = evapotranspiração de referência; Kc = coeficiente da cultura.

O valor do Kc (0,9) utilizado para estimar a ETc do dendezal neste estudo, foi a partir de um valor proposto por Carr et al., (2011).



Figura 5. Micro estação meteorológica com sensor de temperatura e umidade do ar; velocidade e direção do vento; radiação solar e precipitação. CERU.

Com o objetivo de comparar os dados da ETc obtidos com a estação micro meteorológica do dendezal, foi feita uma correlação com os dados da ETc obtidos da estação meteorológica do INMET - Rio Urubu (Latitude  $-2.633654^{\circ}$ ; Longitude  $-59.600582^{\circ}$ ), localizada a 500 m em linha reta do experimento.

Para a estimativa da evapotranspiração com os dados do INMET, foi adotado o mesmo procedimento daquele utilizado com a estação micro meteorológica do experimento, quer disser que para a estimativa da ETo, foi utilizada a equação de Penman- Monteith- FAO (Equação 7), e para a estimativa da ETc, foi utilizada a expressão da Equação 13.

As variáveis climatológicas utilizadas para a estimativa da ETo com os dados da Estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Rio Urubu A125, Código OMM 81700 foram: temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar máxima e mínima, velocidade do vento e radiação solar, coletadas em intervalos de uma hora.

#### **4.5 Estimativa do balanço hídrico em um plantio com dendezeiro**

Para determinar o balanço hídrico, dentro do dendezal foi monitorada a precipitação efetiva e alguns fatores microclimáticos do solo (temperatura, umidade e potencial da água), próximo de duas plantas de dendezeiro. O monitoramento da precipitação efetiva (PE) foi realizado através de um pluviômetro (TE525MM, Campbell - EUA), a umidade do solo (Us) foi avaliada com princípio de frequência no domínio do tempo – FDR (CS616, Campbell - EUA), o potencial da água (PAs) foi realizado por sensores granulares (Watermark 200, Irrrometer - EUA) e a temperatura do solo (Ts) foi avaliada através de geotermômetros (Modelo 108-L34, Campbell - EUA). Os sensores foram conectados a um datalogger (CR23X, Campbell - EUA), programado para armazenar dados médios em intervalos de cinco minutos, os dados de precipitação eram totalizados. Estes sensores eram alimentados por uma bateria conectada a um painel solar (Figura 6).



Figura 6. Monitoramento da precipitação e fatores microclimáticos do solo dentro do dendezal. CERU.

Os sensores de Us e PAs foram instalados a 1,5 m do estipe de cada dendezeiro monitorado, nas profundidades de 20 e 60 cm. Para isso, foram abertas duas trincheiras de 30 x 60 x 80 cm de largura, comprimento e profundidade, respectivamente. Os sensores foram instalados na posição horizontal na parede de cada trincheira que fica do lado do estipe, separados a 15 cm de distância entre cada sensor de Us e PAs e nas profundidades respectivas (Figura 7).

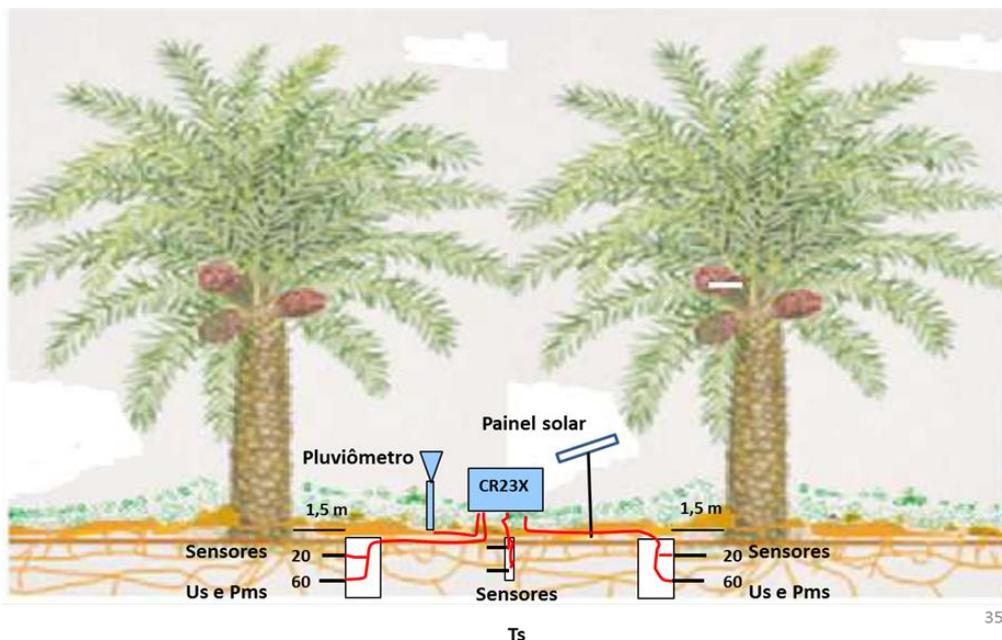


Figura 7. Esquema de instalação dos sensores (Us, Ts, PAs, PPI) instalados no dendezal.

Entre uma planta e outra, a uma profundidade de 80 cm, foram colocados de forma horizontal na parede do furo os sensores de Ts, nas mesmas profundidades que os sensores de Us e PAs (20 e 60 cm) (Figura 7). O pluviômetro foi instalado em um dos dois dendzeiros a 3 m de distância do estipe e a 1,5 m de altura, ficando embaixo da copa (Figura 7).

Foi monitorado simultaneamente, a umidade do solo (Us), potencial da água no solo (PAs), temperatura do solo (Ts) e a precipitação pluviométrica externa (PPe) a céu aberto, na borda do plantio, onde foi instalada a estação micrometeorológica para estimativa da evapotranspiração. O esquema de instalação dos sensores seguiu os mesmos procedimentos e as profundidades de aqueles instalados dentro do dendezal, com a abertura de uma trincheira (Figura 8A). Os dados destes sensores, também foram coletados em intervalos de 5 minutos e armazenados num datalogger (CR1000, Campbell - EUA) da estação micrometeorológica (Figura 8B). As trincheiras abertas foram preenchidas com o mesmo solo que foi retirado.

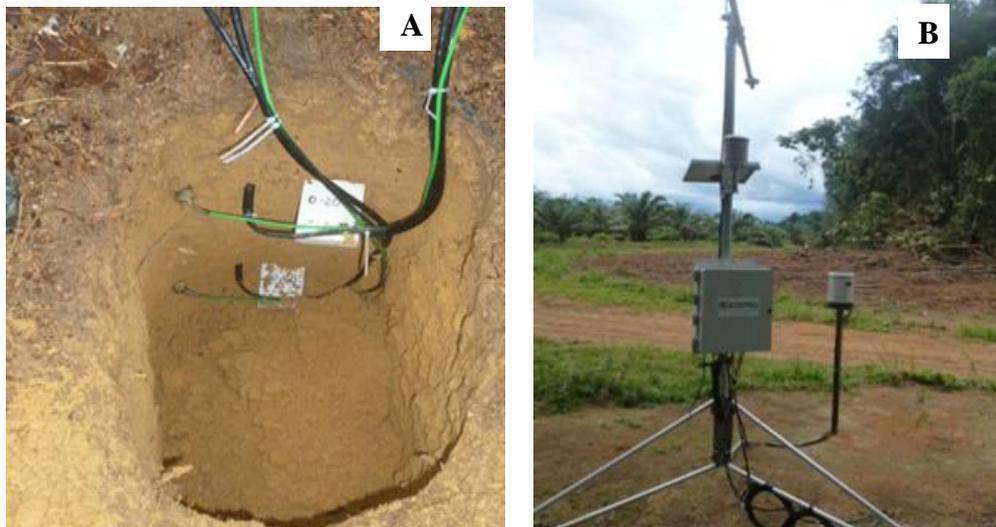


Figura 8. A) Trincheira aberta com esquema de instalação dos sensores do solo (Us, PAs e Ts); B) Micro estação meteorológica e pluviômetro. CERU.

O período de monitoramento compreendeu aproximadamente dois anos (de Agosto de 2013 a Junho de 2015). Os dados do tensiômetro (T4e, UMS-Alemanha), do estudo da

dinâmica dos nutrientes na solução do solo foram utilizados para complementar a informação sobre o potencial da água no solo.

O balanço hídrico foi estimado de acordo com a seguinte expressão:

$$P + I - ETc - R - D = \Delta h \quad \text{Equação 14.}$$

Em que: P = precipitação ou recarga natural pela chuva, quantificado através de pluviometria; I = irrigação considerada zero porque não houve; ETc = evapotranspiração da cultura, estimada pela equação 7 e 13; R = escoamento superficial, considerado zero, pois a área é sem escoamento; D = drenagem interna e  $\Delta h$  = variação de armazenamento da água na camada de estudo, calculada através de perfis de umidade do solo.

#### **4.6 Avaliação da dinâmica e do armazenamento da água no solo sob dendezeiros.**

Para a realização deste estudo, foram utilizados os dados dos sensores de umidade volumétrica do solo ( $U_s$ ) e do potencial da água no solo (PAs), instalado dentro e fora do dendezal. As variações de umidade e potencial são visualizadas em series temporais com média diária.

A variação da armazenagem da água no solo ( $\Delta h$ ) foi determinada pelos sensores de umidade volumétrica instalados a 20 e 60 cm de profundidade. Estes dados foram utilizados para determinar a armazenagem da água no solo e a sua variação na camada de 0 - 40 e de 40 - 80 cm de profundidade. O volume de solo considerado foi definido como sendo a camada correspondente à maior concentração do sistema radicular do dendezeiro (MÜLLER & ANDRADE, 2010).

A definição exata de armazenamento de água ( $A_L$ ) em uma camada de solo de espessura L é:

$$A_L = \int_0^L \theta \, dz \quad \text{Equação 15.}$$

Onde  $\theta$  é a umidade volumétrica do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) e  $z$  é a profundidade (m) do solo avaliada.

Para resolver a integral da Equação 15, é preciso conhecer-se a variação de  $\theta$  ao longo de  $z$ , no intervalo  $0 - L$ . Como via de regra, tem-se poucos dados de  $\theta$ , nesse sentido, não se consegue obter uma forma analítica integral de  $\theta(z)$ , portanto,  $A_L$  só pode ser estimado através de regras de integrais numéricas (trapezoidal).

Nesse sentido, a integral acima é simplificada, utilizando-se diferenças finitas, e o resultado é:

$$A_L \cong \bar{\theta} \times L \quad \text{Equação 16.}$$

Em que:  $\bar{\theta}$  é o valor médio da umidade volumétrica na camada  $0 - L$ .

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Precipitação

Os dados de precipitação coletados na área em estudo mostram sazonalidade, com épocas secas bem definidas (Figura 9). Nesta figura, observa-se que os meses de maior precipitação foram aqueles compreendidos entre janeiro a maio de 2014 e de janeiro a maio de 2015; os de menor precipitação estão compreendidos de julho a novembro de 2014, definindo as estações chuvosa e seca, respectivamente. Entretanto, quando comparado com os dados de precipitação de anos anteriores (GUILLAUMET et al., 2003), observa-se uma variação nos meses de agosto e novembro de 2013, apresentando precipitações acima da média registradas nesta área. O volume total da precipitação durante o período de estudo (Agosto de 2013 a Junho de 2015) foi de 4912 mm, com uma precipitação anual de 2480 mm no ano de 2014. Os valores anuais de precipitação estão próximos aos da média geral para a Amazônia (2300 mm) (FISCH et al., 1998).

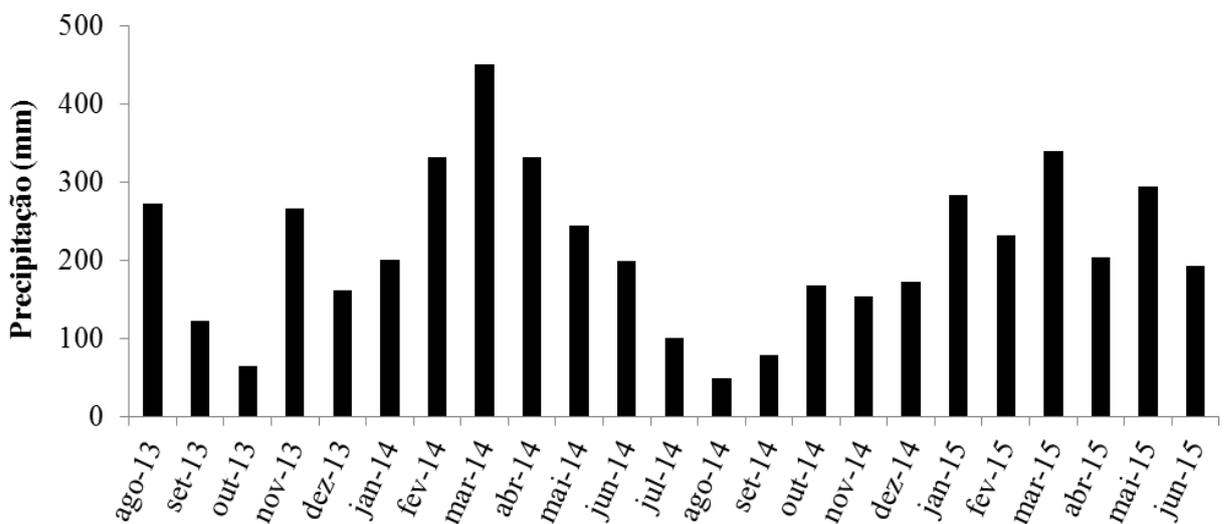


Figura 9. Precipitação mensal na área sob dendezeiros entre Agosto de 2013 a Junho de 2015. Campo Experimental do Rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA). Rio Preto da Eva - AM.

## 5.2 Características físicas do solo

### 5.2.1 Textura

As características granulométricas do solo sob o dendezeiro e floresta primária mostram teores de argila superiores a  $700 \text{ g kg}^{-1}$ , caracterizando-os como da classe textural muito argilosa (Tabela 2). Sendo que as maiores variações ocorrem na camada superficial de 0 - 50 cm; nesta camada, os teores de argila são menores do que na camada de 50 – 100 cm. A partir dos 50 até 100 cm os teores de argila são praticamente constantes (Tabela 2).

A pouca diferença na distribuição granulométrica observada entre as duas áreas, está relacionada à proximidade das áreas (200 m) e a serem solos originados do mesmo material de origem e com influência dos fatores de formação do solo bem similares.

Tabela 2. Composição granulométrica dos solos sob um dendezal e sob floresta primária. Campo Experimental do Rio Urubu (CERU – Embrapa CPAA), Rio Preto da Eva – AM.

Prof. (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila	Classe Textural
	(2,0-0,2 mm)	(0,2-0,05 mm)	(2,0-0,05 mm)	(0,05-0,002 mm)	(<0,002 mm)	
----- g kg <sup>-1</sup> -----						
Dendezeiro						
0-30	69,36	25,71	95,07	184,26	720,67	MA*
30-50	53,53	20,85	74,38	130,62	795,00	MA
50-80	49,15	18,12	67,27	89,06	843,67	MA
80-110	45,92	17,71	63,63	88,37	848,00	MA
Floresta primária						
0-30	77,09	27,42	104,51	193,16	702,33	MA
30-50	57,82	23,36	81,18	175,48	743,33	MA
50-80	54,65	21,38	76,03	116,14	807,83	MA
80-110	54,10	19,94	74,04	91,29	834,67	MA

\*Muito argiloso

### 5.2.2 Densidade do solo, microporosidade, macroporosidade, volume total dos poros, retenção de água e quantidade de água disponível.

Os valores de densidade do solo ( $\rho$ ) corrobora a similaridade entre os locais estudados (Tabela 3). Apenas na camada de 0 – 10 cm, a média da  $\rho$  sob o dendezal apresenta valores significativamente maiores que os encontrados na floresta primária, provavelmente, em decorrência da compactação do solo, produto da instalação do plantio e as atividades de manejo realizado ao longo destes anos (roçagem, adubação e transporte dos cachos) com maquinaria pesada. Entretanto, esta característica não apresenta diferenças significativa em profundidade dentro de cada área (Tabela 3).

A compactação do solo pode ser um problema no desenvolvimento do dendezeiro, devido a que o sistema radicular fasciculado é bastante sensível a solos compactados. Além disso, pode reduzir a produtividade entre 20 a 30%, devido à menor retenção de água nos horizontes superficiais do solo (CALIMAN et al., 1990).

Tabela 3. Densidade do solo, micro e macro porosidade, volume total dos poros do solo sob um dendezal e floresta primária. Campo Experimental do Rio Urubu (CERU – Embrapa CPAA), Rio Preto da Eva – AM.

Prof. cm	Densidade do Solo Mg m <sup>-3</sup>	Microporos %	Macroporos %	VTP <sup>(1)</sup>
Dendezal				
0 - 10	1,01 Aa	37,69 Aa	23,37 Aa	61,06 Aa
40 - 50	1,09 Aa	37,13 Aa	21,00 Aa	58,13 Aa
Floresta primária				
0 - 10	0,85 Ab	44,20 Ab	23,25 Aa	67,46 Ab
40 - 50	1,00 Aa	39,60 Ba	22,11 Aa	61,71 Ba

\*As letras maiúsculas em cada uma das médias representam a significância entre as profundidades de cada ambiente (dendezal e floresta primária), ao passo, que as letras minúsculas representam as significâncias entre as profundidades dos ambientes. <sup>(1)</sup>Volume total de poros.

Acompanhando à densidade do solo no dendezal, têm-se menores valores de volume total de poros (VTP) na camada de 40 – 50 cm do que na camada de 0 – 10 cm, devido, provavelmente à presença do sistema radicular fasciculado desta planta, cujo maior volume se encontra nos primeiros 40 cm de profundidade (MÜLLER & ANDRADE, 2010). Isto provavelmente poderia estar facilitando uma maior agregação do solo na camada de 0 -10 cm de profundidade. Entretanto, o VTP nesta área não apresenta diferença significativa entre as profundidades (Tabela 3).

Quando comparados, o VTP da floresta primária apresenta diferença estatística ao do dendezal nas duas camadas (Tabela 3), provavelmente em decorrência do maior teor de matéria orgânica, quase duas vezes a mais que os encontrados no dendezal (Tabela 5), assim também, provavelmente ao maior volume de raízes na floresta primária, devido a maior diversidade de espécies que no dendezal. Ainda na Tabela 3, podemos observar que a macroporosidade nas duas áreas não apresentam diferença estatística entre as profundidades.

Quando comparados, o volume dos microporos no dendezal não apresentam diferenças em profundidade. Entretanto, esta característica apresenta diferença entre as profundidades na área de floresta primária. Quando comparados as duas profundidades de ambas as áreas, apenas a camada de 0 -10 cm apresentam diferenças estatísticas (Tabela 3).

Os resultados da retenção de água no solo das duas áreas estão apresentados na tabela 4. Nela pode-se observar que as umidades volumétricas avaliadas em ambas as áreas foram altas em todos os potenciais, diminuindo suavemente conforme aumenta a tensão. Este mesmo comportamento foi observado por Marques et al. (2004) em um sistema agroflorestal sob um Latossolo Amarelo Distrófico muito argiloso. Segundo estes autores, uma provável explicação para essa tendência poderia estar relacionada à maior proporção de microporos e menor proporção de macroporos, como encontrado neste estudo (Tabela 3). Este fato também

poderia estar relacionado com a textura do solo, pois solos muito argilosos retêm maior quantidade de água a elevadas tensões.

Os valores mais elevados de água disponível foram encontrados na camada superficial da área de floresta primária, diminuindo em profundidade. Estes resultados variaram de 0,09 a 0,14  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  (Tabela 4). Estudos realizados por Reichardt et al. (1980) em Latossolos Amarelos muito argilosos na região de Manaus mostraram que estes têm baixa água disponível. Dados de água disponível nas mesmas tensões (6,1 kPa e 1500 kPa), obtidos por CORRÊA (1984), na camada superficial (0 – 8 cm) de um Latossolo Amarelo próximos de Manaus estão bem próximos aos deste estudo (0,11  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ).

Os valores mais elevados de umidade na saturação (0 kPa) foi obtido na camada superficial da floresta (Tabela 4). Verifica-se ainda que o conteúdo de água retido no potencial de 1500 kPa é relativamente elevado, variando de 0,23 a 0,30  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ . Comportamento similar foi observado por Marques et al. (2004) em um Latossolo Amarelo muito argiloso, sob um sistema agroflorestal próximo de Manaus. Outros estudos confirmam estes resultados (0,31  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) para o mesmo potencial e o mesmo tipo de solo ao norte de Manaus (FERREIRA et al., 2002). De acordo com TEIXEIRA (2001), nos Latossolos Amarelos muito argilosos da Amazônia Central, a água acima do ponto de murcha permanente (1500 kPa), atinge valores de aproximadamente 20 a 25% da água total do solo. Nos Latossolos Amarelos de textura média e arenosa da principal região da dendecultura no Estado do Pará, esses valores são de aproximadamente 15 a 20% (VIEIRA & SANTOS, 1987).

O menor valor de água disponível obtido no dendezal provavelmente esteja relacionado ao aumento da densidade do solo e da microporosidade. As mudanças da densidade do solo, além de afetarem a quantidade de água disponível e a capacidade de armazenamento, influenciam fortemente a permeabilidade, a taxa de drenagem e a penetração

das raízes (ARCHER & SRNITH, 1972). Segundo CORRÊA (1984), A estreita margem de armazenamento de água nos Latossolos Amarelos muito argilosos, juntamente com uma irregular distribuição de chuvas, durante o desenvolvimento de uma cultura, poderiam acarretar prejuízos para o agricultor.

Na Tabela 4 observa-se que a retenção de água em todos os potenciais não apresenta diferenças significativas quando comparadas as profundidades dentro e entre as duas áreas avaliadas, apenas houve diferença entre as profundidades da área de floresta primária no ponto de murcha permanente (1500 kPa). Entretanto, quando comparadas entre as profundidades de cada área, a camada superficial (0 – 10 cm) apresenta diferença significativa.

Tabela 4. Valores de retenção de água em um Latossolo Amarelo distrófico, muito argiloso, sob cultivo de dendezeiro e sob floresta primária. CERU – Embrapa, Rio Preto da Eva, AM.

Camada (cm)	Tensões					Água disponível
	0 kPa	1 kPa	3,1 kPa	6,1 kPa	1500 kPa	
----- $\theta m^3 m^{-3}$ -----						
Dendezal						
0 - 10	0,54 Aa	0,46 Aa	0,40 Aa	0,38 Aa	0,27Aa	0,11Aa
40 - 50	0,52 Aa	0,47 Aa	0,42 Aa	0,39 Aa	0,30Aa	0,09Aa
Floresta primária						
0 - 10	0,56 Aa	0,41 Aa	0,40 Aa	0,37 Aa	0,23Aa	0,14Ab
40 - 50	0,56 Aa	0,46 Aa	0,43 Aa	0,39 Aa	0,30Ba	0,09Ba

\*As letras maiúsculas em cada uma das médias representam a significância entre as profundidades de cada ambiente (dendezal e floresta primária), ao passo, que as letras minúsculas representam as significâncias entre as profundidades dos ambientes.

### 5.3 Parâmetros químicos do solo

Analisando os resultados das características química do solo (Tabela 5), observa-se que o pH no dendezal variou entre 4,2 a 4,4, com grande uniformidade entre as camadas analisadas. Na floresta primária, o pH variou entre 3,7 a 4,2, com os menores valores na primeira camada, provavelmente como consequência da maior produção de ácido orgânicos.

A decomposição da matéria orgânica, resultante da queda das folhas, galhos, flores e frutos no chão da floresta, contribuem para o caráter mais ácido na primeira camada (Tabela 5). De acordo com a classificação de Ribeiro et al. (1999), estes valores se encontram dentro da faixa considerada como de acidez muito elevada.

Os teores de carbono orgânico (C) decrescem em profundidade nas duas áreas (Tabela 5), sendo o seu maior conteúdo encontrada na camada superficial devido à incorporação de resíduos vegetais (liteira) provenientes das plantas de cada sistema de uso da terra. Entretanto, a floresta primária se apresenta com maiores conteúdos de carbono o qual está diretamente relacionada com o grande aporte da serapilheira que ocorre nas áreas de floresta (CERRI, 1989). A retirada da cobertura vegetal original pode trazer sensíveis modificações nos processos de decomposição e síntese da matéria orgânica, decorrentes de alterações no fornecimento de material para incorporação ao solo (LONGO & ESPINDOLA, 2000).

A diminuição em profundidade do C, também pode ter contribuído com o aumento nos valores de densidade do solo em ambas as áreas (Tabela 3). Segundo Zech et al. (1997), um fator essencial para a conservação das propriedades físicas, químicas e a produção das plantas em solos tropicais, é a manutenção dos teores de matéria orgânica no solo.

Os valores mais elevados de fósforo,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , micro-nutrientes (Zn, Mn e Cu) e soma de bases (SB) em todas as camadas no dendezal são atribuídos às adubações periódicas (Tabela 1), com os resultados refletindo o efeito cumulativo destas aplicações. Na camada superficial da floresta primária os valores observados podem ser atribuídos aos

maiores teores de matéria orgânica (Tabela 5). A capacidade de troca de cátions (T) decresceu em profundidade nas duas áreas, sendo que o valor de T variou de 7,13 a 2,74 e de 10,81 a 3,11  $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$  de solo, no dendezal e na floresta primária, respectivamente. Ainda na Tabela 5, nas duas áreas observa-se baixa saturação por base (V%) e alta saturação por alumínio (m%), principalmente na floresta primária, este fato pode limitar o enraizamento das plantas em profundidade (MARQUES et al., 2004). Entretanto, o dendezeiro apresenta grande capacidade de adaptação aos solos pobres, desenvolvendo um sistema radicular predominante nos primeiros 50 cm de profundidade (MÜLLER & ANDRADE, 2010).

De forma geral, as características químicas de ambas as áreas diminuem em profundidade, com exceção da saturação por alumínio (m%) na área do dendezal e do pH na floresta primária (Tabela 5).

Os resultados das análise de variância para as duas áreas apresentam diferença significativa para todas as características do solo (Tabela 5). No dendezal, o pH e o  $\text{Al}^{3+}$  não apresentam diferença significativa entre as profundidades. A mesma tendência se apresenta na área de floresta primária para o P,  $\text{Ca}^{2+}$ , SB, V, m, Zn, e Cu (Tabela 5).

Quanto às profundidades de cada área avaliada, a profundidade de 0 – 30 cm no dendezal apresenta diferença significativa com as outras profundidades (30 – 50, 50 – 80, 80 – 110 cm) para o C, P,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , SB, T, V, m, Zn, Cu. Entretanto, essa diferencia só é observada para o pH, C,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , H+Al e T na área de floresta primária. Ainda na Tabela 5 podemos observar que o  $\text{K}^+$ , H+Al, Fe e Mn no dendezal as profundidades apresentam diferenças significativas entre elas, ao passo que na área de floresta primária, essas diferenças são observadas para o  $\text{Mg}^{2+}$ , Fe e Mn.

Tabela 5. Características químicas do solo das áreas sob denzezeiros e sob floresta primária, Campo Experimental do Rio Urubu (CERU – Embrapa CPAA), Rio Preto da Eva – AM.

Prof. cm	pH H <sub>2</sub> O	C <sup>(1)</sup> g kg <sup>-1</sup>	P -- mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup> ---	Ca <sup>2+</sup> -----	Mg <sup>2+</sup> -----	Al <sup>3+</sup> cmolc dm <sup>-3</sup>	H+Al <sup>(2)</sup> -----	SB <sup>(3)</sup> -----	T <sup>(4)</sup> -----	V <sup>(5)</sup> ----- %	m <sup>(6)</sup> -----	Fe -----	Zn mg dm <sup>-3</sup>	Mn -----	Cu -----
<b>Dendezal</b>																
0-30	4,4 a	22 a	90 a	36 a	0,70a	0,18a	1,7a	6a	1,0a	7a	14,1a	62a	268a	16,5a	2,7a	4,7a
30-50	4,3 a	11 b	34 b	31ab	0,27b	0,09b	1,7a	5ab	0,5b	5b	8,9b	79b	222a	6,2b	1,2b	1,7b
50-80	4,2 a	7 b	15 b	23ab	0,15b	0,07b	1,5a	3b	0,3b	4b	7,4b	85b	108b	3,5b	0,6c	0,9b
80-110	4,2 a	7 b	6 b	15b	0,09b	0,06b	1,3a	3b	0,2b	3b	7,9b	86b	49b	2,2b	0,2c	0,4b
Média	4,2 A	11,6 A	39,75A	26,42A	0,30A	0,1A	1,5A	4,2A	0,48A	4,6A	9,6A	78A	162A	7,09A	1,15A	1,90A
<b>Floresta primária</b>																
0-30	3,7 a	37 a	2 a	25a	0,04a	0,10a	3,5a	11a	0,3a	11a	2,6a	93a	378a	0,5a	0,7a	0,1a
30-50	4,1 b	16 b	1 a	9b	0,03a	0,07ab	2,0b	5b	0,2a	5b	2,8a	93a	316a	0,3a	0,5ab	0,1a
50-80	4,2 b	10 b	1 a	5b	0,03a	0,05b	1,6b	4b	0,1a	4b	3,0a	93a	191b	0,5a	0,5ab	0,1a
80-110	4,2 b	7 b	1 a	3b	0,02a	0,05b	1,2b	3b	0,1a	3b	2,8a	93a	98b	0,5a	0,2b	0,1a
Média	4,0 B	17,4 B	1,19B	10,58B	0,03B	0,07B	2,1B	5,7B	0,16B	5,8B	2,8B	93B	246B	0,43B	0,48B	0,12B

<sup>(1)</sup>Carbono orgânico; <sup>(2)</sup>ácides potencial; <sup>(3)</sup>soma de bases; <sup>(4)</sup>CTC a pH 7,0; <sup>(5)</sup>saturação por bases; <sup>(6)</sup>saturação por alumínio. As letras maiúsculas em cada uma das medias representam a significância entre os ambientes (dendezal e floresta primária), ao passo, que as letras minúsculas representam as significâncias entre as profundidades de cada ambiente.

## 5.4 Parâmetros químicos da solução dos solos

### 5.4.1 pH da solução do solo

A variação temporal da precipitação e do pH da solução do solo (SS) nas três profundidades das duas áreas em estudo, são apresentados na Figura 10. Nelas, observa-se uma diminuição do pH nas três profundidades das duas áreas, tornando a SS ainda mais ácida no período que vai de dezembro de 2013 até junho de 2014. Nesse período, tomando em conta as três profundidades, o pH da SS diminuiu de 5,4 a 4,0 e de 5,0 a 3,6 no dendezal (DD) e na floresta primária (FP), respectivamente. Este período se apresenta como maior volume de precipitação para todo o período de estudo (1991 mm). De modo geral, a partir de julho de 2014 os valores já estão aumentando. Posteriormente, observa-se um período sem amostras de SS (agosto a outubro de 2014), devido à baixa umidade do solo, ocasionada pela diminuição da precipitação nessa época (254 mm). Após este período, o pH aumentou de 3,9 a 5,2 e de 3,7 a 5,2 nas três profundidades do dendezal e da floresta primária, respectivamente. A precipitação neste período foi de 1130 mm.

A diminuição do pH da solução pode ser atribuída à elevação da concentração de  $H^+$  no meio pelo aumento da decomposição da matéria orgânica, advinda do aumento da atividade microbiana com o início do período chuvoso após um período de seca (ALEXANDER, 1977), bem como da remoção dos cátions que promovem maiores valores de pH. Observações realizadas em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico em Goiânia por MORAES (1991), atribui este fato à produção de ácidos orgânicos, nítrico e sulfúrico, provenientes da decomposição da matéria orgânica e da lixiviação de bases trocáveis com água das chuvas.

Segundo HEDIN (2003), a intensa produção de ácidos orgânicos nos ecossistemas amazônicos favorece o aumento da acidez da solução do solo ( $pH < 5,0$ ). Segundo Melém

Junior et al. (2001), nas regiões tropicais úmidas sabe-se que os fatores que causam a acidez, são, principalmente, a pluviosidade/distribuição pluviométrica (Lixiviação de bases), a extração pelas culturas, as trocas iônicas na região da rizosfera, o uso de fertilizantes nitrogenados, com índice de acidez elevado, além de fatores da própria formação do solo. Os mesmos autores mencionam que o sulfato de amônio é a fonte nitrogenada com maior poder de acidificação do solo. Neste estudo, as adubações realizadas em anos anteriores no dendezal foram com sulfato de amônio na dose de 3 kg planta<sup>-1</sup> (Tabela 1), isto poderia ter contribuído com a acidificação da SS nesta área.

Em experimentos de laboratório com amostras de Latossolo Vermelho Escuro tratadas e não tratadas com Ca(OH)<sub>2</sub>, com a finalidade de verificar o efeito do sulfato de amônio e da uréia na acidificação do solo, Mello et al. (1986), concluíram que tanto a uréia como o sulfato de amônio tendeu a reduzir o pH do solo, sendo o efeito do segundo mais intenso. Entretanto, estudos realizados sobre o efeito de fertilizantes nitrogenados na acidificação de um Argissolo Vermelho Amarelo Latosólico distrófico cultivado com milho, concluíram que as fontes nitrogenadas não causaram acidificação do solo (MELÉM JUNIOR et al., 2001)

Como pode se observar em ambas as áreas, o pH da SS reduz e aumenta de valor nos períodos de maior e menor precipitação, respectivamente, mostrando um padrão cíclico nas três profundidades (Figura 10). Observa-se que a SS das três profundidades do solo sob FP é mais ácida que do solo sob DD, apresentando uma pequena tendência de diminuição do pH, tornando a SS mais ácida em profundidade (Figura 10). Resultados semelhantes foram encontrados por NEU (2005), quando comparou uma floresta primária com outros tipos de uso da terra na região de Manaus. Este fato poderia ser explicado, provavelmente pela diminuição da matéria orgânica na camada superficial que não foi incorporada ao solo no dendezal, devido às folhas podadas ser depositadas nas entrelinhas e aos cachos serem retirados nas colheitas.



#### 5.4.2 Condutividade elétrica da solução do solo

A condutividade elétrica (CE) da SS variou de acordo com o uso do solo (Figuras 11). Na profundidade de 20 cm sob DD, mesmo recebendo adubação química um ano atrás, a SS desta área apresenta valores de CE inferiores aos da área sob FP, indicando que a floresta primária é um sistema mais conservador de nutrientes. Resultados semelhantes foram encontrados por Miranda et al. (2006), quando comparou floresta primária com pastagem. Na profundidade de 20 cm na área sob FP apresenta maior CE devido à lixiviação de íons da folha, liteira e decomposição da liteira.

Na profundidade de 40 e 100 cm, observa-se que na área sob FP os valores de CE da SS foram menores que da área sob DD, diminuindo em profundidade, principalmente nos 100 cm, onde os valores estão abaixo de  $20 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Na área sob FP observa-se pouca movimentação de elementos químicos nas três profundidades, com exceção dos 40 cm de profundidade no período de maior precipitação, compreendido entre as coletas de março a maio de 2014. Nesse período, a CE nessa profundidade aumento em dobro, passando de 20 a  $40 \mu\text{S cm}^{-1}$  (Figura 11).

Na área sob DD os valores da CE da SS, em média aumentam em profundidade, passando de 33,59 a 47, 87  $\mu\text{S cm}^{-1}$  da profundidade de 20 à de 40 cm, respectivamente, diminuindo até 46,76 na profundidade de 100 cm (Tabela 6). Este fato indica movimentação de elementos químicos em profundidade na área sob DD. Na profundidade de 40 cm, observa-se uma diminuição da CE da SS sob DD, passando de 70 a  $40 \mu\text{S cm}^{-1}$  no período de dezembro de 2013 até março de 2014 (Figura 11). Quase que simultaneamente, na profundidade de 100 cm da mesma área, observa-se um incremento da CE da SS, passando de 30 a aproximadamente  $80 \mu\text{S cm}^{-1}$  de abril até junho de 2014 (Figura 11). Esse fato indica lixiviação e redução da CE em profundidade, perdendo nutrientes nos períodos de maior precipitação.



Uma das principais preocupações no manejo de fertilizantes, buscando sua máxima eficiência, é a criação de melhores condições para melhorar a disponibilidade de nutrientes para as plantas no momento certo e evitar perdas, por lixiviação e volatilização. Nesse sentido, as perdas poderiam ser evitadas aplicando o adubo em doses menores e em maiores frequências (três vezes por ano), e não uma.

Os resultados das análise de variância para as duas áreas, não apresentam diferença significativa para o pH. Quanto às profundidades, não houve variação significativa entre elas no dendezal e na floresta primária. (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios, desvio padrão (DP), máximo (Max) e mínimo (Min) do pH e condutividade elétrica da solução do solo de áreas no dendezal e floresta primária em três profundidades. CERU – Embrapa, Rio Preto da Eva, AM.

Prof. (cm)	Parâmetro	pH		CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	
		Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta
20	Média	4,68 Aa	4,25 Aa	33,59 Aa	35,04 Aa
	DP	0,23	0,4	4,47	17,5
	Max	5,43	5,15	53,73	46,42
	Min	3,99	3,83	22,39	19,94
40	Média	4,45 Aa	4,42 Aa	47,87 Ba	31,80 Ab
	DP	0,02	0,38	21,55	16,48
	Max	5,37	5,19	72	38,93
	Min	3,87	3,9	31,5	19,34
100	Média	4,23 Aa	4,54 Aa	46,76 Ba	15,06 Bb
	DP	0,12	0,27	11,45	6,06
	Max	5,08	5,13	84,63	20,76
	Min	4,07	3,6	21,28	8,26
<b>Media Geral</b>		4,45 a	4,4 a	42,63 a	27,29 b

\*As letras maiúsculas em cada uma das médias representam a significância entre as profundidades de cada ambiente (dendezal e floresta primária), ao passo, que as letras minúsculas representam as significâncias entre as profundidades dos ambientes.

Quando comparados as profundidades das duas áreas avaliadas, podemos observar que também não apresentam diferenças significativa. Em relação à CE, os resultados da análise de

variância mostra que houve diferença significativa entre as áreas. Quanto às profundidades no DD, a CE apresentou variação significativa entre as profundidades de 20 com as de 40 e 100 cm. Entretanto, na área de floresta primária, a profundidade de 100 cm apresentou diferença significativa com as profundidades de 20 e 40 cm. Quando comparados a CE entre as profundidades de cada área, houve diferença significativa nas profundidades de 40 e 100 cm (Tabela 6).

### 5.4.3 Concentrações dos cátions na solução do solo: Potássio, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Ferro e Manganês

A variação quinzenal da precipitação e dos teores de potássio ( $K^+$ ) e o seu comportamento nas áreas em estudo estão apresentadas na Figura 12. Na profundidade de 40 cm de profundidade os teores de  $K^+$  na área sob DD apresentam um aumento em relação aos 20 cm de profundidade, porém, no período de maior precipitação (março a junho de 2014), os maiores teores de  $K^+$  na profundidade de 40 cm vão diminuindo ao longo do tempo, passando de 4 a 1  $mg L^{-1}$  (Figura 12). Na área sob FP a variação quinzenal dos teores de  $K^+$  na SS nas três profundidades avaliadas, são relativamente uniformes ao longo do tempo, com concentrações abaixo de 1  $mg L^{-1}$ .

Segundo STARK & JORDAN (1978), em regiões tropicais, devido ao intenso intemperismo dos minerais do solo, a solução do solo apresenta baixa concentração de nutrientes. Contudo, mesmo em baixas concentrações ( $< 2 mg L^{-1}$ ), observou-se os incrementos do  $K^+$  na solução do solo em ambas as áreas no período de maior precipitação (Março 2014). Este fato pode estar relacionado aos aportes da precipitação, lavagem e decomposição das folhas, incorporando o  $K^+$  ao solo e na sua solução. A redução dos teores pode ser devido à rápida absorção destas pequenas quantidades em solução pelas plantas e pelo processo de lixiviação.

Trabalhando com plantios de Eucalipto, Costa et al. (2005), observaram que 50% do  $K^+$  em épocas de maior precipitação é rapidamente liberado da serapilheira. Este nutriente também apresenta o menor tempo de permanência na serapilheira (VIEIRA et al., 2013). Portanto, ao se avaliar as características químicas da solução do solo, deve-se considerar, inicialmente, a influência dos aportes atmosféricos.

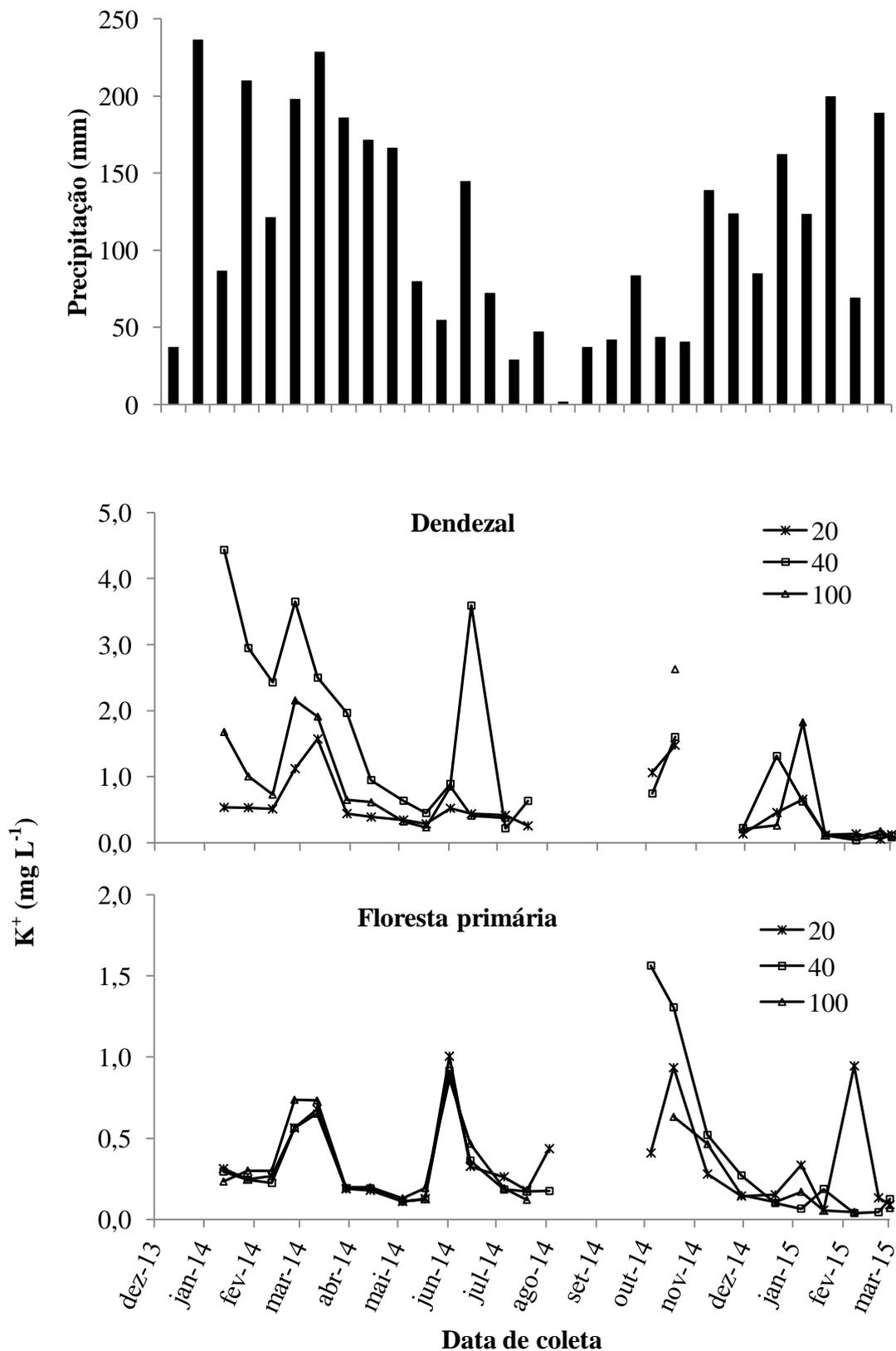


Figura 12. Variação quinzenal da precipitação e do íon de potássio na solução do solo sob dendezal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM.

MORTATTI (1995), em trabalhos realizados na região Amazônica, observou que, para alguns elementos, o aporte atmosférico é significativo. Na região de Manaus, este autor observou que, no ano de 1989, somente via precipitação ocorreu uma entrada de  $0,18 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{K}^+$ . Valores muito próximos ( $0,10 \text{ mg L}^{-1}$ ) foram observados por Schroth et al. (2001). Esses aportes foram maiores ( $0,35$  e  $0,40 \text{ mg L}^{-1}$ ) em floresta primária do estado do Paraná e de mata ciliar da Amazônia Central, respectivamente (LEITE, 2011), esses aportes se incrementam quando a chuva atravessa o dossel de florestas e de sistemas agroflorestais (SCHROTH et al., 2001).

Para todo o período de estudo, a concentração média de  $\text{K}^+$  na área sob DD aumentou até a profundidade de 40 cm, passando de  $0,52$  a  $1,36 \text{ mg L}^{-1}$ , dos 20 aos 40 cm de profundidade, respectivamente. Na profundidade de 100 cm, a concentração média diminuiu para  $0,78 \text{ mg L}^{-1}$ . As concentrações de  $\text{K}^+$  na SS na área sob DD apresentaram uma variação da ordem de  $0,05$  a  $1,57$ ;  $0,04$  a  $4,44$  e de  $0,08$  a  $2,63 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{K}^+$  nas profundidades de 20, 40 e 100 cm, respectivamente (Tabela 7).

Na área sob FP, a concentração média de  $\text{K}^+$  nas três profundidades ao longo do período de estudo, apresentou mesma tendência queda área sob DD, aumentando de  $0,34$  até  $0,45 \text{ mg L}^{-1}$  da profundidade de 20 aos 40 cm. Nos 100 cm de profundidade, a concentração média diminuiu para  $0,29 \text{ mg L}^{-1}$  (Tabela 7). Nesta área, as concentrações de  $\text{K}^+$  em SS variaram de  $0,06$  a  $1,00$ ; de  $0,04$  a  $3,08$  e de  $0,05$  a  $0,86 \text{ mg L}^{-1}$  nas profundidades de 20, 40 e 100 cm, respectivamente.

De acordo com estes resultados, a 40 cm de profundidade em ambas as áreas apresentam um acúmulo evidenciado pela maior concentração do  $\text{K}^+$ . Nesta profundidade, as concentrações de  $\text{K}^+$  na área do DD foram três vezes mais do que na FP devido às adubações realizadas em anos anteriores. Entretanto, resultados diferentes foram encontrados em sistemas agroflorestais e dendezaís adultos (SCHROTH et al., 2001; TUNG et al., 2009),

onde as maiores concentrações foram encontradas a 30 cm de profundidade. Independentemente das profundidades estudadas, as médias dos teores de  $K^+$  na SS encontradas na área sob DD, estão bem abaixo dos encontrados em dendezaís da Malásia adubados com cloreto de amônio e cloreto de potássio e próximos aos dendezeiros não adubados (TUNG et al., 2009).

As médias dos teores de  $K^+$  na área de FP coincidem com os encontrados por NEU (2005) e próximos aos encontrados por Schroth et al. (2000) em áreas de floresta primária. Entretanto, resultados encontrados por Ferreira et al. (2006), em áreas de floresta primária, reportam valores muito superiores. A diferença encontrada poderia estar relacionada às profundidades avaliadas por estes autores (30 cm).

O cálcio ( $Ca^{2+}$ ) apresentou pouca variação ao longo do período de estudo nas três profundidades das duas áreas (Figura 13). Na área sob DD se observa uma pequena variação ao longo do período de estudo, com diminuições e incrementos menores a  $1\text{ mg L}^{-1}$ . Essas pequenas variações acompanham a variação da precipitação no período (Figura 13). Entretanto, essa variação é mais expressiva na profundidade de 100 cm (Figura 13).

Ainda na Figura 13, também podemos observar que o  $Ca^{2+}$  na área sob DD a 100 cm de profundidade, apresenta teores superiores aos da condição natural, que é a floresta primária. Esse fato indica que o  $Ca^{2+}$  ao longo do tempo foi provavelmente lixiviado, mesmo em pequenas quantidades. A concentração média do  $Ca^{2+}$  na área sob DD diminuiu em profundidade, passando de 2,9 para 2,6  $\text{mg L}^{-1}$  da profundidade de 20 à de 40 cm, e de 2,6 para 1,3  $\text{mg L}^{-1}$  de 40 à de 100 cm, respectivamente. Esses teores nas três profundidades no DD variaram de 1,96 a 3,83; 1,52 a 3,99 e de 0,71 a 3,02  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 7).

As concentrações de  $Ca^{2+}$  na área sob FP apresentou pouca variação ao longo do período de estudo, assim como em profundidade, evidenciando a baixa movimentação deste íon em solução.

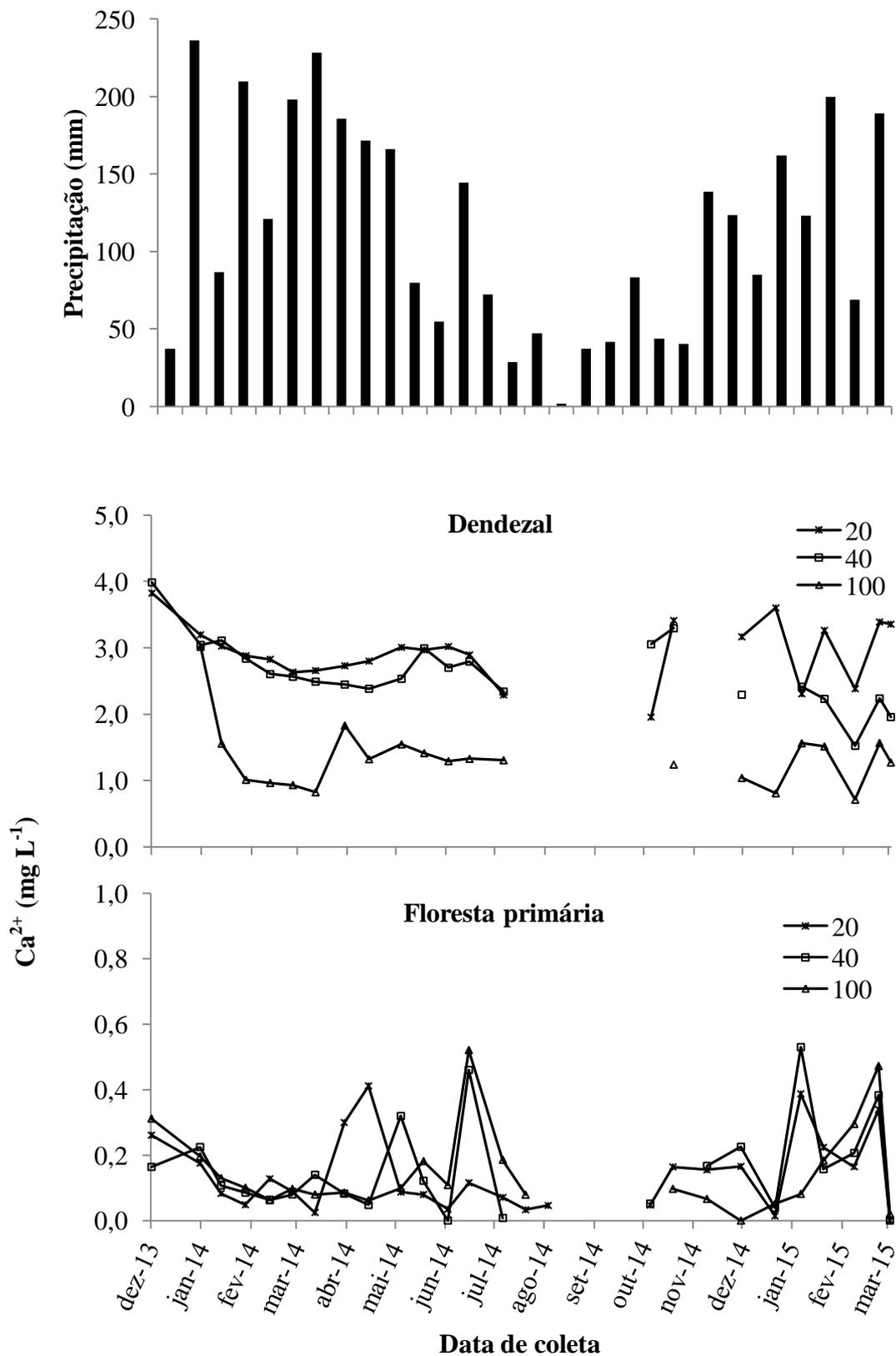


Figura 13. Variação quinzenal da precipitação e do íon de cálcio na solução do solo sob dendzeal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM.

A concentração média de  $\text{Ca}^{2+}$  na área sob FP para todo o período de estudo foi de 0,14; 0,15 e 0,14  $\text{mg L}^{-1}$  nas profundidades de 20, 40 e 100 cm, respectivamente (Tabela 7). Essas concentrações estão bem abaixo aos encontrados na área sob DD (Tabela 7). Contudo, os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  deste estudo apresentam valores 10 vezes menores quando comparados a outros estudos realizados em floresta primária, (NEU, 2005; FORTIL et al., 2008).

A concentração de magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ao longo do período de estudo nas três profundidades apresenta comportamento semelhante ao do  $\text{K}^+$ , principalmente na área sob DD (Figura 14). Com o aumento da precipitação, entre o período de janeiro até abril de 2014, na área sob DD, observou-se um aumento da concentração de  $\text{Mg}^{2+}$  a 20 cm de profundidade. Nesse mesmo período, a 40 cm de profundidade, as concentrações de  $\text{Mg}^{2+}$  diminuíram para 0,20  $\text{mg L}^{-1}$  aproximadamente. Entretanto, nesse mesmo período, na profundidade de 100 cm, as concentrações de  $\text{Mg}^{2+}$  aumentam aproximadamente 0,15  $\text{mg L}^{-1}$ . Este fato indica que o  $\text{Mg}^{2+}$  foi deslocado dos sítios de troca e movimentou-se ao longo do perfil e que, mesmo em pequenas concentrações, poderia ser considerado como perdas por lixiviação. Na área sob FP, a dinâmica do  $\text{Mg}^{2+}$  é semelhante ao da área sob DD nas três profundidades, porém em menores concentrações (Figura 14). De acordo com os resultados, a concentração média de  $\text{Mg}^{2+}$  da área sob DD para todo o período de estudo, aumentam de 0,13 até 0,18  $\text{mg L}^{-1}$  da profundidade de 20 à de 40 cm, respectivamente. A 100 cm de profundidade, a concentração diminuí a 0,15  $\text{mg L}^{-1}$ . Na área sob FP a tendência é a mesma que na área sob DD, aumentando de 0,05 até 0,07  $\text{mg L}^{-1}$  da profundidade de 20 à de 40 cm e posteriormente diminui a 0,04  $\text{mg L}^{-1}$  na profundidade de 100 cm (Tabela 7). Ressalta-se, que em algumas épocas do período de estudo, as concentrações de  $\text{Mg}^{2+}$  estão abaixo do limite de detecção do aparelho.



A dinâmica da concentração do  $Al^{3+}$  nas três profundidades, tanto no DD como na FP, apresentou variação com a precipitação (Figura 15). Com o aumento da precipitação no mês de janeiro até abril de 2014, na profundidade de 20 cm, na área sob FP, as concentrações do  $Al^{3+}$  foram diminuindo ao longo desse período. Na sequência, com a redução das precipitações, a concentração de  $Al^{3+}$  apresentou um incremento. Nos 40 cm de profundidade da área sob FP, o comportamento da concentração de  $Al^{3+}$  foi inverso ao de 20 cm, com aumento e diminuição no período de maior e menor precipitação, respectivamente. Nos 100 cm de profundidade este comportamento também é observado, mas em menores concentrações (Figura 15). Este fato indica movimentação ou liberação do  $Al^{3+}$  em profundidade.

Na área sob DD as concentrações de  $Al^{3+}$  das três profundidades, na maior parte do período apresentam uma tendência, passando de menores a maiores concentrações ao longo do tempo, conforme o volume de precipitação aumenta (Figura 15). Essa tendência é mais expressiva a 100 cm de profundidade, pois as concentrações aumentam em 400% aproximadamente, em um período de 4 meses. Ainda podemos observar que as menores concentrações de  $Al^{3+}$  apresentam-se na profundidade de 20 cm.

Segundo Miyazawa et al. (1993), o acúmulo de matéria orgânica do solo tem causado a diminuição dos teores de alumínio trocável na solução do solo, o que é atribuído ao processo de complexação do íon  $Al^{3+}$  com ácidos orgânicos. Nesse sentido, no caso da área de FP, o maior teor de matéria orgânica do solo (Tabela 5) é provavelmente devido a rápida mineralização desta, na profundidade de 20 cm, no período de maior precipitação. Isto pode ter provocado a liberação do  $Al^{3+}$  e que estava complexado com os ácidos orgânicos, conseqüentemente houve uma movimentação deste íon em profundidade, como observado na profundidade de 40 e 100 cm (Figura 15). No caso da área sob DD, a menor concentração do  $Al^{3+}$  a 20 cm de profundidade, pode ter sido provocada, provavelmente pela complexação do

alumínio com os íons sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), aplicado como adubo em cobertura um ano antes deste estudo (Tabela 1). Entretanto, os maiores teores de  $\text{Ca}^{2+}$  na SS na mesma profundidade como observados neste estudo (Figura 13), podem também ter provocado este efeito.

Na profundidade de 100 cm da área sob DD, o aumento do  $\text{Al}^{3+}$  em profundidade, além dos menores teores de  $\text{Ca}^{2+}$  na SS nessa profundidade (Figura 13), podem ter sido provocado por processos pedogenéticos, devido que a dissolução dos minerais primários e secundários libera  $\text{Al}^{3+}$  para a solução do solo, mas suas formas químicas e as respectivas concentrações em solução dependem do pH do solo, da quantidade e do tipo dos minerais presentes que contêm Al, do equilíbrio com as superfícies de troca, bem como das reações de complexação com a matéria orgânica (LINDSAY & WALTHALL, 1996). Nesse sentido, a menor concentração da matéria orgânica e acidez a 100 cm de profundidade (Tabela 5), podem ter contribuído com a liberação do  $\text{Al}^{3+}$  para a solução, a provável ausência de ligantes orgânicos na solução do solo faz com que o  $\text{Al}^{3+}$  predomine principalmente em valores de pH menores que 4,7 (BERTSCH & PARKER, 1995), como pode ser observado na Figura 10.

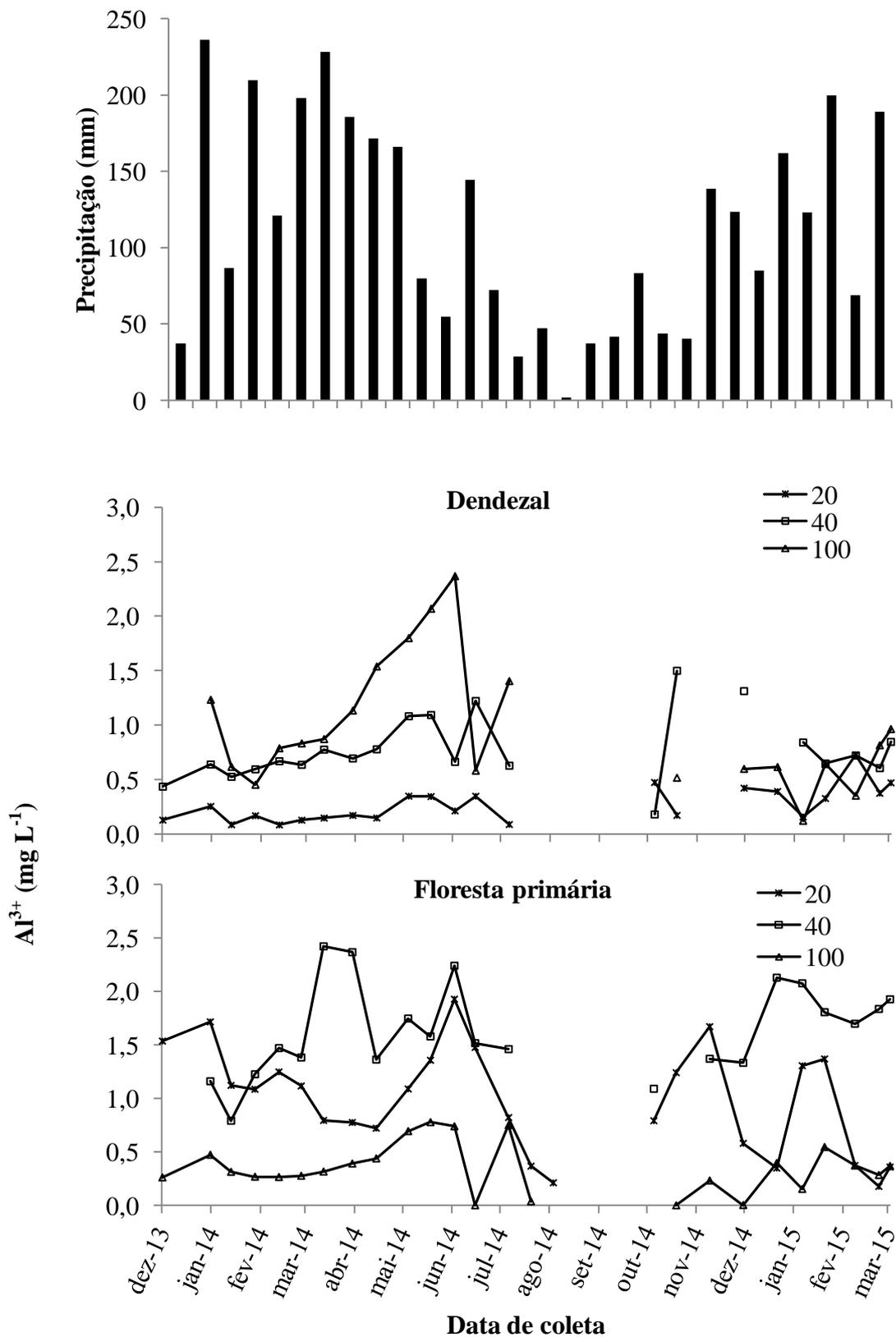


Figura 15. Variação quinzenal da precipitação e do íon de alumínio na solução do solo sob dendezeal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM.

A concentração de  $\text{Fe}^{2+}$  mostrou-se variável nos primeiros cinco meses do estudo, aumentando em profundidade, principalmente a 40 e 100 cm no DD, (Figura 16). No restante do período de estudo, a maioria dos teores de  $\text{Fe}^{2+}$  nas três profundidades da área do DD estiveram abaixo do nível de detecção do aparelho ( $0,56 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Na área do DD, a concentração média de  $\text{Fe}^{2+}$  foi de 24,5; 22,8 e  $42,0 \mu\text{g L}^{-1}$  na profundidade de 20, 40 e 100 cm, respectivamente (Tabela 7).

Com relação à FP observou-se uma diminuição das concentrações de  $\text{Fe}^{2+}$  no tempo, principalmente nos 20 cm de profundidade (Figura 16), sendo que a concentração média de  $\text{Fe}^{2+}$  foi de 15, 28 e  $27 \mu\text{g L}^{-1}$  na profundidade de 20, 40 e 100 cm, respectivamente. Entretanto, ressalta-se que na maior parte das amostras os teores estavam abaixo do nível de detecção do aparelho nas três profundidades (Figura 16). De forma geral, os teores desse elemento na SS ocorreram em maiores concentrações nos 20 cm de profundidade da área sob FP, entretanto nas profundidades de 40 e 100 cm foram superiores aos da área sob DD.

Segundo Miranda et al. (2006), em solos bem drenados, as concentrações de Ferro em solução é baixa, porém, os mesmos autores encontraram valores muito superiores aos deste estudo em um Latossolo Vermelho Amarelo e Argissolo Câmbico. Entretanto, SOUZA (2012), realizando estudos de solução do solo em um Argissolo Amarelo, encontrou valores de  $\text{Fe}^{2+}$  próximos deste estudo ( $0,02$  a  $0,25 \text{mg L}^{-1}$ ).

A variação da concentração de  $\text{Mn}^{2+}$  não apresentou um padrão definido ao longo do estudo nas três profundidades, nas duas áreas avaliadas, provavelmente pelos valores estarem abaixo do limite de detecção do aparelho na maioria do período de estudo ( $0,25 \mu\text{g L}^{-1}$ ) o que dificulta a interpretação dos poucos dados disponíveis (Figura 17). A concentração média de  $\text{Mn}^{2+}$  da área do DD foi de 13,67; 8,83 e  $15,80 \mu\text{g L}^{-1}$  na profundidade de 20, 40 e 100 cm, respectivamente (Tabela 7).

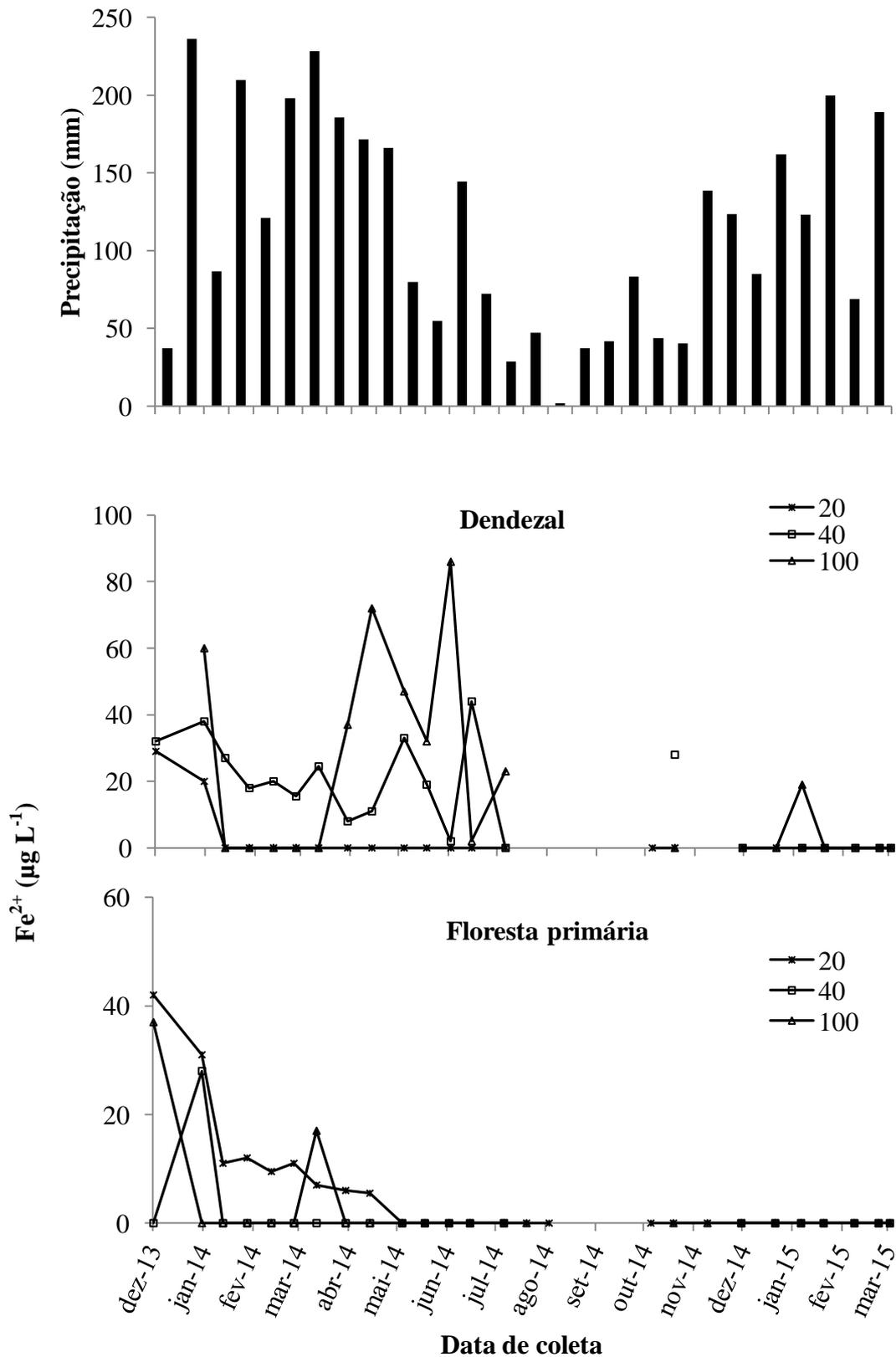


Figura 16. Variação quinzenal da precipitação e do íon de ferro na solução do solo sob dendezal e floresta primária em três profundidades: (20, 40 e 100 cm). Média de três repetições (Dezembro de 2013 a Março de 2015). Campo experimental do rio Urubu (CERU – EMBRAPA CPAA), Rio Preto da Eva – AM.

Na área de FP a concentração média de  $Mn^{2+}$  na profundidade de 20 cm foi maior ( $17,00 \mu g L^{-1}$ ) do que na área sob DD, entretanto, na profundidade de 40 ( $8,33 \mu g L^{-1}$ ) e de 100 cm ( $7,50 \mu g L^{-1}$ ), os teores foram menores, respectivamente (Tabela 7). Os baixos níveis de Manganês no solo das duas áreas estudadas (Tabela 5) refletem as baixas concentrações deste íon em solução (Tabela 7). Essas baixas concentrações em solução também foram encontrados por outros estudos em áreas de floresta primária, eucaliptais e sistemas agroflorestais (TEIXEIRA et al., 1989; MIRANDA et al., 1996; SOUZA, 2012).

De acordo com os resultados da Tabela 7, o  $Ca^{2+}$  foi o elemento em maior concentração na solução do solo do dendezal, seguida do  $K^+$ ,  $Al^{3+}$  e do  $Mg^{2+}$ . Na floresta primária, o  $Al^{3+}$  se apresenta com a maior concentração, seguida do  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e do  $Mg^{2+}$ . Os elementos que apresentaram menores concentrações em ambas as áreas foram o  $Fe^{2+}$  e o  $Mn^{2+}$ .

Com exceção do  $Al^{3+}$ , os resultados da análise de variância apresentaram diferenças significativas entre o DD e FP para todos os cátions estudados. Quanto às profundidades, houve diferenças significativas entre as profundidades no DD para o  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$ . Entretanto, na área de FP, os cátions que apresentaram diferença significativa entre as profundidades foram apenas o  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$  (Tabela 7). Quando comparadas as profundidades das duas áreas avaliadas, pode-se observar que existe diferença significativa para todos os cátions analisados. Ressalta-se que os cátions  $Fe^{2+}$  e  $Mn^{3+}$  não entraram na análise devido a apresentarem na maior parte dos períodos avaliados valores abaixo do limite de detecção do aparelho (Tabela 7). Nesta Tabela também se pode observar que de forma geral os cátions se apresentam em maior concentração no DD.



Tabela 7. Valores médios, desvio padrão (DP), máximo (Max.) e mínimo (Min.) dos cátions na solução do solo sob dendezaís e floresta primária em três profundidades (20 cm, 40 cm e 60 cm). Campo Experimental do Rio Urubu - EMBRAPA CCAA, Rio preto da Eva – AM.

Prof.	Parâmetro	$\text{K}^+$						$\text{Ca}^{2+}$						$\text{Mg}^{2+}$						$\text{Al}^{3+}$						$\text{Fe}^{2+}$						$\text{Mn}^{2+}$					
		----- (mg L <sup>-1</sup> ) -----												----- (µg L <sup>-1</sup> ) -----																							
		Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta	Dendezal	Floresta												
20	Média	0,523 Aa	0,340 Ab	2,939 Aa	0,140 Ab	0,113 Aa	0,050 Ab	0,267 Aa	0,983 Ab	24,5	15	13,67	17																								
	DP	0,403	0,271	0,438	0,114	0,055	0,038	0,159	0,488	4,5	11,97	12,97	8,11																								
	Max.	1,572	1,005	3,825	0,412	0,217	0,174	0,726	1,927	29	42	32	27,5																								
	Min.	0,054	0,057	1,955	*	0,001	*	0,083	0,177	*	*	*	*																								
40	Média	1,369 Ba	0,451 Ab	2,628 Aa	0,159 Ab	0,187 Ba	0,073 Bb	0,776 Ba	1,635 Bb	22,85	28	8,83	8,33																								
	DP	1,273	0,657	0,497	0,141	0,087	0,044	0,295	0,421	11,35	0	5	5,33																								
	Max.	4,436	3,081	3,987	0,53	0,383	0,166	1,499	2,421	44	28	15	15																								
	Min.	0,038	0,039	1,523	*	0,07	*	0,179	*	*	*	*	*																								
100	Média	0,789 Aa	0,294 Ab	1,335 Ba	0,149 Ab	0,157 Ba	0,047 Ab	0,967 Ba	0,380 Cb	42	27	15,8	7,5																								
	DP	0,758	0,239	0,475	0,129	0,068	0,019	0,568	0,209	25,38	10	6,05	3,43																								
	Max.	2,628	0,864	3,015	0,521	0,283	0,097	2,368	0,778	86	37	27	15																								
	Min.	0,082	0,046	0,71	*	*	*	0,121	*	*	*	*	*																								
<b>Media Geral</b>		0,94a	0,32b	2,3a	0,14b	0,16a	0,06b	0,71a	0,86a	29,7	23,3	12,7	10,9																								

\* Abaixo do limite de detecção do método. As letras maiúsculas em cada uma das medias representam a significância entre as profundidades de cada ambiente (dendezal e floresta primária), ao passo, que as letras minúsculas representam as significâncias entre as profundidades dos ambientes.

### 5.5 Estimativa das taxas de evapotranspiração do dendzeiro

Os valores diários da precipitação apresentam uma variação sazonal com maior volume de precipitação entre os meses de Janeiro a Maio de 2014 e de 2015 (Figura 18). Nesses períodos se observou o maior valor para a precipitação diária (117 mm), ocorrida em maio de 2015. O período com menores precipitações é entre os meses de Julho a Novembro dos dois anos de estudo.

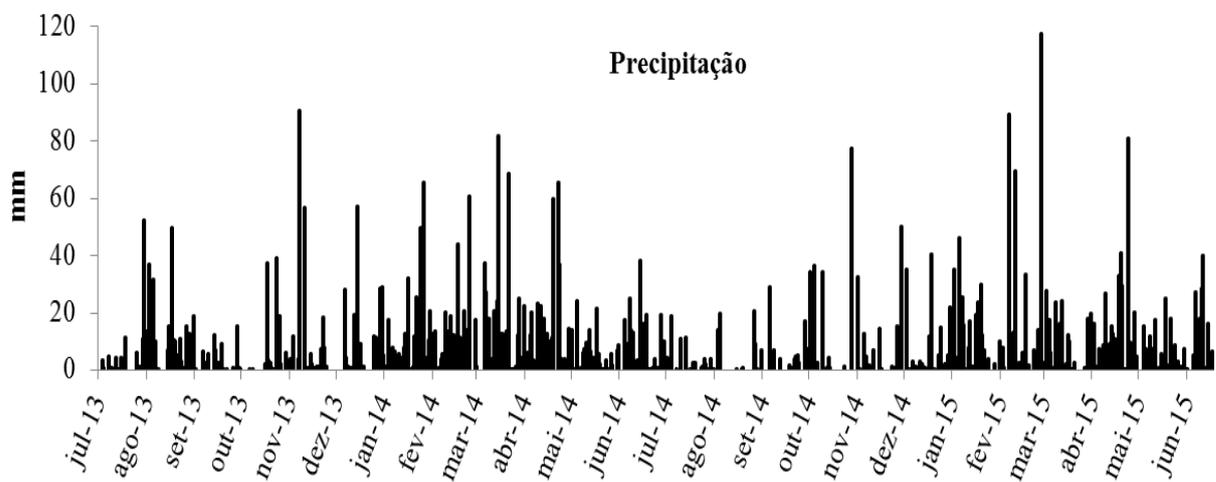


Figura 18. Precipitação diária durante o período de 13 de Julho de 2013 a 30 de Junho de 2015. Campo experimental do Rio Urubu – CERU. Rio Preto da Eva. AM.

A variação diária da evapotranspiração (ETc) estimada pelo método FAO Penman-Monteith são apresentadas na Figura 19. Assim como na precipitação, nota-se uma variação sazonal da ETc ao longo do período de estudo, porém com uma maior e menor taxa de ETc na época seca e chuvosa, respectivamente. Essa variação variou de  $0,60 \text{ mm dia}^{-1}$  (04/05/14) até  $6,18 \text{ mm dia}^{-1}$  (09/05/15) (Figura 19), com uma média diária de  $3,2 \text{ mm}$  para todo o período de estudo (Tabela 8).

Na Malásia, as estimativas das taxas de ET foram da ordem de  $2,5$  a  $3,3 \text{ mm dia}^{-1}$  em dendzeais de três anos de idade (FOONG, 1991). Na Nigéria, as taxas de ETc em dendzeais jovens usando o método do balanço hídrico, encontraram valores da ordem de  $3,95$  a  $5,08 \text{ mm}$

dia<sup>-1</sup> (ISENMILA, 1991). Usando o mesmo método para estimar a ETc em dendezeiro adultos na Costa de Marfim, os valores variaram entre 2,19 e 2,50 mm dia<sup>-1</sup> (DUFRENE et al., 1989, REY et al., 1998). Usando, somente dados atmosféricos na Malásia, HENSON (1999), estimou em 3,84 mm dia<sup>-1</sup> a média diária da ETc em dendezeiros adultos.

O maior valor de ETc estimada neste estudo (6,18 mm dia<sup>-1</sup>) está relacionado com as condições favoráveis de umidade no solo e a intensa radiação solar, que proporcionaram água sem restrições ante uma elevada demanda de água da atmosfera. Nessas condições, e sem restrições ao desenvolvimento da cultura, o dendezeiro tem grande potencial de evapotranspiração.



Figura 19. Variação da evapotranspiração diária do dendezeiro (ETc) estimada pelo método FAO - Penman-Monteith, a partir dos dados climatológicos de uma micro estação meteorológica no Campo experimental do Rio Urubu – CERU. Rio Preto da Eva. AM.

Para o cultivo do dendezeiro em áreas sujeitas a déficit hídrico (áreas em que o total de entradas de água é menor que a quantidade perdida pela ETc), é recomendável o plantio em solos que apresentem maior capacidade de armazenamento de água, 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 principalmente através da ação da cobertura do solo pelos restos culturais, pode reduzir o déficit hídrico (TEIXEIRA et al., 2010).

As estimativas da ET<sub>c</sub> realizadas neste estudo, constituem dados de evapotranspiração de áreas não irrigadas, onde a umidade do solo depende da precipitação, apresentando déficits em épocas secas e suficientes em épocas chuvosas. Nesse sentido, ao se comparar com valores de evapotranspiração potencial (ET<sub>p</sub>) obtidos em áreas irrigadas (OMOTI et al., 1987; FOONG, 1991; FOONG, 1999; HENSON, 1999; TUI & ARAFIN, 2013), se deduz que o maior valor da ET<sub>c</sub> nas condições deste estudo, poderiam estar próximos da sua evapotranspiração potencial (ET<sub>p</sub>).

Com base nos resultados mensais, a ET<sub>c</sub> estimada para o período de estudo variou de 4,2 a 2,6 mm dia<sup>-1</sup>. Esses resultados coincidem com os resultados obtidos na estação do INMET – Rio Urubu, localizada aproximadamente a 500 m de distância da área de estudo (Tabela 8). Ao longo de todo o período de estudo, a ET<sub>c</sub> acumulou 2250 mm. Vale ressaltar que a ET<sub>c</sub> estimada pela estação do INMET está bem próxima da observada neste estudo (Tabela 8).

A precipitação total para todo o período de estudo foi de 4968 mm, desse total registrado, 45% foram evapotranspirados pelo dendezeiro; entretanto, no mês de Outubro de 2013 e de Agosto a Outubro de 2014, a precipitação não foi suficiente para suprir a demanda hídrica da cultura, transpirando o 100% da água precipitada na área (Tabela 8). A diferença da demanda nesses meses, provavelmente foi suprido pela água que estava armazenada no solo.

Nos meses onde a demanda de água pelo dendezeiro é mais elevada, a diminuição da superfície "evapotranspirante" teria que ser diminuída, nesses casos, a roçagem de plantas de cobertura das entrelinhas e dos carregadores nos dendezaís poderia ser uma forma de manejo

da água no solo, pois diminuiria a competição por água, além de proteger o solo com os restos da cobertura, mantendo o solo mais úmido e menos exposto aos fatores climáticos.

Tabela 8. Evapotranspiração da cultura (ETc), precipitação e porcentagem de chuva evapotranspirada em um dendezal e do INMET RIO URUBU.

Mês/Ano	Evapotranspiração da Cultura				Precipitação			
	INMET	EMBRAPA	INMET	EMBRAPA	INMET	EMBRAPA	INMET	EMBRAPA
	----- mm dia <sup>-1</sup> -----	----- mm dia <sup>-1</sup> -----	----- mm mês <sup>-1</sup> -----	----- % -----	----- % -----			
Ago./2013	3,3	3,3	102	101	280	272	36	37
Set./2013	4	3,9	119	117	165	122	72	96
Out./2013	4,2	4,2	132	129	67	66	100	100
Nov./2013	3,5	3,4	105	102	250	247	42	41
Dez./2013	3,9	3,8	120	116	139	161	86	72
Jan./2014	3,3	3,2	104	100	228	200	46	50
Fev./2014	2,9	2,8	82	80	330	332	25	24
Mar./2014	2,9	2,8	91	87	498	450	18	19
Abr./2014	2,6	2,6	78	77	349	342	22	23
Mai./2014	2,7	2,7	84	83	326	309	26	27
Jun./2014	3,2	3,1	96	94	174	200	55	47
Jul./2014	3,3	3,3	102	103	137	100	74	100
Ago./2014	3,6	3,7	112	114	64	50	100	100
Set./2014	4,1	4,2	124	125	76	79	100	100
Out./2014	3,5	3,5	109	109	167	167	65	65
Nov./2014	3,2	3,1	95	94	163	153	58	61
Dez./2014	3,1	3,1	98	95	182	173	54	55
Jan./2015	2,8	2,7	87	84	331	284	26	30
Fev./2015	3,5	3,4	99	96	218	232	45	41
Mar./2015	2,8	2,7	86	83	333	340	26	24
Abr./2015	2,9	2,8	86	85	198	203	43	42
Mai./2015	3,1	3,1	97	96	278	294	35	33
Jun./2015	2,8	2,7	83	81	200	193	42	42
<b>Media</b>	<b>3,3</b>	<b>3,2</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>224</b>	<b>216</b>		
<b>Total</b>			<b>2.291</b>	<b>2.250</b>	<b>5.153</b>	<b>4.968</b>	<b>44</b>	<b>45</b>

Com o intuito de verificar se as taxas de ETc deste estudo, são semelhantes aos estimados com dados disponíveis com os dados da Estação do INMET - Rio Urubu, foi realizada uma correlação entre as taxas estimadas neste estudo e as estimadas pela estação do INMET, localizada a cerca de 500 metros do local de estudo. Verificou-se que os dados apresentam uma alta correlação ( $R^2 = 0,98$ ) e também com alta concordância, sendo os coeficientes  $\alpha = 0$  e  $\beta = 0,9847$  (Figura 21). Resultados semelhantes foram encontrados por Sentelhas et al. (1997), na estimativa da ETo utilizando dois tipos de estações meteorológicas. Isto indica que os dados do INMET - Estação Rio Urubu podem ser utilizados para os estudos que necessitem de estimativas precisas de evapotranspiração no CERU.

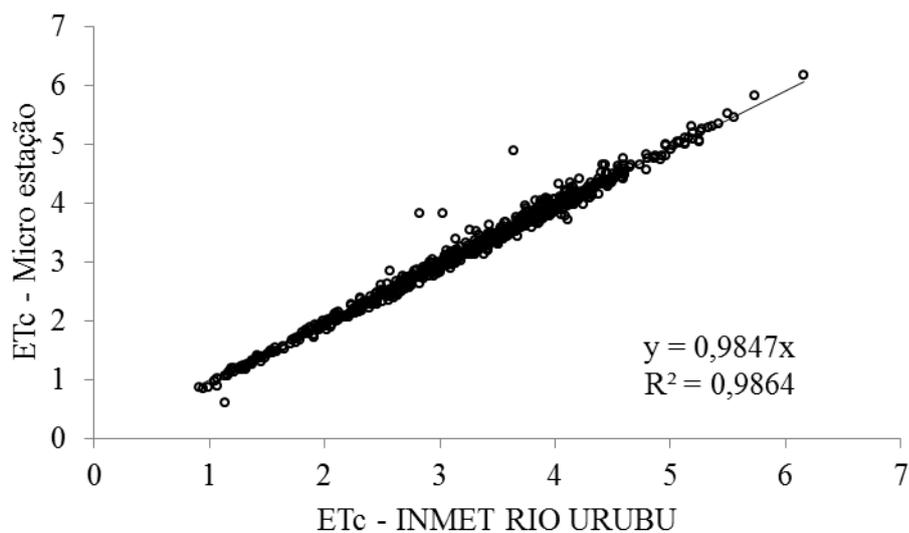


Figura 20. Correlação entre a ETc estimada a partir de dados de uma micro estação e uma estação meteorológica automatizada do INMET RIO URUBU – Município do Rio Preto da Eva - AM.

## 5.6 Balanço hídrico em um plantio de dendezeiro

Os resultados do balanço hídrico em dendezais nas condições edafoclimáticas do CERU estão apresentados na Tabela 9. O total da água precipitada que atingiu o solo (precipitação efetiva) foi de 4226 mm. Isto corresponde aos 85% da precipitação total. Os outros 15% foi retido pelo dossel, a estipe do dendezeiro e que foi evaporado para a atmosfera antes de atingir o solo. Estes resultados de interceptação estão bem próximos aos encontrados em dendezais no CERU por CABRAL (2000) que foi 14%. Na Malásia foram obtidos valores de 10 a 13% (SQUIRE, 1984; DUFRENE, 1989) e nos Camarões de 11% (BAKOUME et al., 2013).

Observa-se que as estimativas do balanço hídrico apresentam um déficit e excesso hídrico total de 13 e 2731 mm, respectivamente, para os 23 meses do estudo. Entretanto, se tomarmos em conta só o período de um ano (janeiro a dezembro de 2014), o déficit hídrico continua sendo 13 mm e o excesso seria de 1407 mm. Estes resultados estão bem próximos aos estimados em diversos pontos da região dendeícola do estado do Pará (BASTOS, 2000). Este excedente hídrico provavelmente corresponderia a uma perda anual de água por drenagem profunda, devido que a área de estudo ser plana e praticamente sem escoamento superficial.

Quanto à quantidade de água no solo (excesso), observa-se que a partir de novembro de 2013 até junho de 2014 e de novembro de 2014 até junho de 2015 acontecem as maiores precipitações e, conseqüentemente, os maiores volumes de água disponível no solo. Nos dois primeiros meses de cada período de maior precipitação (novembro e dezembro de 2013 e 2014), ocorre a reposição de água no solo e nos seguintes, o excesso de água, o que é configurado pelo período em que a estação chuvosa abrange o município. Já para os outros meses do período (setembro e outubro de 2013 e de julho até setembro de 2014), evidencia-se

a retirada de água e o seu déficit hídrico no solo, o qual tem como influencia as estações mais secas do ano. Nessa condição, o dendezeiro poderia estar sobre estresse hídrico.

Tabela 9. Componentes do balanço hídrico para a o dendezeiro, considerando 100% da água disponível no solo de textura muito argilosa (CAD = 100 mm). Campo Experimental do Rio Urubu – CERU/EMBRAPA CCAA – Município de Rio Preto da Eva - AM.

Mês/Ano	PP <sup>(1)</sup>	PE <sup>(2)</sup>	ETc <sup>(3)</sup>	PP - ETc	Arm. <sup>(4)</sup>	Var. Arm <sup>(5)</sup>	DEF. <sup>(6)</sup>	EXC. <sup>(7)</sup>
----- mm -----								
Ago./2013	272	224	101	171	100	0	0	171
Set./2013	122	107	117	5	100	0	0	5
Out./2013	66	68	129	-63	37	-63	0	0
Nov./2013	247	231	102	145	100	0	0	82
Dez./2013	161	150	116	45	100	0	0	45
<b>Sub total</b>	<b>868</b>	<b>780</b>	<b>565</b>	<b>303</b>			<b>0</b>	<b>303</b>
Jan./2014	200	184	100	100	100	0	0	100
Fev./2014	332	395	80	252	100	0	0	252
Mar./2014	450	516	87	363	100	0	0	363
Abr./2014	342	381	77	265	100	0	0	265
Mai./2014	309	359	83	226	100	0	0	226
Jun./2014	200	117	94	106	100	0	0	106
Jul./2014	100	29	103	-3	97	-3	0	0
Ago./2014	50	16	114	-64	33	-64	0	0
Set./2014	79	34	125	-46	0	-46	13	0
Out./2014	167	109	109	58	58	58	0	0
Nov./2014	153	129	94	59	100	42	0	17
Dez./2014	173	117	95	78	100	0	0	78
<b>Sub total</b>	<b>2.555</b>	<b>2.386</b>	<b>1.161</b>	<b>1.394</b>			<b>13</b>	<b>1.407</b>
Jan./2015	284	212	84	200	100	0	0	200
Fev./2015	232	181	96	136	100	0	0	136
Mar./2015	340	243	83	257	100	0	0	257
Abr./2015	203	86	85	118	100	0	0	118
Mai./2015	294	172	96	198	100	0	0	198
Jun./2015	193	165	81	112	100	0	0	112
<b>Sub total</b>	<b>1.546</b>	<b>1.059</b>	<b>525</b>	<b>1.021</b>			<b>0</b>	<b>1.021</b>
<b>Total</b>	<b>4.968</b>	<b>4.226</b>	<b>2.250</b>	<b>2.716</b>			<b>13</b>	<b>2.731</b>

<sup>(1)</sup>Precipitação, <sup>(2)</sup>Precipitação efetiva, <sup>(3)</sup>Evapotranspiração da cultura, <sup>(4)</sup>Armazenamento da água no solo, <sup>(5)</sup>Varição do armazenamento, <sup>(6)</sup>Déficit hídrico, <sup>(7)</sup>Excedente hídrico.

Para as condições Amazônicas, trabalhos realizados por Bastos et al. (2000), baseados em condições pluviométricas médias e resultados do balanço hídrico anual, relatam que a precipitação mensal não atende a demanda potencial da água para a cultura do dendezeiro

durante todo o ano, em grande parte da região, incluindo extensa área no estado do Pará. Entretanto, de acordo com a deficiência hídrica média mensal estabelecida para a aptidão climática para o dendezeiro na Amazônia legal (GONÇALVES et al., 2010), o balanço hídrico desta área em estudo apresenta-se como preferencial para o cultivo do dendezeiro, pois os resultados de déficit hídrico (13 mm) e de meses secos consecutivos (dois), estimados neste estudo, estão dentro dos critérios estabelecidos por estes autores.

Segundo Bastos et al. (2001), a distribuição mensal da chuva e a ocorrência de déficit hídrico, são os elementos que apresentam maior efeito no crescimento e na produção do dendezeiro. De acordo com HARTLEY (1988), as chuvas devem ser bem distribuídas no decorrer do ano, sem a ocorrência de estações secas definidas, com média de 2000 mm. Nos meses menos chuvosos, a precipitação não deve, preferencialmente, ser inferior a 100 mm e não deve superar três meses. Para Bastos et al. (2001), as regiões inaptas são aquelas que possuem precipitações totais anuais inferiores a  $1000 \text{ mm ano}^{-1}$ , com distribuição irregular e deficiência hídrica anual excedente de 200 mm. Nesse sentido, a área deste estudo apresenta baixo risco para o desenvolvimento e a produção do dendezeiro, devido a média mensal para todo o período ser superior ao limite estabelecido (216 mm) (Tabela 8), assim como a precipitação anual (janeiro a dezembro de 2014) superar os 2000 mm (Tabela 9).

De acordo com os resultados, os períodos de menor armazenagem de água coincidem com aqueles em que ocorreram as maiores taxas da ETc, notadamente os meses de outubro de 2013 e de julho até outubro de 2014 (Tabela 9). Segundo MEJIA (2000), a ocorrência de déficit de umidade implica em importantes reduções e variações na produção, podendo chegar de 10 a 40%, dependendo do grau de estresse.

## 5.7 Avaliação da dinâmica e do armazenamento da água no solo sob dendezeiros.

A Figura 21 mostra a precipitação pluviométrica e a umidade do solo avaliada em duas profundidades. O conteúdo de água volumétrica observado na profundidade de 20 e 60 cm reflete claramente a alternância da precipitação, indicando uma elevada movimentação da água no solo. Este fato poderia ser atribuído a uma elevada infiltração e drenagem do solo, após as chuvas, a umidade altera-se rapidamente, sendo bastante visível a sua variação mesmo em maiores profundidades (60 cm). Observa-se também que nos períodos mais chuvosos elevam a umidade do solo nas duas profundidades, devido também às menores taxas de ETC (Figura 19), e à menor interceptação relativa da chuva, permitindo que maior quantidade da água precipitada atinja o solo nesse período.

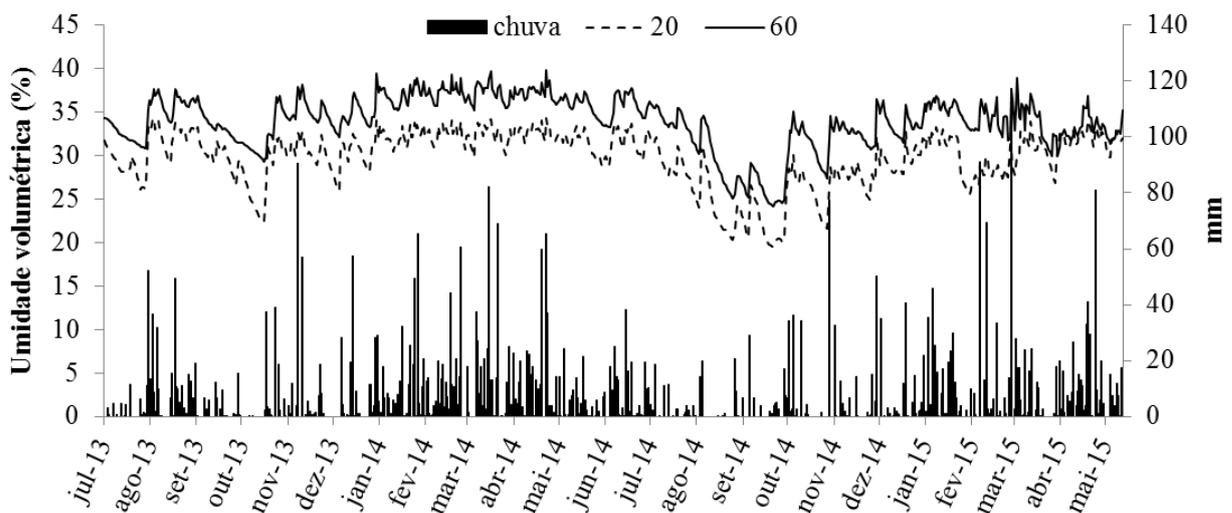


Figura 21. Variação média diária da umidade volumétrica a 20 e 60 cm de profundidade do solo sob dendezeiros, Campo experimental do Rio Urubu – Embrapa CPAA.

A partir dos valores obtidos para todo o período de estudo, a umidade volumétrica do solo foi de 30% e 34% para a profundidade de 20 e 60 cm, respectivamente. Durante a estação seca de 2013 (setembro – outubro), a diminuição da umidade foi aproximadamente de 30% na profundidade de 20 cm e de 21% a 60 cm de profundidade. Porcentagem de diminuição semelhante foi observada em 2014 para a profundidade de 20 cm (33%), entretanto a 60 cm

de profundidade essa porcentagem aumentou para 37%. Este fato evidencia uma provável retirada de água das camadas mais profundas pelas raízes do dendezeiro, como consequência de uma elevada evapotranspiração nesse período (Figura 21).

O potencial da água no solo ( $\psi$ ) nas duas profundidades para todo o período de estudo, pode ser observado na Figura 22. Na profundidade de 20 cm, o  $\psi$  variou de 1,1 a 180 kPa e a 60 cm de profundidade variou de 2,5 a 199 kPa. Ressalta-se que em algumas épocas não são apresentados os dados devido a falhas nos tensiômetros / sensor granular ou a tensão ter atingido valores superiores ao limite de medição deste instrumento. Observa-se que o  $\psi$  se incrementam nos meses mais secos, devido à diminuição da umidade e água retida no solo se concentram em poros pequenos com elevado potencial, principalmente a 60 cm de profundidade. Durante os períodos mais úmidos, o solo apresenta valores muito reduzidos próximos de um solo saturado. Durante grande parte do período de estudo, a área apresenta nas duas profundidades grande quantidade de água disponível, com reduzida energia. Ressalta-se que, por limites do sensor granular do potencial matricial, os resultados são apresentados até 220 kPa.

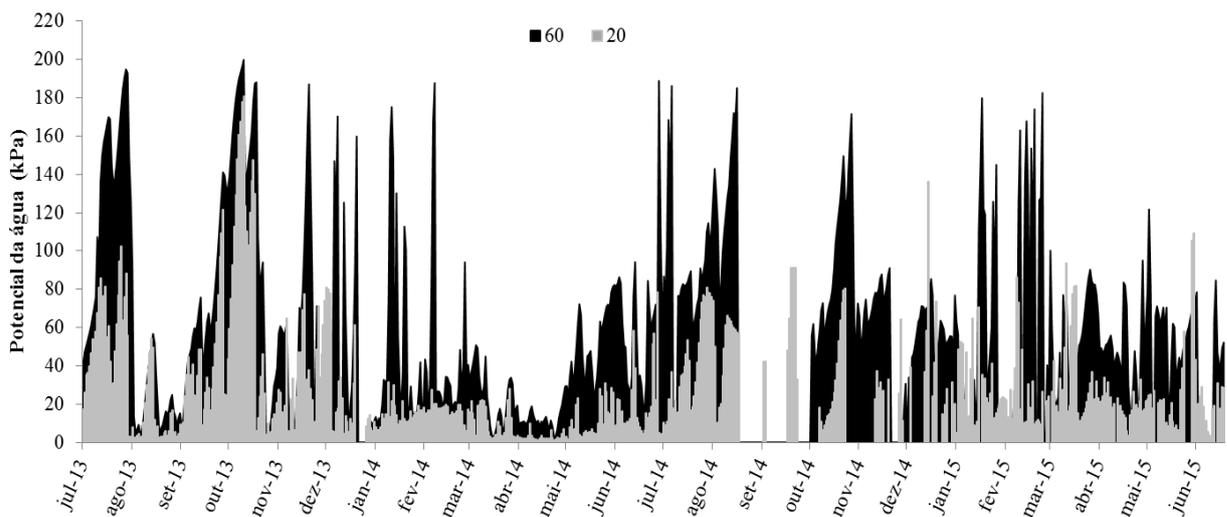


Figura 22. Potencial da água no solo sob dendezeiros nas profundidades de 20 e 60 cm de profundidade. Campo experimental do Rio Urubu – Embrapa CPAA.

Na Figura 23, são apresentadas as mudanças do armazenamento de água no perfil para cada camada em estudo (0 – 40 e 40 – 80 cm). Os valores máximos e mínimos observados no armazenamento da água na camada de 0 – 40 cm foram de 137 e 78 mm, respectivamente, com uma média diária de 119 mm para todo o período de estudo. Na camada de 40 – 80 cm de profundidade, o valor máximo e mínimo observado foi de 159 e 97 mm, respectivamente, com uma média diária de 136 mm para todo o período de estudo.

Observando-se detalhadamente, a camada de 0 – 40 cm de profundidade, apresentou menor armazenamento de água (média de 17 mm) e maior variação do que a camada de 40 – 80 cm. Isso pode ser explicado devido ao fato de que essa camada (0 – 40 cm) sofre maior influência dos efeitos da demanda atmosférica e da absorção pelas raízes do dendezeiro, que se concentram em maior volume nos primeiros 40 cm de profundidade. Estes fatores, conjuntamente, são responsáveis pela retirada de água do solo. Por outro lado, nessa profundidade a recarga de água no solo acontece também de forma mais efetiva do que na camada de 40 – 80 cm.

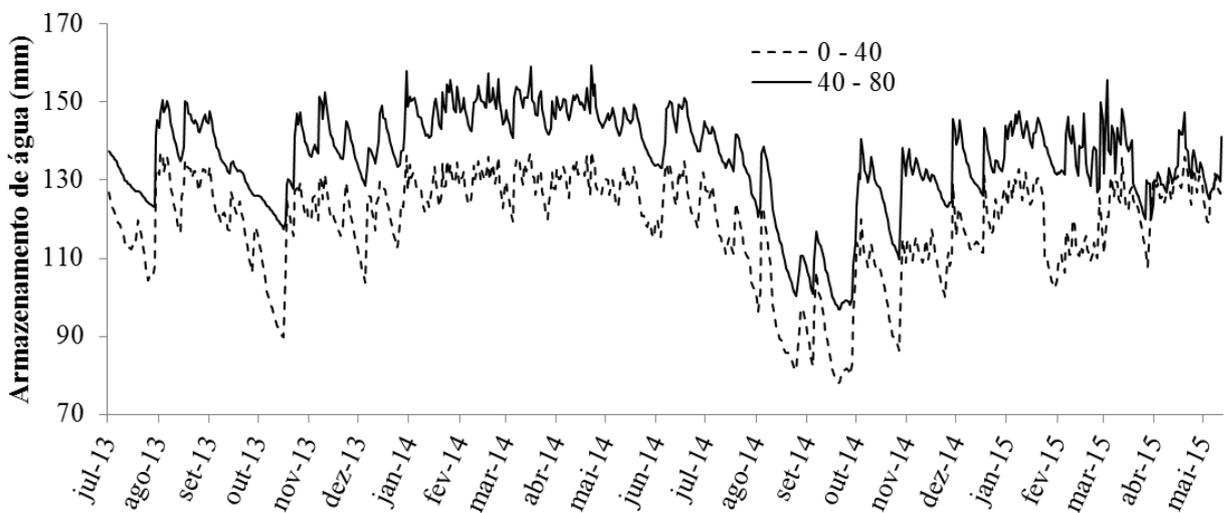


Figura 23. Média diária do armazenamento da água nas camadas de 0 – 40 e 40 – 80 cm do perfil do solo sob dendezal. Campo experimental do Rio Urubu – Embrapa CPAA.

Com o intuito de mostrar de uma forma mais detalhada as condições de umedecimento e de secagem do solo, são apresentados perfis de umidade volumétrica do solo para todo o período de estudo no dendezal e na borda. Na Figura 24 podemos observar a precipitação e a dinâmica da água na camada superficial (0 – 20 cm) no dendezal e na borda. As duas áreas apresentam a mesma dinâmica, com períodos de umedecimento e secagem muito semelhantes. Entretanto, observa-se uma diferença na magnitude dos valores, sendo na área da borda, a umidade apresenta maiores valores do que no dendezeiro. Este fato é devido à absorção da água pelas raízes do dendezeiro e à influência dos fatores climáticos, evaporando a água do solo. Além disso, uma parte da precipitação fica retida no dossel e estipe da planta, diminuindo a quantidade de água que chega ao solo, como discutida previamente.

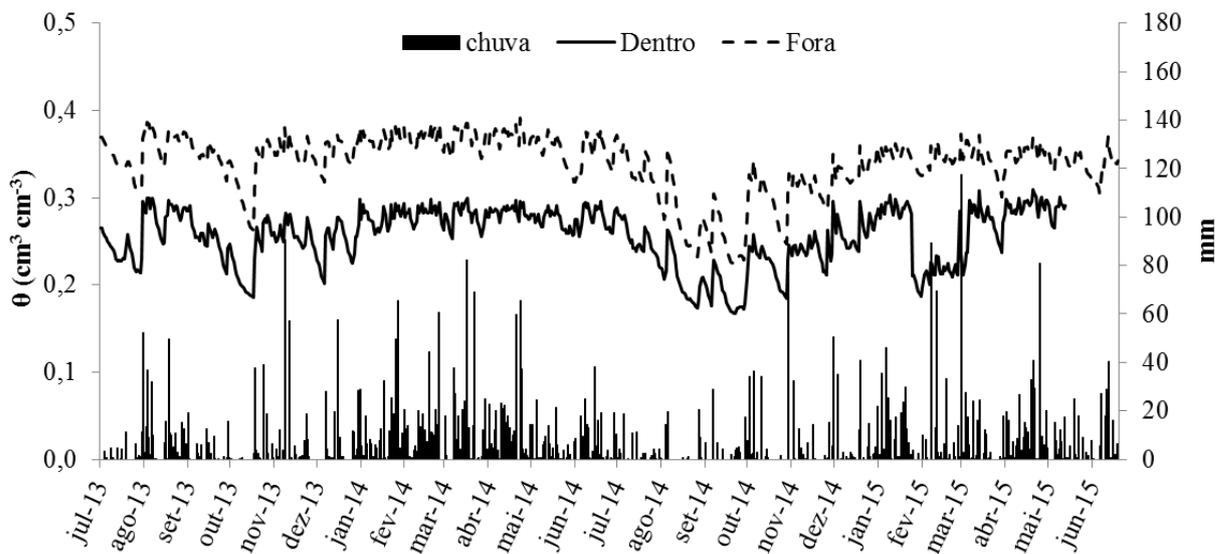


Figura 24. Variação média diária da umidade volumétrica na camada de 0 - 20 cm de profundidade do solo no dendezal e na borda. Campo experimental do Rio Urubu – Embrapa CPAA.

A média geral do conteúdo volumétrico da água no solo no dendezal e na borda na camada de 0 – 20 cm de profundidade foi de 0,25 e 0,33 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, respectivamente. A diferença estimada entre estas duas áreas foi de 0,08 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, o que corresponde a uma diferença de aproximadamente 8 mm. Esta diferença poderia, especulativamente ser dividida

nos 3,2 mm de saída de água na ETc, a parte restante a precipitação interceptada e a água percolada. Na camada de 20 – 60 cm de profundidade do solo, a umidade volumétrica no dendezal e na borda (Figura 25), apresenta pouca diferença quanto à sua dinâmica e à sua magnitude. A média geral para todo o período de estudo no dendezal e na borda foi de aproximadamente 0,35 e 0,32  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , respectivamente. A diferença estimada entre estas duas áreas é de 0,03  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , correspondendo a 3 mm aproximadamente. A diferença estimada da umidade volumétrica no dendezal e na borda é de 5 mm aproximadamente. De acordo com isto, poderíamos inferir que isto provavelmente corresponderia à evapotranspiração diária do dendezeiro.

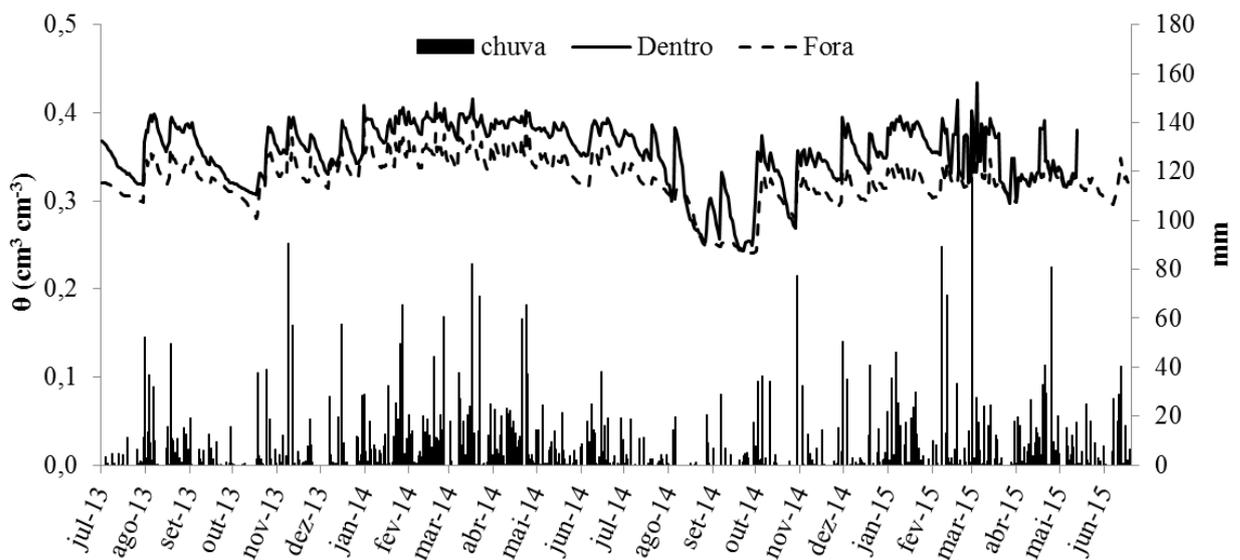


Figura 25. Variação média diária da umidade volumétrica do solo na camada de 20 - 60 cm de profundidade na borda e no dendezal. CERU – Embrapa CPAA.

A maior umidade no dendezal se deve provavelmente à baixa atividade do sistema radicular na profundidade de 60 cm no período mais chuvoso, deixando o solo mais úmido. Entretanto, a diminuição da umidade nos períodos de menor precipitação (setembro – outubro 2013 e 2014) (Figura 25), reforça a ideia de que o sistema radicular do dendezeiro apresenta maior atividade a 60 cm de profundidade conforme o solo torna-se mais seco. Observação semelhante foi feita por ACOSTA & SIMMONDS (2001).

## 6. CONCLUSÕES

### 1. Características do solo

- Os solos de ambos os locais apresentam classe textural muito argilosa até 1 m de profundidade.
- O volume total de poros no dendezal apresenta menores valores na camada de 40 – 50 cm do que na camada de 0 – 10 cm de profundidade. A água retida no ponto de murcha permanente é elevada (média de  $0,28 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). A água disponível é baixa tanto na Floresta primária quanto no dendezal, aproximadamente  $0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .
- O dendezal e a floresta primária apresentam diferenças significativas quanto às características químicas do solo, com maiores teores no dendezal de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco, manganês e cobre e menores teores de carbono orgânico. Os teores de alumínio e ferro são maiores no solo sob floresta primária.

### 2. Solução do solo

- O pH da solução do solo sob o dendezal se torna mais ácido em profundidade. Na área sob floresta primária este fato é inverso. Independentemente da profundidade, o pH da solução do solo nas duas áreas apresenta um padrão cíclico, tornando-se mais ácido na época chuvosa.

- No dendezal a condutividade elétrica evidencia movimentação de íons em profundidade, indicando lixiviação nos períodos de maior precipitação. Este fenômeno é reduzido na área de floresta primária.
- O  $\text{Ca}^{2+}$  foi o elemento em maior concentração na solução do solo do dendezal, seguida do  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Na floresta primária, o  $\text{Al}^{3+}$  foi o íon em maior concentração, seguida do  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Os íons que apresentaram menor concentração, dentre os avaliados, em ambas as áreas foram o  $\text{Fe}^{2+}$  e do  $\text{Mn}^{2+}$ .

### 3. Evapotranspiração do dendezeiro

- A média diária da evapotranspiração do dendezeiro foi de 3,2 mm, sendo que 45% da precipitação total foi evapotranspirada.
- Dados das estações automatizadas do INMET - Rio Urubu, podem ser utilizadas nas estimativas precisas da ETc do dendezeiro para o CERU.

### 4. Balanço hídrico

- Do total de água precipitada, 15% foram retidos pelo dossel e estipe do dendezeiro.
- A área apresenta um déficit e um excedente hídrico de 13 e 1407 mm por ano. Este excedente hídrico provavelmente corresponderia a uma perda anual de água por drenagem profunda.

## 5. Dinâmica da água

- O conteúdo de água volumétrica observado nas profundidades de 20 e 60 cm indica uma elevada movimentação da água com elevada infiltração e drenagem no solo após eventos de chuva.
  
- Os dados de potencial da água no solo evidenciaram que durante grande parte do período de estudo, a área sob o dendezal apresenta nas duas profundidades grande quantidade de água disponível.
  
- O dendezeiro apresentou stress hídrico nos meses de Agosto e Setembro.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACOSTA A.G. Estimación de patrones diarios de consumo de agua por las plantas, con base en mediciones detalladas de humedad y temperatura, en diferentes profundidades de suelo. Modelos matemáticos y sistemas de medición. **Palmas**, v.21, p.107-116, 2000.

ACOSTA, A., SÍMONDS. L. Estimación de patrones diarios de consumo de agua por las plantas, con base en mediciones detalladas de humedad y temperatura a diferentes profundidades de suelo. **Palmas**, v.22, p.9-27, 2001.

**AGRIANUAL 2012:** situação em 2016. Disponível em: <http://biblioteca.ixconsult.com.br/indice/1683/1683.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. New York, John Wiley, 1977. 472p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297p.

ALFAIA, S.S. Destino de fertilizantes nitrogenados marcados com 15N em dois solos da região da Amazônia Central. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, XXI, 1994, Petrolina. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p.260-261.

ALFAIA, S.S. Destino de adubos nitrogenados marcados com 15N em amostras de dois solos da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.379-385, 1997.

AMARAL, F.C.S.; VETTORAZZO, S.C.; CHITOLINA, J.C. Efeito do fluoreto de cálcio e do carbonato de cálcio na composição química da solução percolada de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.22, p.379-385, 1998.

AMATYA, D.M.; SKAGGS, R.W.; GREGORY, J.D. **Comparison of methods for estimating potential evapotranspiration**. St. Joseph, ASAE, 1992. 27p.

ANDRADE J.A.S. de. **Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e litoral Piauiense**. 2000. 566p. Tese (Agronomia – área de concentração irrigação e drenagem) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2000.

ANGELOCCI, L.R. **Água na planta e trocas gasosas / energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba, São Paulo, 2000. 272p.

ARCHER, J.R.; SMITH, P.D. The relation between bulk density, available water capacity, and air capacity of soils. **Journal Soils Science**, v.23, p.475-9, 1972.

BAKOUMÉ, C.; SHAHBUDIN, N.; SHAHRAKBAH, Y.; CHEAH, S.S.; NAZEEB, M.A.T. Improved method for estimating soil moisture deficit in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) areas with limited climatic data. **Journal of Agricultural Science**, v.5, p.57-65, 2013.

BARCELOS, E.; CHAILLARD, H.; NUNES, C.D.M.; MACEDO, J.L.V.; RODRIGUES, M.DOR.L; CUNHA, R. N.V DE; TAVARES, A.M; DANTAS, J.C.R.; BORGES, R.DE.S.; SANTOS, W.C. DOS. **Dendê**. Brasília: Embrapa – SPI, 1995. 68p.

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

BASTOS, T.X. **Aspectos agroclimáticos do dendezeiro na Amazônia Oriental**. In: VIEGAS, I. de M., MÜLLER, A.A. A cultura do Dendezeiro na Amazônia. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.48-60.

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, p.564-570, 2001.

BERTSCH, P. M.; PARKER, D. R. **Aqueous polynuclear aluminum species**. In: SPOSITO, G. (Coord.). The environmental chemistry of aluminum. Boca Raton : CRC Press, 1995. p.117-168.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.363-375.

BLANCO, F.F. **Manual de construção e utilização de extratores de cápsula porosa para obtenção da solução do solo**. Teresina: Embrapa – Meio Norte, 2006. 18p.

BRADY, N.C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. 6<sup>ta</sup> ed. Biblioteca Universitária Freitas Bastos, 1983. 165p.

BOSCH, J.M.; HEWLETT, J.D. A review of catchment experiments to determine the effects of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, v.55, p.3-23, 1982.

BURGOS, C.S.; PERDOMO, R.R.; MORALES, C.T.; D. CAYÓN, G.D.S. Efecto de los niveles de agua en el suelo sobre la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Evapotranspiración en etapa de vivero. **Palmas**, v.19, 17-23, 1998.

CABRAL, O.M.R. **Microclima de dendezais na Amazônia Ocidental**. In: VIEGAS, I. DE J.M.; MULLER, A.A. (Ed.l). A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p.61-72.

CABRAL, O.M.R. **Armazenagem da água num solo com floresta de terra firme e com seringueira implantado**. 1991. 121p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Curso de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto nacional de pesquisas espaciais. 1991.

CALIMAN, J.P.; CONCARET, J.; OLIVIN, J.; DUFOUR, F. Maintenance of physical soil fertility under oil palm in humid tropical regions. **Oleagineaux**, v.45, p.109-110, 1990.

CALIMAN, J.P.; CONCARET, J.; OLIVIN, J.; DUFOUR, F. Mantenimiento de la fertilidad física de los suelos de cultivo de palma africana en las regiones tropicales húmedas. **Palmas**, v.12, p.39-46. 1991.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v.59, p.125-137, 2000.

- CAMPO, J.; MAASS, J.M.; JARAMILLO, V.J.; YRIZAR, A.M. Calcium, potassium, and magnesium cycling in a Mexican tropical dry forest ecosystem. **Biogeochemistry**, v.49, p.21-36, 2000.
- CALDER, I. The influence of land use on water yield in upland areas of the UK. **Journal of Hydrology**, v.88, p.201-211, 1986.
- CARR, M.K.V. The water relations and irrigation requirements of oil palm (*Elaeis guineensis*): a review. **Experimental Agriculture**, v.47, p.629-652, 2011.
- CARVALHO, C.J.R. de. **Ecofisiologia do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq)**. In: VIEGAS, I. DE J.M.; MÜLLER, A.A. (Ed.l). A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p.89-124.
- CERRI, C.C. Dinâmica da matéria orgânica em solo de pastagem. In: Simpósio sobre ecossistemas de pastagens, 1989, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo, 1989. p.135-147.
- CHANG, J. **Climate and agriculture: an ecological survey**. Chicago: Aldine Publ., 1968. Cap. 13, p.129-143: Evapotranspiration.
- CHANG, K. W. **Irrigation of oil palm in Malaysia**. In: E. PUSHPARAJAH (Ed.). Symposium on Water in Malaysian Agriculture. Proceedings. Malaysian Society of Soil Sciences, Kuala Lumpur. 1985, p.103-116.
- CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Especificação química da solução do solo para interpretação da absorção de cálcio e alumínio por raízes de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.26, p.447-453, 1991.
- CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de latossolo bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.317-326, 2004.
- CORLEY, R.H.V; HARDON, J.J. Some evidence of genetically controlled variation in photosynthetic rate of oil palm seedlings. **Euphytica**. v.22, p.97-104, 1973.
- CORLEY, R.H.V. **Inflorescences abortion and sex differentiation**. In: CORLEY, R.H.V ;HARDON, J.J. ; WOOD, B.J. (Eds.). Oil Palm Research, 1976, p.37-54.
- CORLEY, R.H.V.; HONG, T.K. **Irrigation of oil palms in Malaysia**. In: (E. PUSHPARAJAH; P.S. Cnew, (Eds.). of the International Conference on the Oil Palm in Agriculture in the Eighties. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, 1981, p.343-356.
- CORLEY, R. H. V. Y TINKER, P. B. **The Oil Palm**. 4ta ed. Oxford: Blackwell Science Ltd. Bath Press, Bath U.K, 2003. 284p.
- CORLEY, R. H. V. How much palm oil do we need? **Environmental Science and Policy**, v. 12, p.134-139, 2009.
- COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.D.; CUNHA, G.D.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, v.29, p.563-570, 2005.

CORRÊA, J.C. Características físico hídricas dos solos latossolo amarelo, podzólico vermelho-amarelo e podzol hidromórfico do Estado do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, p.347-360, 1984.

CÔTE D'IVOIRE. Ministère de la Recherche Scientifique. **Le palmier à huile**. La Me, Ministère de la Recherche Scientifique: IRHO, 1980. 67p.

DOOREMBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. 2.ed. Rome: FAO, 1977. 179p.

DUFRENE E. **Photosynthèse, consommation en eau et modélisation de la production chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.)**. 1989. 157p. Thèse de Doctorat, Université d'Orsay, France. 1989.

DUFRENE, E.; DUBOS, B.; QUENCEZ, P.; SAUGIER, B. Changes in evapotranspiration from an oil palm stand (*Elaeis guineensis* Jacq) exposed to seasonal soil water deficits. **Acta Ecológica**, v.13, p.299-314, 1992.

**EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL**. Projeto de dendê/Palma Amazonas. Manaus: Embrapa – CPAA, 2002. Disponível em: <http://www.cpaa.embrapa.br/portifolio/sistemadeprodução/dende/projetodendepalmaamazonas.pdf> Acesso em: 01 jul. 2016

Embrapa. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. SILVA, F.C. (Ed.). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2009. 623p.

**FAO** 2015. FAOSTAT online statistical service. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Disponível em: <http://faostat.fao.org> (acessado em Janeiro de 2016)

FERREIRA, S.J.F.; LUIZÃO, F.J.; MELLO-IVO, W.; ROSS, S.M.; BIOPT, Y. Propriedades físicas do solo após extração seletiva de madeira na Amazônia central. **Acta Amazonica**, v.32, p.449-466, 2002.

FERREIRA, S.J.F.; LUIZÃO, F.J.; MIRANDA, S.Á. F.; SILVA, M.D.; VITAL, A.R.T. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira. **Acta Amazonica**, v.36, p.59-68, 2006.

FERWERDA J.D. 1977. Oil palm. In: Alvim P. de T.; T.T. Kozłowski. (Ed.). *Ecophysiology of tropical crops*. Academic Press, London, p.351–383.

FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, v.28, p.101-126, 1998.

FITZHERBERT, E.B.; STRUEBIG, M.J.; MOREL, A.; DANIELSEN, F.; BRÜHL, C.A.; DONALD P.F.; PHALAN, B. How will oil palm expansion affect biodiversity?. **Trends in Ecology and Evolution**, v.23, p.539-545, 2008.

FOONG, S.F. **Potential evapotranspiration, potential yield and leaching losses of oil palm**. In: BASIRON, Y., SUKAIMI, J., CHANG, K.C., CHEAH, S.C., HENSON, I.E., KAMARUDDIN, N., PARANJOTHY, K., RAJANAIDU, N., DOLMAT, T.H.T. AND DARUS, A. (eds.) International Palm Oil Conference. Progress, Prospects & Challenges

Towards the 21st Century. Module I: Agriculture. Kuala Lumpur, Malaysia, 9–14 September 1991. PORIM, pp.105–119.

FOONG, S.F. **Impact of moisture on potential evapotranspiration, growth, y yield of oil palm.** In: INTERNATIONAL PALM OIL CONGRESS. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. 1999. p.64-86.

FORTIL, M.C.; R. GIELOW, R.; CARVALHO, J.A.; ALVARADO; E.C.; D.V. SANDBERG, D.V.; SANTOS, J.C. Soil-water chemistry changes after slashing and burning of a “terra firme” forest parcel in alta floresta, mato grosso, Brazil in southern amazon. **Geochimica Brasiliensis**, v.22, p.127-139, 2008.

GONÇALVES, A.C.R. **Dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.).** In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (Eds.). Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro, dendezeiro e oliveira. Cosmópolis: Stoller do Brasil, p.95-112, 2001.

GONÇALVES, A.O.; BASTOS, T.X. ; BARROS, A.H. ; RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P.E.F. **Procedimento metodológico da Avaliação da Aptidão Climática para a cultura da palma de óleo nas áreas desmatadas da Amazônia Legal.** In: RAMALHO FILHO; MOTTA, P.E.F.; FREITAS, P.L. DE; TEIXEIRA W.G. (1ra Ed.) Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.47-50, 2010.

GRIMALDI, C.; GRIMALDI, M.; MILLET, A.; BARIAC, T.; BOULEGUE, J. Behaviour of chemical solutes during a storm in a rainforested Headwater catchment. **Hydrological Processes**, v.18, p.93-106, 2004.

GROSSMANN, J.; UDLUFT, P. The extraction of soil water by the suction-cup method: a review. **Soil Science**, v.42, p.83-93, 1991.

GUILLAUMET, J.L.; RODRIGUES, M.R.L.; MIRANDA, I.P.A. **A Estação Experimental do Rio Urubu – Embrapa Amazônia Ocidental.** In: MIRANDA, I. P. et al. (Eds.). Ecossistemas florestais em áreas manejadas na Amazônia. Manaus, AM: Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, p.21-39, 2003.

HARGREAVES, G.H. Defining and using reference evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.120, p.1132-1139, 1994.

HARTLEY, C. **La palma de aceite.** México, Editorial Continental, 1983. 958p.

HARTLEY, C.W.S. **The oli palm.** 3. Ed. Serries (GBR). Essex (GBR): Longman. 1988. 716p.

HARTER, R.D. Acid soils of the tropics. ECHO Technical Note. Lian Pin Koh e David S. Wilcove. Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity?. **Conservation Letters**, v.1. p.60–64, 2007.

HEDIN, L.O.; VITOUSEK, P.M.; MATSON, P.A. Nutrient losses over four million years of tropical forest development. **Ecology**, v.84, p.2231-2255, 2003.

HENSON, Y.E. Factors determining mesocarp oil to bunch ratio in the oil palm: A physiological perspective. Proc. Nat. Sem. Palm Oil Extr. Rate: Problems & Issues. **PORIM**, Malaysia. p.27-35, 1993.

HENSON, Y.E. Notes on oil palm productivity, IV carbon dioxide gradients and fluxes and evapotranspiration, above and below the canopy. **Journal of oil palm research**, v.2, p.33-40, 1999.

JOURDAN, C.; MICHAUX-FERRIÈRE, N.; PERBAL, G. Root system architecture and gravitropism in the oil palm. **Annals of Botany**, v.85, p.861-868, 2000.

KLUTE A.; DIRKSEN C. **Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods**. In: KLUTE A. (Ed.) Methods of soil analysis. Madison: American Society of Agronomy, p.687-734, 1986.

HOMMA, A.K.O.; FURLAN JÚNIOR, J.; CARVALHO, R.A. FERREIRA, A. **Bases para uma política de desenvolvimento da cultura do dendê na Amazônia**. In: VIEGAS, I.J.M.; MÜLLER, A.A. (Ed.) A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, p.11-30, 2000.

KOCHIAN, LV; HOEKENGA, AO; PIÑEROS, MA. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. **Annual reviews, plant biology**, v.55, p.459-493, 2004.

LAL, R. Soils of the Tropics: Properties and Appraisal. **Soil Science**, v.155, p.358-359, 1992.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups**, Berlin, Springer-Verlag, 2003. 500p.

LEITE, N.K. **Fluxo de nutrientes em um fragmento de mata ciliar no estado de Rondônia, Brasil**. 2011. 136p. Tese (doutorado em química na agricultura e no ambiente). Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, CENA - USP. 2011.

LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; AYARZA, M.A.; VILELA, L.; LIMA, S. DO C.; ZECH, W. Soil acidification in Pinus caribaea forests on Brazilian savanna Oxisols. **Forest ecology and management**, v.128, p.145-157, 2000.

LINDSAY, W. L.; WALTHALL, P. M. The solubility of aluminum in soils. **The environmental chemistry of aluminum**, v.2, p.333-361, 1996.

LONGO, R.M.; ESPÍNDOLA, C.R. Alterações em características químicas de solos da região Amazônica pela introdução de pastagens. **Acta Amazonica**, v.30, p.71-80, 2000.

LUBIS, A.U; ENDANG, S.; KABUL, P. **Effect of long dry season on oil palm yield at some plantations in Indonesia**. In: INTERNATIONAL PALM OIL CONGRESS, PROCEEDINGS. PORIM, Kuala Lumpur. p.253-262, 1993.

LUIZÃO, F.J. Litter production and mineral element input tho the forest floor in a central Amazonian forest. **Geojournal**, v.19, p.407-417, 1989.

LUNGU, O.I.; DYNOODT, R.F. Acidification from long-term use of urea and its effect on selected soil properties. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v.8, p.63-76, 2008.

MACÊDO, J.L.V., RODRIGUES, M.R. **Solos da Amazônia e cultivo do dendezeiro**. In: VIÉGAS, I.J.M., MÜLLER, A.A. A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, p.73-88, 2000.

MAESTRE, R.B.; FLORENTINO, A. Propiedades hidráulicas de dos suelos subirrigados cultivados con palma aceitera en el estado Monagas, Venezuela. **Agronomía Tropical**, v.58, p.155-162, 2008.

MAILLARD, G.; DANIEL, C.; OCHS, R. Analyse des effets de la sècheresse sur le palmier à huile. **Oléagineux**, v.29, p.397-404, 1974.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p.

MARRS, R.H.; THOMPSON, J.; SCOTT, D.; PROCTOR, J. Nitrogen mineralization and nitrification in terra-firme forest and savanna soils on Ilha-De-Maraca, Roraima, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.7, p.123-137, 1991.

MARQUES, J.D.; LIBARDI, P.L.; TEIXEIRA, W.G.; REIS, A.M. Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um latossolo amarelo, na região Amazônica. **Acta Amazônica**, v.34, p.145-154, 2004.

MELÉM JUNIOR, N.J.; MAZZA, J.A.; DIAS, C.T.S.; BRISKE, E.G. Efeito de fertilizantes nitrogenados na acidificação de um argissolo vermelho amarelo latossólico distrófico cultivado com milho. **Amapá Ciência e Tecnologia**, v.2, p. 75-89, 2001.

MENDONÇA, E.S.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L.M. **Organic matter and chemical characteristics of aggregates from a red-yellow latosol under natural forest, rubber plant, and grass in Brazil**. In: WILSON, W.S. (Ed.). Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, p.185-195, 1991.

MEURER, E.J.; ANGHINONI, I. A solução do solo. In: MEURER, E.J. Fundamentos de química do solo. 2.ed. Porto Alegre: **Gênesis**, p.101-130, 2004.

MEJÍA, O.J. Consumo de agua por la palma de aceite y efectos del riego sobre la producción de racimos, una revisión de literatura. **Palmas**, v.21, p.51-58, 2000.

MELLO, F.A.F.; POSIDIO, E.L.; PEREIRA, J.R.; ARAUJO, J.P.; ABRAMOF, L.; COSTA, O.A. Efeito acidificante da uréia e do sulfato de amônio em latossolo vermelho escuro. **Revista de agricultura**, Piracicaba, v.61, p.291-296, 1986.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principes of plant nutrition**. Switzerland, 4th Ed. International Potash Institute, IPI, Bern, 1997. 685p.

MIRANDA, J.; COSTA, L.M.; RUIZ, H.A.; MENDONÇA, E.M. Caracterização química de soluções extraídas de um latossolo vermelho-amarelo sob diferentes cobertura vegetais. **Revista Ceres**, v.43, p.139-146, 1996.

MIRANDA, J.; COSTA, L.D.; RUIZ, H.A.; EINLOFT, R. Composição química da solução de solo sob diferentes coberturas vegetais e análise de carbono orgânico solúvel no deflúvio de pequenos cursos de água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.633-647, 2006.

MIRANDA, F.R. DE, GOMES, A.R.M.; OLIVEIRA, C.H.CH. DE; MONTENEGRO, A.A.T.; BEZERRA, F.M.L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, p.129-135, 2007.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito do material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.411-416, 1993.

MORAES, J.F.V. Movimento de nutrientes em latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.85-91, 1991.

MORAES, J.F.V.; DYNIA, J.F. Uso de cápsulas porosas para extrair solução do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, p.1523-1528, 1990.

MORTATTI, J. **Erosão na Amazônia: processos, modelos e balanço**. 1995. 127p. Tese (Livre Docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"). Universidade de São Paulo. 1995.

MÜLLER, A.A.; ANDRADE, E.B. **Aspectos gerais sobre a fenologia da cultura da palma de óleo**. In: RAMALHO FILHO; MOTTA, P.E.F.; FREITAS, P.L. DE; TEIXEIRA W.G. (1ra Ed.) Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010, p.83-92.

NELSON, A.P.N.; BERTHELSEN, B.S.; WEBB, C.M.J.; BANABAS, D.M. **Acidification of volcanic ash soils under oil palm in Papua New Guinea: effects of fertiliser type and placement**. In: Gilkes, R.; Prakongkep, N. (Eds.), 19th World Congress of Soil Science, Soil solution for a changing world. International Union of Soil Science, Brisbane, Australia, 2010. p.408-411.

NEU, V. **Influência da cobertura vegetal na ciclagem de nutrientes via solução do solo na região de Manaus-AM**. 2005. 93p. Dissertação (Ecologia - área de concentração: ecologia de agroecossistemas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 2005.

NG, S.K., THAMBOO, S. Nutrient content of oil palm in Malaysia. I. Nutrients required for reproduction: Fruit bunches and male inflorescences. **Malasia Agriculture Journal**, v.46, p.3-45, 1967.

NG, K.K.; DEVILLE, K.F.J. Nitrogen leaching from soils cropped with sugarcane under the humid tropical climate of Mauritius, Indian Ocean. **Journal Environment Quality**, v.13, p.471-474, 1984.

NG, S. K. **Nutrition and nutrient management of oil palm-New thrust for the future perspective**. In: Potassium for sustainable crop production. International symposium on role of potassium in India New Delhi. International Potash Institute, Basel, Switzerland and Potash Research Institute of India, Gurgaon, Haryana, India. 2001. p.415-429.

OCHS, R.; OLIVIN, J. Le diagnostic foliaire pour le contrôle de la nutrition des échantillons foliaires. **Oléagineux**, v.32, p.211-213, 1977.

OLIVIN, J. Pointe annuelle de production des palmeraies au Dahomey et cycle annuel de développement du palmier à huile. **Oléagineux**, v.21, p.351-354, 1966.

OLIVEIRA, M.W.D.; TRIVELIN, P.C.O.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; MORTATTI, J. Leaching of nitrogen, potassium, calcium and magnesium in a sandy soil cultivated with sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.861-868, 2002.

OMOTI, U.; ATAGA, D.O.; ISENMILA, A.E. Leaching losses of nutrients in oil palm plantations determined by tension lysimeters. **Plant and Soil**, v.73, p.365-376, 1983.

OMOTI U., ISENMILA A.E.; ATAGA D.O. **Studies of the water-balance in oil palm plantations on an acid soil in Southern Nigeria**. In: Proc. Int. Oil Palm Conf. 'Progress and prospects', 1988, Malaysia, Kuala Lumpur: Palm Oil Res. Inst. Malaysia, Kuala Lumpur, Ed. by A. Halim Hassan et al., 1987, p.309-320.

PAVAN, M.A. Alumínio em solos ácidos do Paraná: relação entre o alumínio não-trocável, trocável e solúvel, com o pH, CTC, porcentagem de saturação de Al e matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.39-46, 1983.

PENMAN, H.L. **Natural evaporation from open water, bare soil and grass**. In: Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. The Royal Society, 1948, p.120-145.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba, FEALQ, 1997. 183p.

PICCOLO, M.C.; ANDREUX, F.; CERRI, C.C. Hydrochemistry of soil solution collected with tension-free lysimeters in native and cut-and-burned tropical rain forest in Central Amazonia. **Geochimica Brasiliensis**, v.8, p.51-63, 1994.

R Development Core Team (2016). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Agronômica Ceres, Potafos, 1991. 343p.

RANDOW, R.; RANDOW, C.; HUTJES, R.; TOMASELLA, J.; KRUIJT, B. Evapotranspiration of deforested areas in central and southwestern Amazonia. **Theor Appl Climatol**, v.109, p.205-220, 2012.

RAO, A. S. Water requirements of young coconut palms in a humid tropical climate. **Irrigation Science**, v.10, p.245-249, 1989.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. DE; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa, NEPUT, 2002. 338p.

REY, H. Dubos; DUFRENE, B.; E QUENCEZ, P. Oil palm water profiles and water supplies in Cote d'Ivoire. Profils hydriques et alimentation en eau du palmier a huile en Cote d'Ivoire. **Plantations, recherche, developpement (Francia)**. Janvier - Février. 1998.

REICHARDT, K.; RAZANI, G.; FREITAS J.R., E.; LIBARDI, PL. Aspectos hídricos de alguns solos da Amazônia - Região do baixo rio Negro. **Acta Amazônica**, v.10, p.43-46, 1980.

REICHARDT, K. TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri-SP, Manole, 2004. 748p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa/MG, 1999. 359p.

RODRIGUES, M.; SANTOS, J.; BARCELOS, E. **Carbono e Nitrogênio na Biomassa Aérea de Cultivo do Dendê em Latossolo Amarelo da Amazônia Ocidental**. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. 2000.

RODRIGUES, M. do R.L. **Resposta do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) à aplicação de fertilizantes nas condições do médio Amazonas**. 1993. 81p. Dissertação (Solos e nutrição de plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. 1993.

ROMERO, H.M. AYALA, I.M. ROMERO, R.R. Ecofisiologia de la palma de aceite. **Palmas**, v.28, p.176-184, 2007.

SANTOS, A.; RIBEIRO, M.N. Nitrogênio na água do solo do ecossistema Campina Amazônica. **Acta Amazônica**, v.5, p.173-182, 1975.

SANZ, A.V. FURLAN J.J. JOSEF, F.K, MASIERO, L.C. **A Dendeicultura na Visão do Setor Privado**. In: ANAIS DO WORKSHOP LATINO-AMERICANO DE INVESTIGACIÓN EN DENDÊ (PALMA ACEITERA): ALTERNATIVA PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA AMAZONÍA, 2005, Manaus.

SALISBURY, F.B; CLEON W.R. 1994. **Fisiología vegetal**. México, Iberoamericana, 1994. 759p.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; FOLEGATTI, M.V. Estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) por Penman-Monteith utilizando diferentes tipos de estação meteorológica. In CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (Vol. 10). CONGRESSO DA FLISMET, 8., 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1998.

SCHROTH, G.; FERREIRA, L.S. DA; WOLF, M.A.; TEIXEIRA, W.G; ZECH, W. Distribution of throughfall and stemflow in multi-strata agroforestry, perennial monoculture, fallow and primary forest in central Amazonia, Brazil. **Hydrological Processes**, v.13, p.1423-1436, 1999.

SCHROTH, G.; RODRIGUES, M.R.L.; D'ANGELO, S.A. Spatial patterns of nitrogen mineralization, fertilizer distribution and roots explain nitrate leaching from mature Amazonian oil palm plantation. **Soil Use and Management**, v.16, p.222-229, 2000.

SCHROTH, G.; ELIAS, M.E.A.; UGUEN, K.; SEIXAS, R.; ZECH, W. Nutrient fluxes in rainfall, throughfall and stemflow in tree-based land use systems and spontaneous tree vegetation of central Amazonia. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.87, p.37-49, 2001.

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. 136p. Tese (Agronomia – área de concentração: Irrigação e drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2002.

SMITH, B.G. The effect of soil water and atmospheric vapor pressure deficit on stomatal behaviour and photosynthesis in the oil palm. **Journal of Experimental Botany**, v.40, p.647-651, 1989.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome, FAO, 1991. 45p.

SQUIRE, G.R. Technique in environmental physiology of oil palm; Partitioning of rainfall above ground. **Porim Bulletin**, v.9, p.1-9, 1984.

STARK, N.; JORDAN, C.F. Nutrient retention in the root mat of an Amazonian rain. **Forest Ecology**. V.59, p.404-432, 1978.

STALLARD, R.F.; EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon. 1. Precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved-load at the time of peak discharge. **Journal of Geophysical Research-Oceans and Atmospheres**, v.86, p.9844-9858, 1981.

SOUZA, V.F. 2000. **Níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas via fertirrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo**. 2000. 178p. Tese (Agronomia – área de concentração: irrigação e drenagem) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2000.

SOUZA, A.C.G. **Caracterização e variação temporal da solução do solo em argissolo amarelo com horizonte A moderado e A antrópico (Terra Preta de Índio) no Município de Iranduba - AM**. 2012. 83p. Dissertação (Agronomia tropical – área de concentração: produção vegetal). Universidade Federal do Amazonas. 2012.

SOUZA, J.M.T. Enfoque y avances del programa de mejoramiento genético de la palma de aceite en Embrapa. **Revista Palmas**, v34, p.168-163, 2013.

SCHAFFER, B. Flooding responses and water-use efficiency of subtropical and tropical fruit trees in an environmentally-sensitive wetland. **Academic Press**, v.81, p.475- 481, 1998.

SURRE, C.; ZILLER, R. **La palmera de aceite**. Barcelona, Ed. Blume, 1969. 243p.

SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Agroforestry in acid soils of the humid tropics. **Advances in Agronomy**, v. 45, p. 275-301, 1991.

TEIXEIRA, L.B.; BASTOS, J.B. Nutrientes nos solos de floresta primária e pastagem de *Brachiaria humidicola* na Amazônia Central. **Boletim de Pesquisa**, n. 98, 69p. 1989.

TEIXEIRA, W.G. Land use effects on soil physical and hydraulic properties of a clayey Ferralsol in the Central Amazon. **Bayreuther Bodenkundliche Berichte**, 72, 2001.

TEIXEIRA, W.G.; CUBAS, O.E.; MARTINS, G.C.; FREITAS, P.L.; RODRIGUES, M.R.L.; FILHO, A.R. **Características físicas do solo adequadas para implantação e manutenção da cultura de palma de óleo na Amazônia**. In: RAMALHO FILHO; MOTTA, P.E.F.; FREITAS, P.L. DE; TEIXEIRA W.G. (1ra Ed.) Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. p.137-144, 2010.

TEIXEIRA, W.G.; ARRUDA, W.; SHINZATO, E.; MACEDO, R.S.; MARTINS, G.C.; LIMA, H.N. RODRIGUES, T.E. **Solos do Amazonas**. In: MARIA ADELAIDE MANSINI MAIA; JOSÉ LUIZ MARMOS. Geodiversidade do estado do Amazonas. Manaus - Rio de Janeiro: CPRM, p.71-86, 2010.

THORNTHWAITE, C.W. Na approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v.38, p.55-94, 1948.

TOMÉ JR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Curitiba, Editora Guaíba Agropecuária, 1997. 247p.

TORRES, V.M.; MUNÉVAR, M.F.; ACOSTA, G.A.; CRISTANCHO, R.J.A. 2002. Estudio in situ del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) mediante el método de lavado de perfiles. **Centro de Investigación en Palma de Aceite**, v.90, p.1-6, 2002.

TUI, L.CH. ARIFIN. I. Lysimeter studies and irrigation of oil palm in some inland soils of peninsular Malaysia - Felda's Experience. **The Planter**, v.8, p.15-29, 2013.

TRINIDADE, D.R.; POLTRENIERI, L.S.; FURLAN, J. **Abordagem sobre o estado atual das pesquisas para a identificação do agente causal do amarelecimento fatal do dendezeiro**. In: POLTRONIERI, L.S.; TRINIDADE, D.R.; SANTOS, I.P. (Ed.). Pragas e Doenças de cultivos amazônicos. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, p.439-450, 2005.

TUNG, P.G.AH.; YUSOFF, M.K.; MAJID, N.M.; GOHKAH, J.; GANHUANG, H. Effect of N and K fertilizers on nutrient leaching and groundwater quality under mature oil palm in Sabah during the monsoon period. **American Journal of Applied Sciences**, v.6, p.1788-1799, 2009.

VALLEJO, G. **Botánica**. In: VALLEJO, G.; FIGUEREDO, P.; ROJAS, L.; MUÑOZ, R.; MENA, E.; CRUZ, R.; GENTY, P.; SANCHES, A.; LOWE, J.; ARAGON, J. Palma Africana de aceite. Palmira: ICA, p.25-53, 1978.

VAN GENUCHTEN, M.Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**. v.44, p.892-898, 1980.

VARGAS, P.F. **Factores que afectan el crecimiento, floración y producción**. In: VALLEJO, G.; FIGUEREDO, P.; ROJAS, L.; MUÑOZ, R.; MENA, E.; CRUZ, R.; GENTY, P.; SANCHES, A.; LOWE, J.; ARAGON, J. Palma Africana de aceite. Palmira: ICA, p.69-96, 1978.

VIÉGAS, I. DE J. M.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. 374p.

VIÉGAS, I. DE J.M.; BOTELHO, S.M. **Nutrição e adubação do dendezeiro**. In: VIÉGAS, I. DE J.M; MULLER, A.A. (Ed.). *A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, p. 229-273, 2000.

VIEGAS, A.S.; FURLAN JÚNIOR, J.; KALTNER, J.F. **Situação atual e perspectivas futuras da dendeicultura nas principais regiões produtoras: a experiência do Brasil**. In: MULLER, A.A. FURLAN JÚNIOR, J. (Ed.) *Agronegócio do dendê: Uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia*. Belém: Embrapa Amazônia Ocidental, p.41-66, 2001.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. D. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1987. 417p.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V.; CALDEIRA, M.V.W. Dinâmica de decomposição e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* no sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, v.20, p.351-360, 2013.

VILLALOBOS, E.; UMANA, C.H.; CHINCHILLA, C. Oil Palm water status in response to drought in Costa Rica. **Oléagineux**, v.47, p.1-7, 1992.

WOLT, J.D. Obtaining soil solution: laboratory methods. In: WOLT, J.D. *Soil solution chemistry: applications to environmental science and agriculture*. New York: **John Wiley**, p.95-120, 1994.

ZEVEN A.C. **The semi-wild oil palm and its industry in Africa**. Wageningen Univ., Wageningen, 1980, 689p.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMAN, J.; MIANO, T. M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v.79, p.117-161, 1997.

## APÊNDICE

**Apêndice:** Dados utilizados no balanço hídrico e na dinâmica da água no solo sob dendezal ( $\text{mm dia}^{-1}$ ). Precipitação<sup>(1)</sup>, precipitação efetiva<sup>(2)</sup>, evapotranspiração de referência<sup>(3)</sup>, evapotranspiração da cultura (dendezeiro)<sup>(4)</sup> e armazenamento da água no solo a 40 e 80 cm de profundidade, com base em dados diários. Campo Experimental do Rio Urubu – CERU/EMBRAPA CPAA – Município de Rio Preto da Eva - AM.

Data	PP <sup>(1)</sup>	PE <sup>(2)</sup>	ET <sub>o</sub> <sup>(3)</sup>	ET <sub>c</sub> <sup>(4)</sup>	PP - ET <sub>c</sub>	Armazenamento	
						0 - 40	40 - 80
----- mm -----							
01/08/2013	0,00	0,00	4,46	4,02	-4,02	118	127
02/08/2013	0,00	0,00	4,26	3,83	-3,83	116	127
03/08/2013	0,00	0,00	4,51	4,06	-4,06	114	126
04/08/2013	0,00	0,00	4,48	4,04	-4,04	111	125
05/08/2013	0,00	0,00	4,58	4,12	-4,12	107	125
06/08/2013	6,35	4,20	3,08	2,77	3,58	104	124
07/08/2013	0,76	0,20	3,20	2,88	-2,12	105	124
08/08/2013	1,52	1,10	3,40	3,06	-1,54	105	124
09/08/2013	1,02	0,20	3,97	3,58	-2,56	105	124
10/08/2013	11,18	6,80	2,74	2,47	8,71	108	123
11/08/2013	52,32	43,40	3,04	2,74	49,59	133	141
12/08/2013	2,79	2,10	3,59	3,23	-0,44	133	145
13/08/2013	13,46	9,40	3,47	3,12	10,34	131	143
14/08/2013	36,83	21,90	4,29	3,86	32,97	137	147
15/08/2013	8,89	8,20	3,33	3,00	5,89	136	151
16/08/2013	2,03	2,00	3,15	2,83	-0,80	132	147
17/08/2013	31,75	27,20	2,38	2,14	29,61	135	149
18/08/2013	9,91	9,00	2,09	1,88	8,02	136	150
19/08/2013	0,25	0,00	4,09	3,68	-3,42	132	148
20/08/2013	0,25	0,00	3,52	3,17	-2,92	128	145
21/08/2013	0,00	0,00	4,53	4,08	-4,08	126	143
22/08/2013	0,00	0,00	4,54	4,09	-4,09	124	141
23/08/2013	0,00	0,00	4,49	4,04	-4,04	121	139
24/08/2013	0,00	0,00	4,20	3,78	-3,78	119	138
25/08/2013	0,00	0,00	4,43	3,99	-3,99	117	136
26/08/2013	6,86	4,20	3,43	3,08	3,77	117	135
27/08/2013	15,49	16,10	1,47	1,32	14,17	126	136
28/08/2013	0,25	0,00	3,79	3,41	-3,16	129	139
29/08/2013	49,53	54,10	1,90	1,71	47,82	135	150
30/08/2013	10,67	4,90	3,79	3,41	7,25	134	150
31/08/2013	9,91	8,80	3,75	3,38	6,53	133	147
01/09/2013	5,08	3,80	3,99	3,59	1,49	133	147
02/09/2013	0,25	0,00	3,91	3,52	-3,27	131	145
03/09/2013	10,92	10,30	2,16	1,94	8,98	132	144

04/09/2013	3,05	2,60	3,52	3,17	-0,12	132	145
05/09/2013	0,00	0,00	3,64	3,27	-3,27	130	144
06/09/2013	1,02	0,70	3,48	3,13	-2,11	127	143
07/09/2013	15,24	14,70	3,32	2,99	12,25	128	142
08/09/2013	0,25	0,20	3,84	3,46	-3,20	131	144
09/09/2013	12,70	12,30	1,41	1,27	11,43	133	145
10/09/2013	6,60	3,60	4,10	3,69	2,91	132	147
11/09/2013	0,25	0,50	4,99	4,49	-4,23	131	145
12/09/2013	19,05	20,10	6,46	5,82	13,23	131	144
13/09/2013	0,25	0,10	4,82	4,34	-4,08	133	148
14/09/2013	0,00	0,00	4,41	3,97	-3,97	128	145
15/09/2013	0,00	0,00	5,34	4,80	-4,80	125	143
16/09/2013	0,00	0,00	4,76	4,28	-4,28	123	140
17/09/2013	0,00	0,00	5,88	5,29	-5,29	121	139
18/09/2013	6,60	6,30	3,95	3,55	3,05	121	138
19/09/2013	2,54	2,20	4,91	4,42	-1,88	120	137
20/09/2013	1,27	1,20	5,09	4,58	-3,31	119	135
21/09/2013	5,84	6,20	2,77	2,49	3,35	121	135
22/09/2013	0,00	0,00	5,61	5,05	-5,05	122	134
23/09/2013	0,00	0,00	5,45	4,91	-4,91	120	133
24/09/2013	0,00	0,00	5,67	5,10	-5,10	117	132
25/09/2013	12,45	13,30	4,48	4,04	8,41	117	132
26/09/2013	6,86	0,90	4,06	3,65	3,21	127	134
27/09/2013	0,00	0,00	5,89	5,30	-5,30	125	135
28/09/2013	2,54	2,00	3,92	3,53	-0,99	123	134
29/09/2013	0,00	0,00	4,67	4,21	-4,21	121	133
30/09/2013	9,40	5,70	3,67	3,30	6,09	122	132
01/10/2013	0,25	0,10	5,56	5,00	-4,75	124	133
02/10/2013	0,00	0,00	4,83	4,34	-4,34	122	132
03/10/2013	0,25	0,00	5,53	4,97	-4,72	120	132
04/10/2013	0,00	0,00	4,75	4,27	-4,27	118	131
05/10/2013	0,00	0,00	5,86	5,28	-5,28	115	130
06/10/2013	0,00	0,00	4,81	4,33	-4,33	113	129
07/10/2013	1,02	0,30	5,34	4,80	-3,79	110	128
08/10/2013	0,00	0,00	6,07	5,46	-5,46	108	127
09/10/2013	0,76	0,50	4,01	3,61	-2,85	106	126
10/10/2013	15,49	14,10	3,55	3,19	12,30	116	126
11/10/2013	0,76	0,10	4,33	3,90	-3,14	118	126
12/10/2013	0,25	0,00	4,63	4,16	-3,91	116	126
13/10/2013	0,00	0,00	5,16	4,64	-4,64	114	126
14/10/2013	0,00	0,00	5,29	4,76	-4,76	112	126
15/10/2013	0,00	0,00	5,78	5,20	-5,20	109	125
16/10/2013	0,00	0,00	4,01	3,61	-3,61	106	125

17/10/2013	0,00	0,00	4,31	3,88	-3,88	104	124
18/10/2013	0,25	0,00	3,31	2,98	-2,73	101	124
19/10/2013	0,00	0,00	5,60	5,04	-5,04	100	123
20/10/2013	0,51	0,60	4,07	3,67	-3,16	98	123
21/10/2013	0,00	0,10	4,62	4,16	-4,16	97	122
22/10/2013	0,00	0,00	4,92	4,43	-4,43	96	121
23/10/2013	0,00	0,00	4,14	3,72	-3,72	94	121
24/10/2013	0,00	0,00	4,54	4,08	-4,08	93	120
25/10/2013	0,00	0,00	4,48	4,04	-4,04	92	120
26/10/2013	0,00	0,00	5,00	4,50	-4,50	91	119
27/10/2013	0,00	0,00	4,23	3,81	-3,81	90	118
28/10/2013	2,29	1,20	3,41	3,07	-0,78	90	117
29/10/2013	37,59	47,30	2,36	2,13	35,47	108	120
30/10/2013	3,56	2,30	4,42	3,98	-0,42	125	129
31/10/2013	2,54	1,30	4,20	3,78	-1,24	123	130
01/11/2013	0,76	0,20	3,08	2,77	-2,01	120	130
02/11/2013	0,25	0,00	3,91	3,52	-3,27	118	129
03/11/2013	0,00	0,00	5,56	5,00	-5,00	116	128
04/11/2013	39,12	46,80	1,34	1,21	37,91	127	141
05/11/2013	0,00	17,30	2,73	2,45	-2,45	128	147
06/11/2013	18,79	11,00	4,00	3,60	15,19	127	144
07/11/2013	2,29	0,90	2,45	2,21	0,08	129	147
08/11/2013	0,00	0,00	4,62	4,15	-4,15	126	144
09/11/2013	0,00	0,00	3,43	3,08	-3,08	123	142
10/11/2013	6,35	3,80	4,32	3,89	2,46	122	140
11/11/2013	0,51	0,10	4,91	4,42	-3,91	123	139
12/11/2013	0,00	0,10	3,67	3,30	-3,30	120	138
13/11/2013	4,06	2,60	3,14	2,83	1,24	120	137
14/11/2013	1,02	0,00	2,54	2,29	-1,27	120	136
15/11/2013	11,94	5,40	3,67	3,30	8,63	125	137
16/11/2013	0,00	0,10	3,85	3,47	-3,47	126	139
17/11/2013	0,00	0,00	5,27	4,74	-4,74	122	138
18/11/2013	3,81	0,00	3,12	2,81	1,00	120	137
19/11/2013	90,42	84,40	2,59	2,33	88,09	131	151
20/11/2013	0,00	0,00	4,42	3,98	-3,98	129	150
21/11/2013	0,00	0,00	5,31	4,78	-4,78	125	146
22/11/2013	56,90	55,80	4,36	3,92	52,97	131	152
23/11/2013	0,00	0,00	4,56	4,10	-4,10	129	150
24/11/2013	0,76	0,00	4,43	3,98	-3,22	125	146
25/11/2013	0,00	0,00	3,17	2,85	-2,85	122	143
26/11/2013	5,59	0,30	3,58	3,22	2,37	121	142
27/11/2013	2,00	2,00	2,62	2,35	-0,35	122	140
28/11/2013	0,00	0,00	3,97	3,57	-3,57	120	139

29/11/2013	0,76	0,30	3,48	3,14	-2,37	119	138
30/11/2013	1,27	0,30	4,89	4,40	-3,13	118	137
01/12/2013	1,52	0,40	4,49	4,04	-2,51	117	137
02/12/2013	0,00	0,00	3,70	3,33	-3,33	116	136
03/12/2013	7,62	3,70	4,81	4,33	3,29	118	135
04/12/2013	18,54	14,20	4,48	4,04	14,51	123	138
05/12/2013	8,13	6,30	4,08	3,68	4,45	129	145
06/12/2013	1,27	0,20	5,66	5,09	-3,82	127	145
07/12/2013	0,00	0,00	5,60	5,04	-5,04	123	143
08/12/2013	0,00	0,00	5,28	4,75	-4,75	121	141
09/12/2013	0,00	0,00	5,77	5,20	-5,20	119	139
10/12/2013	0,00	0,00	4,77	4,29	-4,29	117	137
11/12/2013	0,00	0,00	5,57	5,02	-5,02	115	136
12/12/2013	0,00	0,00	5,93	5,34	-5,34	113	134
13/12/2013	0,00	0,00	5,58	5,03	-5,03	111	133
14/12/2013	0,00	0,00	5,61	5,05	-5,05	109	132
15/12/2013	0,00	0,00	4,41	3,97	-3,97	107	130
16/12/2013	0,00	0,00	3,71	3,34	-3,34	105	129
17/12/2013	0,00	0,00	2,51	2,26	-2,26	104	129
18/12/2013	28,19	32,50	1,39	1,25	26,94	124	134
19/12/2013	4,32	4,10	3,47	3,12	1,20	126	138
20/12/2013	1,27	0,50	4,22	3,80	-2,53	126	138
21/12/2013	0,00	0,00	3,41	3,07	-3,07	122	137
22/12/2013	0,76	0,30	4,60	4,14	-3,38	119	135
23/12/2013	0,51	0,10	3,20	2,88	-2,37	117	134
24/12/2013	19,56	23,40	2,56	2,30	17,26	124	136
25/12/2013	0,00	0,00	3,80	3,42	-3,42	126	140
26/12/2013	57,40	58,30	2,56	2,30	55,10	130	147
27/12/2013	0,25	0,10	3,47	3,12	-2,87	129	149
28/12/2013	9,14	4,70	2,38	2,15	7,00	128	146
29/12/2013	1,27	1,00	4,20	3,78	-2,51	127	146
30/12/2013	1,27	0,40	3,71	3,34	-2,07	125	143
31/12/2013	0,00	0,00	4,43	3,98	-3,98	123	142
01/01/2014	0,00	0,00	4,24	3,81	-3,81	120	140
02/01/2014	0,00	0,00	4,29	3,86	-3,86	118	138
03/01/2014	0,00	0,00	3,97	3,58	-3,58	116	137
04/01/2014	0,00	0,00	3,82	3,44	-3,44	114	135
05/01/2014	0,00	0,00	3,82	3,43	-3,43	113	134
06/01/2014	11,68	8,50	3,29	2,96	8,73	113	133
07/01/2014	11,43	9,85	2,86	2,57	8,86	119	134
08/01/2014	1,52	1,00	1,51	1,36	0,16	124	137
09/01/2014	4,06	2,50	3,41	3,07	0,99	123	138
10/01/2014	28,45	25,47	2,85	2,56	25,88	128	142

11/01/2014	28,96	29,69	3,18	2,86	26,09	136	158
12/01/2014	5,33	4,00	3,32	2,98	2,35	128	149
13/01/2014	1,52	1,00	1,25	1,13	0,40	134	151
14/01/2014	1,52	1,00	3,55	3,20	-1,67	130	150
15/01/2014	17,78	13,12	2,89	2,60	15,18	132	151
16/01/2014	6,60	5,80	3,72	3,34	3,26	131	151
17/01/2014	0,00	0,10	5,06	4,56	-4,56	128	149
18/01/2014	8,13	4,50	2,28	2,06	6,07	128	147
19/01/2014	6,60	8,20	4,13	3,71	2,89	127	146
20/01/2014	1,02	1,30	4,49	4,04	-3,02	127	146
21/01/2014	0,00	0,00	4,37	3,93	-3,93	124	144
22/01/2014	5,84	6,30	3,66	3,29	2,55	122	143
23/01/2014	4,57	6,90	4,33	3,89	0,68	124	141
24/01/2014	0,25	0,10	4,86	4,37	-4,12	125	142
25/01/2014	7,87	9,30	5,33	4,79	3,08	123	141
26/01/2014	12,70	12,60	3,47	3,12	9,58	127	141
27/01/2014	0,25	0,10	3,07	2,76	-2,51	129	145
28/01/2014	32,26	31,70	2,12	1,91	30,35	133	150
29/01/2014	0,51	0,20	2,71	2,44	-1,93	130	151
30/01/2014	0,00	0,00	4,84	4,36	-4,36	126	147
31/01/2014	1,27	0,40	4,04	3,64	-2,37	123	144
01/02/2014	11,68	10,70	2,97	2,68	9,01	126	143
02/02/2014	25,40	26,90	3,50	3,15	22,25	134	152
03/02/2014	0,00	0,00	4,48	4,04	-4,04	128	149
04/02/2014	18,54	17,60	3,52	3,17	15,38	129	147
05/02/2014	49,53	51,60	2,30	2,07	47,46	135	155
06/02/2014	0,51	0,50	4,64	4,17	-3,66	131	152
07/02/2014	65,53	74,90	1,36	1,23	64,30	134	156
08/02/2014	4,57	5,00	4,83	4,35	0,22	130	151
09/02/2014	0,76	0,80	4,16	3,75	-2,98	129	148
10/02/2014	10,67	11,90	1,87	1,69	8,98	131	147
11/02/2014	20,57	27,30	2,56	2,31	18,27	135	154
12/02/2014	0,25	0,10	3,31	2,98	-2,72	129	150
13/02/2014	12,70	15,60	3,35	3,02	9,68	130	147
14/02/2014	13,72	17,10	1,94	1,75	11,97	131	148
15/02/2014	1,02	1,40	2,41	2,17	-1,15	132	151
16/02/2014	0,25	0,30	3,23	2,91	-2,65	128	148
17/02/2014	0,76	0,30	3,87	3,48	-2,72	125	146
18/02/2014	3,81	4,40	3,91	3,51	0,30	124	144
19/02/2014	5,59	7,10	4,55	4,09	1,49	124	143
20/02/2014	3,30	4,30	2,78	2,50	0,80	126	143
21/02/2014	20,07	32,10	2,90	2,61	17,46	134	150
22/02/2014	4,83	6,90	2,11	1,90	2,92	130	150

23/02/2014	13,46	19,60	2,54	2,28	11,18	133	151
24/02/2014	18,80	24,70	2,60	2,34	16,45	135	154
25/02/2014	3,56	4,50	3,80	3,42	0,14	130	151
26/02/2014	12,19	16,70	1,18	1,07	11,13	133	150
27/02/2014	7,11	10,20	3,36	3,03	4,08	131	150
28/02/2014	2,54	2,90	4,37	3,93	-1,39	130	149
01/03/2014	44,20	43,60	4,16	3,74	40,46	131	148
02/03/2014	11,43	14,00	3,37	3,04	8,39	136	157
03/03/2014	10,67	14,60	3,67	3,30	7,37	130	150
04/03/2014	9,91	12,80	2,31	2,08	7,83	133	150
05/03/2014	20,57	21,90	3,91	3,52	17,05	134	154
06/03/2014	4,32	4,90	2,59	2,33	1,99	129	150
07/03/2014	14,22	14,80	3,18	2,86	11,36	131	148
08/03/2014	60,71	68,80	3,49	3,14	57,57	136	156
09/03/2014	0,00	0,10	4,34	3,91	-3,91	129	150
10/03/2014	0,00	0,00	4,40	3,96	-3,96	125	147
11/03/2014	0,00	0,00	3,24	2,91	-2,91	123	144
12/03/2014	17,78	23,90	0,97	0,88	16,90	129	145
13/03/2014	1,52	1,50	2,95	2,65	-1,13	130	148
14/03/2014	0,00	0,00	3,34	3,01	-3,01	127	146
15/03/2014	0,00	0,00	4,13	3,72	-3,72	124	144
16/03/2014	0,00	0,00	4,54	4,09	-4,09	122	142
17/03/2014	0,00	0,00	3,48	3,13	-3,13	120	141
18/03/2014	37,59	43,00	2,93	2,64	34,95	131	151
19/03/2014	27,18	32,20	2,37	2,13	25,04	135	154
20/03/2014	8,38	12,90	1,70	1,53	6,85	134	153
21/03/2014	18,03	25,70	2,60	2,34	15,69	135	153
22/03/2014	3,56	5,40	2,42	2,17	1,38	131	151
23/03/2014	4,06	9,60	2,69	2,42	1,64	129	148
24/03/2014	20,57	2,20	1,36	1,22	19,35	134	151
25/03/2014	2,79	4,10	2,65	2,39	0,41	132	151
26/03/2014	24,13	31,20	3,06	2,75	21,38	133	151
27/03/2014	82,04	95,30	3,31	2,98	79,07	136	155
28/03/2014	12,95	16,30	1,71	1,54	11,41	137	159
29/03/2014	12,95	17,50	4,23	3,80	9,15	131	150
30/03/2014	0,25	0,00	4,32	3,88	-3,63	130	150
31/03/2014	0,25	0,10	3,60	3,24	-2,99	126	147
01/04/2014	13,72	20,00	1,32	1,18	12,53	129	147
02/04/2014	68,83	63,30	2,43	2,19	66,64	133	151
03/04/2014	0,00	0,10	4,21	3,79	-3,79	132	153
04/04/2014	0,25	0,30	3,16	2,84	-2,59	127	148
05/04/2014	0,51	0,20	4,49	4,04	-3,53	124	145
06/04/2014	0,00	0,10	3,29	2,96	-2,96	122	143

07/04/2014	1,27	2,00	3,84	3,45	-2,18	120	142
08/04/2014	12,19	10,50	3,14	2,82	9,37	124	142
09/04/2014	24,89	32,70	2,11	1,90	23,00	128	143
10/04/2014	1,78	2,70	2,58	2,32	-0,54	132	150
11/04/2014	4,32	6,60	3,83	3,45	0,87	128	147
12/04/2014	22,61	30,70	3,57	3,22	19,39	128	146
13/04/2014	2,54	3,20	2,79	2,51	0,03	133	151
14/04/2014	6,35	9,20	1,47	1,32	5,03	130	149
15/04/2014	4,57	4,40	3,55	3,20	1,37	130	148
16/04/2014	12,19	17,90	2,15	1,94	10,26	132	149
17/04/2014	20,07	22,00	2,12	1,91	18,16	133	151
18/04/2014	3,56	3,50	3,64	3,27	0,28	132	151
19/04/2014	0,00	0,20	3,54	3,18	-3,18	128	148
20/04/2014	0,25	0,30	3,77	3,39	-3,13	125	145
21/04/2014	23,37	28,70	1,33	1,20	22,17	131	147
22/04/2014	21,08	17,40	2,25	2,02	19,06	133	150
23/04/2014	22,35	26,10	1,94	1,75	20,61	134	152
24/04/2014	15,24	20,80	2,96	2,67	12,57	132	151
25/04/2014	18,03	22,60	2,67	2,41	15,63	135	152
26/04/2014	0,51	0,50	2,17	1,95	-1,45	131	151
27/04/2014	12,95	16,40	1,56	1,40	11,55	132	149
28/04/2014	7,37	9,80	2,92	2,63	4,74	132	150
29/04/2014	9,91	8,20	3,78	3,40	6,51	132	149
30/04/2014	11,52	1,50	3,27	2,94	8,58	131	148
01/05/2014	59,69	70,60	2,89	2,60	57,09	136	154
02/05/2014	0,00	0,00	3,94	3,55	-3,55	130	150
03/05/2014	0,00	0,00	4,09	3,68	-3,68	126	147
04/05/2014	65,40	76,40	0,67	0,60	64,80	137	159
05/05/2014	37,08	57,30	4,25	3,83	33,26	134	152
06/05/2014	4,06	5,90	3,90	3,51	0,56	134	155
07/05/2014	2,29	2,90	3,74	3,37	-1,08	129	149
08/05/2014	4,06	3,90	2,22	2,00	2,06	127	146
09/05/2014	1,52	1,80	1,63	1,47	0,05	128	145
10/05/2014	0,51	0,30	3,38	3,04	-2,53	126	144
11/05/2014	14,48	17,30	2,50	2,25	12,23	128	144
12/05/2014	0,25	0,30	3,05	2,74	-2,49	130	145
13/05/2014	14,22	16,10	2,65	2,38	11,84	130	145
14/05/2014	0,25	0,00	3,32	2,99	-2,74	130	147
15/05/2014	0,00	0,00	3,76	3,39	-3,39	126	145
16/05/2014	24,38	23,00	2,04	1,83	22,55	129	147
17/05/2014	0,76	0,90	3,84	3,46	-2,70	130	149
18/05/2014	0,00	0,00	3,44	3,10	-3,10	126	146
19/05/2014	0,76	1,00	2,00	1,80	-1,04	124	144

20/05/2014	6,10	5,10	3,80	3,42	2,67	123	142
21/05/2014	7,37	7,10	3,04	2,73	4,63	126	141
22/05/2014	9,65	10,00	2,33	2,10	7,55	130	142
23/05/2014	0,00	0,10	2,17	1,96	-1,96	131	145
24/05/2014	13,97	16,70	3,22	2,90	11,07	134	149
25/05/2014	6,60	6,50	4,18	3,76	2,84	128	147
26/05/2014	1,02	1,00	3,39	3,05	-2,03	130	146
27/05/2014	4,57	4,00	2,25	2,03	2,54	129	145
28/05/2014	0,25	0,20	4,23	3,80	-3,55	128	145
29/05/2014	21,59	22,80	2,27	2,04	19,55	130	146
30/05/2014	5,84	5,50	1,99	1,79	4,05	133	149
31/05/2014	2,29	2,30	2,56	2,30	-0,02	130	148
01/06/2014	0,25	0,50	3,97	3,57	-3,32	128	146
02/06/2014	0,25	0,10	4,36	3,92	-3,67	125	144
03/06/2014	0,00	0,00	4,65	4,19	-4,19	123	142
04/06/2014	3,56	2,60	3,32	2,99	0,57	121	141
05/06/2014	0,00	0,00	4,08	3,67	-3,67	121	139
06/06/2014	0,51	0,30	3,33	3,00	-2,49	119	138
07/06/2014	5,84	3,80	3,51	3,16	2,68	118	137
08/06/2014	1,78	1,00	4,33	3,90	-2,12	120	137
09/06/2014	0,00	0,00	4,18	3,76	-3,76	118	136
10/06/2014	0,00	0,00	4,26	3,83	-3,83	116	135
11/06/2014	7,11	5,30	3,49	3,14	3,97	115	134
12/06/2014	8,64	5,40	3,56	3,21	5,43	119	134
13/06/2014	0,00	0,00	3,96	3,56	-3,56	120	134
14/06/2014	0,00	0,00	4,27	3,84	-3,84	118	134
15/06/2014	0,00	0,00	4,21	3,79	-3,79	115	133
16/06/2014	17,78	13,10	1,52	1,37	16,41	119	133
17/06/2014	9,40	6,60	2,16	1,95	7,45	125	135
18/06/2014	6,35	3,50	2,26	2,04	4,31	133	140
19/06/2014	24,89	15,00	2,09	1,88	23,01	134	148
20/06/2014	14,22	9,40	3,12	2,81	11,42	132	149
21/06/2014	13,21	7,50	5,16	4,64	8,57	134	150
22/06/2014	0,76	0,40	3,74	3,37	-2,60	131	150
23/06/2014	0,25	0,10	3,90	3,51	-3,26	127	146
24/06/2014	3,30	1,60	3,82	3,44	-0,14	124	144
25/06/2014	0,25	0,10	3,28	2,95	-2,70	123	142
26/06/2014	38,35	18,00	2,29	2,06	36,29	132	149
27/06/2014	5,59	2,90	3,27	2,94	2,65	131	149
28/06/2014	16,26	8,80	3,57	3,21	13,04	132	148
29/06/2014	1,78	1,10	2,72	2,45	-0,67	131	149
30/06/2014	19,30	9,90	1,61	1,45	17,86	135	151
01/07/2014	0,25	0,20	3,13	2,81	-2,56	130	150

02/07/2014	0,51	0,10	3,69	3,32	-2,81	127	147
03/07/2014	0,00	0,00	3,67	3,30	-3,30	124	144
04/07/2014	1,02	0,50	3,09	2,78	-1,76	122	142
05/07/2014	3,81	2,30	4,16	3,74	0,07	121	141
06/07/2014	0,00	0,00	4,52	4,07	-4,07	121	140
07/07/2014	0,76	0,30	4,01	3,61	-2,85	119	139
08/07/2014	0,25	2,60	5,44	4,90	-4,64	118	137
09/07/2014	19,30	5,40	3,15	2,83	16,47	125	137
10/07/2014	9,91	1,00	3,06	2,76	7,15	130	140
11/07/2014	10,16	1,30	1,27	1,14	9,02	132	143
12/07/2014	0,51	2,00	3,26	2,93	-2,43	130	145
13/07/2014	4,32	1,40	2,79	2,51	1,81	127	144
14/07/2014	2,29	0,30	3,72	3,35	-1,06	127	143
15/07/2014	0,00	0,10	3,75	3,38	-3,38	125	142
16/07/2014	18,80	0,00	3,38	3,05	15,75	127	142
17/07/2014	0,00	0,10	4,24	3,82	-3,82	129	144
18/07/2014	0,00	0,10	4,12	3,71	-3,71	125	142
19/07/2014	0,25	0,00	3,81	3,43	-3,17	121	140
20/07/2014	0,00	0,10	4,36	3,92	-3,92	119	139
21/07/2014	0,00	0,00	4,54	4,08	-4,08	116	137
22/07/2014	10,92	5,10	3,62	3,26	7,66	115	136
23/07/2014	0,00	0,00	4,58	4,12	-4,12	113	135
24/07/2014	0,00	0,00	4,02	3,62	-3,62	113	134
25/07/2014	11,43	6,40	2,90	2,61	8,82	111	133
26/07/2014	0,00	0,00	4,27	3,84	-3,84	114	135
27/07/2014	0,00	0,00	4,35	3,91	-3,91	115	135
28/07/2014	0,51	0,00	3,01	2,71	-2,20	114	135
29/07/2014	0,00	0,00	3,55	3,20	-3,20	112	133
30/07/2014	2,54	0,00	3,93	3,54	-1,00	111	132
31/07/2014	2,54	0,00	2,92	2,63	-0,09	124	142
01/08/2014	0,00	0,00	4,19	3,77	-3,77	123	142
02/08/2014	0,00	0,00	4,65	4,18	-4,18	121	140
03/08/2014	0,00	0,00	4,65	4,19	-4,19	118	139
04/08/2014	0,76	0,00	4,25	3,82	-3,06	116	137
05/08/2014	1,52	0,00	4,33	3,90	-2,38	113	134
06/08/2014	4,06	1,00	3,64	3,28	0,79	111	133
07/08/2014	2,29	0,00	3,41	3,07	-0,79	111	132
08/08/2014	0,25	0,00	4,13	3,72	-3,46	110	131
09/08/2014	0,00	0,00	4,41	3,96	-3,96	108	130
10/08/2014	4,06	0,10	3,58	3,22	0,84	104	127
11/08/2014	0,51	0,00	3,04	2,74	-2,23	102	126
12/08/2014	0,25	0,00	4,38	3,95	-3,69	102	125
13/08/2014	0,00	0,00	4,18	3,76	-3,76	99	123

14/08/2014	0,00	0,00	4,18	3,76	-3,76	96	121
15/08/2014	14,22	6,14	3,07	2,76	11,46	101	123
16/08/2014	19,81	8,60	2,71	2,44	17,38	123	137
17/08/2014	0,00	0,00	4,42	3,98	-3,98	122	138
18/08/2014	0,00	0,00	4,50	4,05	-4,05	119	137
19/08/2014	0,00	0,00	4,56	4,11	-4,11	116	135
20/08/2014	0,00	0,00	4,38	3,95	-3,95	113	133
21/08/2014	0,00	0,00	4,48	4,03	-4,03	109	130
22/08/2014	0,00	0,00	4,07	3,67	-3,67	103	126
23/08/2014	0,00	0,00	4,72	4,25	-4,25	98	122
24/08/2014	0,00	0,00	4,52	4,07	-4,07	95	120
25/08/2014	0,00	0,00	4,88	4,40	-4,40	93	118
26/08/2014	0,00	0,00	4,10	3,69	-3,69	91	116
27/08/2014	0,51	0,00	3,97	3,57	-3,07	90	115
28/08/2014	0,00	0,00	4,50	4,05	-4,05	89	113
29/08/2014	0,00	0,00	4,53	4,08	-4,08	88	111
30/08/2014	0,25	0,00	4,04	3,63	-3,38	86	109
31/08/2014	1,02	0,00	1,99	1,79	-0,78	86	107
01/09/2014	0,00	0,00	4,50	4,05	-4,05	86	106
02/09/2014	0,00	0,00	4,55	4,10	-4,10	85	105
03/09/2014	0,00	0,00	4,91	4,41	-4,41	84	104
04/09/2014	0,00	0,00	5,15	4,64	-4,64	83	102
05/09/2014	0,00	0,00	4,81	4,33	-4,33	82	101
06/09/2014	0,00	0,00	4,33	3,89	-3,89	81	100
07/09/2014	20,57	8,60	3,81	3,43	17,15	85	103
08/09/2014	9,14	5,40	3,61	3,25	5,89	92	107
09/09/2014	0,51	0,00	5,00	4,50	-3,99	97	110
10/09/2014	0,00	0,00	4,68	4,21	-4,21	97	111
11/09/2014	0,00	0,00	5,08	4,58	-4,58	96	110
12/09/2014	6,86	2,30	4,23	3,80	3,05	93	108
13/09/2014	0,00	0,00	4,51	4,06	-4,06	91	107
14/09/2014	0,00	0,00	5,02	4,52	-4,52	88	105
15/09/2014	0,00	0,00	5,16	4,64	-4,64	85	103
16/09/2014	0,00	0,00	4,22	3,80	-3,80	82	101
17/09/2014	28,96	14,30	2,53	2,28	26,68	96	109
18/09/2014	0,00	0,00	4,29	3,86	-3,86	107	117
19/09/2014	0,00	0,00	4,82	4,34	-4,34	104	115
20/09/2014	6,86	2,00	4,96	4,46	2,39	101	114
21/09/2014	0,00	0,00	5,11	4,60	-4,60	100	113
22/09/2014	0,00	0,00	5,17	4,66	-4,66	98	112
23/09/2014	0,00	0,00	4,91	4,42	-4,42	95	110
24/09/2014	4,06	1,00	3,45	3,11	0,96	91	107
25/09/2014	0,00	0,00	4,57	4,12	-4,12	89	106

26/09/2014	0,00	0,00	4,98	4,48	-4,48	87	104
27/09/2014	0,00	0,00	4,88	4,39	-4,39	84	102
28/09/2014	0,00	0,00	5,05	4,54	-4,54	82	100
29/09/2014	0,00	0,00	5,17	4,66	-4,66	80	99
30/09/2014	1,78	0,00	5,29	4,76	-2,98	79	98
01/10/2014	0,00	0,00	4,97	4,47	-4,47	79	98
02/10/2014	1,02	0,00	3,45	3,11	-2,09	78	97
03/10/2014	3,81	1,20	5,35	4,81	-1,00	78	97
04/10/2014	4,83	2,00	4,08	3,67	1,15	81	99
05/10/2014	5,08	2,00	4,68	4,21	0,87	81	99
06/10/2014	2,79	1,00	5,03	4,52	-1,73	82	99
07/10/2014	0,00	0,00	5,54	4,98	-4,98	82	99
08/10/2014	0,00	0,00	5,00	4,50	-4,50	81	99
09/10/2014	0,00	0,00	4,84	4,36	-4,36	80	98
10/10/2014	17,27	8,40	3,48	3,13	14,14	83	100
11/10/2014	7,62	5,30	4,20	3,78	3,84	96	108
12/10/2014	6,60	4,20	2,71	2,44	4,16	105	114
13/10/2014	34,29	27,14	0,95	0,85	33,44	114	123
14/10/2014	1,78	0,00	3,18	2,86	-1,08	112	132
15/10/2014	2,54	1,00	3,11	2,80	-0,26	111	130
16/10/2014	36,32	24,50	1,30	1,17	35,15	120	140
17/10/2014	0,25	0,00	4,39	3,95	-3,70	113	136
18/10/2014	2,79	1,00	1,79	1,61	1,19	110	133
19/10/2014	0,00	0,00	4,55	4,09	-4,09	110	131
20/10/2014	0,00	0,00	4,35	3,91	-3,91	108	129
21/10/2014	34,29	28,90	3,03	2,73	31,56	112	132
22/10/2014	0,00	0,00	4,48	4,03	-4,03	114	136
23/10/2014	0,00	0,00	3,54	3,18	-3,18	110	133
24/10/2014	1,02	0,00	2,80	2,52	-1,51	108	130
25/10/2014	4,32	2,30	2,86	2,57	1,74	107	129
26/10/2014	0,76	0,00	3,38	3,04	-2,28	108	129
27/10/2014	0,00	0,00	4,44	4,00	-4,00	107	128
28/10/2014	0,00	0,00	4,45	4,01	-4,01	106	127
29/10/2014	0,00	0,00	5,01	4,51	-4,51	104	125
30/10/2014	0,00	0,00	4,99	4,49	-4,49	102	124
31/10/2014	0,00	0,00	4,89	4,40	-4,40	100	122
01/11/2014	0,00	0,00	4,55	4,10	-4,10	98	120
02/11/2014	0,00	0,00	4,18	3,76	-3,76	95	117
03/11/2014	0,00	0,00	4,75	4,27	-4,27	92	115
04/11/2014	1,52	1,00	2,97	2,68	-1,15	90	114
05/11/2014	0,00	0,00	2,38	2,14	-2,14	90	113
06/11/2014	0,00	0,00	3,94	3,54	-3,54	89	112
07/11/2014	0,00	0,00	3,22	2,90	-2,90	87	111

08/11/2014	0,00	0,00	4,73	4,26	-4,26	86	110
09/11/2014	77,48	66,80	1,00	0,90	76,58	106	127
10/11/2014	0,00	0,00	4,09	3,68	-3,68	115	138
11/11/2014	0,00	0,00	4,20	3,78	-3,78	111	134
12/11/2014	0,00	0,00	4,38	3,94	-3,94	109	131
13/11/2014	32,52	29,10	1,45	1,31	31,21	114	135
14/11/2014	0,25	0,00	3,06	2,75	-2,50	115	138
15/11/2014	0,00	0,00	3,92	3,53	-3,53	111	134
16/11/2014	0,00	0,00	2,88	2,59	-2,59	109	131
17/11/2014	12,70	11,30	2,64	2,37	10,33	112	132
18/11/2014	4,83	5,40	3,91	3,52	1,31	115	136
19/11/2014	0,51	0,00	3,22	2,90	-2,39	114	135
20/11/2014	1,78	1,00	2,50	2,25	-0,47	111	132
21/11/2014	0,25	0,00	4,34	3,90	-3,65	110	131
22/11/2014	0,00	0,00	2,39	2,16	-2,16	109	130
23/11/2014	6,86	5,70	3,08	2,77	4,09	110	130
24/11/2014	0,00	0,00	4,06	3,65	-3,65	115	133
25/11/2014	0,00	0,00	4,39	3,96	-3,96	112	132
26/11/2014	0,00	0,00	4,61	4,15	-4,15	110	131
27/11/2014	14,48	9,00	2,44	2,20	12,28	114	130
28/11/2014	0,25	0,10	1,63	1,47	-1,22	117	131
29/11/2014	0,00	0,00	4,69	4,22	-4,22	114	131
30/11/2014	0,00	0,00	4,64	4,17	-4,17	111	130
01/12/2014	0,00	0,00	4,34	3,91	-3,91	109	129
02/12/2014	0,00	0,00	3,45	3,11	-3,11	107	128
03/12/2014	0,00	0,00	3,78	3,40	-3,40	105	127
04/12/2014	0,00	0,00	4,52	4,06	-4,06	102	126
05/12/2014	1,52	0,80	2,87	2,58	-1,06	101	124
06/12/2014	0,25	0,10	3,93	3,53	-3,28	100	124
07/12/2014	0,76	0,10	2,54	2,28	-1,52	110	123
08/12/2014	15,24	6,00	2,94	2,64	12,60	112	123
09/12/2014	0,00	0,00	4,44	3,99	-3,99	108	124
10/12/2014	5,59	4,40	1,25	1,12	4,47	110	124
11/12/2014	50,29	48,60	1,31	1,18	49,11	129	146
12/12/2014	0,00	0,00	3,54	3,18	-3,18	120	143
13/12/2014	0,00	0,00	4,29	3,86	-3,86	116	139
14/12/2014	35,05	17,00	3,03	2,72	32,33	123	141
15/12/2014	0,00	0,00	3,70	3,33	-3,33	122	145
16/12/2014	0,25	0,00	2,95	2,66	-2,40	120	141
17/12/2014	0,00	0,00	3,92	3,53	-3,53	118	138
18/12/2014	3,05	1,40	3,07	2,77	0,28	116	136
19/12/2014	0,00	0,00	4,01	3,61	-3,61	116	135
20/12/2014	1,27	0,70	3,14	2,83	-1,56	114	134

21/12/2014	0,00	0,00	3,89	3,50	-3,50	113	132
22/12/2014	0,25	0,00	3,82	3,44	-3,19	112	131
23/12/2014	3,05	2,30	2,11	1,90	1,15	112	130
24/12/2014	2,03	1,80	2,43	2,18	-0,15	113	129
25/12/2014	1,27	0,70	2,83	2,55	-1,28	114	129
26/12/2014	0,76	0,60	3,73	3,35	-2,59	114	129
27/12/2014	0,00	0,60	4,03	3,63	-3,63	113	128
28/12/2014	0,00	0,60	4,28	3,85	-3,85	112	127
29/12/2014	11,94	6,80	3,60	3,24	8,70	111	126
30/12/2014	40,64	24,80	4,32	3,89	36,75	131	143
31/12/2014	0,00	0,00	3,57	3,22	-3,22	123	141
01/01/2015	0,51	0,20	3,28	2,95	-2,44	120	138
02/01/2015	0,00	0,00	3,67	3,31	-3,31	118	136
03/01/2015	0,00	0,00	3,77	3,39	-3,39	116	134
04/01/2015	5,08	2,30	3,50	3,15	1,93	117	132
05/01/2015	14,73	6,60	2,75	2,47	12,26	122	132
06/01/2015	1,27	0,60	2,75	2,48	-1,21	125	135
07/01/2015	0,00	0,30	4,68	4,22	-4,22	122	135
08/01/2015	2,03	1,50	4,05	3,64	-1,61	120	133
09/01/2015	2,29	0,00	1,55	1,40	0,89	120	132
10/01/2015	5,08	0,20	2,52	2,27	2,81	124	132
11/01/2015	21,84	19,60	1,21	1,09	20,75	128	136
12/01/2015	0,25	0,20	3,82	3,44	-3,19	127	144
13/01/2015	1,78	1,30	3,35	3,02	-1,24	123	140
14/01/2015	35,31	5,10	1,07	0,97	34,34	130	144
15/01/2015	0,00	0,00	3,27	2,94	-2,94	128	145
16/01/2015	4,32	3,20	3,34	3,01	1,31	125	141
17/01/2015	45,97	34,50	3,45	3,10	42,87	131	144
18/01/2015	0,25	0,20	3,98	3,58	-3,33	129	147
19/01/2015	25,40	22,60	1,30	1,17	24,23	130	145
20/01/2015	16,00	14,80	2,73	2,45	13,55	133	148
21/01/2015	0,25	0,10	2,69	2,43	-2,17	129	146
22/01/2015	0,00	0,00	3,42	3,08	-3,08	125	142
23/01/2015	8,13	9,70	1,85	1,66	6,46	128	141
24/01/2015	17,27	19,60	0,97	0,88	16,40	132	144
25/01/2015	1,27	1,20	3,86	3,48	-2,21	129	145
26/01/2015	1,27	0,90	3,34	3,01	-1,74	126	142
27/01/2015	0,76	0,60	3,99	3,59	-2,83	124	140
28/01/2015	19,30	17,60	3,94	3,54	15,76	125	138
29/01/2015	23,62	21,30	3,79	3,41	20,21	129	142
30/01/2015	0,00	0,00	4,45	4,01	-4,01	128	142
31/01/2015	29,97	27,40	1,08	0,97	29,00	130	145
01/02/2015	12,45	11,70	1,65	1,49	10,96	131	146

02/02/2015	6,86	6,50	1,81	1,63	5,23	129	144
03/02/2015	0,51	0,30	4,74	4,26	-3,76	128	143
04/02/2015	1,78	1,60	4,07	3,66	-1,88	125	141
05/02/2015	3,81	3,30	3,38	3,04	0,77	110	139
06/02/2015	0,00	0,00	4,34	3,90	-3,90	111	138
07/02/2015	0,00	0,00	5,67	5,11	-5,11	108	137
08/02/2015	0,00	0,00	4,79	4,31	-4,31	106	135
09/02/2015	2,29	1,90	2,54	2,29	0,00	104	134
10/02/2015	0,00	0,20	4,28	3,85	-3,85	103	133
11/02/2015	0,00	0,00	3,50	3,15	-3,15	102	132
12/02/2015	9,91	7,60	3,87	3,49	6,42	104	132
13/02/2015	0,00	0,00	4,88	4,40	-4,40	108	132
14/02/2015	8,13	4,90	3,95	3,55	4,57	109	132
15/02/2015	0,76	0,30	4,47	4,02	-3,26	111	133
16/02/2015	0,00	0,00	4,35	3,91	-3,91	108	132
17/02/2015	0,00	0,00	3,91	3,52	-3,52	106	132
18/02/2015	89,41	72,20	1,42	1,28	88,13	117	142
19/02/2015	0,00	0,00	4,59	4,13	-4,13	115	146
20/02/2015	0,00	0,00	6,12	5,51	-5,51	111	141
21/02/2015	13,21	11,00	2,70	2,43	10,78	111	139
22/02/2015	69,34	50,10	2,85	2,57	66,77	120	144
23/02/2015	2,79	2,40	3,98	3,58	-0,79	118	138
24/02/2015	1,27	0,70	2,30	2,07	-0,80	113	134
25/02/2015	2,79	0,10	4,83	4,35	-1,55	111	131
26/02/2015	0,25	1,50	3,69	3,32	-3,07	111	139
27/02/2015	6,35	4,20	3,76	3,38	2,97	113	138
28/02/2015	0,00	0,00	4,17	3,75	-3,75	111	138
01/03/2015	33,27	27,70	1,97	1,78	31,50	114	147
02/03/2015	0,25	0,10	2,34	2,10	-1,85	116	134
03/03/2015	1,78	0,70	3,25	2,92	-1,14	112	132
04/03/2015	0,00	0,00	2,09	1,88	-1,88	111	130
05/03/2015	0,00	0,00	2,71	2,44	-2,44	109	129
06/03/2015	6,86	4,00	1,31	1,18	5,68	111	138
07/03/2015	1,02	0,30	4,81	4,33	-3,31	114	138
08/03/2015	0,00	0,10	4,19	3,77	-3,77	111	138
09/03/2015	13,97	8,20	3,18	2,86	11,11	110	127
10/03/2015	1,02	0,30	3,75	3,38	-2,36	125	128
11/03/2015	117,35	93,00	2,25	2,03	115,32	122	150
12/03/2015	0,00	0,00	4,53	4,08	-4,08	115	145
13/03/2015	2,79	1,30	4,32	3,89	-1,10	111	132
14/03/2015	27,69	20,10	2,25	2,03	25,66	116	141
15/03/2015	17,53	12,60	2,50	2,25	15,27	120	156
16/03/2015	17,53	11,30	1,89	1,70	15,82	120	138

17/03/2015	6,10	3,40	2,89	2,60	3,49	131	137
18/03/2015	0,25	0,00	3,02	2,72	-2,46	130	144
19/03/2015	0,76	0,40	2,59	2,33	-1,57	126	142
20/03/2015	23,88	14,40	1,18	1,06	22,81	130	132
21/03/2015	0,25	0,00	3,83	3,45	-3,19	129	143
22/03/2015	1,52	0,80	3,22	2,90	-1,37	125	141
23/03/2015	16,26	9,10	2,87	2,58	13,67	124	139
24/03/2015	24,38	20,60	1,40	1,26	23,12	136	148
25/03/2015	0,00	0,00	4,50	4,05	-4,05	129	145
26/03/2015	0,00	0,00	3,85	3,47	-3,47	125	142
27/03/2015	2,29	1,20	4,42	3,98	-1,70	122	139
28/03/2015	12,19	6,50	3,19	2,87	9,32	123	137
29/03/2015	10,16	6,50	2,21	1,99	8,17	127	138
30/03/2015	0,25	0,10	2,95	2,65	-2,40	128	140
31/03/2015	0,51	0,20	3,15	2,83	-2,32	125	129
01/04/2015	2,79	2,00	1,73	1,56	1,23	123	128
02/04/2015	0,00	0,00	3,86	3,48	-3,48	124	127
03/04/2015	0,00	0,00	3,38	3,04	-3,04	122	126
04/04/2015	0,00	0,00	3,56	3,21	-3,21	120	124
05/04/2015	0,00	0,00	4,62	4,16	-4,16	118	123
06/04/2015	0,00	0,00	4,32	3,89	-3,89	115	121
07/04/2015	0,00	0,00	4,34	3,91	-3,91	113	120
08/04/2015	1,02	0,50	4,18	3,76	-2,75	110	130
09/04/2015	0,25	0,10	2,27	2,04	-1,79	108	129
10/04/2015	18,03	13,70	1,64	1,48	16,56	118	129
11/04/2015	0,51	0,40	3,99	3,59	-3,08	122	120
12/04/2015	19,81	5,50	2,60	2,34	17,48	130	124
13/04/2015	2,79	0,30	1,55	1,40	1,40	130	130
14/04/2015	16,26	7,10	4,29	3,86	12,40	128	130
15/04/2015	1,52	0,30	3,45	3,11	-1,58	129	132
16/04/2015	0,00	0,00	2,91	2,62	-2,62	125	130
17/04/2015	7,37	1,90	1,85	1,67	5,70	125	129
18/04/2015	0,51	0,10	2,69	2,42	-1,91	126	129
19/04/2015	5,59	1,70	3,30	2,97	2,61	124	128
20/04/2015	8,64	5,10	3,14	2,83	5,81	127	127
21/04/2015	26,67	10,70	2,80	2,52	24,15	131	130
22/04/2015	0,00	0,00	4,18	3,76	-3,76	129	133
23/04/2015	3,81	2,50	3,45	3,10	0,71	125	131
24/04/2015	9,14	4,30	3,11	2,80	6,34	126	129
25/04/2015	15,24	6,80	1,53	1,38	13,86	130	131
26/04/2015	12,95	6,50	2,25	2,02	10,93	130	133
27/04/2015	11,18	5,00	3,50	3,15	8,03	131	134
28/04/2015	2,29	0,70	2,87	2,59	-0,30	129	143

29/04/2015	4,06	1,30	2,51	2,26	1,81	128	142
30/04/2015	33,02	9,90	4,14	3,72	29,30	130	142
01/05/2015	40,89	23,50	1,38	1,25	39,65	136	147
02/05/2015	29,46	15,30	3,22	2,90	26,57	135	138
03/05/2015	0,25	0,10	2,77	2,49	-2,24	132	137
04/05/2015	0,25	0,10	3,98	3,58	-3,32	127	133
05/05/2015	0,00	0,00	2,77	2,50	-2,50	124	130
06/05/2015	81,03	41,20	1,13	1,02	80,01	132	136
07/05/2015	9,65	5,50	2,14	1,93	7,73	133	138
08/05/2015	1,02	0,50	3,50	3,15	-2,13	129	135
09/05/2015	6,10	1,40	6,86	6,18	-0,08	127	132
10/05/2015	20,07	12,50	4,80	4,32	15,75	131	132
11/05/2015	4,83	2,40	5,84	5,26	-0,43	131	134
12/05/2015	0,00	0,10	4,48	4,03	-4,03	128	133
13/05/2015	0,00	0,00	4,74	4,26	-4,26	125	131
14/05/2015	0,00	0,00	3,63	3,27	-3,27	122	129
15/05/2015	0,00	0,00	3,86	3,47	-3,47	119	127
16/05/2015	15,24	8,50	3,08	2,77	12,47	119	125
17/05/2015	7,62	4,10	2,54	2,28	5,34	127	127
18/05/2015	2,03	1,10	3,53	3,17	-1,14	128	128
19/05/2015	4,06	3,10	2,05	1,85	2,22	127	128
20/05/2015	11,94	8,20	2,45	2,21	9,73	132	130
21/05/2015	7,37	4,50	2,92	2,63	4,74	129	131
22/05/2015	0,25	0,30	3,30	2,97	-2,71	128	131
23/05/2015	17,53	16,80	3,39	3,05	14,47	127	130
24/05/2015	0,76	0,40	3,64	3,27	-2,51	128	141
25/05/2015	0,51	0,00	3,76	3,39	-2,88	137	129
26/05/2015	0,76	0,00	2,45	2,21	-1,44	135	127
27/05/2015	5,59	4,00	3,09	2,78	2,81	135	126
28/05/2015	0,00	0,00	3,66	3,30	-3,30	135	125
29/05/2015	0,00	0,00	2,96	2,67	-2,67	133	125
30/05/2015	24,89	17,00	4,65	4,19	20,71	134	124
31/05/2015	1,78	1,00	3,74	3,37	-1,59	141	131
01/06/2015	0,51	0,00	2,83	2,55	-2,04	138	129
02/06/2015	18,03	14,50	2,65	2,38	15,65	139	128
03/06/2015	0,00	0,00	3,32	2,99	-2,99	141	131
04/06/2015	0,00	0,00	3,50	3,15	-3,15	138	129
05/06/2015	8,89	5,40	3,55	3,20	5,69	135	127
06/06/2015	0,00	0,00	3,62	3,25	-3,25	135	126
07/06/2015	3,05	2,10	3,30	2,97	0,08	134	125
08/06/2015	0,25	0,00	3,35	3,01	-2,76	132	124
09/06/2015	1,52	1,00	2,22	2,00	-0,48	131	123
10/06/2015	0,00	0,00	3,14	2,83	-2,83	130	122

11/06/2015	7,62	4,40	2,53	2,28	5,34	129	122
12/06/2015	0,25	0,00	3,51	3,15	-2,90	130	121
13/06/2015	0,25	0,00	3,74	3,36	-3,11	130	121
14/06/2015	0,00	0,00	3,49	3,14	-3,14	128	121
15/06/2015	0,00	0,00	3,48	3,13	-3,13	127	120
16/06/2015	0,00	0,00	3,71	3,34	-3,34	124	119
17/06/2015	5,33	4,90	3,51	3,16	2,17	122	119
18/06/2015	27,18	23,20	1,87	1,68	25,50	127	119
19/06/2015	0,00	0,00	3,60	3,24	-3,24	136	122
20/06/2015	0,00	0,00	2,93	2,64	-2,64	134	123
21/06/2015	18,03	12,50	1,58	1,42	16,61	139	126
22/06/2015	28,70	29,70	2,74	2,47	26,24	144	133
23/06/2015	40,13	42,50	2,06	1,85	38,28	148	139
24/06/2015	0,00	0,00	3,34	3,00	-3,00	142	136
25/06/2015	0,76	0,00	3,31	2,98	-2,22	138	132
26/06/2015	16,26	12,60	3,00	2,70	13,56	139	130
27/06/2015	1,27	1,00	2,16	1,94	-0,67	139	131
28/06/2015	1,78	1,30	2,31	2,08	-0,30	136	129
29/06/2015	6,60	3,40	3,00	2,70	3,90	136	128
30/06/2015	6,35	6,69	3,15	2,84	3,51	137	127