

ANÁLISE DAS EFICIÊNCIAS DE APLICAÇÃO E DE USO DA ÁGUA EM CULTIVO DE ARROZ NO PERÍMETRO IRRIGADO MORADA NOVA, CE

Raimundo Nonato Távora Costa¹; Daniel Santana Colares¹; Luís Carlos Uchôa Saunders¹; Francisco de Souza²

¹Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, rmtcosta@fortalnet.com.br

²Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, Fortaleza, CE

1 RESUMO

Os objetivos da pesquisa foram estudar a eficiência de aplicação e do uso da água do cultivo do arroz no perímetro irrigado Morada Nova, Ceará, no período de julho a dezembro de 2003. Estabeleceu-se a cultivar EPAGRI 109 em unidades de solo com texturas areia-franca, franca e argilo-siltosa. Utilizaram-se calhas Parshall e sifões de plástico como instrumentos para medição e aplicação de água aos tabuleiros. O período de irrigação do cultivo de arroz para as condições de solo e clima no perímetro irrigado Morada Nova situa-se em torno de 120 dias, período este que deve ser tomado como referência para o planejamento da irrigação. A eficiência de uso da água para os solos de textura leve apresentou valor médio de 0,2 kg.m⁻³; já para os solos de textura pesada, de 0,43 kg.m⁻³. A eficiência de aplicação de água na unidade textural argilo-siltosa, solo adequado ao cultivo de arroz apresentou um valor médio de 77%. Na unidade textural areia franca, porém, solo não recomendado para o cultivo do arroz, a eficiência de aplicação foi apenas de 38%.

UNITERMOS: (*Oryza sativa*, L., irrigação, eficiência de aplicação.

COSTA, R. N.T., COLARES, D.S., SAUNDERS, L.C.U., SOUZA, F.; EFFICIENCY OF WATER APPLICATION AND USE FOR RICE IN MORADA NOVA IRRIGATION DISTRICT, CEARÁ

2 ABSTRACT

Efficiency of water application and use for rice, cultivated from July to December 2003, was analyzed in Morada Nova Irrigation District, in Ceará – Brazil. Cultivar EPAGRI 109 was established in sandy-loam, loam and clay-loam soil units. Applied water was measured using Parshall flumes and siphon tubes. Rice irrigation period for local climate and soil conditions was 120 days, also used for irrigation planning. Water use efficiency for sandy soils presented 0.2 kg.m⁻³ average values, while 0.43 kg.m⁻³ was the value for heavy soils. Application water efficiency for clay-loam soils, appropriate for rice, was 77%. However, for sandy soils – not recommended for rice – the water application efficiency was only 38%.

KEYWORDS: (*Oryza sativa*, L.), irrigation, application efficiency

3 INTRODUÇÃO

Segundo Christofidis (2001), atualmente a água não é utilizada em nível mundial de forma tecnicamente correta, com adequada eficiência para irrigação, uma vez que a média observada de uso da água para irrigação, nos países em desenvolvimento, situa-se acima de 13000 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, bem superior ao valor de 7500 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, obtido através de manejo adequado nas mesmas regiões. As

eficiências na condução da água, na sua distribuição pelos sistemas e na aplicação aos cultivos, são baixas, motivo que leva a indicar um esforço na otimização do uso da água.

Nas bacias hidrográficas do semi-árido do Nordeste brasileiro, onde o recurso hídrico é escasso, a otimização do uso da água é um desafio para os gerenciadores, pois o planejamento da irrigação requer cuidado especial, a fim de compatibilizar o balanço hídrico com a demanda, tanto no que se refere à quantidade como a sua repartição espacial e temporal. A bacia hidrográfica é, por conseguinte, a unidade básica de planejamento mais adequada para o aproveitamento e o controle racional da água (RODRIGUES, 2000).

De acordo com Suassuna (2002), no Nordeste brasileiro, a gestão dos recursos hídricos não tem sido administrada com um planejamento integrado da oferta e da utilização da água. As secas sucessivas aliadas à falta total de planejamento dos órgãos públicos com relação à gestão da água, faz com que tenhamos plena convicção do colapso iminente desse setor.

O perímetro irrigado Morada Nova desenvolve nos municípios de Morada Nova e Limoeiro do Norte, Ceará, uma agricultura irrigada, baseada na utilização de sistemas de irrigação por superfície com disponibilidade de recursos hídricos provenientes da bacia do rio Jaguaribe.

A escassez acentuada dos recursos hídricos, culminando com os baixos níveis de reserva de água no ano de 2001, levou o Governo do Estado do Ceará em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA) à elaboração e execução do “Plano Águas do Vale”. No ano agrícola de 2001, o plano propunha o pagamento de bônus aos produtores do perímetro de irrigação de Morada Nova e demais regiões da bacia do rio Jaguaribe que não realizassem o cultivo de arroz. Todavia, o distrito de irrigação programou e executou para 2002 uma área de 1246 ha, ano que o preço unitário (kg) de venda do arroz em casca alcançou o valor de R\$ 0,55. No segundo semestre de 2003 ocorreu uma expansão na área cultivada com arroz de aproximadamente 50%, período em que o valor unitário (kg) do arroz em casca alcançou R\$ 0,72.

O estudo teve como objetivos avaliar para as condições atuais das unidades texturais de solo utilizadas com o cultivo do arroz no perímetro de irrigação Morada Nova – CE, as eficiências de aplicação e de uso da água.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização do experimento

O distrito de irrigação Morada Nova está localizado nos municípios de Morada Nova e Limoeiro do Norte, Estado do Ceará, na micro-região do Baixo Jaguaribe, coordenadas geográficas 5° 06' latitude sul, 38° 23' longitude oeste, 80 m de altitude. A área do Perímetro Irrigado encontra-se localizada no Polígono das Secas.

Os recursos hídricos destinados ao distrito de irrigação provêm do sistema açude público Arrojado Lisboa, com capacidade de acumulação de $1,6 \times 10^9 \text{ m}^3$, descarga regularizada de $11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, e do açude público Pedras Brancas, capacidade de acumulação de $4,34 \times 10^8 \text{ m}^3$, descarga regularizada de $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

O arroz foi cultivado em unidades de solo com texturas areia-franca, franca e argilo-siltosa. As unidades texturais objeto do presente estudo foram selecionadas no sentido de representarem os tipos de solos utilizados pelos irrigantes no cultivo de arroz no perímetro irrigado Morada Nova.

A cultivar utilizada foi a EPAGRI 109, a qual apresenta as seguintes características: porte baixo, bom vigor inicial, alto perfilhamento, resistência à brusone e ao acamamento.

4.2. Calibração dos instrumentos de medição e de aplicação de água

Utilizaram-se calhas Parshall e sifões de plástico como instrumentos para medição e aplicação de água aos tabuleiros. Na unidade de solo areia-franca utilizaram-se sifões, enquanto nas demais unidades de solo instalaram-se calhas Parshall à entrada dos tabuleiros. Na área irrigada por sifões, os riscos de variação da carga hidráulica foram minimizados pela própria localização da área em relação a outros tabuleiros.

Os testes de calibração das calhas Parshall e dos sifões foram realizados no Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola da UFC. Na Tabela 1 e na Figura 1, visualizam-se as equações de calibração das calhas Parshall e dos sifões, respectivamente.

Tabela 1. Equações de calibração das calhas Parshall.

Equação de regressão	Coefficiente de determinação (r^2)
$Q = 0,1118h^{1,5868}$	0,9951
$Q = 0,0605h^{1,3454}$	0,9962
$Q = 0,0484h^{1,2173}$	0,9962
$Q = 0,0568h^{1,2642}$	0,9920

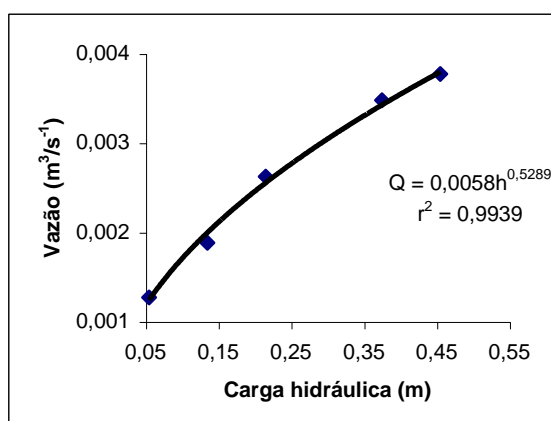


Figura 1. Equação de calibração do sifão.

4.3. Procedimento utilizado na coleta de dados

Durante cada evento de irrigação procederam-se às leituras de cargas hidráulicas nas calhas Parshall, as quais eram, posteriormente, transformadas em valores de vazões, através do uso da respectiva equação de calibração. Registravam-se, também, concomitantemente, os tempos instantâneos em que se realizavam as leituras de cargas hidráulicas, os quais posteriormente, eram transformados em tempos acumulados. Uma planilha contendo dados sobre a área irrigada, data e evento de irrigação, além da equação de calibração, foi elaborada, como forma de facilitar, posteriormente, os cálculos referentes à quantificação da água aplicada (Tabela 2).

É interessante destacar que os sistemas de irrigação foram avaliados em conformidade com o manejo atualmente praticado pelo irrigante, no sentido de se proceder a um diagnóstico e conseqüentemente a obtenção de informações para uso do irrigante melhorar os índices de uniformidade e eficiência de aplicação.

O volume de água aplicada foi estimado através do cálculo integral, a partir de equações ajustadas das hidrógrafas de vazão e tempo acumulado. No cálculo utilizou-se o software MathCad 6.0 (1995).

Na área com textura areia-franca, as irrigações procederam-se através de sifões. Durante cada evento de irrigação registravam-se o número de sifões, a carga hidráulica disponível e os horários de início e final da irrigação.

4.4. Necessidades hídricas da cultura

Na estimativa das necessidades hídricas consideraram-se as seguintes fases de crescimento da cultura: emergência e perfilhamento (26 dias), perfilhamento e primórdio floral (35 dias), primórdio floral e floração (29 dias), floração – corte da irrigação (24 dias).

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO), utilizando-se o software Cropwat (FAO, 1992). Os dados necessários ao cálculo de ET_o foram obtidos numa estação meteorológica próxima a área do experimento.

Os valores de Kc (coeficiente de cultivo) foram adaptados de Doorenbos e Kassan (1979), cujos valores são os seguintes: estágio I (1,10), estágio II (1,15), estágio III (1,20) e estágio IV (1,00).

Tabela 2. Planilha para quantificação da água aplicada.

Proprietário: Sebastião Paulino da Silva			
Textura: Argilo siltosa			
Setor: 08			
Lote: D-02			
Irrigação: 05			
Área em estudo: 0,16 ha			
Data: 22.10.2003			
Vazão de Entrada			
Hora	Tempo Acum (min)	h (cm)	Q (m ³ /min ⁻¹)
06:30	1	7,5	0.124
06:35	6	10,6	0.189
06:40	11	12,8	0.238
06:55	26	14,5	0.277
07:55	86	14,5	0.277
08:25	116	13,8	0.261
15:30	541	13,8	0.261
16:30	601	13,8	0.261
17:30	661	13,8	0.261
19:50	801	13,8	0.261

Equação de calibração da calha: $Q = 0,0484 H^{1,2173}$

Na Tabela 3 são apresentados valores referentes às necessidades de irrigação líquidas para a cultura do arroz, para as condições climáticas de Morada Nova, baseadas em médias históricas e no período em que a cultura é usualmente irrigada.

Tabela 3. Necessidade líquida de irrigação para a cultura do arroz, Morada Nova – CE.

Mês	ET _o (mm)	Kc	N.I. L ⁽¹⁾ (mm)
Agosto	189,1	1,10	208,0
Setembro	200,4	1,15	230,5
Outubro	204,6	1,20	245,5
Novembro	189,0	1,00	189,0
Total	783,1		873,0

⁽¹⁾ Necessidade de irrigação líquida

4.5. Eficiência de aplicação

A racionalização do uso da água e, conseqüentemente, a obtenção de altos índices de eficiência de aplicação, se constitui em objetivo de todos os sistemas de irrigação, em especial dos sistemas de irrigação por inundação, tendo em vista a derivação de elevados volumes de água às parcelas irrigadas, comparativamente aos demais sistemas. Essa eficiência pode ser representada pela equação a seguir:

$$e_a = \frac{V_n}{V_n + W}, \text{ sendo:} \quad (1)$$

e_a : eficiência de aplicação [$L^3.L^{-3}$]

V_n : volume necessário para suprir a evapotranspiração [L^3]

W : volume para formação da lâmina superficial, suprir perdas por percolação, etc [L^3].

O volume de água aplicada referente à formação da lâmina superficial foi medido a partir de equações ajustadas das hidrógrafas de vazão e tempo acumulado de aplicação de água para a formação da mesma, sendo de 120,2 mm para unidade textural argilo-siltosa I e de 256,6 mm para a unidade textural areia franca. No estudo procedeu-se a uma estimativa da eficiência de aplicação para cada evento de irrigação nas unidades de solo com texturas argilo-siltosa e areia franca.

4.6. Eficiência de uso da água

A eficiência de uso da água (E_{UA}) foi obtida pelo quociente entre a produtividade da cultura e a lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, de acordo com a seguinte equação:

$$E_{UA} = \frac{Y}{I}, \text{ sendo:} \quad (2)$$

E_{UA} : eficiência de uso da água, $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ ou $kg.ha^{-1}.m^{-3}$;

Y : produtividade da cultura, $kg.ha^{-1}$;

I : lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, mm.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise das frequências de irrigações

Na Tabela 4 são apresentadas as datas de cada evento de irrigação nas unidades texturais de solo cultivadas com arroz. O número de dias entre duas irrigações consecutivas está associado ao calendário de entrega de água do Distrito de Irrigação, tendo em vista a oferta de água não se proceder

Tabela 4. Datas das irrigações nas respectivas unidades de solo.

Irrigação	Argilo-siltosa (I)	Argilo-siltosa (II)	Franca	Areia franca
1 ^a	08.08.03	17.07.03	23.07.03	19.07.03
2 ^a	24.08.03	29.07.03	04.08.03	31.07.03
3 ^a	14.09.03	06.08.03	16.08.03	12.08.03
4 ^a	04.10.03	16.08.03	29.08.03	24.08.03
5 ^a	22.10.03	25.08.03	31.08.03	05.09.03
6 ^a	01.11.03	31.08.03	09.09.03	17.09.03
7 ^a	11.11.03	11.09.03	12.09.03	01.10.03
8 ^a	24.11.03	20.09.03	22.09.03	11.10.03
9 ^a	03.12.03	03.10.03	24.09.03	17.10.03
10 ^a	11.12.03	11.10.03	03.10.03	25.10.03
11 ^a		21.10.03	06.10.03	06.11.03
12 ^a		03.11.03	15.10.03	17.11.03
13 ^a		10.11.03	18.10.03	
14 ^a		16.11.03	27.10.03	
15 ^a			30.10.03	
16 ^a			08.11.03	
17 ^a			11.11.03	
18 ^a			19.11.03	
19 ^a			22.11.03	

em demanda livre, condição esta que certamente acarretaria um uso mais intensivo nos eventos de irrigação, sobretudo nas unidades texturais mais leves.

A associação dos usuários do distrito de irrigação do perímetro irrigado Morada Nova, AUDIPIMN, no que concerne ao planejamento de entrega de água, dividiu o perímetro irrigado em três setores, com cada setor dispondo de quatro dias consecutivos com água. Tendo em vista a entrega de água realizar-se individualmente por setor, o período entre duas irrigações consecutivas, nunca é inferior a oito dias. Na determinação do turno de rega os produtores levam em consideração unicamente a depleção do nível de água no solo.

O maior número de irrigações na unidade de solo com textura franca está associado à menor capacidade de retenção d'água por esses solos. A unidade textural argilo-siltosa I, cujas características físicas são bem semelhantes à unidade textural argilo-siltosa II, apresentou um menor número de irrigações, tendo em vista apresentar uma maior capacidade de armazenamento e, portanto, de água disponível à cultura.

O período de irrigação ao longo do ciclo da cultura do arroz, embora bastante semelhantes nas unidades texturais acima referidas, de 125 e 122 dias, respectivamente para as unidades argilo-siltosa I e argilo-siltosa II, apresentaram turnos de rega médios de 12 e oito dias, nesta ordem. Já na unidade de solo com textura areia franca, o ciclo de irrigação foi de 121 dias e o turno de rega médio de 10 dias. Tais diferenças estão associadas aos critérios individuais adotados pelos irrigantes.

5.2. Análise das lâminas de água aplicadas

Na Tabela 5 são apresentados os valores das lâminas de água aplicadas nos diversos eventos de irrigação, nas quatro unidades de solo cultivadas com arroz.

Tabela 5. Lâminas de água aplicadas (mm) nas unidades texturais de solo.

Irrigação	Argilo-siltosa I	Argilo-siltosa II	Franca	Areia franca
1 ^a	120,2	129,0	249,0	256,6
2 ^a	169,8	80,1	208,9	210,2
3 ^a	249,7	88,56	139,3	180,8
4 ^a	197,1	89,7	155,2	210,2
5 ^a	127,5	124,6	81,3	226,7
6 ^a	103,6	133,8	266,1	238,8
7 ^a	80,8	139,0	87,6	189,4
8 ^a	113,7	100,3	116,5	263,8
9 ^a	78,4	98,1	63,9	82,9
10 ^a	68,8	75,8	150,0	205,2
11 ^a		67,4	67,9	264,8
12 ^a		157,3	117,6	261,2
13 ^a		74,5	95,7	
14 ^a		83,5	122,2	
15 ^a			44,3	
16 ^a			97,1	
17 ^a			26,9	
18 ^a			125,8	
19 ^a			47,3	
Total	1309,6	1441,7	2262,6	2590,6

As unidades texturais franca e areia franca apresentaram os maiores valores de lâminas de água aplicada, certamente em virtude das altas taxas de percolação. Stone et al. (1990) conduziram estudo com a cultura do arroz em um solo arenoso e verificaram que a percolação se constituiu na principal componente das perdas de água. Verificaram, ainda, que em solos com textura

predominantemente franco-argilosa e argilosa, as principais perdas de água acontecem por fluxo lateral.

Conforme Boumam e Tuong (2001), mesmo os solos argilosos podem apresentar perdas relevantes por infiltração, tendo em vista que estes solos quando submetidos a longos períodos sem água podem apresentar rachaduras, sendo estas responsáveis por altas taxas de infiltração no início da irrigação.

O distrito de irrigação Morada Nova, com área irrigável de 3737 ha possui em torno de 28% dessa área com solos aptos para a cultura do arroz, ou seja, aproximadamente 1050 ha. Em base a esta informação, a AUDIPIMN utiliza como critério para fins de cobrança de água no ciclo da cultura do arroz, um valor de referência baseado em uma lâmina de 1200 mm, lâmina esta perfeitamente exequível, em condições de solo e manejo adequados.

Na Tabela 6 são apresentados os valores referentes às lâminas de água aplicadas nas unidades de solo que compuseram o estudo e os valores de excesso de água (%) nas respectivas unidades de solo, comparativamente à necessidade líquida de irrigação (N.I.L.) da cultura.

Conforme se observa, nas unidades texturais com solos mais pesados, o excesso nos valores de lâminas aplicadas, variou entre 50 e 61,1%. Nas unidades de solos mais leves, no entanto, referidos valores situaram-se entre 159,2 e 196,7%, demonstrando assim, a necessidade de um manejo da irrigação baseado em dados locais de solo e clima.

Kukul e Aggarwal (2002) conduziram experimento em um solo franco-arenoso e obtiveram, após o uso de técnicas para redução da capacidade de infiltração de água no solo, uma redução entre 54 e 58% nas perdas de água por percolação.

Durante a condução do estudo, observações permitiram assegurar que os produtores praticam a irrigação sem levar em consideração critérios técnicos quanto ao momento de irrigar e da necessidade hídrica da cultura.

Lâmina de água superficial, da ordem de 0,05 a 0,10 m, tem se mostrado mais favorável à produtividade e à quantidade de água no cultivo do arroz. Entretanto, para que se obtenha tal condição é necessário que o solo seja adequadamente sistematizado, propiciando que a lâmina de água seja 0,05 a 0,10 m na parte superior do tabuleiro e de 0,15 a 0,20 m na parte inferior.

Tabela 6. Excesso de água aplicada em relação à necessidade de irrigação líquida total (mm).

Textura do solo	Lâmina de água aplicada (mm)	N.I.L. _{total} (mm)	Excesso de água (%)
Argilosiltosa I	1309,6	873,0	50,0
Argilosiltosa II	1441,7	873,0	65,1
Franca	2262,6	873,0	159,2
Areia franca	2590,6	87,0	196,7

Levantamento altimétrico realizado em cada um dos tabuleiros demonstraram que as declividades médias dos terrenos, da ordem de 0,001 m.m⁻¹, propiciaram condições de lâminas superficiais dentro das faixas recomendadas, as quais foram constatadas ao final de diversos eventos de irrigação.

5.3. Eficiência do uso da água

Na Tabela 7 apresentam-se os valores de eficiência de uso da água (E_{ua}) nas quatro unidades texturais de solo cultivadas com arroz. Os resultados demonstraram uma amplitude nos valores entre 0,5 e 0,18 kg.m⁻³, significando que para a textura argilo-siltosa I produziu-se 0,5 kg de arroz em casca para cada 1,0 m³ de água aplicada. Já para a textura franca, produziu-se apenas 0,18 kg para cada 1,0 m³ de água aplicada. Os valores refletem, ainda, a magnitude de perdas por percolação.

Dotto et al. (1990), em estudo sobre eficiência de uso de água em solos de texturas franco-arenosa e franco-argilo-arenosa, obtiveram valores entre 0,113 e 0,517 kg.m⁻³, respectivamente. Já Vories et al. (2002) em solo de textura argilo-siltosa, obtiveram valores para eficiência de uso da água entre 0,33 e 1,07 kg.m⁻³. Em estudo de diferentes sistemas de inundação intermitente para

racionalização do uso da água, Boumam e Tuong (2001) obtiveram valores de eficiência de uso da água entre 0,2 e 0,4 kg.m⁻³.

Singh et al. (2001), analisando a eficiência de uso da água em duas unidades texturais de solo para cultivo com arroz, estimaram valores inferiores na unidade textural franco-arenosa comparativamente à unidade textural franco- argilo-siltosa.

Tabela 7. Eficiência do uso da água nas quatro unidades texturais de solo.

Textura	Lâmina (mm)	Prod. (kg.ha ⁻¹)	E _{ua} (kg.m ⁻³)
Argilo-siltosa I	1309,6	6600	0,504
Argilo-siltosa II	1441,7	5240	0,363
Franca	2262,6	4031	0,178
Areia-franca	2590,6	5796	0,224

A sistemática diferenciada de condução da cultura pelos produtores, limita de alguma forma, uma análise mais criteriosa dos resultados obtidos pela variável-resposta eficiência de uso da água. Não obstante, conforme expectativa à priori, nas unidades texturais de solos mais pesadas, associaram-se aos maiores valores de eficiência de uso da água.

A capacidade de armazenamento de água no solo das unidades texturais argilo-siltosas, embora bastante semelhantes, apresentaram valores diferenciados quanto à eficiência de uso da água. A unidade argilo-siltosa II apresentou um valor 28% inferior, se comparada à unidade argilo-siltosa I. Em termos ponderados, a variável produtividade foi a responsável maior por tal diferença, atribuindo-se daí à componente condução da cultura pelo produtor, como elemento determinante. Análise comparativa semelhante verifica-se nas unidades de solo com texturas franco e areia franca.

Paz et al. (2000) afirmam que, os métodos e equipamentos de irrigação podem e devem ser aprimorados para reduzir as perdas e induzir ao manejo adequado em conjunto com o solo, a planta e o clima, com ganhos de eficiência de uso da água.

5.4. Eficiência de aplicação de água

Nas Tabelas 8 e 9 são apresentados os valores de necessidade de irrigação líquida (NIL), lâmina de irrigação aplicada (L_{ap}), eficiência de aplicação (E_a) e taxa de percolação (T.P.) dos sistemas de irrigação referentes às unidades texturais argilo-siltosa I e areia franca, a partir do segundo evento de irrigação. Optou-se por realizar os cálculos de eficiência de aplicação somente a partir do segundo evento de irrigação, tendo em vista já se dispor de um intervalo entre irrigações e, conseqüentemente a respectiva necessidade de água pela cultura no período.

Tabela 8. Eficiência de aplicação (E_a) e taxa de percolação para textura argilo siltosa I.

Irrigação	ET _o (mm)	Kc	NIL (mm)	L _{ap} (mm)	E _a (%)	T.P. (%)
2 ^a	97,6	1,10	107,4	169,8	63,2	36,8
3 ^a	136,5	1,10	150,2	249,7	60,1	39,9
4 ^a	133,6	1,15	153,6	197,1	77,9	22,1
5 ^a	118,8	1,15	136,6	127,5	100,0	0,00
6 ^a	65,7	1,20	78,8	103,6	76,1	23,9
7 ^a	63,0	1,20	75,6	80,8	93,6	6,40
8 ^a	81,9	1,20	98,3	113,7	86,4	13,6
9 ^a	55,2	1,00	55,2	78,4	70,4	29,6
10 ^a	46,4	1,00	46,4	68,8	67,4	32,6

Na unidade textural argilo-siltosa, a aplicação de água era realizada através de aberturas realizadas nos tabuleiros, ao passo que na unidade textural areia franca, a aplicação de água era realizada através de sifões. Observa-se que na textura argilo-siltosa a média da eficiência de aplicação situa-se entorno de 77,2%, já na unidade textural areia-franca o valor não supera 38,0%.

O comportamento ao longo do ciclo da cultura das variáveis-resposta “necessidade de irrigação líquida (NIL), lâmina de irrigação aplicada (L_{ap}) e eficiência de aplicação (E_a), referentes às unidades texturais argilo-siltosa I e areia-franca respectivamente, é ilustrado nas Figuras 2 e 3.

Tabela 9. Eficiência de aplicação (E_a) e taxa de percolação para textura areia franca.

Irrigação	ET_o (mm)	Kc	N. I. L. (mm)	L_{ap} (mm)	E_a (%)	T.P. (%)
2	62,4	1,10	68,6	210,2	32,7	67,3
3	73,2	1,10	80,5	180,8	44,5	55,5
4	73,2	1,15	84,2	210,2	40,1	59,9
5	76,2	1,15	87,6	226,7	38,6	61,4
6	80,4	1,15	92,5	238,8	38,7	61,3
7	93,7	1,20	112,4	189,4	59,4	40,6
8	66,0	1,20	79,2	263,8	30,0	70,0
9	39,6	1,20	47,5	82,9	57,3	42,7
10	52,8	1,00	52,8	205,2	25,7	74,3
11	77,4	1,00	77,4	264,8	29,2	70,8
12	57,2	1,00	57,2	261,2	21,9	78,1

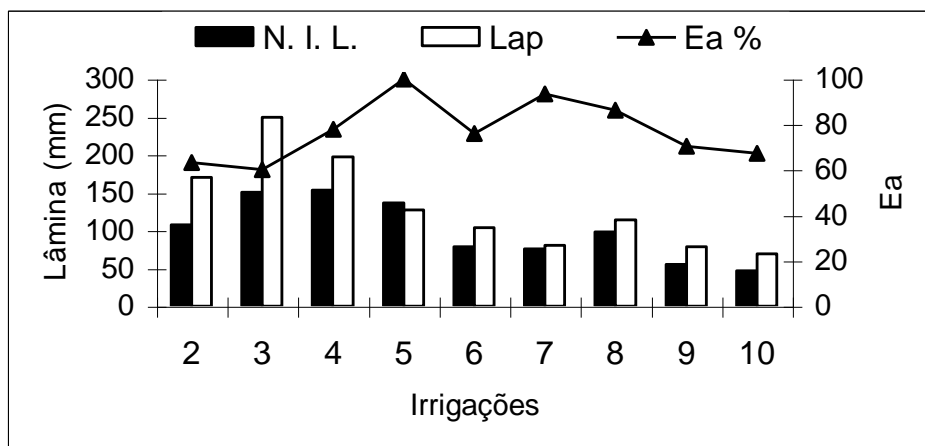


Figura 2. N.I.L., Lap, e E_a na unidade textural argilo-siltosa I.

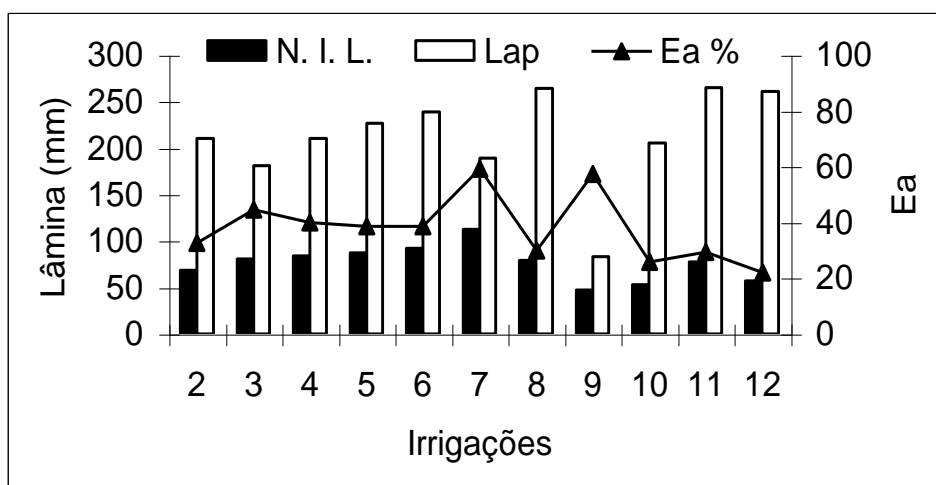


Figura 03. N.I.L., Lap, e E_a na unidade textural areia franca.

6. CONCLUSÕES

O período de irrigação do cultivo de arroz para as condições de solo e clima no distrito de irrigação Morada Nova situa-se em torno de 120 dias, período este que deve ser tomado como referência para o planejamento da irrigação.

A eficiência de uso da água para os solos de textura leve apresentou valores médios de $0,2 \text{ kg.m}^{-3}$; já para os solos de textura pesada, de $0,43 \text{ kg.m}^{-3}$.

A eficiência de aplicação de água na unidade textural argilo-siltosa I, solo adequado ao cultivo de arroz apresentou um valor médio de 77%. Na unidade textural areia franca, porém, solo sem aptidão ao cultivo do arroz, a eficiência de aplicação apresentou um valor médio de apenas de 38%.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOUMAN, B. A. M.; TUONG, T. P. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 49, p. 11-30, 2001.

CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. **Irrigação e Tecnologia Moderna (ITEM)**, Brasília, n.49, p.8-13, 2001.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. Crop response to water. **Irrigation and Drainage Paper**, Rome, n.33, p.1-194, 1979.

DOTTO, C. R. D.; RICHES, A. A.; CARLESSO, R. Consumo de água e produtividade da cultura do arroz sob três sistemas de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1990, Piracicaba. **Anais**. Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1990. p.396-409.

FAO. CropWat – A computer program for irrigation planning and management. FAO. **Irrigation and Drainage Paper**, Rome, n.46. Food and Agriculture Organization, 1992.

KUKAL, S. S.; AGGARWAL, G. C. Percolation losses of water in relation to puddling intensity and depth in sandy loam rice (*Oryza sativa*) field. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 57, p. 49-59, 2002.

MATHCAD 6.0. MathSoft Inc. 1995. Mathcad User's Guide - Cambridge, MA, E.U.A.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

RODRIGUES, J. A. L. **Plano ótimo de cultivo no projeto de irrigação Morada Nova, Ceará, utilizando modelo de programação linear**. 2000. 81 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

SINGH, K. B.; GAJRI, P. R.; ARORA, V. K.; Modelling the effectes of soil and water management practices on the water balance and performance of rice. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 49, p. 77-95, 2001.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; SILVEIRA FILHO, A. Manejo de água na cultura do arroz: consumo, ocorrência de plantas daninhas, absorção de nutrientes e características produtivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 323-337, 1990.

SUASSUNA, J. Água – um fator limitante para o desenvolvimento do Nordeste?. In: **Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, séries debates. n. 24, dezembro, 2002. p. 117-131. ISBN 85-7504-036-7.

VORIES, E. D.; COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C. Comparison of flooded and furrow-irrigated rice on clay. **Irrigation Science**, v.21, n.3, p.139-144, 2002.