

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DA PUPUNHEIRA EM SOLOS IRRIGADOS NO VALE DO SÃO FRANCISCO

L. H. BASSOI¹, J. E. FLORI¹, C. M. DE ALENCAR², J. A. M. E SILVA³,
C. M. C. RAMOS⁴

RESUMO: A distribuição espacial do sistema radicular da pupunheira irrigada por sulcos foi avaliada no Vale do São Francisco, na região semi-árida do Nordeste brasileiro, em um solo de textura arenosa em Petrolina, PE, e outro de textura argilosa em Juazeiro, BA. A avaliação foi realizada empregando-se os métodos do monolito e do perfil do solo auxiliado pela análise de imagens digitais. A cultura apresentou um sistema radicular com distribuição superficial, não ultrapassando 0,6-0,8 m de profundidade e concentrando-se a 0,0-0,4 m. Na entrelinha da cultura foi observado um entrelaçamento de raízes de plantas de fileiras vizinhas. Tais características da distribuição do sistema radicular indicam que o manejo de água deve ser feito baseado no umedecimento de uma camada de solo de 0,4 m de profundidade, o que contribuirá para uma maior eficiência de aplicação e de armazenamento de água.

PALAVRAS-CHAVE: *Bactris gasipae* Kunth, monolito, análise de imagem digital.

SPATIAL ROOT DISTRIBUTION OF PEACH PALM IN IRRIGATED SOILS, SÃO FRANCISCO VALLEY, NORTHEASTERN BRAZIL

SUMMARY: Spatial root distribution of irrigated peach palm was evaluated in a sandy texture and in a clay texture soils of São Francisco Valley, a semi-arid region in the Northeastern Brazil, by both the monolith method and the digital image analysis of the soil profile. Plants showed a shallow root system, with the maximum depth reaching 0.6-0.8 m and a greater presence in the 0.0-0.4 m soil layer. In the row spacing, a root crossover was observed between plants from neighbor rows. These characteristics suggested that irrigation scheduling should be based on wetting 0.4 m depth soil layer, what will contribute to maximize water application and storage efficiencies.

KEYWORDS: *Bactris gasipae* Kunth, monolith method, digital image analysis.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o interesse comercial pelo plantio da pupunheira (*Bactris gasipae* Kunth) começou por volta de 1980, época em que ocorreu a primeira crise na exploração extrativa do palmito no país, devido à exploração predatória do palmito de juçara (*Euterpe edulis* Mart) na região Centro-Sul. Nos últimos anos, esse interesse se

¹ Pesquisador, Embrapa Semi-Árido, Caixa Postal 23, 56300.000, Petrolina, PE.

² Pós-graduanda, ESALQ/USP, Depto. de Engenharia Rural, Caixa Postal 9, 13418.900, Piracicaba, SP.

³ Bolsita de Aperfeiçoamento do CNPq, Embrapa Semi-Árido.

⁴ Pós-graduando, Universidade Federal de Viçosa, Depto. de Engenharia Agrícola, 36751.000, Viçosa, MG
Recebido pelo Conselho Editorial em: 2/9/99

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 4/10/2000

consolidou com a crise na exploração extrativa do palmito de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) na região do Baixo Amazonas. A pupunheira se apresenta, hoje, como a melhor alternativa para a produção racional de palmito, tendo em vista as suas qualidades agronômicas, industriais e comerciais, tais como: bom perfilhamento, precocidade de colheita, boa produtividade, rusticidade, ausência de espinhos em plantas selecionadas e a ausência de escurecimento do palmito após o descascamento (comum no palmito de juçara e de açaí). Essa característica elimina a necessidade de manter os palmitos em solução anti-oxidante até o processamento. No Nordeste brasileiro, especificamente em Petrolina, PE e Juazeiro, BA, a pupunheira foi introduzida em 1991 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Embrapa Semi-Árido), com bons resultados de adaptação e produção, superando algumas outras regiões quanto à precocidade e produtividade de colheita nos perfilhos (FLORI & D'OLIVEIRA, 1995).

Entretanto, como a pupunheira é originária dos trópicos úmidos, a irrigação é um fator importante no seu cultivo na região semi-árida, caracterizada pela baixa precipitação pluvial concentrada em parte do ano. O conhecimento das relações água-solo-planta-atmosfera é essencial para um adequado manejo da irrigação e do solo. Dentre essas relações, o desenvolvimento, a distribuição e a atividade radicular são componentes significativos desse sistema dinâmico, no qual a profundidade efetiva das raízes determina a camada de solo a ser umedecida pela aplicação de água e a profundidade de monitoramento da água no solo. A distribuição horizontal das raízes também pode orientar o local de aplicação de fertilizantes e corretivos.

Em relação ao sistema radicular da pupunheira em mata natural, VANDERMEER (1977) observou um rápido declínio na massa seca de raízes à medida que se afastou do tronco e esse declínio foi maior para árvores maiores. A maior parte das raízes superficiais (75%) foi encontrada fora do perímetro delimitado pela projeção da copa (3 m de diâmetro), enquanto cerca de 50% de todas as raízes estavam a mais de 1,5 m de distância do tronco. Na direção vertical, uma acentuada redução na densidade de raiz ocorreu próximo ao tronco até 0,2 m de profundidade, em que se encontravam quase 50% do total, mas as raízes alcançaram 1,8 m de profundidade. A 0,6 e 1,2 m de distância do caule a profundidade alcançada pelas raízes foi menor 1,4 e 0,6 m, respectivamente.

Em plantas ornamentais, 51% do total de raízes de pupunheira foram encontradas na camada de solo de 0 a 0,4 m de profundidade e distante 0,5 m do caule (FERREIRA et al., 1980), enquanto em consórcio com cacaueiros, foi observado um "tapete" de raízes superficiais que se aprofundou até 0,15 m da superfície do solo, com um raio de aproximadamente 6 m. As raízes apresentaram-se com diâmetro de 5 mm, 2 mm e 1 mm (SILVA & DIAS, 1987). Em pupunheiras com dois anos de idade, cultivadas em um espaçamento de 2 x 1 m e sem nenhuma colheita de palmito, o sistema radicular apresentou-se fasciculado, com raízes crescendo horizontalmente até 1,5-2,0 m de distância do caule e algumas raízes primárias atingiram a profundidade de 1,5-2,0 m (BOVI et al., 1999).

Pelo fato da ausência de informações sobre a distribuição radicular da pupunheira em condições de cultivo irrigado, avaliou-se essa característica em dois solos no Vale do São Francisco, na região semi-árida do Nordeste brasileiro, para subsídio ao manejo de água e do solo nesse cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos sobre a caracterização da distribuição radicular da pupunheira foram realizados em abril de 1997 e em outubro de 1998, respectivamente no Campo Experimental de Bebedouro, em Petrolina, PE, e no Campo Experimental de Mandacaru, em Juazeiro, BA, ambos pertencentes à Embrapa Semi-Árido.

Em Bebedouro, a pupunheira foi plantada em 20 de março de 1995, com espaçamento de 2,0 x 1,0 m, em um Latossolo Vermelho Amarelo (PEREIRA & SOUZA, 1968). A irrigação baseou-se na aplicação de água semanal em sulcos com 60 m de comprimento, vazão de $1,5 \text{ L s}^{-1}$ e tempo total de irrigação de 1 hora. Para a exposição das raízes, foi aberta uma trincheira paralelamente à linha de plantas, a 1 m de distância do caule, com 4 m de comprimento e 0,6 m de profundidade e abrangendo o sistema radicular de quatro plantas. Constatou-se na ocasião a presença de lençol freático a 0,8 m de profundidade. Em toda a área da parede da trincheira (4 m de comprimento) utilizou-se o método do perfil de solo, auxiliado pela análise de imagens digitais (CRESTANA et al., 1994), enquanto na porção central da parede analisou-se, também, o sistema radicular pelo método do monólito (BOHM, 1979). No preparo do perfil do solo foi realizada uma escarificação e retirada uma camada de espessura de 1,0-2,0 cm, para melhor visualização do sistema radicular. As raízes foram pintadas com tinta látex branca para realçar o contraste com o solo. Com o auxílio de um reticulado de madeira de 1,0 x 0,6 m, subdividido com uma malha de barbante branco de 0,2 x 0,2 m colocado contra o perfil, cada área quadrada foi filmada com uma câmara de vídeo. Em seguida, na área central do perfil (2,0 m x 0,6 m) e abrangendo apenas duas plantas, foram coletados monólitos de 0,2 x 0,2 x 0,2 m, correspondentes a cada área filmada. Em decorrência da retirada dos monólitos e da retirada de uma camada de solo de 0,2 m de espessura, na porção da trincheira onde não foi realizada a amostragem de solo, obteve-se um novo perfil a 0,8 m da planta. Novamente toda a operação se repetiu até que se chegasse na linha de plantas para a análise da distribuição do sistema radicular da pupunheira em cinco perfis de solo (1,0; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2 e 0 m de distância do caule). As Figuras 1 e 2 mostram um esquema representativo da coleta de amostras no campo.

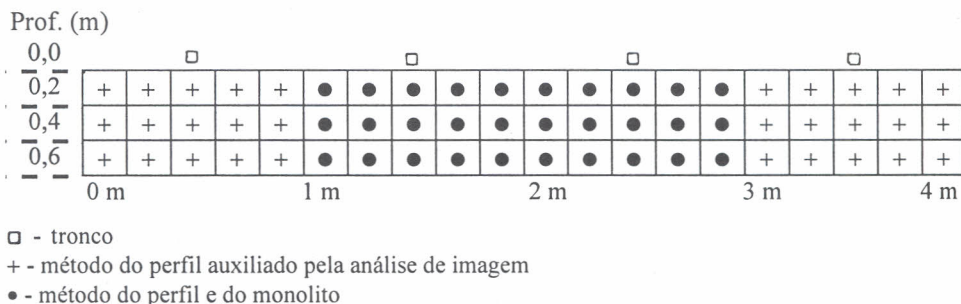


FIGURA 1. Esquema representativo (vista de frente) da trincheira para exposição das raízes de quatro plantas de pupunheira, no Campo Experimental de Bebedouro, PE.

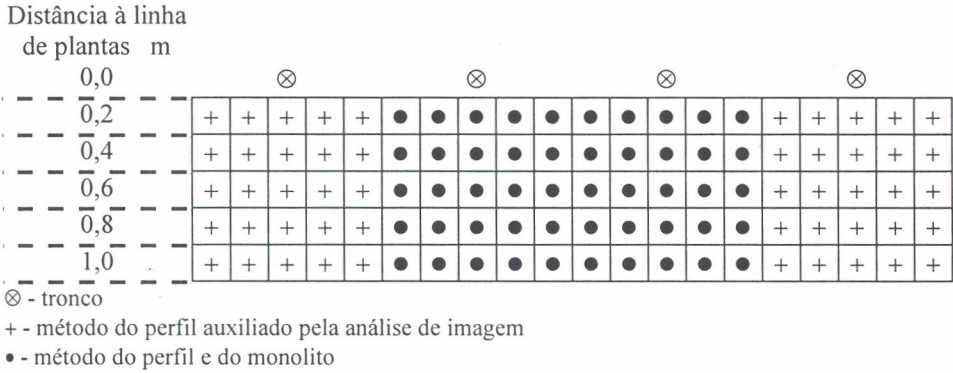


FIGURA 2. Esquema representativo (vista de cima) da trincheira para exposição das raízes de quatro plantas de pupunheira, no Campo Experimental de Bebedouro, PE.

As imagens de vídeo obtidas no campo foram digitalizadas por meio de uma placa digitalizadora com resolução de 640 x 480 pixels e armazenadas em arquivos do tipo BMP. No campo, cada área quadrada de 0,2 x 0,2 m do reticulado correspondeu a uma imagem (arquivo).

As raízes coletadas em Bebedouro foram separadas do solo (monolito) por meio de peneiramento (malha de 4 mm) e levadas ao laboratório, no qual foram lavadas e classificadas em quatro intervalos de diâmetro (d): $d \leq 2$ mm; $2 < d \leq 5$ mm; $5 < d \leq 10$ mm e $d > 10$ mm. Raízes que eventualmente não tenham sido retidas pela malha da peneira foram também recolhidas mediante observação visual. Em seguida, as raízes foram secas em estufa a 65 °C até peso constante para a determinação da massa seca por meio de uma balança de precisão, com duas casas decimais. Integrando-se os resultados de cada monolito obteve-se a distribuição da massa seca no perfil de solo para cada intervalo estabelecido e para todo o sistema radicular. Para a estimativa do comprimento radicular em cada intervalo considerado, as raízes foram colocadas contra um fundo plano de área conhecida (0,2 x 0,2 m) e cor contrastante, e divididas em tantas partes quanto necessárias para a aquisição de fotografias com máquina digital (resolução de 480 x 240 pixels). Essas imagens também foram armazenadas como arquivo BMP. Os valores encontrados para cada monolito foram totalizados e divididos pelo volume de solo (0,008 m³) para a determinação da densidade de comprimento de raiz.

Em Mandacaru, utilizando-se a análise de imagens digitais de raízes presentes no perfil de solo, foi realizada a caracterização da distribuição radicular da pupunheira plantada em 30 de junho de 1995, no espaçamento de 2 x 1 m em um Vertissolo. A aplicação de água foi efetuada semanalmente, em sulcos de 36 m de comprimento, vazão de 1,5 L s⁻¹ e tempo de irrigação de 1 hora. Foi aberta uma trincheira paralelamente à linha de plantas com 2 m de comprimento e 0,8 m de profundidade para a visualização do sistema radicular de duas plantas. Os procedimentos do preparo do perfil de solo e coleta de imagem foram os mesmos descritos anteriormente no experimento de Bebedouro. A distribuição radicular foi analisada em quatro perfis de solo (1,0; 0,8; 0,6; 0,4 e 0,2 m de distância da linha de plantas).

Em ambos os campos experimentais, amostras de solo compostas e deformadas foram coletadas para a caracterização física e química, conforme metodologia descrita por EMBRAPA (1997).

A análise das imagens foi feita pelo Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo (SIARCS 3.0). Nas imagens obtidas no campo, foram medidos a área (cm^2) e o comprimento (cm) das raízes. O diâmetro radicular (mm) foi estimado pela relação entre ambos e confrontado com a classificação das raízes em intervalos de diâmetro no laboratório.

No Campo Experimental de Bebedouro foram instalados tensiômetros para a análise da dinâmica da água no solo. Em ambos os lados da trincheira e na entrelinha de plantas foi instalada uma bateria de tensiômetros a 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 m de profundidade para a determinação do potencial matricial da água no solo. As plantas monitoradas foram as mais próximas à trincheira e sem danos ao sistema radicular.

A soma do potencial matricial e do gravitacional originou o potencial hidráulico da água no solo e seu gradiente foi calculado pela subtração entre o valores dos limites superior e inferior de uma determinada camada de solo, dividido pela distância entre eles. Baseado na equação de Darcy-Buckingham, valores positivos e negativos do gradiente do potencial hidráulico indicaram a presença de densidade de fluxo de água descendente e ascendente, respectivamente (REICHARDT, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelas Tabelas 1 e 2 observa-se que o Latossolo Vermelho Amarelo apresentou alto teor de areia e baixos valores para a capacidade de retenção de água, condutividade elétrica (C.E.) e para os teores de matéria orgânica (m.o.), P, K, Ca e Mg. Os valores da soma de bases (S) e capacidade de troca catiônica (C.T.C.) também foram baixos, enquanto a saturação de bases (V) apresentou valores baixos e médios. Em Bebedouro, a produção de palmito foi 551, 1026, e 857 kg ha^{-1} , respectivamente, em 1997, 1998 e 1999. As Tabelas 3 e 4 mostram que o Vertissolo apresentou alto teor de argila e alta capacidade de retenção de água, condutividade elétrica (C.E.) baixa, altos teores de P, K, Ca e Mg, e altos valores de soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (C.T.C.) e saturação de bases (V). A produção de palmito em Mandacaru foi de 1.080, 652 e 914 kg ha^{-1} , respectivamente, em 1997, 1998 e 1999.

TABELA 1. Atributos físicos do Latossolo Vermelho Amarelo, cultivado com pupunheira no Campo Experimental de Bebedouro, em Petrolina, PE.

Prof. (m)	Areia (g kg^{-1})	Silte (g kg^{-1})	Argila (g kg^{-1})	Densidade das Partículas (kg dm^{-3})	Densidade Global (kg dm^{-3})	Umidade a 0,03 MPa (kg kg^{-1})	Umidade a 1,5 MPa (kg kg^{-1})
0,0 - 0,2	910	60	30	2,54	1,55	0,048	0,021
0,2 - 0,4	820	70	110	2,51	1,42	0,075	0,032
0,4 - 0,6	800	70	130	2,51	1,54	0,106	0,043
0,6 - 0,8	760	100	140	2,53	1,58	0,117	0,043
0,8 - 1,0	790	70	140	2,51	1,53	0,122	0,048

TABELA 2. Atributos químicos do Latossolo Vermelho Amarelo, cultivado com pupunheira no Campo Experimental de Bebedouro, em Petrolina, PE.

Prof. (m)	pH H ₂ O	C.E. (dS m ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	C.T.C	Al ³⁺	V	m.o.	P
			-----				cmol _c kg ⁻¹ -----						
											(%)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
0,0-0,2	6,2	0,08	1,0	0,4	0,02	0,07	1,49	0,83	2,32	0,03	64	4,6	10,02
0,2-0,4	5,3	0,05	0,8	0,1	0,04	0,15	1,09	1,82	2,91	0,35	37	3,4	4,01
0,4-0,6	5,1	0,06	1,0	0,1	0,04	0,17	1,31	2,15	3,46	0,55	38	4,2	1,67
0,6-0,8	5,0	0,11	1,0	0,4	0,02	0,20	1,62	1,65	3,27	0,35	50	3,9	1,00
0,8-1,0	5,3	0,25	1,4	0,4	0,03	0,18	2,01	1,32	3,33	0,10	60	3,9	1,00

C.E. - condutividade elétrica do extrato de solo saturado a 25° C

TABELA 3. Atributos físicos do Vertissolo cultivado com pupunheira no Campo Experimental de Mandacaru, em Juazeiro, BA.

Prof. (m)	Areia (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Densidade das Partículas (kg dm ⁻³)	Densidade Global (kg dm ⁻³)	Umidade a 0,03 MPa (kg kg ⁻¹)	Umidade a 1,5 MPa (kg kg ⁻¹)
0,0 - 0,2	340	200	460	2,43	1,21	0,362	0,217
0,2 - 0,4	340	180	480	2,48	1,22	0,370	0,228
0,4 - 0,6	320	260	420	2,63	1,23	0,329	0,235
0,6 - 0,8	350	160	490	2,29	1,20	0,371	0,230

TABELA 4. Atributos químicos do Vertissolo cultivado com pupunheira no Campo Experimental de Mandacaru, em Juazeiro, BA.

Prof. (m)	pH H ₂ O	C.E. (dS m ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	C.T.C	Al ³⁺	V	m.o.	P
			-----				cmol _c kg ⁻¹ -----						
											(%)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
0,0-0,2	7,8	0,69	36,0	3,1	0,20	0,32	39,62	0	39,62	0	100	17,4	59
0,2-0,4	7,9	0,69	36,9	3,3	0,24	0,18	40,62	0	40,62	0	100	10,8	56
0,4-0,6	7,8	0,78	33,6	10,3	0,30	0,14	44,34	0	44,34	0	100	8,0	35
0,6-0,8	7,8	0,78	39,2	3,8	0,24	0,12	43,36	0	43,36	0	100	-	-

C.E. - condutividade elétrica do extrato de solo saturado a 25° C

No Latossolo, a massa seca total de raízes presente na metade do sistema radicular de duas plantas foi 2,63 kg, em um volume de solo de 1,2 m³. As raízes com d ≤ 2 mm, 2 < d ≤ 5 mm e 5 < d ≤ 10 mm corresponderam a 38,0; 49,8 e 12,2% da massa seca total, respectivamente. As raízes de todos os diâmetros apresentaram maior concentração a 0,0-0,2 m de profundidade, havendo uma redução drástica na distribuição para as demais camadas, principalmente entre 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m. As raízes alcançaram a profundidade de 0,6 m, exceto aquelas com 5 < d ≤ 10 mm (Figura 3). Os intervalos de diâmetro de raízes apresentam similaridade com os encontrados por BOVI et al. (1999), que descreveram uma variação de 3,3 a 5,9 mm, 1,2 a 2,9 mm, 0,4 a 1,1 mm e 0,16 a 0,32 mm para as raízes primárias, secundárias, terciárias e quartenárias, respectivamente. Em relação à distância horizontal, a presença de raízes ocorreu de certo modo homogêneo até a metade do espaçamento entre linhas de plantas (1 m), formando um “tapete” de raízes, conforme relatado por SILVA & DIAS (1987), embora à distância de 0,0-0,2 m os valores tenham sido maiores, com exceção feita para d ≤ 2 mm. A 0,8-1,0 m de distância do caule, os valores aumentaram em relação às distâncias de 0,2-0,8 m, exceto para raízes com 5 < d ≤ 10 mm, o que indica um entrelaçamento das raízes de plantas de uma linha com outra (Figura 4).

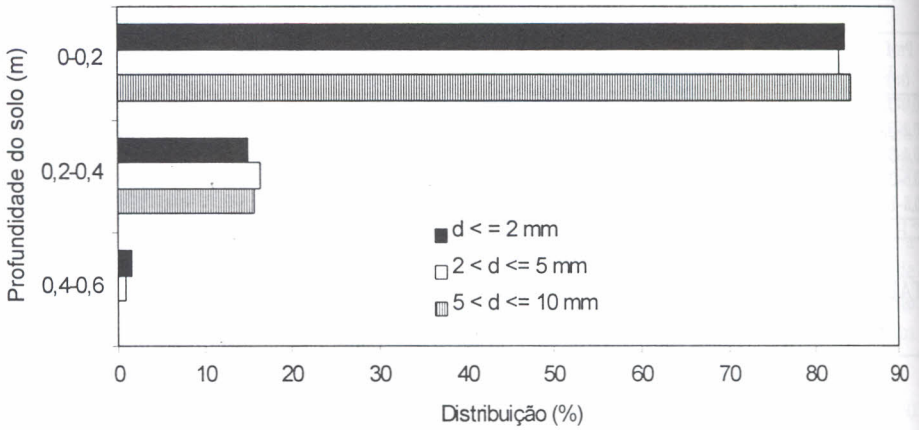


FIGURA 3. Distribuição da massa seca radicular de pupunheira de diferentes intervalos de diâmetro (d), em função da profundidade do solo, em um Latossolo Vermelho Amarelo.

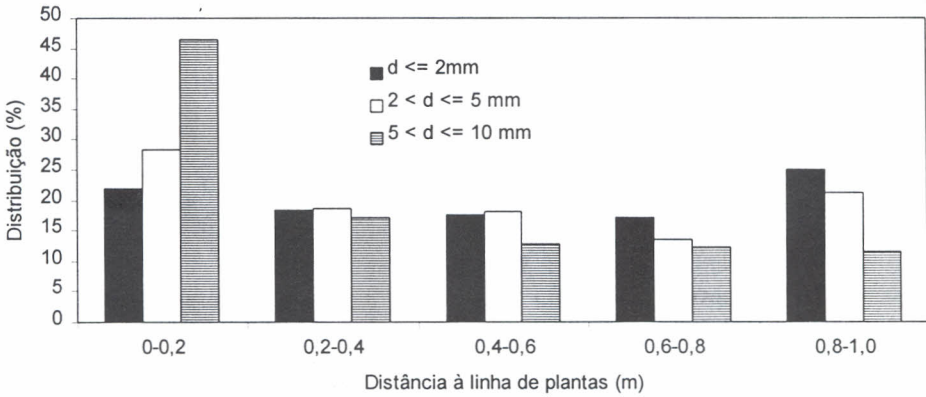


FIGURA 4. Distribuição da massa seca radicular de pupunheira de diferentes intervalos de diâmetro (d), em função da distância à linha de plantas, em um Latossolo Vermelho Amarelo.

Os resultados obtidos pela análise de imagens digitais de raízes presentes nos perfis de solo mostraram que tanto no Latossolo (Tabela 5), como no Vertissolo (Tabela 6), cerca de 90% do sistema radicular se concentrou até 0,4 m de profundidade, mas uma

acentuada redução ocorreu entre 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m, com exceção ao perfil junto ao tronco (0,0 m) no Latossolo, por estar próximo ao local de emergência das raízes. No Vertissolo, apesar da ausência de lençol freático, a presença de raízes foi muito pequena abaixo de 0,6 m. Em ambos os solos, a presença de raízes até a metade do espaçamento entre as linhas de plantas indica a formação de um “tapete” de raízes. Nota-se que no Latossolo os valores de área e comprimento aumentaram a 1,0 m do caule, em concordância com o apresentado na Figura 4 pelo método do monolito. Esse comportamento não foi observado no Vertissolo, o que mostra que no Latossolo o entrelaçamento entre as raízes de plantas vizinhas foi maior. Ambas as medidas avaliadas (área e comprimento de raízes presentes no perfil de solo) apresentaram o mesmo comportamento em relação à distribuição radicular. Segundo ATKINSON (1989), a heterogeneidade da presença de raízes observada na direção vertical (profundidade) e na horizontal (perfil de solo) é uma das maiores fontes de variação na distribuição de raízes.

A medida da massa seca de raízes é relativamente fácil de ser obtida, mas fornece pouca informação, enquanto a área da superfície radicular é de difícil interpretação. Apesar de as raízes finas estarem mais envolvidas no processo de absorção, raízes suberizadas também contribuem, em menor intensidade, no processo de absorção de água. Devido a essa incerteza do diâmetro apropriado a ser usado para quantificar o sistema radicular, o comprimento de raiz por volume de solo, ou densidade de comprimento de raiz, tem sido utilizado para caracterizar a presença de raízes no solo (KLEPPER, 1992).

TABELA 5. Área e comprimento de raízes de pupunheira (valores médios em todo o comprimento da trincheira) e sua distribuição porcentual em função da profundidade e do perfil de solo, em um Latossolo Vermelho Amarelo no Campo Experimental de Bebedouro, obtidos pelo método do perfil de solo auxiliado pela análise de imagens digitais.

Prof. (m)	Perfil do Solo - Distância à Linha de Plantas (m)					
	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
	Área (cm ²) (Distribuição, %)					
0,0-0,2	38,8 ± 15,7 (55,8)	56,9 ± 17,5 (82,9)	51,5 ± 13,0 (87,0)	49,8 ± 16,1 (85,5)	41,7 ± 11,2 (84,1)	72,5 ± 12,8 (74,1)
0,2-0,4	28,8 ± 15,0 (41,5)	11,5 ± 6,1 (16,8)	7,7 ± 6,3 (13,0)	8,3 ± 5,4 (14,2)	7,7 ± 4,0 (15,6)	22,5 ± 11,3 (23,0)
0,4-0,6	1,9 ± 4,2 (2,7)	0,2 ± 0,4 (0,3)	sem raízes	0,2 ± 0,5 (0,3)	0,2 ± 0,4 (0,3)	2,8 ± 3,8 (2,9)
Prof. (m)	Comprimento (cm) (Distribuição, %)					
0,0-0,2	151,3 ± 46,7 (55,2)	263,4 ± 84,2 (84,2)	250,2 ± 75,3 (88,7)	225,7 ± 64,0 (88,1)	203,5 ± 50,0 (84,3)	329,4 ± 42,7 (75,5)
0,2-0,4	115,1 ± 56,2 (42,1)	48,5 ± 27,6 (15,5)	31,8 ± 29,8 (11,3)	30,1 ± 18,8 (11,7)	37,4 ± 20,9 (15,5)	98,1 ± 49,3 (22,5)
0,4-0,6	7,4 ± 16,2 (2,7)	0,8 ± 1,9 (0,3)	sem raízes	0,5 ± 1,2 (0,2)	0,5 ± 1,4 (0,2)	8,6 ± 12,3 (2,0)

TABELA 6. Área e comprimento de raízes de pupunheira (valores médios em todo o comprimento da trincheira) e sua distribuição porcentual em função da profundidade, em um Vertissolo no Campo Experimental de Mandacaru, obtidos pelo método do perfil de solo auxiliado pela análise de imagens digitais.

Prof. (m)	Perfil do Solo - Distância à Linha de Plantas (m)				
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
	Área (cm ²)				
	(Distribuição, %)				
0,0-0,2	44,6 ± 12,4 (62,6)	22,9 ± 6,4 (72,9)	15,6 ± 6,3 (66,5)	15,7 ± 6,2 (72,5)	9,2 ± 6,3 (88,2)
0,2-0,4	16,8 ± 4,9 (23,5)	5,9 ± 3,5 (18,8)	5,8 ± 2,6 (24,8)	4,3 ± 2,7 (19,6)	0,9 ± 1,8 (8,7)
0,4-0,6	7,8 ± 5,3 (10,9)	2,2 ± 1,5 (7,1)	2,1 ± 2,5 (8,7)	1,4 ± 3,0 (6,4)	0,3 ± 0,5 (3,1)
0,6-0,8	2,1 ± 2,4 (3,0)	0,4 ± 0,7 (1,2)	sem raízes	0,3 ± 1,0 (1,5)	sem raízes
Prof. (m)	Comprimento (cm)				
	(Distribuição, %)				
0,0-0,2	192,4 ± 60,5 (62,1)	122,2 ± 27,2 (71,7)	78,4 ± 49,8 (65,4)	79,3 ± 39,7 (77,2)	49,4 ± 28,8 (85,0)
0,2-0,4	75,4 ± 21,4 (24,3)	33,7 ± 19,7 (19,8)	29,8 ± 14,1 (24,8)	15,1 ± 8,0 (14,7)	5,9 ± 10,0 (10,1)
0,4-0,6	32,5 ± 20,6 (10,5)	11,7 ± 7,3 (6,9)	11,7 ± 15,0 (9,8)	6,5 ± 13,3 (6,4)	2,8 ± 4,7 (4,9)
0,6-0,8	9,6 ± 10,5 (3,1)	2,9 ± 5,6 (1,7)	sem raízes	1,9 ± 5,9 (1,8)	sem raízes

Os valores de densidade de comprimento de raízes (Tabela 7) referem-se aos valores médios para a parte central (2,0 m) do comprimento total da trincheira no Latossolo, onde foram coletados os monolitos. A distribuição porcentual radicular para cada profundidade considerada apresentou similaridade com a obtida pela análise de imagens no perfil de solo (Tabela 5).

TABELA 7. Densidade de comprimento de raízes de pupunheira e sua distribuição porcentual, em função da profundidade e da distância à linha de plantas, em um Latossolo Vermelho Amarelo, no Campo Experimental de Bebedouro.

Prof. (m)	Distância à Linha de Plantas (m)				
	0,0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0
	Densidade de Comprimento (cm cm ⁻³)				
	(Distribuição, %)				
0,0-0,2	0,70 ± 0,16 (78,0)	0,72 ± 0,24 (89,7)	0,69 ± 0,11 (91,3)	0,44 ± 0,18 (83,4)	0,56 ± 0,10 (80,7)
0,2-0,4	0,19 ± 0,09 (21,0)	0,08 ± 0,04 (10,1)	0,06 ± 0,04 (8,5)	0,08 ± 0,04 (14,7)	0,11 ± 0,03 (15,2)
0,4-0,6	0,01 ± 0,01 (1,0)	0,0015 ± 0,0037 (0,2)	0,0020 ± 0,0026 (0,3)	0,01 ± 0,01 (1,9)	0,03 ± 0,04 (4,1)

O diâmetro médio das raízes de pupunheira no Latossolo (Tabela 8), para cada camada em cada perfil de solo, não apresentou grande variação, ao contrário do ocorrido no Vertissolo, no qual se observou uma redução do diâmetro médio com a profundidade do solo. Tal comportamento pode ser consequência de uma provável maior resistência ao crescimento axial da raiz no solo de textura argilosa. Os valores de diâmetro observados no Latossolo encontram-se, em sua maioria, dentro do intervalo $0,0 \leq 5,0$ mm, os quais estiveram presentes 87,8% da massa seca radicular da pupunheira, o que mostra boa correspondência entre os métodos empregados.

TABELA 8. Diâmetro médio das raízes (mm) de pupunheira em um Latossolo Vermelho Amarelo no Campo Experimental de Bebedouro e em um Vertissolo no Campo Experimental de Mandacaru, em função da profundidade do solo e da distância até a linha de plantas.

Prof. (m)	Distância à Linha de Plantas (m)					
	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Latossolo						
0,0-0,2	$2,5 \pm 0,5$	$2,2 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,2$
0,2-0,4	$2,5 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,6$	$2,7 \pm 1,0$	$2,8 \pm 0,7$	$2,2 \pm 0,5$	$2,3 \pm 0,5$
0,4-0,6	$2,8 \pm 0,9$	$2,0 \pm 0,3$	sem raízes	$4,3 \pm 2,5$	$2,9 \pm 0,3$	$3,7 \pm 1,6$
Vertissolo						
0,0-0,2	-	$5,0 \pm 1,4$	$2,0 \pm 0,6$	$1,8 \pm 0,7$	$2,2 \pm 0,9$	$1,2 \pm 0,8$
0,2-0,4	-	$1,9 \pm 0,6$	$0,5 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,4$	$0,2 \pm 0,3$
0,4-0,6	-	$1,0 \pm 0,5$	$0,2 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,3$	$0,3 \pm 0,5$	$0,1 \pm 0,1$
0,6-0,8	-	$0,4 \pm 0,2$	$0,1 \pm 0,1$	sem raízes	$0,5 \pm 0$	sem raízes

- não analisado

A análise da dinâmica da água no Latossolo mostrou que a presença do lençol freático a 0,8 m de profundidade fez com que o potencial matricial a 0,2; 0,4 e 0,6 m permanecesse elevado praticamente durante todo o período de medição, embora o de 0,2 m apresentasse uma amplitude relativamente maior, devida à maior contribuição da camada superficial ao processo de evapotranspiração. O potencial matricial a 0,8 e 1,0 m ocorreu em poucas oportunidades, pois nessas profundidades o solo permaneceu saturado e nessa condição o componente matricial do potencial total da água no solo não atua (Figuras 5 e 6). A presença de fluxos ascendentes foi observada principalmente entre as profundidades de 0,2 e 0,4 m, em que a atividade radicular foi mais intensa devida à maior presença de raízes. Entre 0,4 e 0,6 m os valores de gradiente foram muito próximos de zero, indicando pequeno fluxo ascendente e descendente (Figura 7). Entre 0,6 e 0,8 m e entre 0,8 e 1,0 m (Figura 8) houve predominância de fluxo ascendente, devido à proximidade do lençol freático. Essa condição de saturação no Latossolo pode ter contribuído para o desenvolvimento das raízes da pupunheira de modo superficial, ou mesmo para uma redução mais acentuada entre as profundidades de solo analisadas.

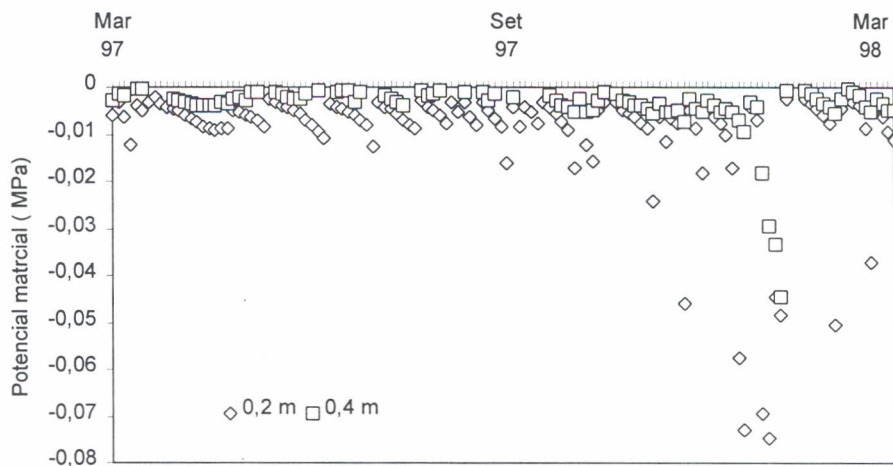


FIGURA 5. Potencial matricial da água do solo a 0,2 e 0,4 m de profundidade durante o período de março de 1997 a março de 1998, em um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com pupunheira.

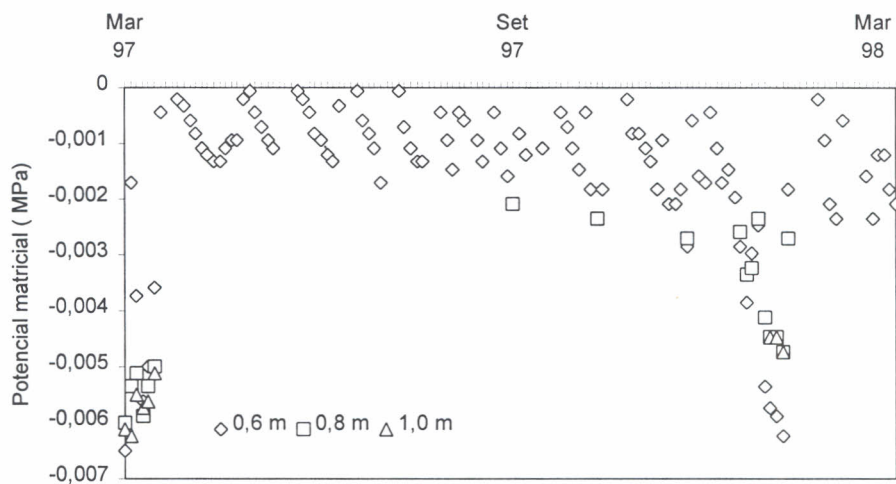


FIGURA 6. Potencial matricial da água do solo a 0,6; 0,8 e 1,0 m de profundidade durante o período de março de 1997 a março de 1998, em um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com pupunheira.

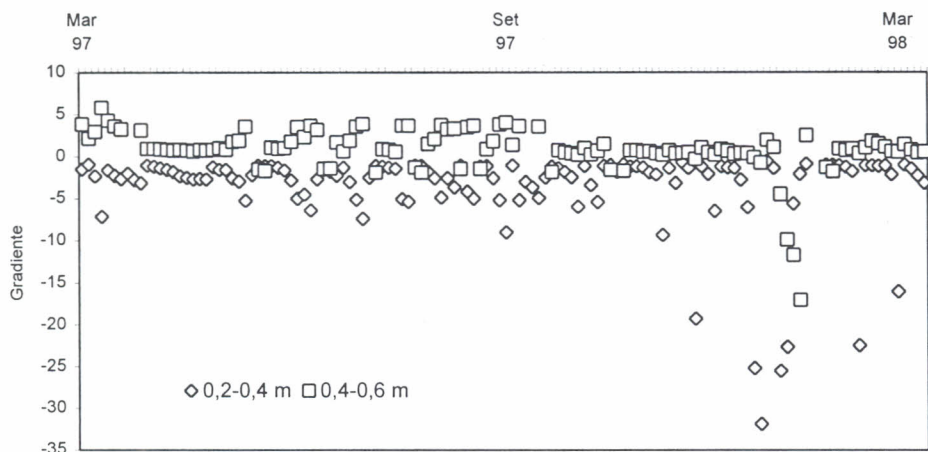


FIGURA 7. Gradiente do potencial hidráulico a 0,2-0,4 e 0,4-0,6 m de profundidade durante o período de março de 1997 a março de 1998, em um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com pupunheira.

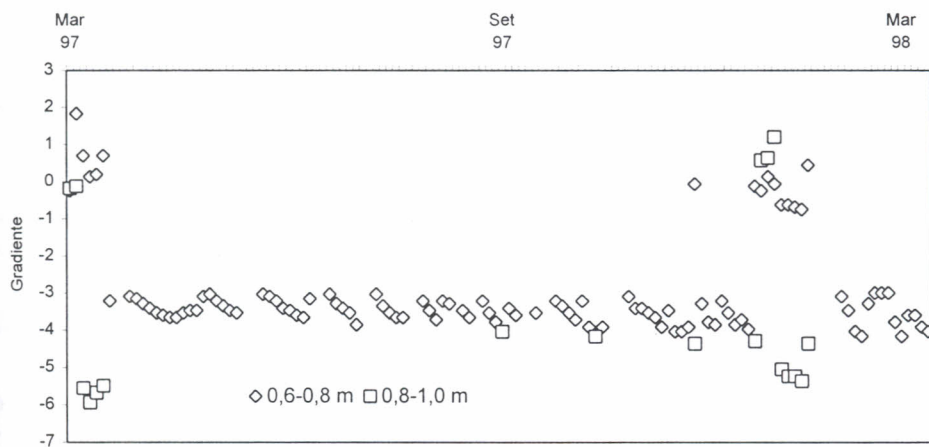


FIGURA 8. Gradiente do potencial hidráulico a 0,6-0,8 e 0,8-1,0 m de profundidade durante o período de março de 1997 a março de 1998, em um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com pupunheira.

CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

O sistema radicular da pupunheira, cultivada no espaçamento de 2,0 x 1,0 m sob irrigação por sulcos em solos com textura arenosa e argilosa, apresentou enraizamento pouco profundo e cerca de 90% das raízes se concentraram a 0,4 m de profundidade. O entrelaçamento de raízes de plantas de fileiras vizinhas foi observado em ambos os solos. Essas informações sugerem que o manejo de irrigação a ser adotado no cultivo da pupunheira deva ser baseado em aplicações de lâminas de água que umedeçam essa camada de solo. Os métodos do monolito e do perfil auxiliado pela análise de imagens digitais forneceram resultados similares quanto à distribuição radicular da pupunheira.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), do Banco do Nordeste e do International Foundation for Science (IFS), da Suécia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATKINSON, D. Root growth and activity: current performance and future potential. In: _____. *Roots and the soil environment*. Wellesbourne: The Association of Applied Biologists, 1989. p.1-14.
- BOHM, W. *Methods of studying root systems*. New York: Springer-Verlag, 1979. 194p.
- BOVI, M.L.A., SPIERING, S.H., BARBOSA, A.M.M. Densidade radicular de progênies de pupunheira em função de adubação NPK. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.17, n.3, p.186-93, 1999.
- CRESTANA, S., GUIMARÃES, M.F., JORGE, L.A.C., RALISCH, R., TOZZI, C.L., TORRE, A. VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n.3, p.365-71, 1994.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FERREIRA, S.A. do N., CLEMENT, C.R., RANZANI, G. Contribuição para o conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K. - *Guilielma gasipaes* (H.B.K.) Bailey). I- Solo latossolo amarelo, textura média. *Acta Amazonica*, Manaus, v.10, n.2, p.245-9, 1980.
- FLORI, J.E., D'OLIVEIRA, L.O.B. *O cultivo da pupunha sob irrigação no semi-árido do nordeste brasileiro*. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1995. p.1-3 (Comunicado técnico 62).
- KLEPPER, B. Roots: past, present and future. In: ROOTS OF PLANT NUTRITION, 1992, Champaign. *Proceedings...* Champaign: Potash & Phosphate Institute, 1992. p.7-18.

- PEREIRA, J.M., SOUZA, R.A. *Mapeamento detalhado da área da Barra de Bebedouro*. Petrolina; SUDENE, 1968. 57p. (Mimeogr.)
- REICHARDT, K. *Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas*. 2. ed. Piracicaba: ESALQ Depto. de Física e Meteorologia, 1996. 505p.
- SILVA, I.C., DIAS, A.C.C.P. Intercultivo de pupunheira com cacaueiro na Amazônia brasileira, resultados parciais. *Revista Theobroma*, Ilhéus, v.17, n.2, p.93-100, 1987.
- VANDERMEER, J. Observations on the root system of the pejibaye palm (*Bactris gasipae* H.B.K.) in Costa Rica. *Turrialba*, San Jose, v.27, n.3, p.239-42, 1977.