

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROJETO KAR

MANEJO DE IRRIGAÇÃO



Abelardo Montenegro  
Ronaldo Moura  
Francisco Xavier dos Santos  
Tafnes Andrade  
José Roberto Lopes da Silva

Recife, novembro de 2005

## **I- Introdução:**

Dentre as variáveis relacionadas a um a manejo correto da irrigação, destacam-se a evapotranspiração e a precipitação, essenciais para estimativa do requerimento hídrico dos cultivos. Durante a condução do Projeto KAR, ações foram realizadas no sentido de simplificar as estimativas das necessidades hídricas das culturas, em particular utilizando equipamentos apropriados às condições de agricultura familiar.

Tais equipamentos, de baixo custo, e propostos pelo Prof. Ronaldo Moura, da UFRPE, foram avaliados quanto às suas estimativas, e disseminados nas comunidades, fornecendo leituras de relevância, e possibilitando um maior entendimento por parte dos agricultores no tocante a medições de lâminas.

Em áreas com qualidade de água inferior, a adoção de frações de lixiviação é recomendada, como forma de propiciar uma lavagem, ao menos parcial, dos sais presentes no solo, oriundos muitas vezes da própria água de irrigação. Autores, entretanto, têm buscado, alternativamente, a redução parcial ou total de tais lâminas extras, particularmente em locais com lençol freático raso, passível de contaminação.

No âmbito do projeto KAR, verificou-se o elevado potencial das precipitações em remover os sais do perfil e, adicionalmente, diluir as águas subterrâneas. Desse modo, a alternativa de lixiviação incompleta mostra-se promissora. Para efeito de cálculo de lâminas nesse relatório, não foi considerada a lavagem do perfil, de modo a reduzir as extrações e bombeamentos, bem como diminuir os aportes de sais para a superfície.

Atividades foram desenvolvidas a nível de lotes experimentais demonstrativos, objetivando verificar o efeito dos manejos promovidos pelos agricultores na distribuição de umidade do perfil. O acompanhamento das umidades foi realizado através de tensiômetros de mercúrio.

Com base na qualidade da água de irrigação, para diferentes períodos (1,2,3), e para os três domínios, elaborou-se recomendação quanto à escolha da cultura, em função da época do ano, considerando as informações do monitoramento da qualidade da água, e da

disponibilidade hídrica dos aluviões, bem como do potencial de extração dos diferentes poços.

## II- Climatologia

A Figura 1 apresenta os totais mensais de precipitação ocorridos no período de novembro de 2003 a outubro de 2004 para as áreas de Mutuca, Rosário e Campo Alegre. Os dados apontam para a existência de épocas bem definidas e correlacionadas entre as áreas avaliadas. O período chuvoso é delimitado entre os meses de abril e julho, sendo caracterizado por chuvas elevadas e de longa duração. Os totais mensais nesse período chegam a atingir mais de 327 mm (Campo Alegre) até valores inferiores a 50 mm (Mutuca), o que se deve ao efeito da variabilidade espacial, inerente aos eventos pluviométricos, entre as três áreas.

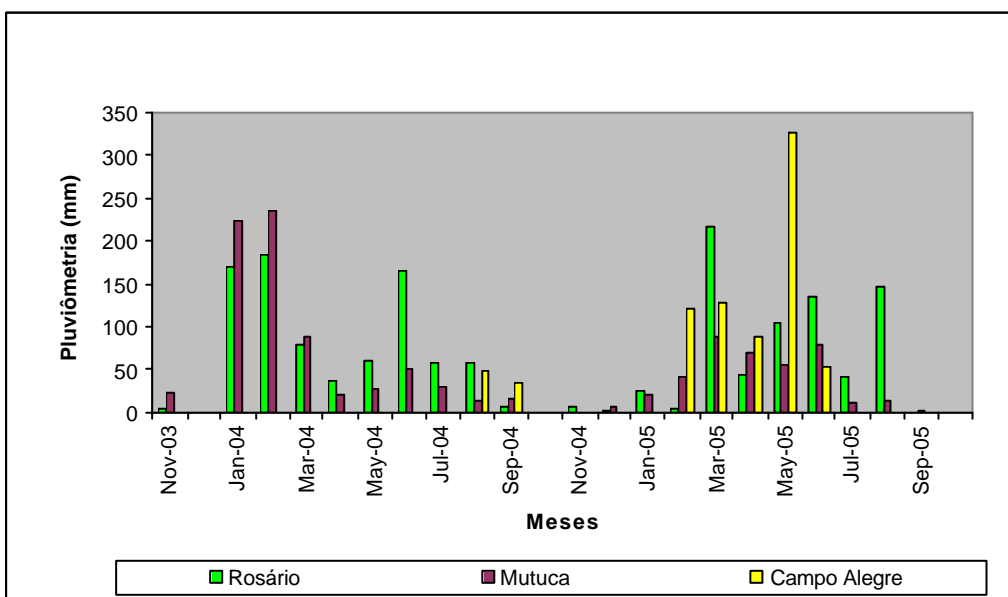


Figura 1. Totais mensais de precipitação nas áreas de Mutuca, Rosário e Campo Alegre, entre os períodos de novembro de 2003 a outubro de 2005 (Dados levantados pelos próprios agricultores).

Os totais mensais de evapotranspiração de referência para o mesmo período de precipitação estão exibidos na Figura 2. Globalmente pode-se inferir que as taxas são elevadas, com a existência de meses em que a demanda atmosférica ultrapassa os 240 mm,

o que implica em uma média diária mensal superior a 8 mm de água evapotranspirada. As áreas apresentam a mesma escala de variação entre os meses, em que se pode identificar a faixa de maior demanda compreendida entre os meses de agosto e março, sendo identificado dois sub-períodos, um seco inicial e outro seco final, que vão de agosto a novembro e de dezembro a março, respectivamente. Os totais mensais médios de evapotranspiração para as três áreas foram 117,67, 170,50 e 185,15 mm, respectivamente, para os períodos chuvoso, seco inicial e seco final.

A consistência dos dados pode ser demonstrada pelo confronto entre os gráficos, em que os períodos de maior demanda evapotranspirativa e de menor precipitação se complementam. Do ponto de vista de variabilidade entre os valores de ETo entre as áreas avaliadas, nota-se os mesmos não variam com magnitude semelhante aos dados de pluviometria. A condição de paralelismo e de aproximação dos valores de ETo é bem mais evidente. Isto pode ser explicado pelo fato de que os elementos meteorológicos, principalmente a radiação solar, dada a sua contribuição de maior peso, é pouco variável entre elas, haja visto que as áreas avaliadas se situam na mesma região geográfica.

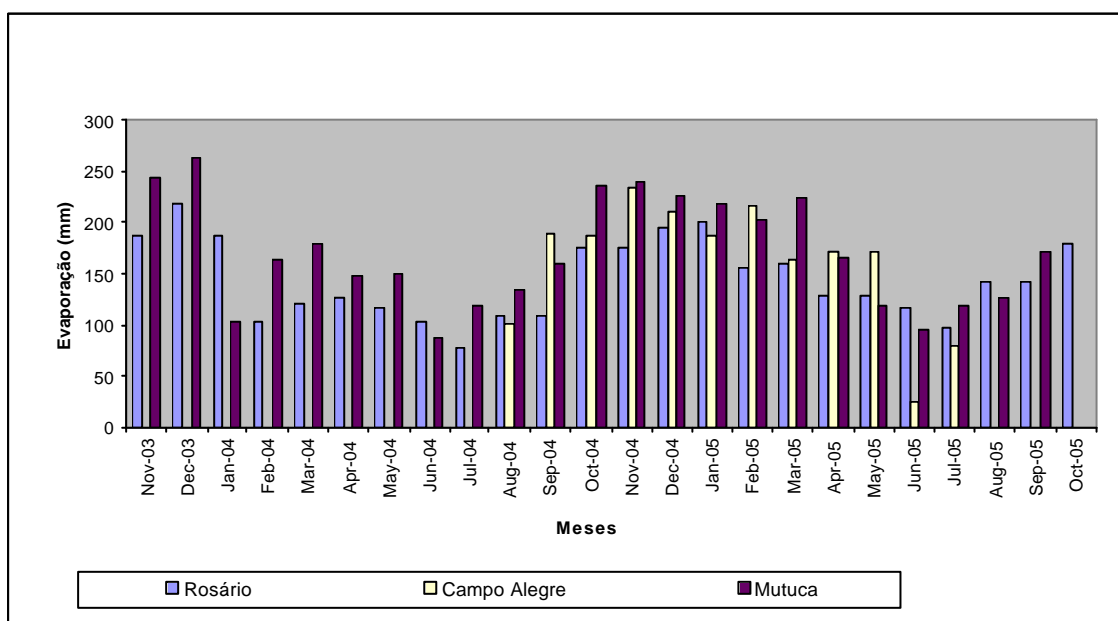


Figura 2. Totais mensais de evapotranspiração de referência nas áreas de Mutuca, Rosário e Campo Alegre, entre os períodos de novembro de 2003 a outubro de 2005. (Dados levantados pelos próprios agricultores).

### **III- Manejo de irrigação – proposições para tamanho de área de plantio em função da classes de vazões disponíveis nos poços**

A escala de vazão dos poços existentes nas três áreas é bastante variável, sendo esta variação condicionada aos períodos do ano, das características hidráulicas da zona subterrânea e da intensidade de exploração do poço. Em linhas gerais, as vazões se estendem em uma amplitude desde valores de 5 m<sup>3</sup>/h a 10 m<sup>3</sup>/h, conforme verificado através de testes de bombeamento. Esta condição pode limitar o tamanho das áreas de exploração com agricultura irrigada. Tais limitações sofrem influência direta do período do ano e da cultura de interesse, onde os períodos de maior demanda evapotranspirativa e as culturas com Kc (coeficiente de cultura) mais elevado imprimem maior grau de restrição à extensão de área aos plantios irrigados.

Um outro fator relevante no manejo da irrigação para as condições locais é no tocante à escolha dos momentos de irrigar ao longo dia. Esses momentos devem compreender as horas em que a incidência de radiação solar é diminuída. A Figura 3 mostra a evolução ao longo do dia da taxa de radiação solar em dias compreendendo os períodos seco inicial, seco final e chuvoso. O período seco inicial é altamente restritivo, apresentando elevadas taxas de radiação solar desde as 8 horas, chegando a atingir valores próximos a 1 KWh, que se prolongam até as 16 horas. Nos períodos seco final e chuvoso, a incidência solar limitante se pronuncia por volta das 10 horas, e se estende também até as 16 horas.

Partindo da recomendação geral de que não se deve irrigar entre 10 e 16 horas e estabelecendo como tempo máximo de irrigação 8 horas diárias, alocado no período excludente e distribuído entre os usuários dos poços, pode-se estabelecer a área máxima cultivável em função da vazão crítica dos poços existentes, da demanda hídrica da cultura, da eficiência do método de irrigação e do período do ano. As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam as áreas máximas recomendadas em função dos critérios supracitados, considerando uma eficiência de irrigação média de 80%, a ETo média do período, e incluindo as culturas comumente cultivadas na região, para os períodos seco inicial, seco final e chuvoso.

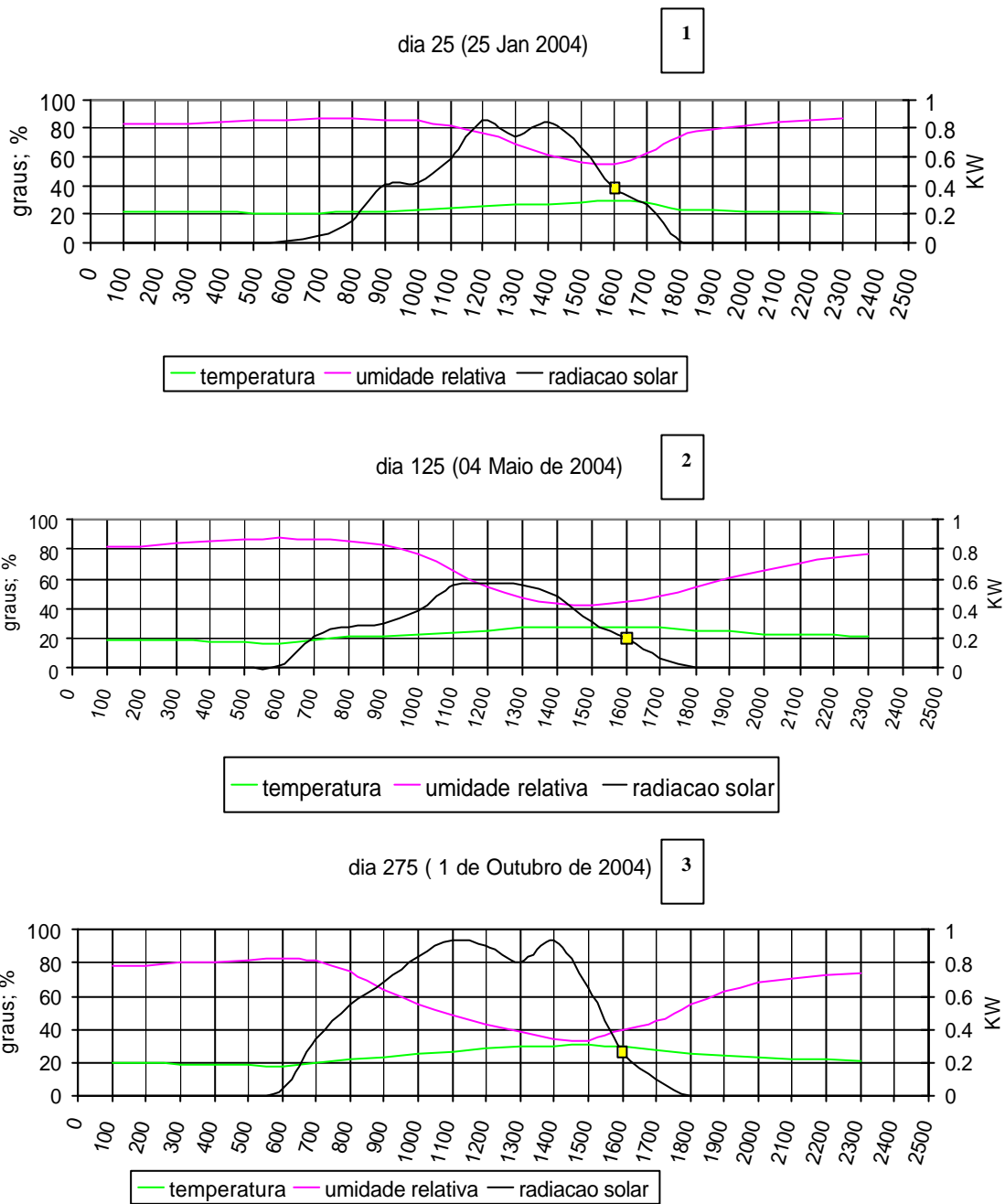


Figura 3. Flutuação de alguns elementos meteorológicos ao longo do dia em momentos contemplados aos períodos seco final (1), chuvoso (2) e seco inicial (3). (Dados de estação PCD de Rosário, adquirida com recursos do CNPq/ CT-Hidro-Brasil)

Tabela 1. Áreas máximas (ha) recomendadas para o período seco inicial. ETo média diária: 5,68 mm.

Cultura	ETc	Vazão crítica (m <sup>3</sup> /hora)			
		5	7.5	10	12.5
Banana	4.83	0.66	0.99	1.32	1.66
Batata Doce	4.26	0.75	1.13	1.50	1.88
Beterraba	5.12	0.63	0.94	1.25	1.56
Cebola	5.97	0.54	0.80	1.07	1.34
Cenoura	6.25	0.51	0.77	1.02	1.28
Feijão de Corda	5.40	0.59	0.89	1.19	1.48
Fruteira	3.13	1.02	1.54	2.05	2.56
Goiaba	3.13	1.02	1.54	2.05	2.56
Jerimum	4.83	0.66	0.99	1.32	1.66
Mamão	5.68	0.56	0.84	1.13	1.41
Maracujá	5.68	0.56	0.84	1.13	1.41
Maxixe	4.83	0.66	0.99	1.32	1.66
Melancia	4.83	0.66	0.99	1.32	1.66
Melão	4.83	0.66	0.99	1.32	1.66
Milho	4.83	0.66	0.99	1.32	1.66
Pimentão	5.40	0.59	0.89	1.19	1.48
Pepino	4.83	0.66	0.99	1.32	1.66
Repolho	5.40	0.59	0.89	1.19	1.48
Tomate	4.83	0.66	0.99	1.32	1.66

Tabela 2. Áreas máximas (ha) recomendadas para o período seco final ETo média diária: 6,17 mm.

Cultura	Etc	Faixas de vazão (m3/hora)			
		5	7.5	10	12.5
Banana	5.25	0.61	0.91	1.22	1.52
Batata Doce	4.63	0.69	1.04	1.38	1.73
Beterraba	5.55	0.58	0.86	1.15	1.44
Cebola	6.48	0.49	0.74	0.99	1.23
Cenoura	6.79	0.47	0.71	0.94	1.18
Feijão de Corda	5.86	0.55	0.82	1.09	1.36
Fruteira	3.39	0.94	1.41	1.89	2.36
Goiaba	3.39	0.94	1.41	1.89	2.36
Jerimum	5.25	0.61	0.91	1.22	1.52
Mamão	6.17	0.52	0.78	1.04	1.30
Maracujá	6.17	0.52	0.78	1.04	1.30
Maxixe	5.25	0.61	0.91	1.22	1.52
Melancia	5.25	0.61	0.91	1.22	1.52
Melão	5.25	0.61	0.91	1.22	1.52
Milho	5.25	0.61	0.91	1.22	1.52
Pimentão	5.86	0.55	0.82	1.09	1.36
Pepino	5.25	0.61	0.91	1.22	1.52
Repolho	5.86	0.55	0.82	1.09	1.36
Tomate	5.25	0.61	0.91	1.22	1.52



Tabela 3. Áreas máximas (ha) recomendadas para o período chuvoso. ETo média diária: 3,92 mm.

Cultura	ETc	Faixas de vazão (m <sup>3</sup> /hora)			
		5	7.5	10	12.5
Banana	3.33	0.96	1.44	1.92	2.40
Batata Doce	2.94	1.09	1.63	2.18	2.72
Beterraba	3.53	0.91	1.36	1.81	2.27
Cebola	4.12	0.78	1.17	1.55	1.94
Cenoura	4.31	0.74	1.11	1.48	1.85
Feijão de Corda	3.73	0.86	1.29	1.72	2.15
Fruteira	2.16	1.48	2.23	2.97	3.71
Goiaba	2.16	1.48	2.23	2.97	3.71
Jerimum	3.33	0.96	1.44	1.92	2.40
Mamão	3.92	0.82	1.22	1.63	2.04
Maracujá	3.92	0.82	1.22	1.63	2.04
Maxixe	3.33	0.96	1.44	1.92	2.40
Melancia	3.33	0.96	1.44	1.92	2.40
Melão	3.33	0.96	1.44	1.92	2.40
Milho	3.33	0.96	1.44	1.92	2.40
Pimentão	3.73	0.86	1.29	1.72	2.15
Pepino	3.33	0.96	1.44	1.92	2.40
Repolho	3.73	0.86	1.29	1.72	2.15
Tomate	3.33	0.96	1.44	1.92	2.40

A amplitude geral das áreas compreende faixas de valores entre 0,47 – 1,20 ha (cenoura) e 1,48 – 3,71 ha (fruteira), entretanto mais de 50% congregando áreas entre 0,8 e 1,5 ha. Nota-se que as maiores limitações ocorrem no período seco, em especial para as culturas da cenoura, cebola e feijão-de-corda, haja visto que apresentam os maiores valores de Kc médio. Assim, para este período crítico, deve-se dar primazia aos cultivos de menor demanda hídrica.

O cultivo irrigado no período chuvoso, do ponto de vista de disponibilidade, é amplo, considerando inclusive o caráter complementar das precipitações. Para esse período, entretanto, faz-se necessário considerar outras limitações, tais como tolerância das plantas ao excesso de umidade.

#### IV- Uso e ocupação do solo – culturas, irrigação e qualidade da água

Alguns dados referentes ao uso e ocupação do solo são apresentados na Tabela 4, na qual figuram as áreas de agricultura familiar exploradas com culturas anuais e semi-perenes, irrigadas por poços amazonas. As áreas plantadas variam de 700 a mais 50000 m<sup>2</sup>, predominando, porém, plantios com menos de 10000 m<sup>2</sup>. Nos três períodos levantados, é observado maior incidência de culturas olerícolas cultivadas em áreas reduzidas. Isto expressa o caráter familiar do aluvião, em que o policultivo é praticado de forma esparsa.. Do total de 110 ha da área da Fazenda de Rosário, por exemplo, cerca de 10% são irrigados, valendo salientar a tendência de crescimento segundo os três épocas avaliadas. Dentre as culturas mais exploradas, em termos de frequência, as olerícolas se sobressaem, destacando-se a cenoura, o pimentão, o repolho e o tomate, tanto por estarem sendo cultivadas em ciclos sucessivos ao longo do ano, como por ocuparem áreas maiores e serem mais distribuídas em relação às demais olerícolas. Sugere-se como principal razão para tal fato o rápido retorno econômico proporcionado por essas culturas, dado ao ciclo cultural reduzido (anual). As frutíferas e os grãos são menos freqüentes; entretanto, apresentam maiores extensões de área, e responderam por mais de 45% da área total. A Figura 4 registra a contribuição, em termos de área plantada, das principais culturas (cenoura, pimentão e milho) nos três períodos avaliados, para a região de Rosário. Para Mutuca e Campo Alegre-Xukuru, a mesma tendência permanece, embora se note uma potencial redução de frutíferas nos vales. No caso de Mimoso Seco, na região do vale de Mutuca, há uma preferência pelo cultivo de beterraba, preferência essa também verificada em Cafundó II, igualmente no vale de Mutuca.

Tabela 4. Relação das culturas irrigadas em diferentes períodos na área do Assentamento Nossa Senhora do Rosário.

Cultura	Área (m <sup>2</sup> )			% de área plantada
	mai/04	jan/05	out/05	
Banana		769.2	5000.0	1.8
Batata Doce	1538.5			0.5
Beterraba	1923.1	1538.5		1.1
Cebola			14393.9	4.6
Cenoura	11538.5	18076.9	11363.6	13.1
Feijão de Corda		17692.3	4545.5	7.1
Fruteira			5000.0	1.6
Goiaba	4615.4	5000.0	4545.5	4.5
Jerimum	10000.0			3.2
Mamão		12307.7	9090.9	6.8
Maracujá	10000.0	10000.0		6.4
Maxixe		1538.5		0.5
Melancia			13030.3	4.2
Melão		1538.5		0.5
Milho			54545.5	17.4
Pimentão	23846.2	7692.3	6060.6	12.0
Pepino		1538.5		0.5
Repolho	10769.2	8461.5	4545.5	7.6
Tomate	5384.6	13846.2	1515.2	6.6
Total (m <sup>2</sup> )	79615.4	100000.0	133636.4	

Os volumes hídricos demandados pelas culturas irrigadas figuram na Tabela 5, com base em levantamento de uso e ocupação do solo do vale aluvial. O crescimento da área plantada é sempre acompanhado do crescimento do aporte hídrico, praticamente na mesma magnitude, o que mantém o consumo específico pouco variável. Isto indica que, independentemente do período do ano, a escolha das culturas por parte dos agricultores não tem levado em consideração as épocas de diferentes disponibilidades hídricas, não havendo

até o momento atitude no sentido de implantar culturas menos exigentes em água nas épocas de maior escassez. Este fato aponta para a necessidade de implantação de um planejamento de plantio (calendário agrícola) de âmbito comunitário, em que os irrigantes programem os plantios de modo a alocar as culturas de menor demanda hídrica e mais tolerantes ao estresse hídrico nas épocas de escassez de água.

Tabela 5. Volume hídrico subterrâneo necessário para agricultura irrigada no vale aluvial, considerando a ocupação do solo em diferentes períodos.

	mai/04	jan/05	Out/05
área irrigada (m <sup>2</sup> )	79615.38	100000.00	133636.36
Volume (m <sup>3</sup> )	14818.35	17583.16	23715.01
volume/área	0.19	0.18	0.18

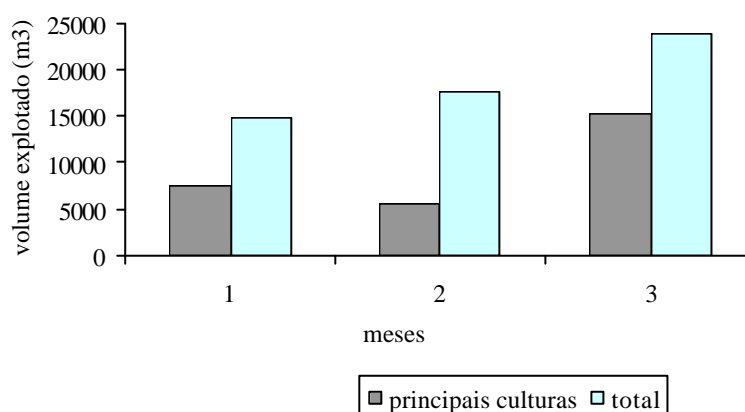


Figura 4. Contribuição das principais culturas quanto a exploração hídrica subterrânea para irrigação para os meses de maio/2004 (1), janeiro/2005 (2) e outubro/2005 (3).

As Tabelas 6 e 7 apresentam a qualidade da água de irrigação em termos de salinidade de diferentes poços instalados na extensão do vale aluvial e as respectivas culturas exploradas, bem como indica a faixa de produtividade relativa esperada em dois meses distintos. Os valores médios de condutividade elétrica da água (CEa) para os

períodos avaliados foram semelhantes, 1,30 e 1,23 mS/cm, com desvios padrão de 0,60 e 0,42 mS/cm, respectivamente. Em ambos os períodos, as culturas da cenoura e do pimentão se destacam tanto em frequência como em extensão de área plantada, chegando a representar cerca de 50% (maio/04) e mais 1/3 (janeiro/05).

No tocante à qualidade da água dos poços destinados à irrigação dessas culturas em maio de 2004, verifica-se que a água dos poços não ofereceram risco de quebra de produtividade para a cenoura (produtividade relativa de 100%), registrando níveis de salinidade abaixo do limiar (0,7 mS/cm). Entretanto, todos os plantios de pimentão se situavam em áreas cujos poços apresentavam valores de CEa acima do limiar de salinidade para esta cultura, indicando possibilidade de quebra entre 10 e 50% de produtividade. No segundo período avaliado, verifica-se um agravamento do número de culturas com risco de perda de produtividade (Figura 5), aumentando em 18 pontos percentuais em relação ao primeiro, em detrimento da manutenção e da introdução de culturas sensíveis aos níveis de salinidade presentes (Tabela 7).

O panorama local denota o caráter natural do vale em armazenar água de salinidade bastante variável, mas mostra também a falta de um plano de orientação comunitário que objetive a adaptação do plantios à qualidade da água dos poços, de maneira a implementá-los com culturas e cultivares mais tolerantes sob condições de maior salinidade dos poços.

Tabela 6. Salinidade da água (CEa) em poços amazonas utilizada na irrigação para o mês de maio de 2004, e faixa de produtividade relativa de algumas culturas, segundo (Ayers e Westcot, 1999).

Poço	Cultura	CEa poço(mS/cm)	Faixa de produtividade relativa (%)
CA-2 Malaquias	Cenoura	0.7	100
	Batata Doce	0.7	100
CA-2 Dedê	Cenoura	0.7	100
CA-3 Elizabete	Cenoura	0.68	100
	Beterraba	0.68	100
CA-5 Zito	Pimentão	1.45	90-100
CA-16 Jean	Cenoura	0.77	90-100
CA-19 Barboza	Jerimum	1.47	100
CA-20 Paulo	Pimentão	1.15	90-100
	Tomate	1.15	100
CA-25 Zé Jacinto	Cenoura	0.62	100
CA Novo Josa - Neco	Repolho	0.87	100
Poço-1Nildo	Maracujá	1.76	100
	Goiaba	1.76	100
	Pimentão	1.76	75-90
Poço-1 Zé Paulo	Beterraba	1.76	100
	Pimentão	1.76	75-90
Poço-2 Geraldo Santos	Pimentão	2.34	50-75
	Repolho	2.34	75-90
Poço-2 Tida	Repolho	2.34	75-90
Poço-3 Carlinhos	Pimentão	1.42	90-100
Poço-4 Bilú	Pimentão	0.56	100

Tabela 7. Salinidade da água em poços amazonas utilizada na irrigação, para o mês de janeiro de 2005, e faixa de produtividade relativa de algumas culturas, segundo (Ayers e Westcot, 1999).

Poço	Cultura	Cea (mS/cm)	Faixa de produtividade relativa (%)
CA-3 Elizabete	Cenoura	0.90	90-100
CA-9 Manuel Raimundo	Pimentão	0.77	100
	Banana	0.77	100
CA-10 Gino	Pimentão	0.77	100
CA-13 Geraldo	Feijão de Corda	1.25	75-90
CA-14 Pedro	Cenoura	1.20	75-90
CA-17 Vivaldo	Pimentão	1.14	90-100
	Cenoura	1.14	75-90
CA-19 Novo Barboza	Tomate	0.63	100
CA-20 Oscar	Feijão de Corda	1.03	75-90
CA-24 Geraldina	Cenoura	1.03	90-100
	Beterraba	1.03	100
CA-25 Zé Jacinto	Pimentão	1.36	90-100
CA-27 Antônio Renato	Tomate	0.98	100
CA Novo Josa - Neco	Tomate	0.99	100
Poço-1 Rozenildo	Goiaba	0.97	100
	Maracujá	0.97	100
	Mamão	0.97	100
	Pepino	0.97	100
Poço-2 Geraldo Santos	Feijão de Corda	1.89	50-75
	Melão	1.89	100
	Maxixe	1.89	100
Poço-2 Tida	Repolho	1.89	75-90
Poço-2 Louro	Mamão	1.89	100
	Feijão de Corda	1.89	50-75
Poço-2 Nena	Feijão de Corda	1.89	50-75
Poço-3 Carlinhos	Cenoura	1.62	75-90
	Beterraba	1.62	75-90
Poço-4 Jerônimo	Repolho	0.82	100
Poço-4 Bilu	Cenoura	0.82	90-100

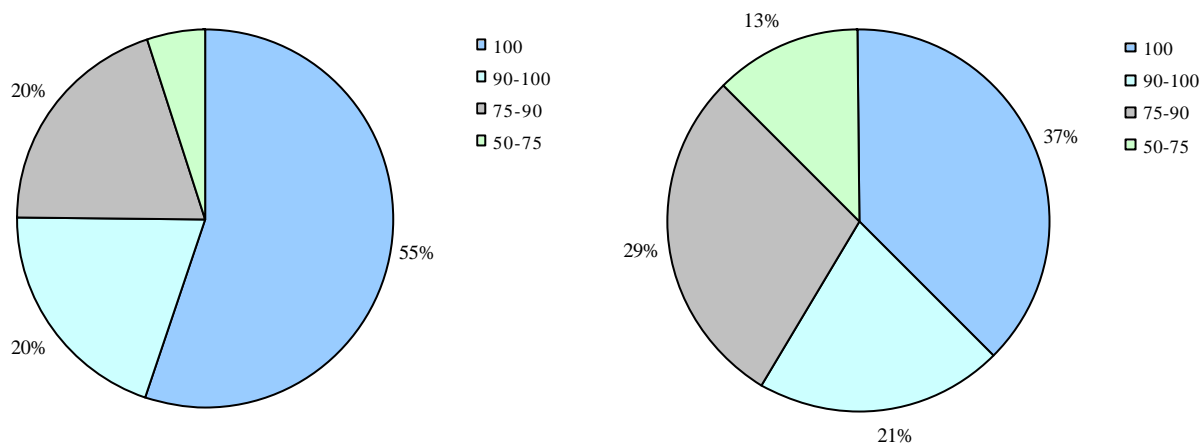


Figura 5. Frequência de produtividade relativa de algumas culturas em função da salinidade da água de irrigação (CEa) de poços amazonas, em Rosário.

De modo a generalizar as discussões, e permitir aplicação dos resultados às áreas de Campo Alegre e Mutuca, apresenta-se na Tabela 8 uma recomendação geral quanto à salinidade limite da água de irrigação, de modo a não acarretar redução de produtividade em mais de 75%. As informações são derivadas de compilações de diversos materiais, dentre eles o trabalho de Ayres e Westcot (1999), e as experiências das Universidades Federal Rural de Pernambuco, Federal de Campina Grande (Paraíba), e da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), no Rio Grande do Norte.

A sensibilidade à salinidade e ao estresse hídrico são fatores que podem limitar o cultivo. Ambos os fatores concorrem para a diminuição da produtividade agrícola, o primeiro pela perturbação de processos fisiológicos, e o segundo pela limitação ou mesmo paralisação do crescimento. Outro fator que pode apresentar um efeito sinérgico aos anteriores é a sensibilidade ao encharcamento pela redução da oxigenação das raízes e geração de microclima favorável ao desenvolvimento de doenças, principalmente a alguns tubérculos, tuberosas e frutos suculentos. Nos três vales aluviais estudados pode-se verificar a ocorrência isolada ou conjugada desses fatores em três épocas definidas do ano: chuvosa, seca inicial e seca final.



Tabela 8- Recomendações de salinidades limite nas águas de irrigação

CULTURA	CE lim(dS/m)
Banana	3.00
Batata Doce	2.50
Beterraba	4.50
Cebola	1.80
Cenoura	1.90
Feijão de Corda	1.50
Fruteira	2.20
Goiaba	3.00
Jerimum	3.20
Mamão	4.00
Maracujá	3.00
Maxixe	3.00
Melancia	3.00
Melão	4.00
Milho	2.50
Pimentão	2.20
Pepino	2.90
Repolho	2.90
Tomate	3.40

A época chuvosa corresponde aos meses de abril a julho, sendo caracterizado pela recarga do lençol freático e lixiviação de sais do perfil do solo e por chuvas de baixa intensidade e longa duração. Essa última condição, aliada a ocorrência de solos com incapacidade em permitir a infiltração com taxas superiores a lâmina precipitada, pode provocar o surgimento de períodos de encharcamento por tempo suficiente para promover danos às culturas sensíveis.

A época seca inicial se estende entre os meses de agosto e novembro. Na transição para esta época, a frequência de chuvas se reduz ou praticamente se anula, o nível do lençol freático se abaixa, e o solo apresenta os menores níveis de salinidade, em virtude da lavagem do perfil no período anterior. Configura-se então, na época mais adequada a realização dos plantios, principalmente daquelas menos tolerantes ao encharcamento e à salinidade.

Compreendendo os meses de dezembro a março, a época seca final é caracterizada pela elevação da salinidade média da água do aluvião, da demanda hídrica atmosférica (ET<sub>o</sub>), e pela redução da disponibilidade de água para irrigação suplementar, verificada pela depleção do nível do lençol freático, que apresenta em geral as maiores profundidades do ano hidrológico. Isto se deve a uma relação de causa e efeito, em que as taxas

evapotranspirativas se elevam, o aporte hídrico subterrâneo se reduz, ao mesmo tempo que a salinidade da água utilizada tende a aumentar. Isto condiciona o aumento da CEa na zona saturada, pela concentração de sais, e o acúmulo de sais no perfil do solo cultivado pela prática da irrigação, que começa a ser lixiviado para o lençol com a ocorrência das primeiras chuvas, que são, via de regra, intensas e de curta duração nessa época.

A condutividade média mensal ao longo período avaliado é variável; entretanto, tomando-se como exemplo para discussão o vale de Rosário, verifica-se uma tendência de crescimento da época seca inicial (1,35 mS/cm) à época chuvosa (1,43 mS/cm).

Levando em consideração os critérios de limitação aos cultivos já discutidos, a maioria das culturas desenvolvidas localmente apresentou potencial de queda de produtividade relativa. No tocante à salinidade, com exceção das culturas do tomate e da beterraba, todas as demais apresentaram limiar de salinidade abaixo dos valores observados nas três épocas relacionadas, com diferentes graus de queda de produtividade relativa.

Dentre as culturas exploradas localmente, as que sofrem as maiores limitações nas épocas são:

- Cebola;
- Cenoura;
- batata-doce;
- feijão-de-corda;
- repolho;
- , pimentão;
- melão;
- jerimum.

Deve-se dar ênfase para as quatro primeiras, que sofrem em duas épocas: seca final e chuvosa. A primeira por conta do estresse hídrico e da salinidade, e a segunda devido ao risco de encharcamento e da salinidade. Na época seca final, a restrição ao cultivo, em especial, de cenoura, de cebola e de feijão de corda se justifica devido à elevada quantidade de água demandada por essas culturas. Já na época chuvosa, a produção pode ser comprometida pela elevada intolerância ao excesso de umidade, haja visto que se tratam de tuberosa, tubérculo e grão.

Com base nos dados apresentados, pode-se inferir que a época que oferece melhores condições a prática da agricultura irrigada no aluvião é a seca inicial, por não apresentar limitações quanto ao encharcamento, o lençol freático está recarregado e o nível de salinidade da água serem os menos restritivos, conforme esclarece a Figura 6, embora claramente haja elevada necessidade de irrigação. A Figura 7 mostra que existe, em termos médios e para Rosário, uma elevada robustez na salinidade da água, que tende a não limitar os cultivos. Resultados semelhantes podem ser verificados para Mutuca e Campo Alegre, embora os valores médios sejam ligeiramente superiores, conforme apresentado no relatório sobre análise das águas subterrâneas.

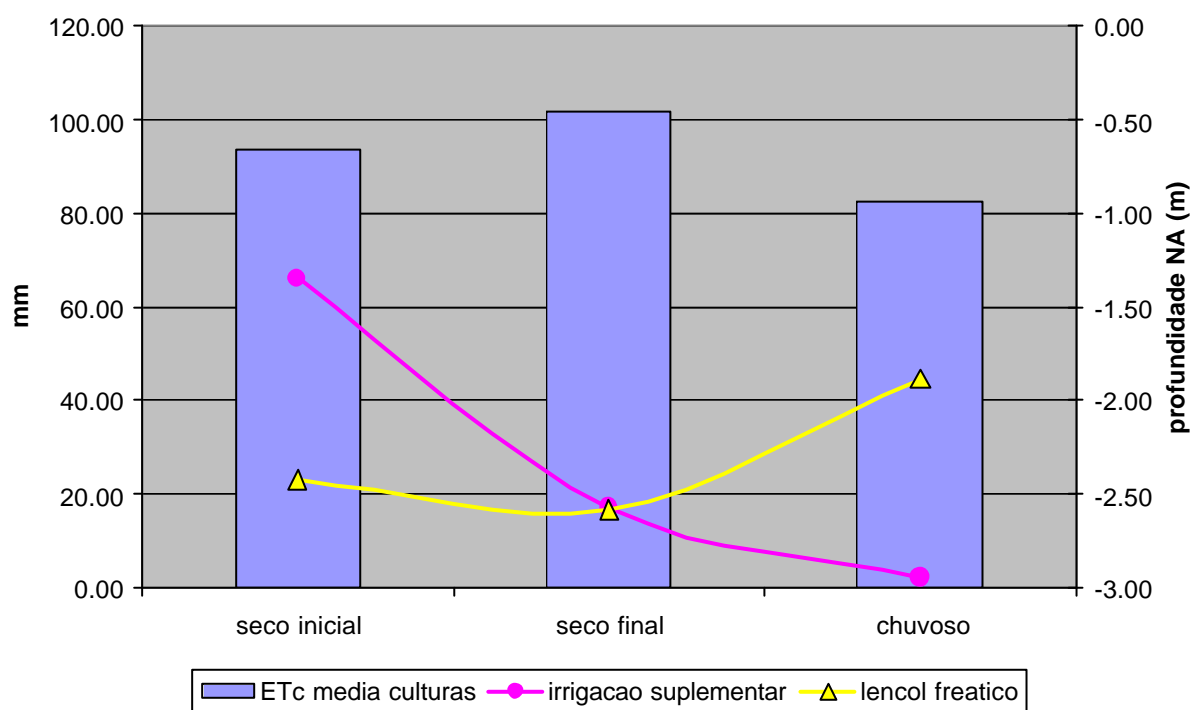


Figura 6. Evolução da necessidade de irrigação suplementar e consumo hídrico médio das culturas nas três épocas avaliadas.

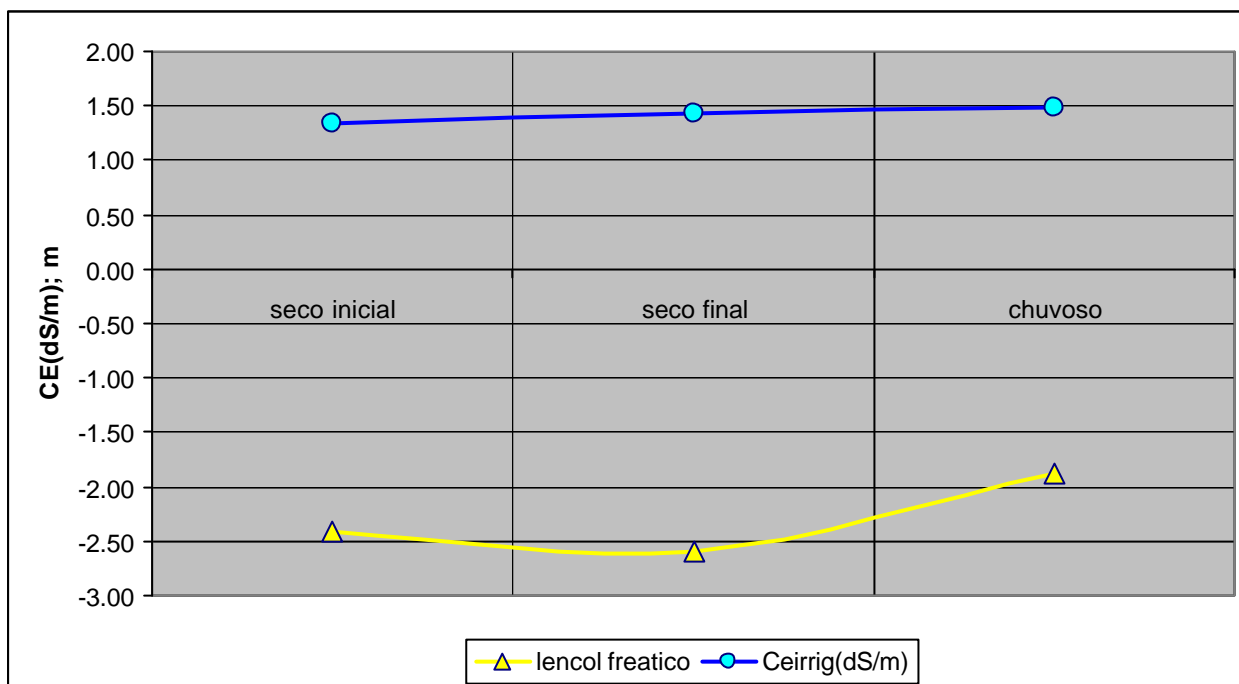


Figura 7. Evolução dos níveis de salinidade e da condutividade elétrica da água subterrânea nas três épocas avaliadas, para o aluvião de Rosário.

### V- Consumo hídrico e manejo de irrigação em áreas demonstrativas

As áreas demonstrativas foram utilizadas durante o projeto para avaliações do umedecimento do solo, estudos de eficiência, e para capacitações sucessivas voltadas aos agricultores, bem como a estudantes e professores das escolas locais. Em cada área, realizou-se o balanço hídrico da zona de raízes, em diferentes instantes, conforme discutido a seguir, para alguns períodos selecionados. Para efeito de manejo, foram considerados os seguintes equipamentos: a) hidrômetros; b) tensiômetros; c) pluviômetros; d) tanques evaporimétricos.

Os solos das áreas foram devidamente caracterizados, ao longo do perfil.

As Figuras 8a a 8d ilustram os diversos equipamentos utilizados.



Figura 8a- Medida de



evaporação e Precipitação.

Figura 8b- Medida de lâmina e eficiência.



Figura 8c- Manutenção e medida de tensão.



Figura 8d- Montagem e medida de vazão.

#### V.1-Consumo hídrico da área de Vivaldo:

A área de Vivaldo possui 1300m<sup>2</sup>, com solo classificado como argilo-arenoso, localizado na Fazenda Nossa Senhora do Rosário, município de Pesqueira-PE. No mês de dezembro a área estava sendo cultivada com pimentão, utilizando irrigação com microaspersor. A área é dotada de hidrômetro fixo, e os dados de evaporação e precipitação são do tanque classe “A” e pluviômetro Ville de Paris, instalados em Rosário. Para o cálculo da evapotranspiração foi adotado um kc (coeficiente de cultura) de 0,60.

A tabela 9 contém os dados de consumo de água, a lâmina média aplicada por dia, precipitação e a evapotranspiração mensal em meses de dezembro de 2004.

Tabela 9: Consumo de água, lâmina aplicada, precipitação e evapotranspiração mensal.

	Consumo de água em m <sup>3</sup>	Lâmina média / dia / planta em mm	Precipitação em mm	Evapotranspiração em mm
Dezembro - 2004	189.70	4.71	3.20	97.50

Pela figura 9, percebe-se que os potenciais matriciais, em geral, foram negativos durante o período observado, com exceção da camada de 80cm, que se apresentou quase sempre saturada. A camada de 120cm ficou na faixa de água disponível, bem como as de 30cm, 60cm e 100cm, sem restrição de umidade à cultura.

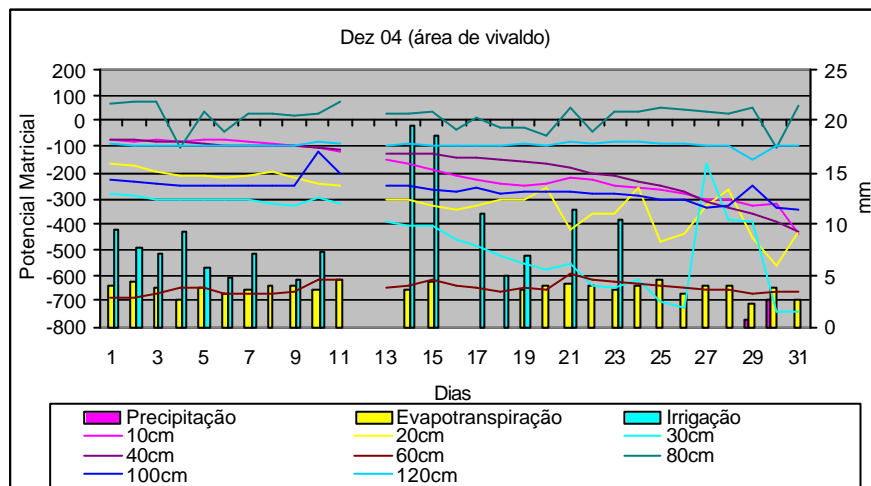


Figura 9: Potencial Matricial, Evapotranspiração, Irrigação e Precipitação da área de cultivo do pimentão no mês de Dezembro de 2004.

A curva de evapotranspiração acumulada e precipitação mais irrigação mostra que a cultura esteve com saldo de umidade devido as lâminas de irrigação terem sido sempre superiores que a evapotranspiração, conforme a figura 10, tendo-se optado pela alternativa de lixiviação completa dos sais.

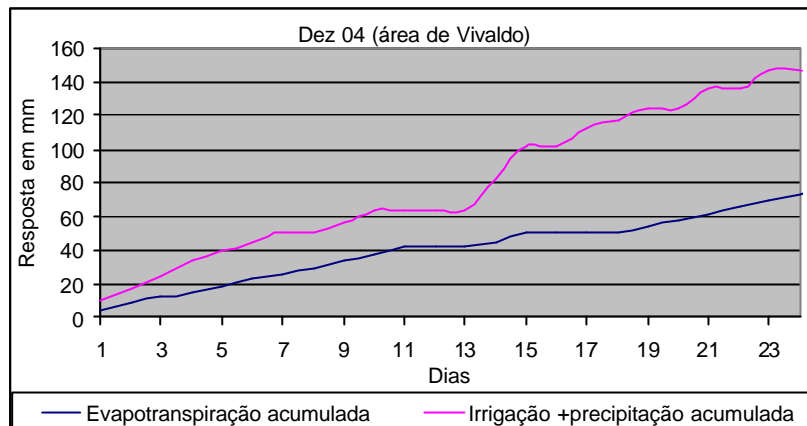


Figura 9: Gráfico da evapotranspiração e irrigação mais precipitação acumulada no mês de dezembro de 2004.

Verifica-se que a aplicação em excesso, para lixiviação completa de sais, pode causar saturação parcial do perfil do solo, particularmente em áreas com texturas não homogêneas ao longo da profundidade, como acontece nos solos aluviais estudados, onde intercalações argilosas são comuns, conforme ilustrado nas figuras 10a e 10b.

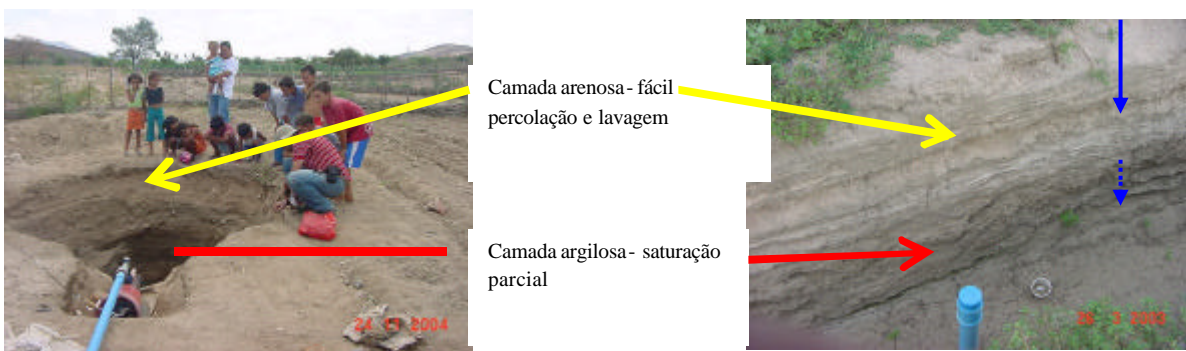


Figura 10a- Solo heterogêneo.

Figura10b- idem.

Com o objetivo de verificar a direção do fluxo de água para assim observar se há ascensão capilar, foi feita a observação dos potenciais matriciais totais nas camadas de 30cm, 40cm e 60cm, como pode ser visto na Figura 11. Essas camadas foram escolhidas por se localizarem no final e abaixo da zona radicular do pimentão, que possui raízes de 30cm a

40cm. Tendo em vista que a água se movimenta do maior potencial total para o menor, pela observação dos gráficos verifica-se que existe fluxo de água ascendente da camada de 40cm para a de 30cm, motivado provavelmente pela extração radicular maior na camada de 30cm, com exceção apenas do dia 27 de dezembro, quando o fluxo é invertido. A camada de 60cm, abaixo da zona radicular do pimentão, esteve com potencial total inferior às outras duas camadas, na maior parte do tempo, indicando presença de perfil drenante. A estabilização das tensões na camada de 60cm pode ser motivada pela presença de saturação parcial da camada de 80cm, conforme já discutido, que tende a manter o perfil de solo acima umedecido.

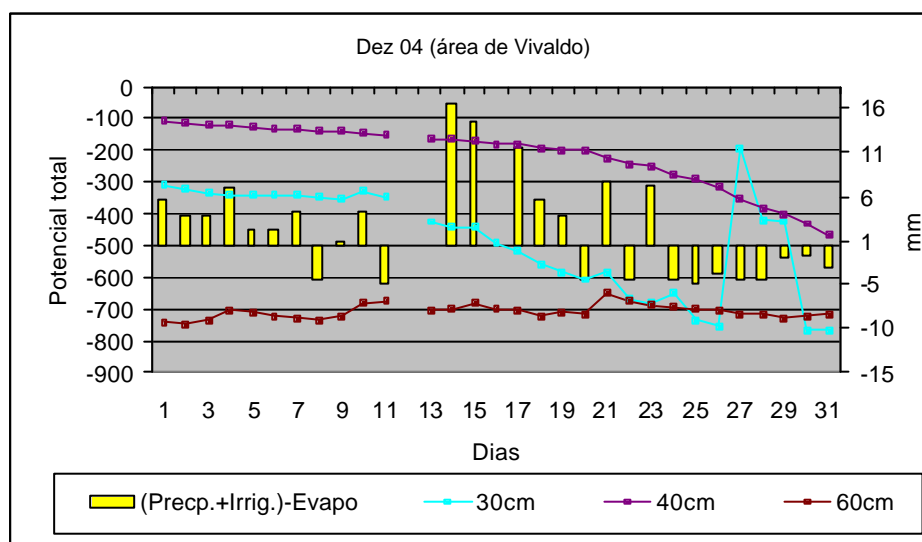


Figura 11: Potencial Total da área do pimentão para o mês de dezembro de 2004.

## V.2- Consumo hídrico da área de Nido.

A área de Nido possui 5054m<sup>2</sup>, com solo classificado como franco arenoso, localizado na Fazenda Nossa Senhora do Rosário, município de Pesqueira-PE. Há aproximadamente três anos, a área vem sendo cultivada com goiaba, utilizando irrigação localizada, método do macarrão. São 900 plantas com área de cova total de 942m<sup>2</sup>, sendo a área dotada de hidrômetro. Os dados de evaporação e precipitação são do tanque classe “A” e pluviômetro Ville de Paris instalados em Rosário. Para o cálculo da evapotranspiração foi adotado um kc (coeficiente de cultura) de 0.55, conforme a literatura. A zona radicular da



goiabeira é de aproximadamente 100cm de profundidade. Isso significa que apenas o tensiômetro a 120cm se localiza abaixo da zona radicular.

No mês de janeiro de 2005 foram consumidos 66.37m<sup>3</sup> de água, e a lâmina média aplicada por dia em cada planta foi de 2.27mm. A precipitação total foi 11.90mm e a evapotranspiração total de 112.70mm.

Observando-se a figura 12, percebe-se que os potenciais matriciais foram sempre negativos, com exceção dos dias 8,10 e 24, quando houve saturação do solo. As camadas de 10cm e 20cm, por estarem mais sujeitas aos fenômenos da evaporação, foram as que apresentaram maior variação durante o mês. Os potenciais ao longo do perfil do solo se mantiveram em ótimas condições de umidade, indicando que a cultura está sendo bem suprida de água. Apenas nos dias 30 e 31, devido ao fato de não ter ocorrido irrigação ou precipitação, a camada de 10cm, mais sujeita as variações atmosféricas, teve o seu potencial diminuído abaixo da capacidade de campo. Cabe salientar que cobertura morta (“mulching”) é usada no cultivo.

Os potenciais acompanharam as variações da evaporação e da precipitação e irrigação, com as estatísticas clássicas apresentadas na Tabela 10. A evapotranspiração acumulada no mês de janeiro foi superior à precipitação somada a irrigação acumulada, e as diferenças entre as curvas foram aumentando com o passar do tempo, devido à diminuição da lâmina diária de irrigação aplicada, conforme se observa na figura 13.

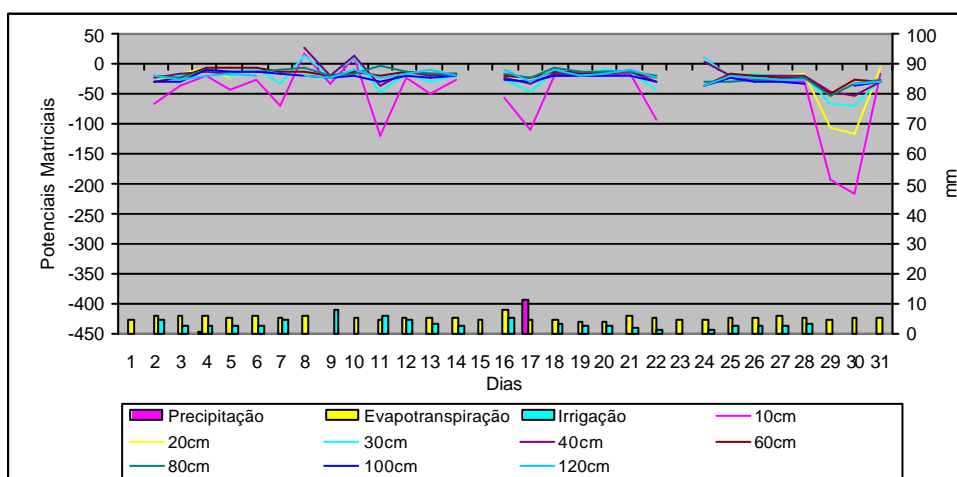


Figura 12: Tensões Matriciais, Evapotranspiração, Irrigação e Precipitação da área de cultivo da goiaba no mês de Janeiro de 2005.

Tabela 10: Médias, desvio padrão e coeficiente de variação para os potenciais matriciais no mês de janeiro.

Dia/Profund.	10	20	30	40	60	80	100	120
Média	-47.83	-35.63	-21.85	-17.99	-19.25	-18.87	-23.94	-20.42
DP	54.98	40.85	19.84	16.12	9.30	10.17	7.47	7.52
CV	-114.95	-114.64	-90.82	-89.59	-48.30	-53.92	-31.18	-36.81

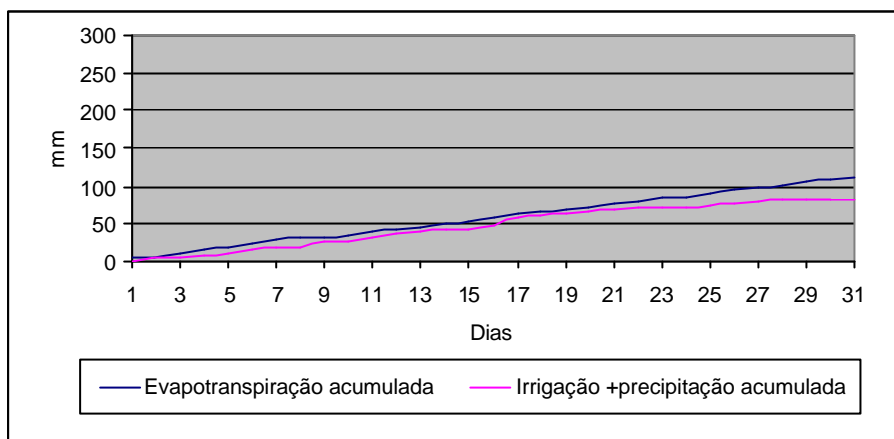


Figura 13: Gráfico da evapotranspiração e irrigação mais precipitação acumulada, no mês de janeiro de 2005.

No mês de março de 2005 foram consumidos  $44.76\text{m}^3$  de água, e a lâmina média aplicada por dia, em cada planta, foi de  $1.53\text{mm}$ . A precipitação total foi  $202.12\text{mm}$  e a evapotranspiração total de  $88.20\text{mm}$ .

Pela figura 14, percebe-se que os potenciais matriciais foram sempre negativos. As camadas de  $10\text{cm}$  e  $20\text{cm}$ , por estarem mais sujeitas aos fenômenos da evaporação, foram as que apresentaram maior variação durante o mês. Os potenciais ao longo do perfil do solo se mantiveram em ótimas condições de umidade, indicando que a cultura está sendo bem suprida de água. Apenas nos dias 30 e 31, devido ao fato de não ter ocorrido irrigação ou precipitação, a camada de  $10\text{cm}$ , mais sujeita às variações atmosféricas, teve o seu potencial diminuído abaixo da capacidade de campo.

Os potenciais acompanharam as variações da evaporação e da precipitação e irrigação. A evapotranspiração acumulada no mês de janeiro foi superior à precipitação somada a irrigação acumulada, e as diferenças entre as curvas foram aumentando com o passar do tempo, devido à diminuição da lâmina diária de irrigação aplicada, conforme se observa na figura 14.

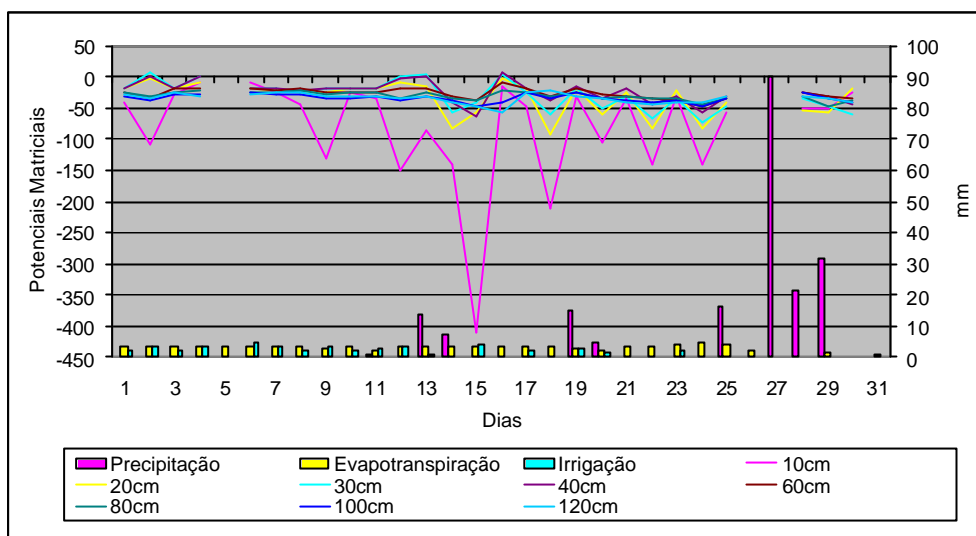


Figura 14: Tensões Matriciais, Evapotranspiração, Irrigação e Precipitação da área de cultivo da goiaba no mês de Março de 2005.

Tabela 11- Estatística básica do potencial matricial na área de Nido.

Dia/Profund.	10	20	30	40	60	80	100	120
Média	-80.67	-34.17	-29.26	-23.74	-26.98	-30.31	-34.39	-33.90
DP	84.98	26.47	22.72	17.39	8.53	6.98	6.04	7.71
CV	-105.35	-77.47	-77.66	-73.25	-31.63	-23.02	-17.55	-22.76

### V.3- Consumo hídrico da área de Paulo:

A área de Paulo possui 2736m<sup>2</sup>, com solo classificado como franco arenoso, localizado na Fazenda Nossa Senhora do Rosário, município de Pesqueira-PE. Durante os meses de outubro de 2004 a janeiro de 2005, a área estava sendo cultivada com tomate utilizando irrigação localizada, método da fita, que se constitui em um sistema de gotejo simplificado. Foram plantadas aproximadamente 16416 plantas, com área de cova total de 1159.79m<sup>2</sup>. A área é dotada de hidrômetro, e os dados de evaporação e precipitação são do tanque classe “A” e pluviômetro Ville de Paris instalados em Rosário. Para o cálculo da evapotranspiração foi adotado um kc (coeficiente de cultura) médio de 0.71, de acordo com a literatura. A zona radicular do tomateiro é de aproximadamente 60cm de profundidade.

A Tabela 12 contém um resumo dos dados de consumo de água, a lâmina média aplicada por dia em cada planta, precipitação e a evapotranspiração mensais nos meses de outubro e novembro de 2004.

Tabela 12: Consumo de água, lâmina aplicada, precipitação e evapotranspiração mensal dos meses observados.

	Consumo de água em m3	Lâmina média / dia / planta em mm	Precipitação em mm	Evapotranspiração em mm
Outubro - 2004	140.31	3.90	0	122.30
Novembro - 2004	159.20	4.58	9.12	158.22

Pela figura 15, percebe-se que os potenciais matriciais foram sempre negativos em todo o período observado. Os potenciais durante o mês de outubro foram maiores que em novembro, indicando que o solo estava mais úmido nesse mês; também se observa que as camadas de 10cm e 20cm, mais sujeitas aos fenômenos da evaporação, quase sempre se apresentaram abaixo da capacidade de campo, não tendo ocorrido chuvas no mês de outubro de 2004, e assim toda a necessidade hídrica da cultura foi suprida apenas por irrigação. Em novembro, até o dia 05 apenas as camadas de 30cm e 60cm estavam com potenciais dentro da faixa de água disponível; do dia 05 ao 11, apesar da área está sendo irrigada, todo o perfil estava abaixo da capacidade de campo; a partir de então, a camada de 30cm apresentou-se sempre saturada e observam-se também períodos em que as profundidades de 20cm, 40cm e 60cm estão com água disponível reduzida.

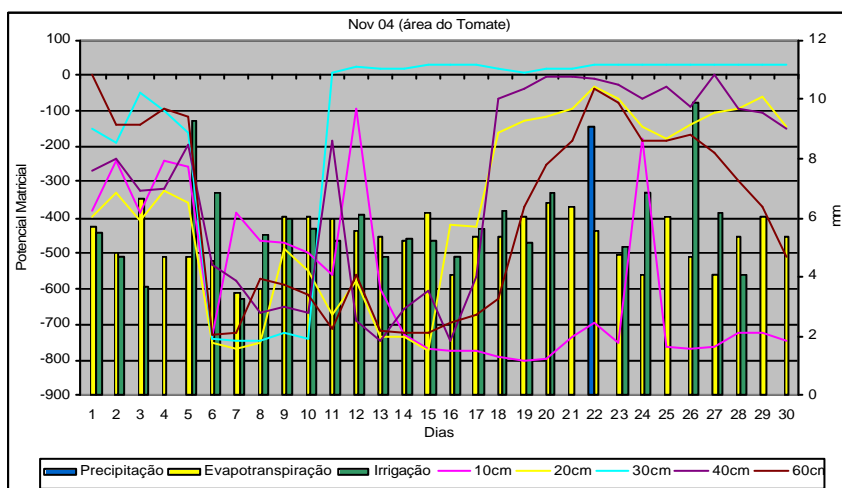


Figura 15a- Potenciais Matriciais, Evapotranspiração, Irrigação e Precipitação da área de cultivo do tomate no mes de Novembro de 2004.

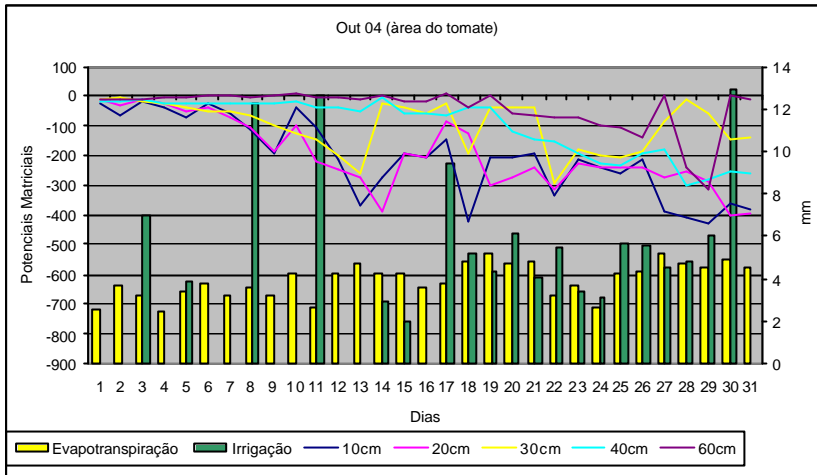


Figura 15b: Potenciais Matriciais, Evapotranspiração, Irrigação e Precipitação da área de cultivo do tomate no mês de Outubro de 2004.

As curvas de evapotranspiração acumulada e precipitação mais irrigação ficaram bastante próximas, quase não havendo diferenças significativas entre elas durante os dois meses estudados, indicando de que o déficit hídrico provocado pela evapotranspiração foi suprido de maneira adequada pela irrigação. Ocorreu apenas um dia com chuvas de 9.22mm em 22 de novembro, e esta foi suficiente para suprir a cultura apenas nesse dia (Figura 16). A figura 17 indica que o manejo foi feito de maneira correta, embora a textura do solo, mais arenosa, tenha contribuído para oscilações fortes de potencial matricial.

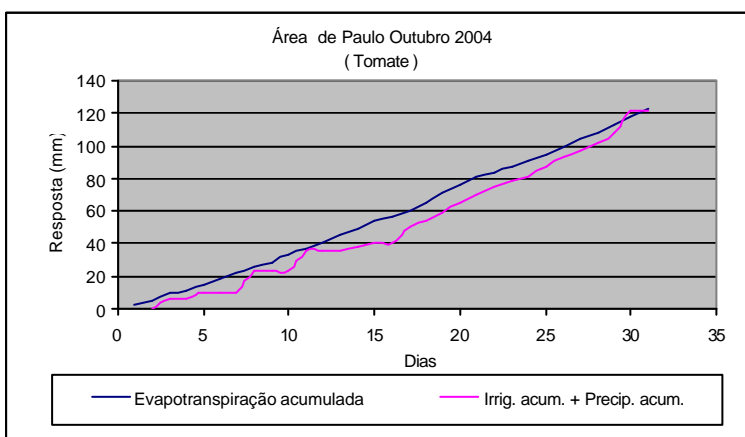


Figura 16a: Gráfico da evapotranspiração e irrigação mais precipitação acumulada no mês de outubro de 2004.

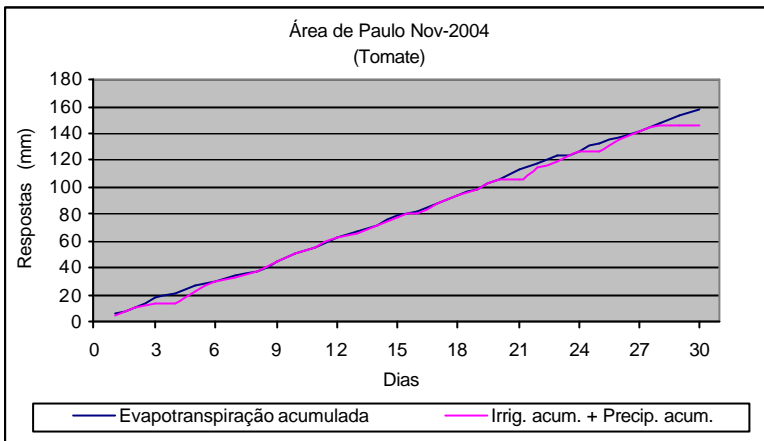


Figura 16b: Gráfico da evapotranspiração e irrigação mais precipitação acumulada no mes de novembro de 2004.

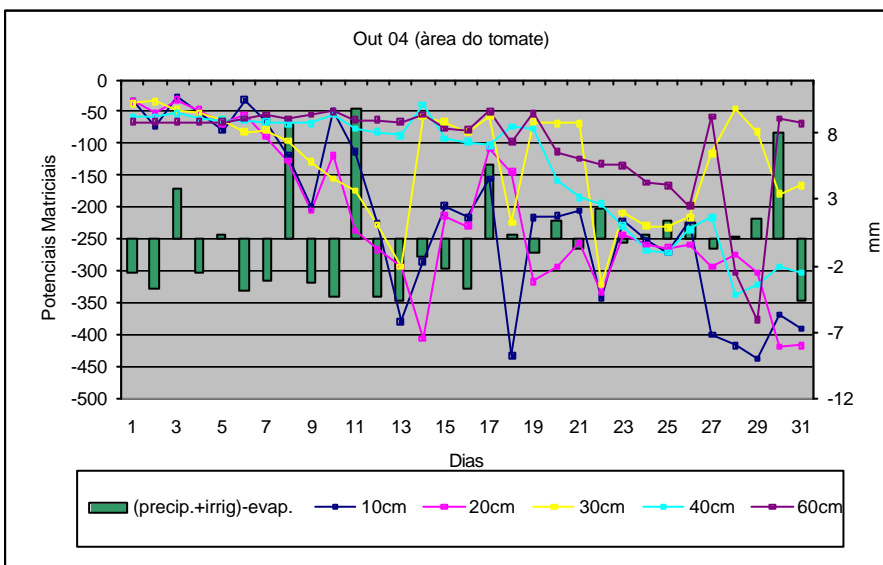


Figura 17a: Potenciais Totais da área da goiaba para o mes de outubro de 2004.

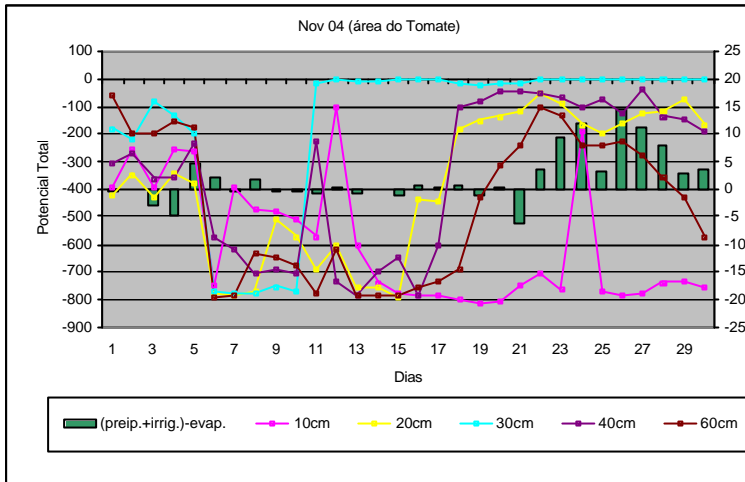


Figura 17b: Potenciais Totais da área da goiaba para o mes de novembro de 2004.

## VI- Salinidade do solo

Com base em leituras de condutividade elétrica de pastas saturadas de amostras de solo, bem como em leituras eletromagnéticas em campo (utilizando equipamento GEONICS, conforme descrito em Leal et al. (2003)), a salinidade do solo não se constitui em problema, salvo em condições locais, facilmente identificadas pela formação de crostas superficiais e presença de plantas indicadoras.

Do ponto de vista de salinidade, sem dúvida a salinidade da água de irrigação é o parâmetro indicador de maior relevância a ser considerado, o qual é, inclusive, mais facilmente monitorável que o solo.

A Figura 18 apresenta a salinidade de solo para as camadas de 0-30cm e 30-60cm, amostradas segundo as locações indicadas em azul, para o vale de Rosário, em Outubro de 2004. Os valores, embora superiores a 4dS/m, o que classicamente representa o limite a partir do qual o solo é considerado salino, são absolutamente normais para o semi-árido brasileiro, não chegando a limitar a produção agrícola.

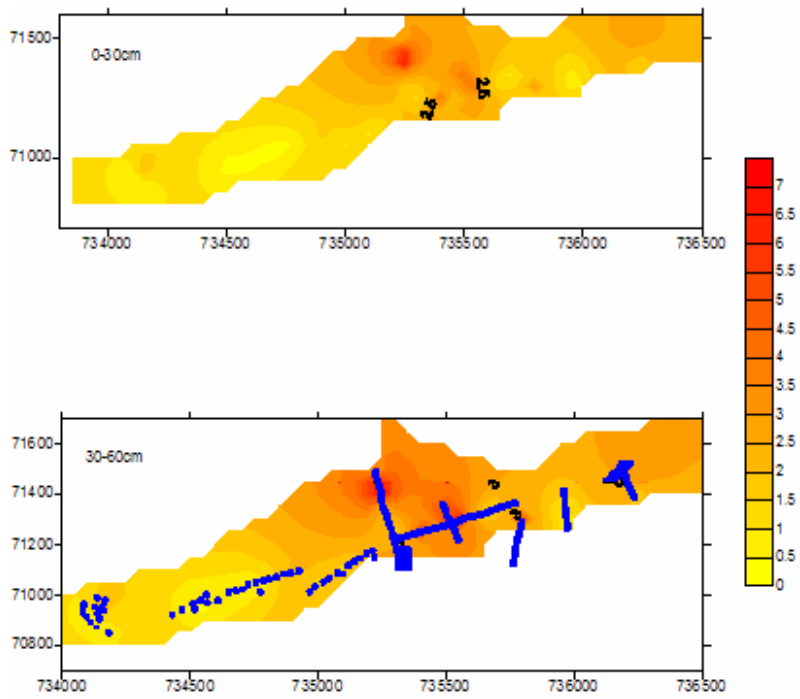


Figura 18- Salinidade do solo, em dS/m, em Rosário (Outubro de 2004).