

AVANÇOS EM PESQUISAS SOBRE SALINIDADE DO SOLO E DA AGUA: **Alguns Resultados de Pesquisa**

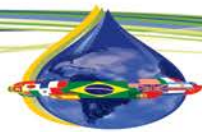
José Francismar de Medeiros

Engo. Agro. UFERSA, Pesquisador CNPq I-A

Coordenador Linha Pesquisa IV do INCTSal/CNPq

Introdução:

- Região nordeste do Brasil - clima semiárido
- Água de irrigação utilizada nos Projetos públicos tem salinidade baixa
- Manejo da irrigação inadequada e problemas de drenagem
- Salinização e sodificação dos solos nos Perímetros irrigados.
- Parte das águas subterrânea e superficiais com níveis de salinidade elevados.



NORDESTE BRASILEIRO

Área – 1.561.178 km² (18%)

Semiárido - 841.260 km²

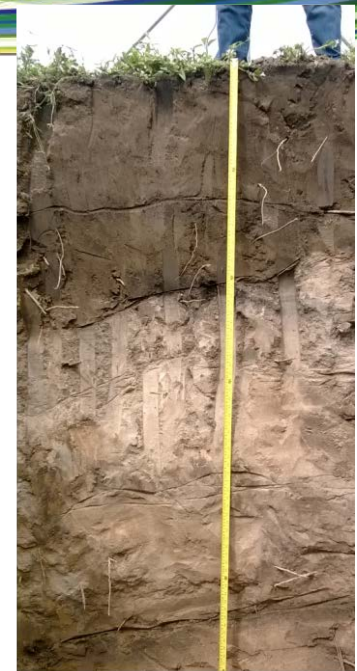
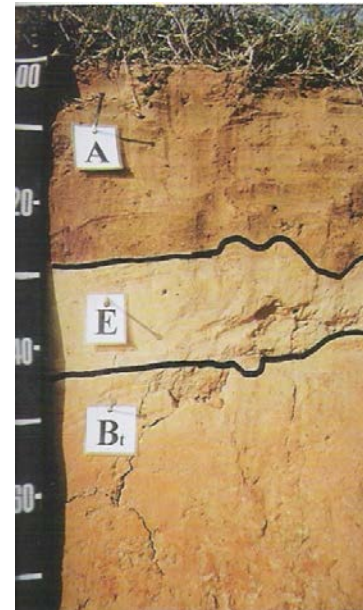
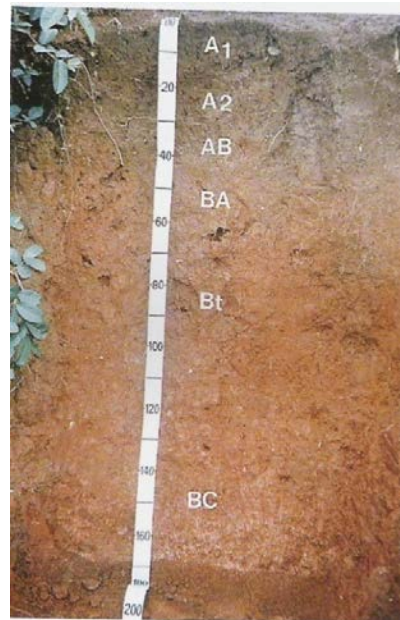
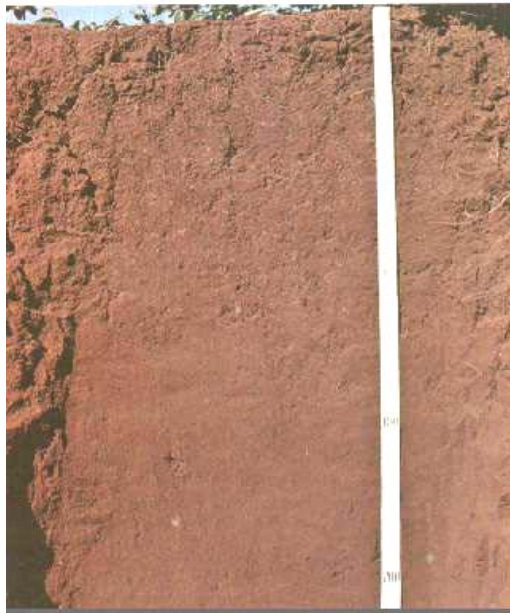
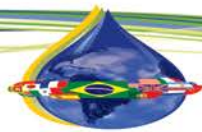
n **Formação geológica**

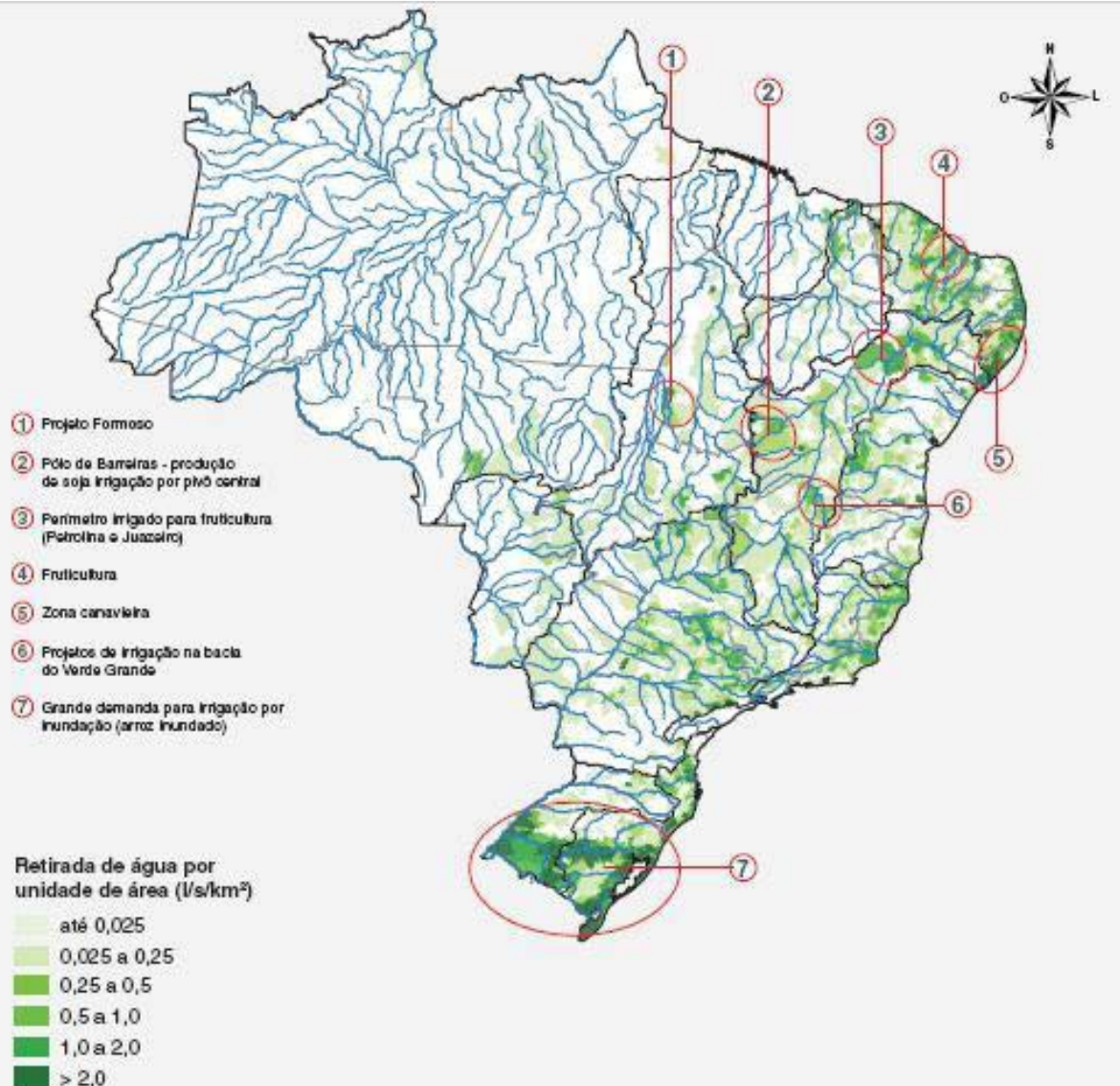
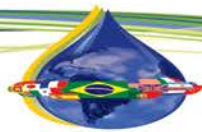
n **Solos irrigáveis**

- Sedimentares – Calcários, Areníticos e de sedimentos terciários e do holoceno
- Boa drenagem
- Profundos

n **Classes:** Latossolos, Cambissolos, Argissolos e Neossolos flúvicos e quartzarênicos



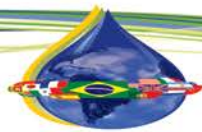




Brasil:
Vazão de retirada total para irrigação = 861 m^3/s
Área irrigada total = 4,6 milhões de hectares

Escala Gráfica:
0 150 300 600 900 1.200 km

EXPLORAÇÃO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO NO BRASIL



IRRIGAÇÃO NO NORDESTE

Potencial hídrico para irrigação no semiárido (algumas áreas)

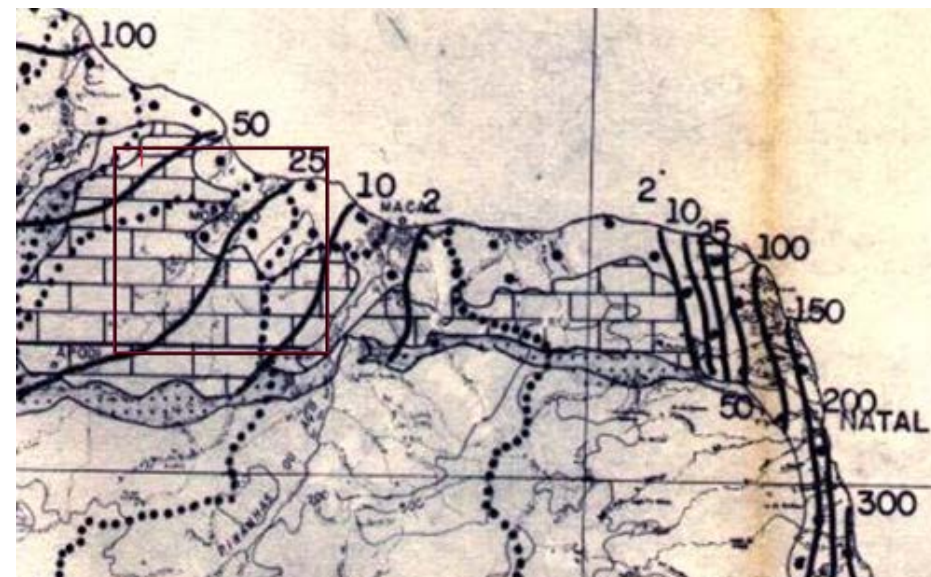
-Águas superficiais

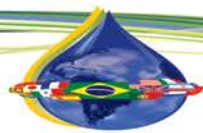
- Vale do São Francisco - 6,0 milhões de solos e água para um milhão de ha ($1000 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Vale do Jaguaribe – 200 mil ha de solos e água para 75 mil ha ($75 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Vale do Assu e do Rio Mossoró – 80 mil ha de solos e água para 17 mil ha ($17 \text{ m}^3/\text{s}$)

-Águas subterrâneas na Bacia Potiguar

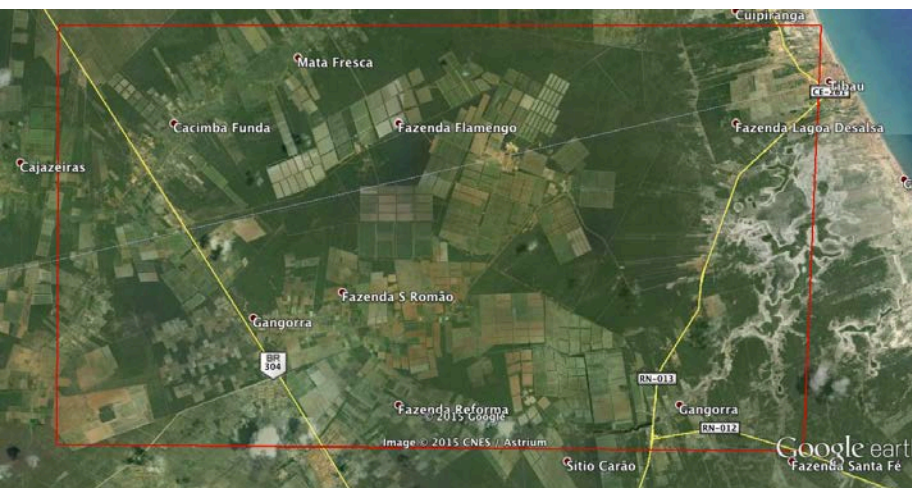
- Calcário Jandaíra - 100 mil ha de solos e água para 5 mil ($5,0 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Arenito – 50 mil ha de solos e água para 630 a 1200 ha ($0,63 \text{ a } 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$)

Região de Mossoró (Localização)

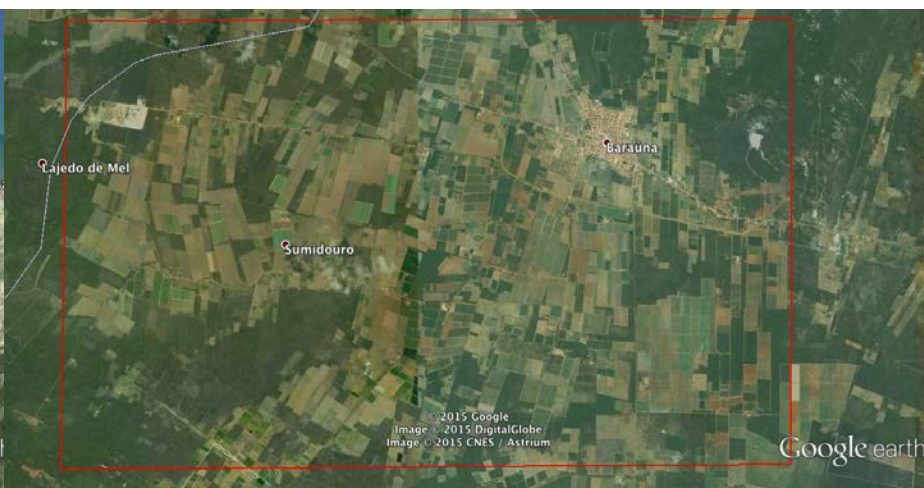




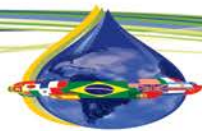
Região de Mossoró (áreas irrigadas)



Mossoró (50 x 27 km)

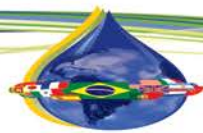


Baraúna (33 x 20 km)



Acompanhamento do nível dinâmico dos poços, antes e após o período chuvoso, na área irrigada da Chapada do Apodi

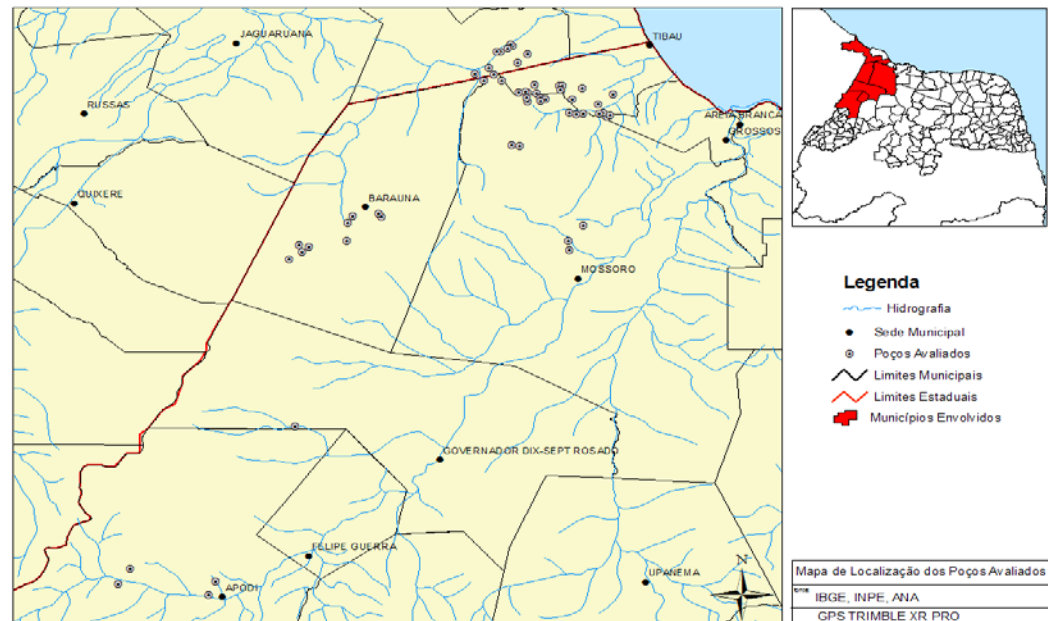
Localidade*	Nível dinâmico (m)			
	1ª medida		2ª medida	
	Data	Leitura	Data	Leitura
Baraúna ¹	13/10/99	45,2	8/6/00	32,0
Sumidouro ¹	13/01/99	53,0	8/6/00	28,0
Velame ¹	21/09/99	36,0	8/6/00	27,0
Boa Água ¹	25/09/99	50,0	8/6/00	35,0
Maisa Ap ²	25/02/00	65,0	9/6/00	44,0
Maisa Un ²	25/02/00	65,0	9/6/00	26,0
Maísa Ib ²	25/02/00	67,0	9/6/00	18,3
Cajazeira ³	20/10/99	9,3	9/6/00	8,0
Mata Fr. ³	20/10/99	8,0	9/6/00	7,0
Mata. Fr. ³	20/10/99	11,0	9/6/00	9,5

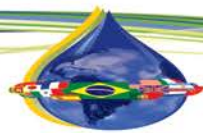


Nível dinâmico dos poços utilizados para irrigação, em Mossoro, RN

Localidades	1ª coleta Jul/05	2ª coleta Dez /05	3ª coleta Jul/06	4ª coleta Dez/06
(m)				
Gangorra	15,6±9,57 [#]	16,2±10,32	15,4±7,56	15,9±9,70
Califórnia	10,5±9,38	13,2±9,89	9,94±8,15	14,4±10,04
Pau Branco	19,0±6,08	20,4±6,62	19,0±6,52	21,0±6,90
Posto Fiscal	16,6±8,33	17,0±6,67	16,8±6,67	17,2±7,55
Mata Fresca	8,4±1,21	9,1±1,40	7,5±1,4	8,5±1,02
Todos	14,2	15,2	13,7	15,4

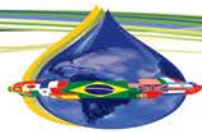
[#] Média ± desvio padrão





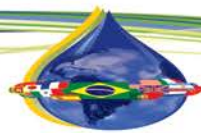
Qualidade da água no Brasil

- Águas salinas – no semiárido
- Composição
 - Fatores que influenciam: concentração, fonte e geologia
 - Cloretadas-sódicas : para $CE > 0,7$ dS/m
 - Águas superficiais: $CE < 0,7$ - $HCO_3 > Ca$



- **Qualidade da água usada na pequena irrigação no NE**
 - CE média – 1,1 dS/m
 - 2/3 com $CE < 0,7$ dS/m

Composição média: Ca – 19%, Mg – 21%, Na – 58%
Cl – 70%, HCO_3 – 20%
- **Águas de grandes açudes no RN**
 - $CE < 0,7$
 - Região Agreste – CE: 1 a 3 dS/m

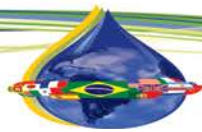


Composição química de águas utilizadas para irrigação no NE

Fonte- Local	pH*	CE (dS/m)	Cátions (mmol/L)				Ânions (mmol/L)				RAS
			Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	
Barragem de Pau dos FerrosRN	8,2	0,49	1,55	1,30	2,02	0,22	2,40	2,45	0,00	-	1,79
Barragem de Assu – São RafaelRN	8,1	0,29	0,95	0,80	1,01	0,13	1,60	1,60	0,00	-	1,08
Açude São Gonçalo– Sousa-PB	7,1	0,24	1,05	0,80	0,61	0,20	0,65	1,85	0,00	-	0,63
Rio S. Francisco– PetrolinaPE	-	0,07	0,40	0,25	0,25	0,00	0,38	0,63	0,00	0,17	0,44
Rio Açu– Ipanguaçu-RN	7,8	0,27	0,80	0,62	1,05	0,10	0,87	1,70	0,00	0,07	1,25
Açude pequeno– PombalPB	7,7	0,28	0,87	0,52	1,23	0,10	0,99	1,78	0,00	0,06	1,46
Poço amazonas– AngicosRN	7,6	4,8	8,97	12,06	28,01	0,30	43,72	3,12	0,32	1,13	8,64
Poço amazonas– Condado-PB	8,1	0,53	1,88	1,04	3,07	0,07	3,17	2,25	0,15	0,11	2,78
Poço tubular– Mossoró-RN	7,2	3,11	13,5	4,10	8,10	0,10	17,80	6,20	0,00	-	0,10
Poço tubular– BaraúnasRN	6,7	1,53	8,50	3,60	4,69	0,10	6,10	9,60	0,00	1,10	3,96
Poço tubular Baraúnas RN	6,7	1,10	7,20	2,60	2,26	0,10	4,10	6,30	0,00	-	0,10
Rio Mossoró Mossoró RN	8,1	0,82	3,10	2,75	3,15	0,10	5,63	2,81	0,36	0,46	1,84

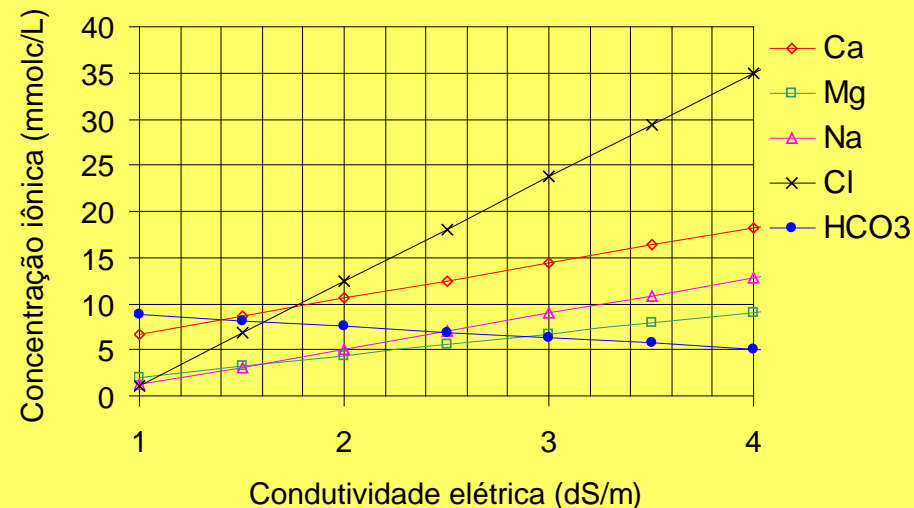
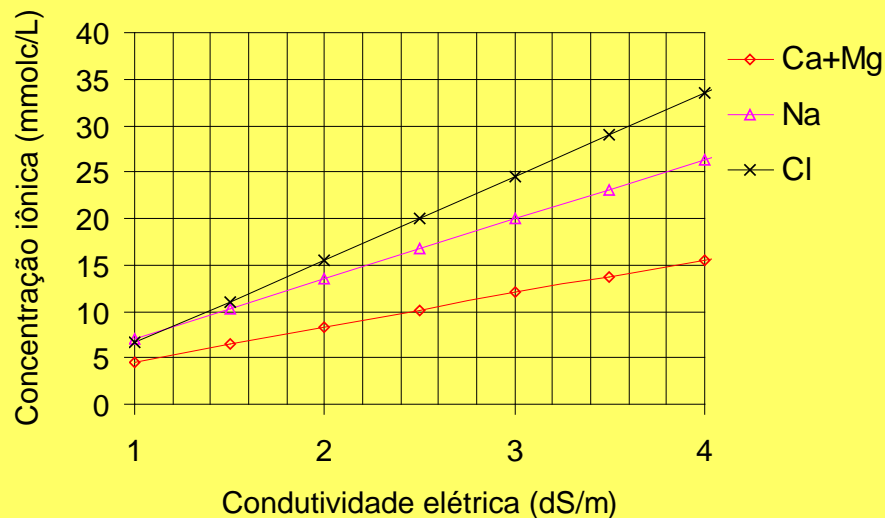
As águas de poço, sobretudo as ricas em bicarbonatos, o pH 24 horas após coletadas pode passar para valor superior a 8,0.

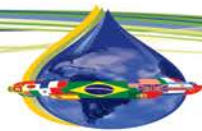
Fonte: Gheyi et al., 2001; Medeiros et al., 2003



Equações empíricas entre condutividade elétrica (CE) e os principais constituintes químicos de águas usadas na irrigação, de origens distintas

Relação*	Origem da Fonte de Água			
	Água do cristalino nordestino ¹		Água do sedimento calcário ²	
	Equação	r ²	Equação	r ²
RES x CE	RES = -13,6 + 643.CE	0,980	-	-
Soma de cátions x CE	SCAT = -0,10 + 10,5.CE	0,987	SCAT = 4,46 + 7,34.CE	0,867
Ca+Mg x CE	Ca+Mg = 4,43.CE ^{0,906}	0,903	Ca+Mg = 4,56 + 4,75.CE	0,773
Na x CE	Na = 0,69 + 6,41.CE	0,930	Na = -0,20 + 2,60.CE	0,813
Cl x CE	Cl = -2,38 + 8,97.CE	0,962	Cl = -6,07 + 8,76.CE	0,945

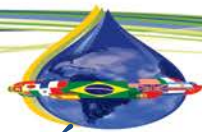




Equações empíricas das relações entre as características da água com respectivos coeficientes de determinação

Relação*	Medeiros (1992) (N = 557)	Martins (1993) (N = 833)
RES x CE	$RES = -13,6 + 643CE$ ($r^2 = 0,980$)	-
SCAT x CE	$SCAT = -0,10 + 10,46CE$ ($r^2 = 0,987$)	$SCAT = 0,34 + 8,50CE$ ($r^2 = 0,960$)
Ca + Mg x CE	$Ca + Mg = 4,43CE^{0,906}$ ($r^2 = 0,903$)	$Ca + Mg = 0,22 + 4,04CE$ ($r^2 = 0,777$)
Na x CE	$Na = 0,69 + 6,41CE$ ($r^2 = 0,930$)	$Na = -0,63 + 5,43CE$ ($r^2 = 0,824$)
Cl x CE	$Cl = -2,38 + 8,97CE$ ($r^2 = 0,962$)	$Cl = -1,00 + 6,52CE$ ($r^2 = 0,878$)
CE _{média}	1,14	0,58

*CE expressa em dS/m; RES (Resíduo ou sólidos dissolvidos), em mg/L; Concentração iônica, em meq/L

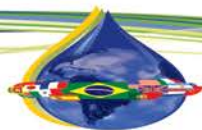


Características das águas dos poços utilizados para irrigação, na região de Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte. Alencar (2007)

Comunidade	Número de poços	CE (dS/m)	pH	RASc	Íons (mmol/L)					
				(mmol/L) ^{1/2}	Ca	Mg	K	Na	Cl	HCO ₃
Gangorra	4	4,0	6,86	4,28	19,7	8,1	0,22	15,9	37,3	5,3
California	7	3,3	7,06	3,24	16,3	6,5	0,12	11,0	29,5	5,3
Pau Branco	20	2,2	7,16	2,05	10,3	4,5	0,09	5,7	13,7	6,4
Posto Fiscal	7	1,8	7,13	1,72	9,0	3,6	0,07	4,3	10,2	5,9
Mata Fresca	5	1,8	6,96	1,73	9,5	3,4	0,07	4,4	8,1	4,5
Baraúna	7	1,3	6,93	0,96	8,2	2,6	0,06	2,3	4,6	6,1
Geral [†]	50	2,6	7,01	2,3	12,2	4,7	0,10	7,3	17,2	5,6

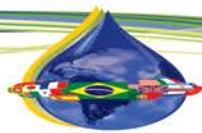
Relação	Primeira coleta (jul/05)		Quarta coleta (dez/06)	
	Equação	r ²	Equação	r ²
(Ca+Mg) x CE	y = 6,44x + 2,53	0,761	y = 5,94x + 2,55	0,971
Ca x CE	y = 4,16x + 2,54	0,848	y = 3,55x + 3,12	0,932
Na x CE	y = 4,71x - 4,60	0,722	y = 3,04x - 0,80	0,698
Cl x CE	y = 11,13x - 9,66	0,942	y = 11,47x - 10,70	0,993
RAS x CE	y = 0,60x + 0,69	0,523	y = 0,60x + 0,69	0,523
RASc x RAS	Y = 1,35x + 0,05	0,986	y = 1,42x - 0,04	0,980

Fonte: ALENCAR (2007)

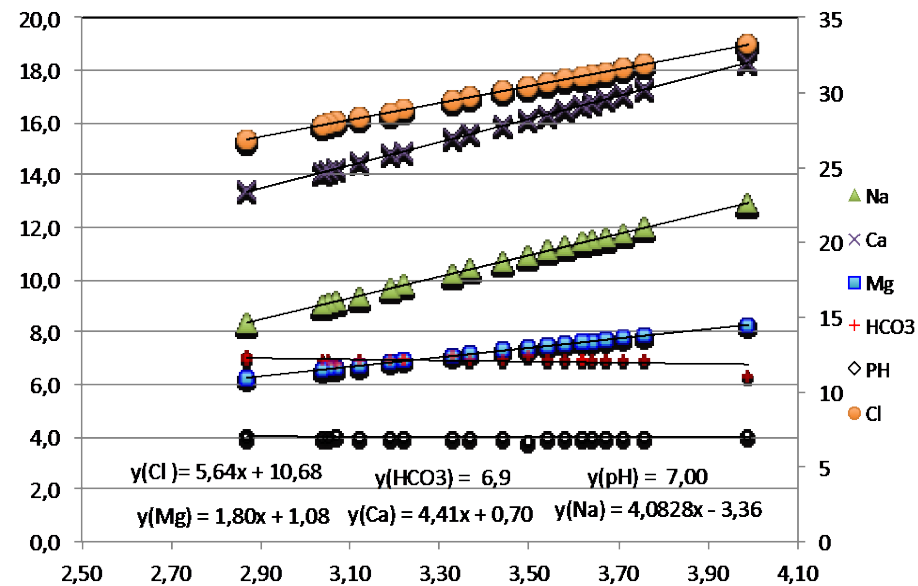
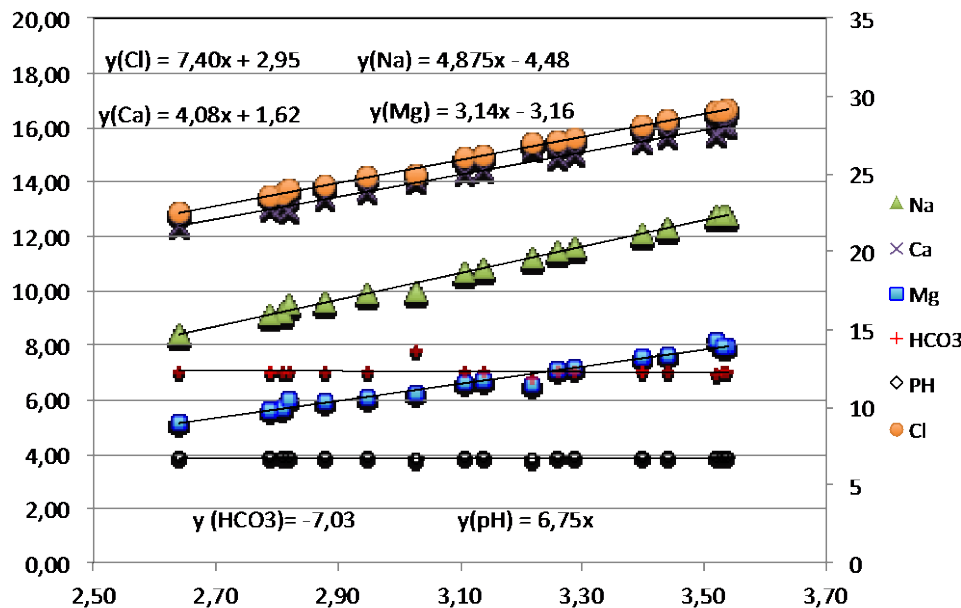


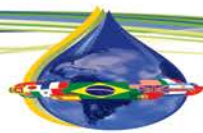
Fonte	31/03/14	31/10/14	20/03/15	30/06/12
poço 1 matriz	3,40	3,77	3,99	3,37
poço 2 matriz	3,52	3,58	3,76	3,98
poço 3 matriz	3,22	3,32	3,44	3,16
poço 4 matriz	3,53	3,56	3,67	3,70
poço 5 matriz	3,44	3,27	3,64	3,09
poço 6 matriz	3,14	3,20	3,33	
poço 7 matriz	3,40	3,46	3,62	3,43
poço 8 matriz	3,29	3,43	3,58	
poço 9 matriz	3,26	3,53	3,62	
poço 10 matriz	3,54	3,59	3,71	
poço 11 Xavier	3,11	3,24	3,54	3,24
poço 12 Xavier	2,82	3,35	3,04	2,97
poço 13 Xavier	2,79	3,05	2,87	
poço 2 filial jardim	2,95	3,12	2,87	2,45
poço 3 filial jardim	2,88	2,55	3,05	
poço 4 filial jardim	3,03	3,11	3,37	2,40
poço 5 filial jardim	2,81	2,25	3,22	
poço 6 Amorim	2,79	2,87	3,22	
Media	3,16	3,24	3,42	3,18
Media parcial	3,24	3,38	3,49	3,18

**Evolução da CE de
agua de poço
utilizada para
irrigação na
comunidade de Pau
Branco, Mossoro,
RN**



Relação iônica de águas utilizadas na irrigação na comunidade Pau Branco, em Mossoro, RN, em 2014 e 2015





CE, concentração de nitrato e total de N adicionado por irrigação ao solo, na comunidade de Pau Branco, Mossoro, RN, em jun/2012

Fonte	CE (dS/m)	NO ₃ (mg/L)	Quantidade de N adicionado ao solo com 350 mm de irrigação (kg/ha)
Poço Matriz P1	3,37	97	77
Poço Matriz P2	3,98	117	93
Poço Matriz P3	3,16	109	86
Poço Matriz P4	3,70	110	87
Poço Matriz P5	3,09	108	86
Poço Jardim P1	3,43	109	86
Poço Jardim P2	2,42	106	83
Poço Jardim P4	2,45	103	81
Poço Matriz P7	2,40	92	72
Poço Xavier P10	3,20	94	75
Poço Xavier P11	3,24	88	69
Poço Xavier P12	2,97	102	81

Nitrato e CE de aguas de poço, em Mossoro, RN (Vasconcelos, 2003)

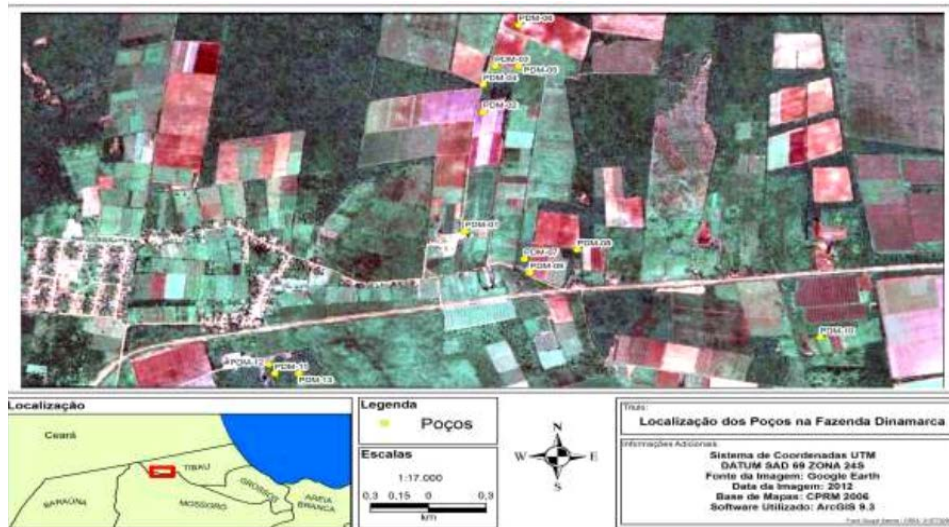


Figura 2 – Valores médios de condutividade elétrica, CE, ao longo do ano de 2012.

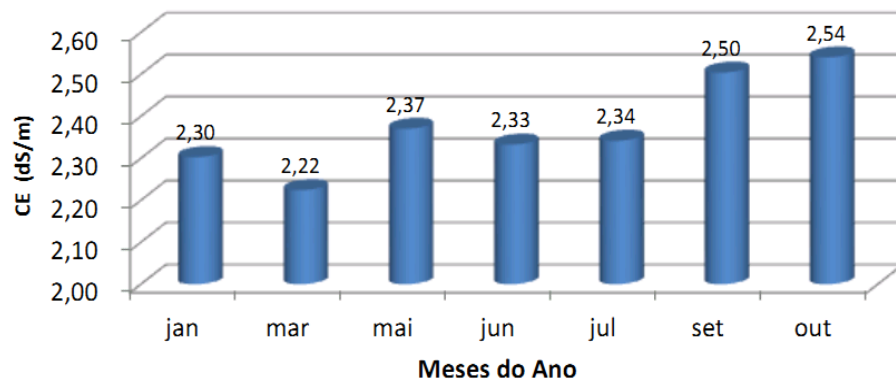


Gráfico 1– Controle de qualidade de Shewhart, das medidas individuais da condutividade elétrica (CE). Ano 2012.

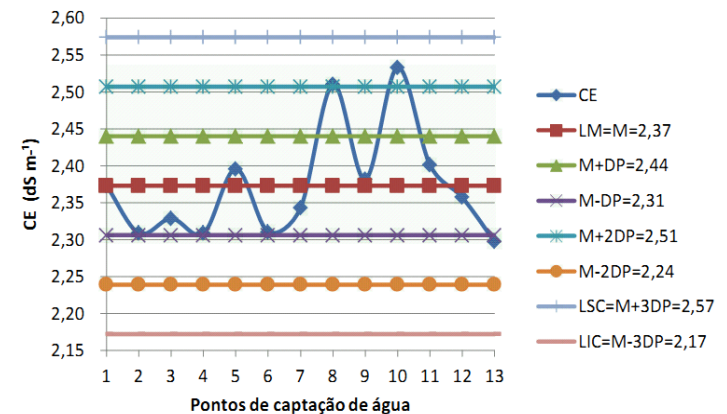
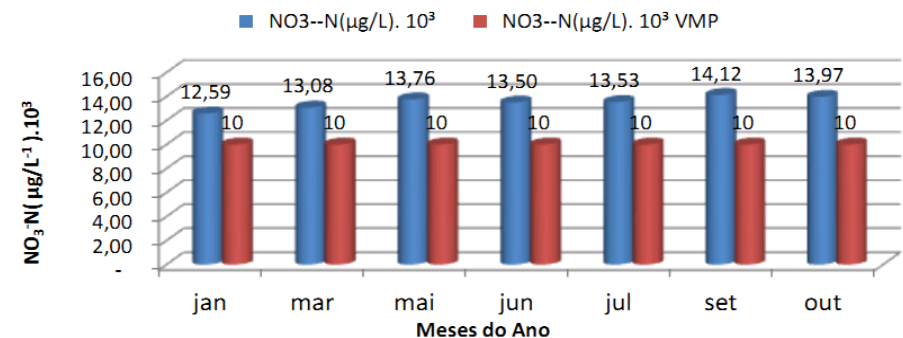
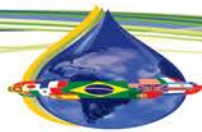


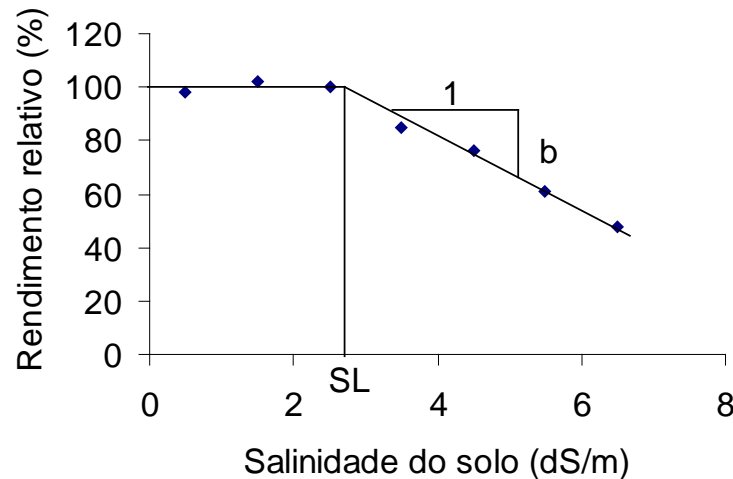
Figura 3 – Valores médios de nitrato (NO₃⁻-N) dos poços, ao longo do ano de 2012, e o valor máximo permitido (VMP) pela legislação brasileira.





• Convivência com água de média salinidade

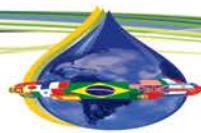
– Tolerância das culturas à salinidade



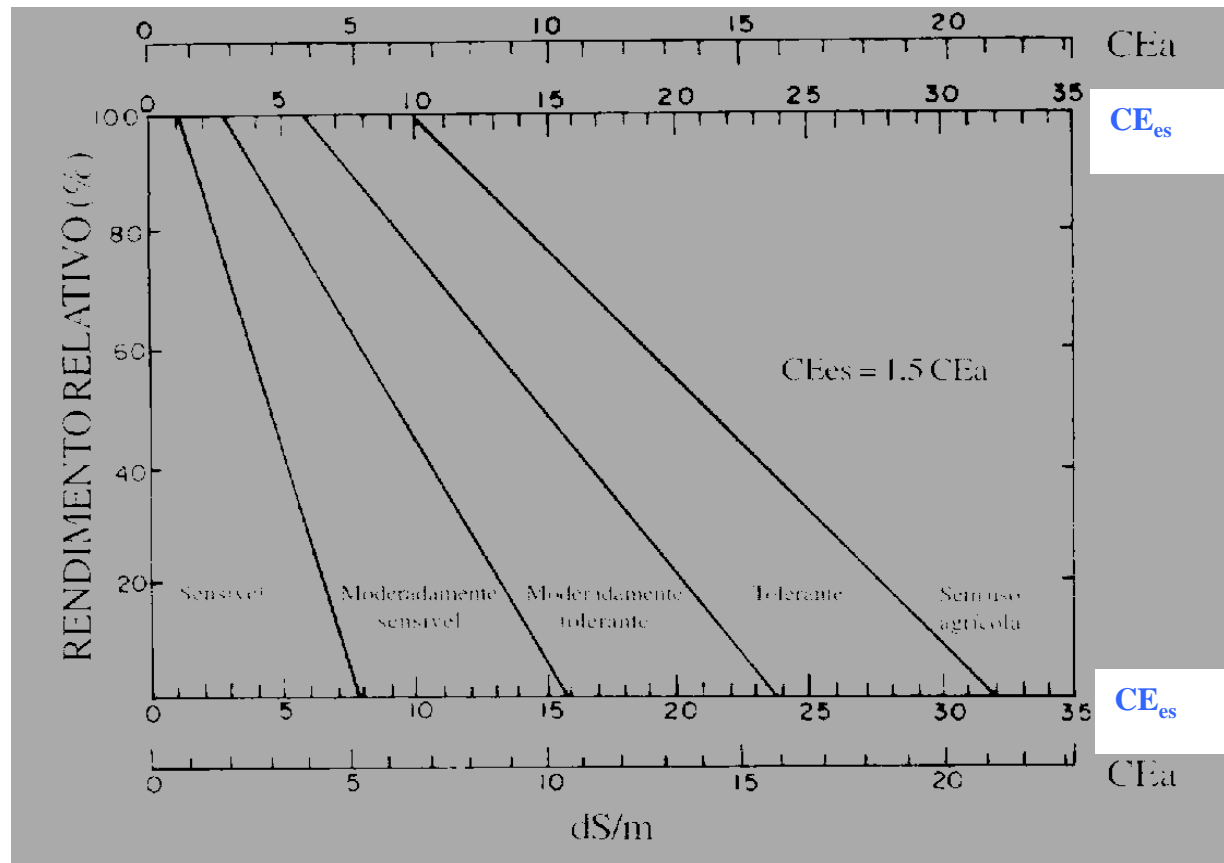
$$Y = 100 - b(CEes - SL) \text{ para } CEes > SL$$

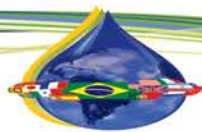
– Manejo da irrigação:

- Fração de lixiviação
- Frequência de irrigação
- Frequência de lixiviação



Limites de tolerância à salinidade das culturas (Maas, 1984)





Tolerância de algumas culturas à salinidade e seus valores de salinidade limiar (A) e de diminuição de rendimento relativo (B) por aumento unitário da salinidade

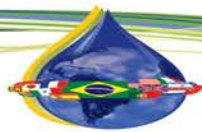
CULTURA	VALOR		TOLER. ³	CULTURA	VALOR		TOLER. ³
	A ¹	B ²			A ¹	B ²	
EXTENSIVAS							
Algodoeiro	7,7	5,2	T	Cevada	8,0	5,0	T
Arroz	3,3	13,0	MS	Feijão Phaseolus	1,0	18,9	S
Beterraba açucareira	7,0	5,9	T	Milho	1,7	12,0	MS
Cana-de-açúcar	1,7	5,8	MS	Soja	5,0	20,0	MT
Caupi	4,9	12,0	MT	Sorgo	6,8	16,1	MT
HORTALIÇAS							
Abobrinha italiana	4,7	9,4	MT	Alface	1,3	13,0	MS
Aspargo	4,1	2,0	T	Rabanete	1,2	13,0	MS
Beterraba	4,0	9,1	MT	Cebola	1,2	16,1	S
Abobrinha	3,2	16,1	MS	Berinjela	1,1	6,9	MS
Alho	3,0	17,0	S	Cenoura	1,0	14,1	S
Tomateiro	2,5	9,5	MS	Nabo	0,9	9,0	MS
Pepino	2,5	13,0	MS	Espinafre	2,0	7,6	MS
FORRAGEIRAS							
Capim Bermuda	6,9	6,4	T	Cevada forrageira	6,0	7,1	MT
Sesbânia	2,3	7,0	MS	Alfafa	2,0	7,3	MS
Capim mimoso	2,0	8,4	MS	Festuca alta	3,9	6,2	MT
Capim Sudão	2,8	4,3	MT	Caupi forrageiro	2,5	11,0	MS

Fonte: Adaptada de Maas & Hoffman (1976) e Maas (1986)

¹ A = Salinidade limiar (dS m⁻¹).

² B = Redução da produção relativa (%) por aumento unitário da salinidade do solo acima da salinidade limiar.

³ Tolerância, S = Sensível, MS = Moderadamente sensível, MT = Moderadamente tolerante e T = Tolerante.



Controle da salinidade

-Evapotranspiração da cultura (ET_c) – K_c

$$ET_r = ET_c.K_s$$

$$K_s = 1 - \frac{b}{K_y.100} (CE_{es} - SL) \quad \text{ou} \quad \frac{Y}{K_y.100}$$

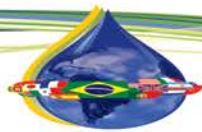
- Lâmina e lixiviação – FL e NL

$$NL = \frac{CE_a}{5.CE_e - CE_a} 100$$

$$NL = \frac{CE_a}{2.CE_{e_{\max}}} 100$$

$$CE_e = \frac{50.CE_a}{100 - NL} \ln\left(\frac{100}{NL}\right)$$

- Coeficiente de uniformidade de aplicação



Previsão da salinidade do solo

-Balanço de sais na zona radicular – equilíbrio

$$\frac{R}{I} = \frac{CE_a}{CE_r} = FL$$

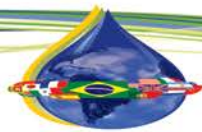
- Em relação a necessidade hídrica da cultura (E – P)

$$I = (E - P) \cdot \frac{CE_{cc}}{CE_{cc} - C_a} = (E - P) \cdot \frac{1}{1 - FL}$$

$$R^* = (E - P) \cdot \frac{CE_a}{CE_{cc} - CE_a} = (E - P) \cdot \frac{FL}{1 - FL}$$

- Acumulação de sais no solo em tempo curto

$$\Delta Z = \frac{I \cdot CE_a - \frac{R^* \cdot Z_1}{W_{cc}}}{1 + \frac{R^*}{2 \cdot W_{cc}}}$$



-Concentração molar de cálcio dissolvido ou precipitado na solução do solo para alcançar o equilíbrio com a calcita, em mmol L^{-1}

$$X = \left(9,32 + 2,47\text{CE}^{1/2} - 0,136\text{CE}\right) \left(\frac{\text{HCO}_3}{\text{Ca}}\right)^{-2/3} \quad (r^2 = 0,999)$$

- O valor da concentração de cálcio em equilíbrio na solução do solo, em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$

$$\text{Ca}_e = 0,43 \cdot X \cdot (P_{(\text{CO}_2)})^{1/3}$$

- Relação de adsorção do solo e sua sodicidade

$$\text{RASes} = \frac{\text{Naes}}{\sqrt{(\text{Caes}^* + \text{Mg})/2}}$$

$$\text{PST} = \frac{K_G \cdot \text{RASes}}{1 + K_G \cdot \text{RASes}} \cdot 100$$



Dados de solo:

$U_{cc} = 0.13$

$U_s = 0.26$

Composição da água

Íons	Na	Mg	Ca	Cl	HCO ₃
C (mmol/L)	10.0	4.0	9.3	15.3	7.0

$CE_a = 2.30$

$FL = 0.10$

$CE_{arit} = 2.99$

$CE_{pond} = 2.21$

$I/(E-P) = 1.111$

$R/(E-P) = 0.111$

Camada	$I/(E-P)$	Absorção	$R/(E-P)$	CE_a	CE_r	CE_{cc} média	CE_{es} média
1	1.111	0.40	0.711	2.30	3.59	2.95	1.47
2	0.711	0.30	0.411	3.59	6.22	4.90	2.45
3	0.411	0.20	0.211	6.22	12.11	9.16	4.58
4	0.211	0.10	0.111	12.11	23.00	17.55	8.78

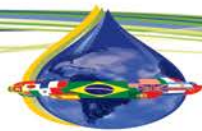
Salinidade média do perfil para irrigação convencional= 4.32

Salinidade média do perfil para irrigação de alta frequência= 3.12

Cálculo da salinidade corrigida pela precipitação do CaCO₃

Prof da Z.R em quartos	CE_r	F_c	Na	Mg	Ca	Cl	HCO ₃	RAS
0	2.30	1.00	10.00	4.00	9.30	15.30	7.00	3.88
1	3.59	1.56	15.63	6.25	14.53	23.91	10.94	4.85
2	6.22	2.70	27.03	10.81	25.14	41.35	18.92	6.38
3	12.11	5.26	52.63	21.05	48.95	80.53	36.84	8.90
4	23.00	10.00	100.00	40.00	93.00	153.00	70.00	12.26
Média para irrigação convencional=						57.48		7.05
Média para irrigação de alta frequência=						41.49		6.01

Prof da Z.R em quartos	P(CO ₂) (kPa)	HCO ₃ /Ca	X	Cae	RASaj	CEas	CEesaj
0	0.07	0.753	15.41	2.73	5.45	1.64	0.82
1	0.50	0.753	16.33	5.58	6.43	2.70	1.35
2	1.50	0.753	17.68	8.70	8.65	4.57	2.29
3	2.30	0.753	19.66	11.16	13.12	8.33	4.16
4	3.00	0.753	21.80	13.51	19.33	15.05	7.53
Média para irrigação convencional=					10.15	5.99	2.99
Média para irrigação de alta frequência=					8.44	4.42	2.21



Balanço de sais na zona radicular por camadas

Dados de solo:

Ucc= 0.13

Us= 0.26

Composição da água					
Íons	Na	Mg	Ca	Cl	HCO ₃
C (mmol/L)	1.9	1.4	0.7	1.4	2.0
CEa= 0.34					

FL= 0.01

CEarit= 2.31

CEpond= 1.19

I/(E-P)= 1.010

R/(E-P)= 0.010

Camada	I/(E-P)	Absorção	R/(E-P)	CEa	CEr	CEcc média	CEes média
1	1.010	0.40	0.610	0.34	0.56	0.45	0.23
2	0.610	0.30	0.310	0.56	1.11	0.84	0.42
3	0.310	0.20	0.110	1.11	3.12	2.11	1.06
4	0.110	0.10	0.010	3.12	34.00	18.56	9.28

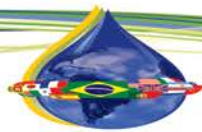
Salinidade média do perfil para irrigação convencional= 2.74

Salinidade média do perfil para irrigação de alta frequência= 1.35

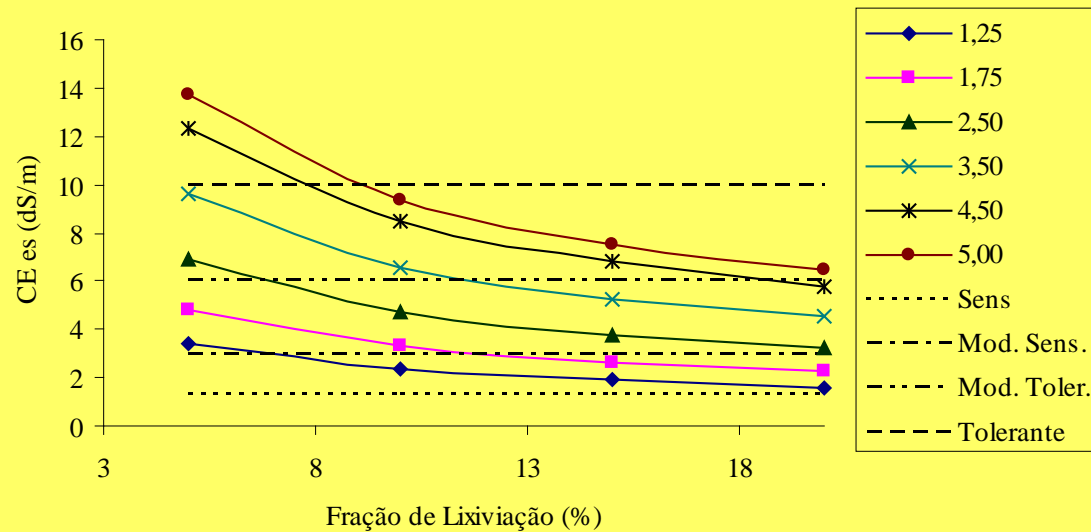
Cálculo da salinidade corrigida pela precipitação do CaCO₃

Prof da Z.R em quartos	CEr	Fc	Na	Mg	Ca	Cl	HCO ₃	RAS
0	0.34	1.00	1.87	1.40	0.73	1.40	2.04	1.81
1	0.56	1.66	3.10	2.32	1.21	2.32	3.38	2.33
2	1.11	3.26	6.09	4.56	2.38	4.56	6.64	3.27
3	3.12	9.17	17.16	12.84	6.70	12.84	18.72	5.49
4	34.00	100.00	187.00	140.00	73.00	140.00	204.00	18.12
Média para irrigação convencional=						22.61		5.26
Média para irrigação de alta frequência=						11.16		3.73

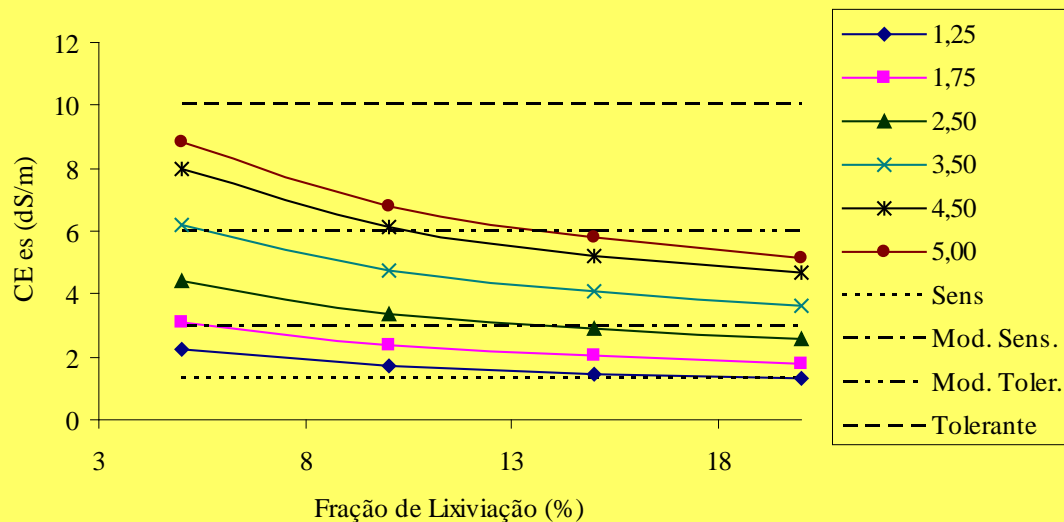
Prof da Z.R em quartos	P(CO ₂) (kPa)	HCO ₃ /Ca	X	Cae	RASaj	CEas	CEesaj
0	0.07	2.795	5.40	0.96	1.72	0.36	0.18
1	0.50	2.795	5.59	1.91	2.13	0.63	0.32
2	1.50	2.795	5.93	2.92	3.15	1.16	0.58
3	2.30	2.795	6.68	3.79	5.95	2.83	1.41
4	3.00	2.795	9.63	5.97	21.89	27.30	13.65
Média para irrigação convencional=					5.76	4.61	2.31
Média para irrigação de alta frequência=					3.86	2.37	1.19



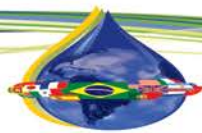
Irrigação Convencional



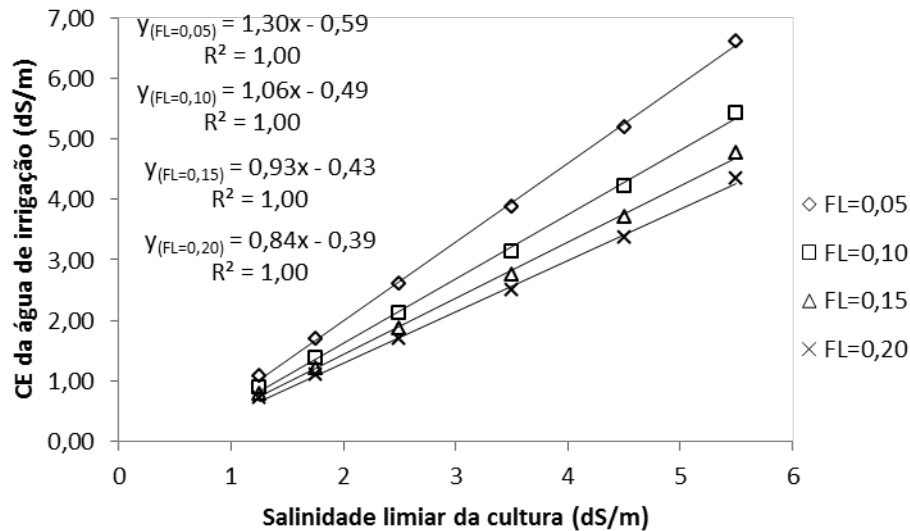
Irrigação de Alta Frequencia



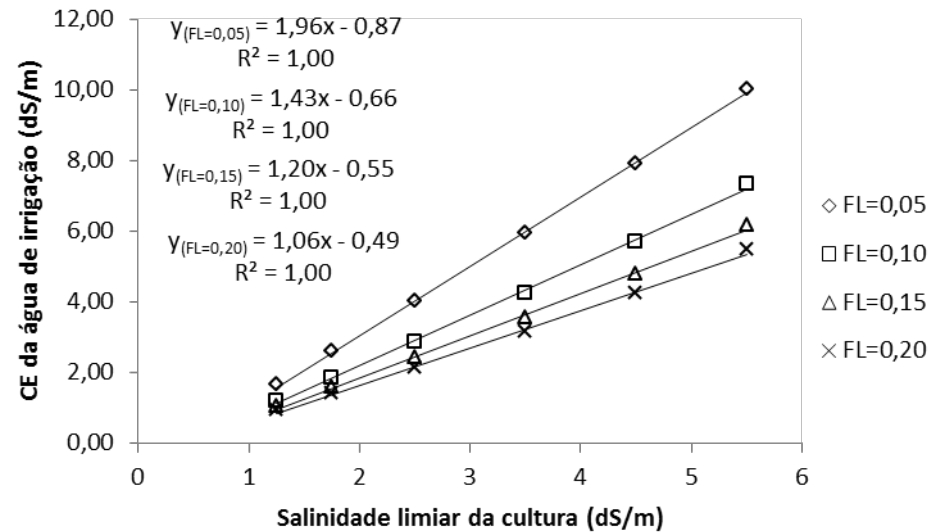
Comportamento da CEes em função da CEa e da fração de lixiviação aplicada através de métodos de irrigação convencional e de alta frequência para condições de Mossoró



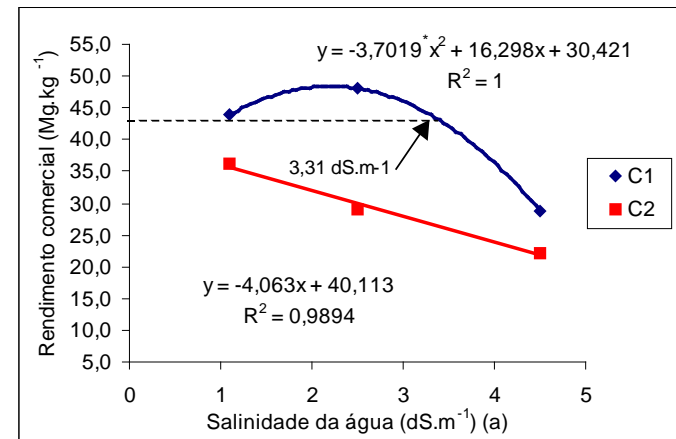
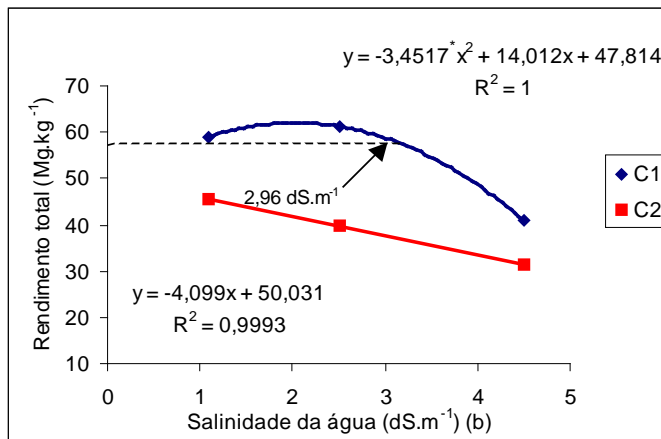
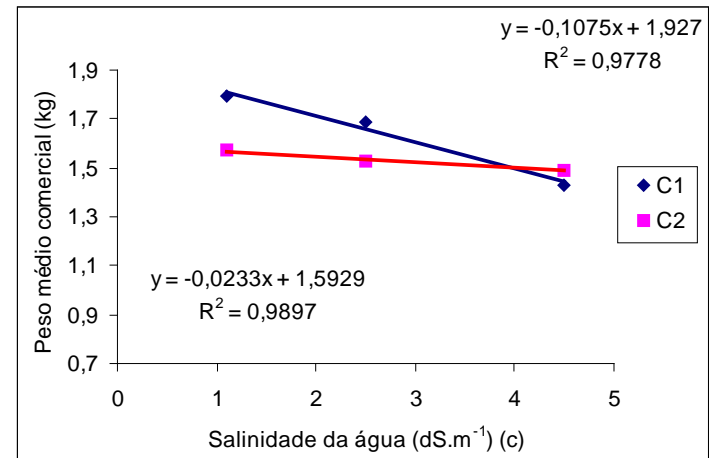
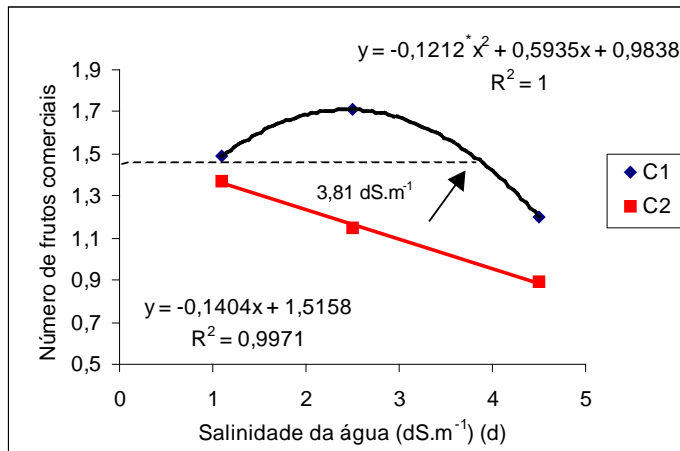
A.



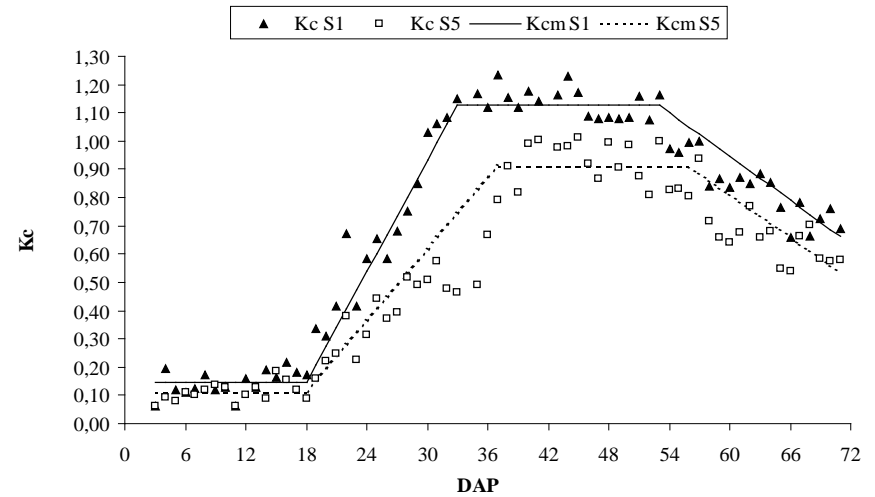
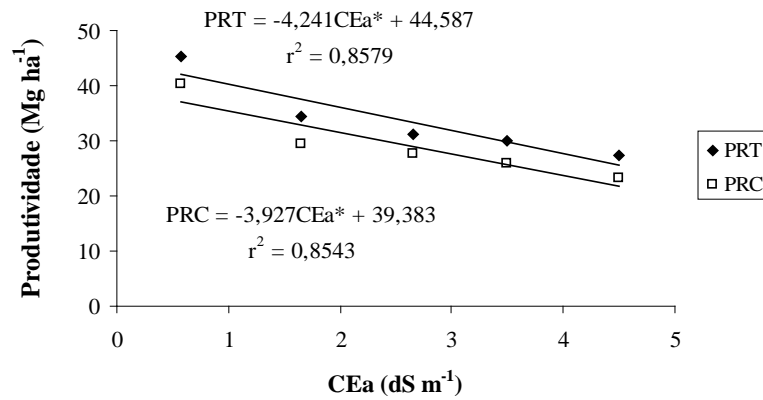
B.



Classificação da água de irrigação proveniente de poços que exploram o aquífero calcário na região de Mossoró, RN, pela sua condutividade elétrica, em função da salinidade limiar da cultura (SL), fração de lixiviação aplicada e manejo da irrigação adotado – (A) Irrigação de alta frequência e (B) Irrigação convencional.

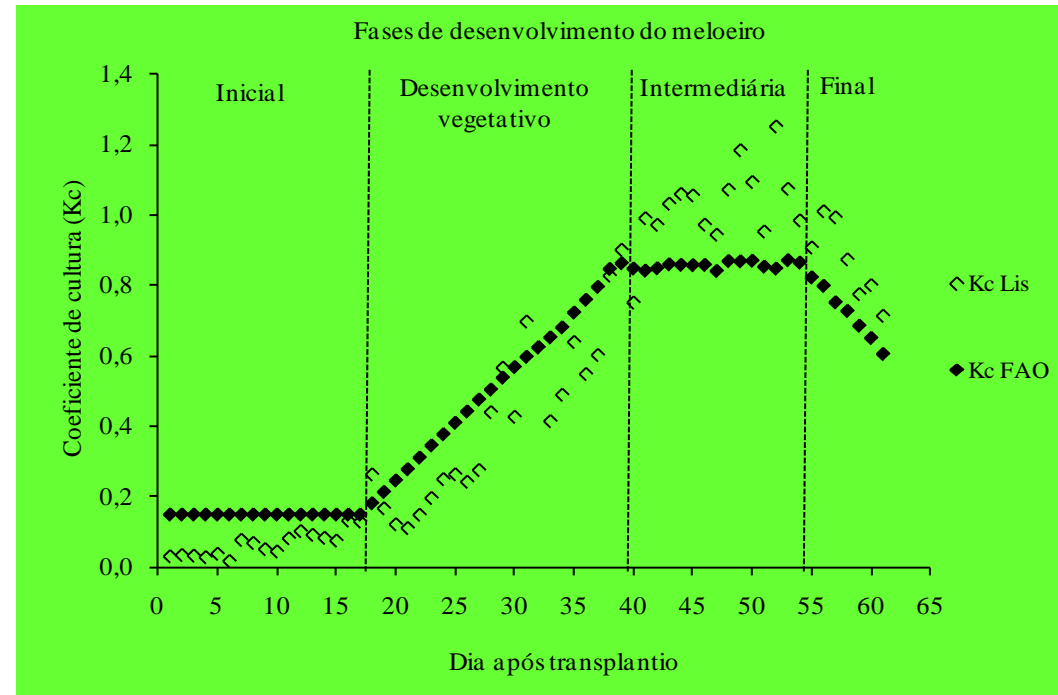


Rendimento comercial e total, peso médio comercial e número de frutos comerciais das cultivares de melão Trusty e Orange submetidas a diferentes níveis de salinidade de água de irrigação.



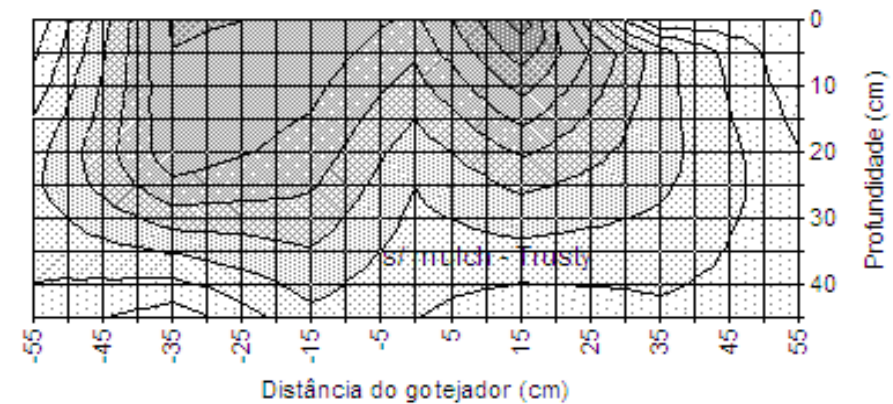
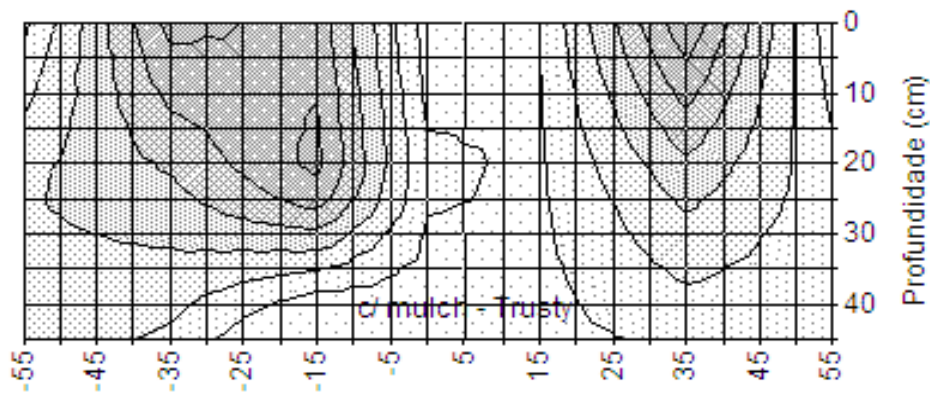
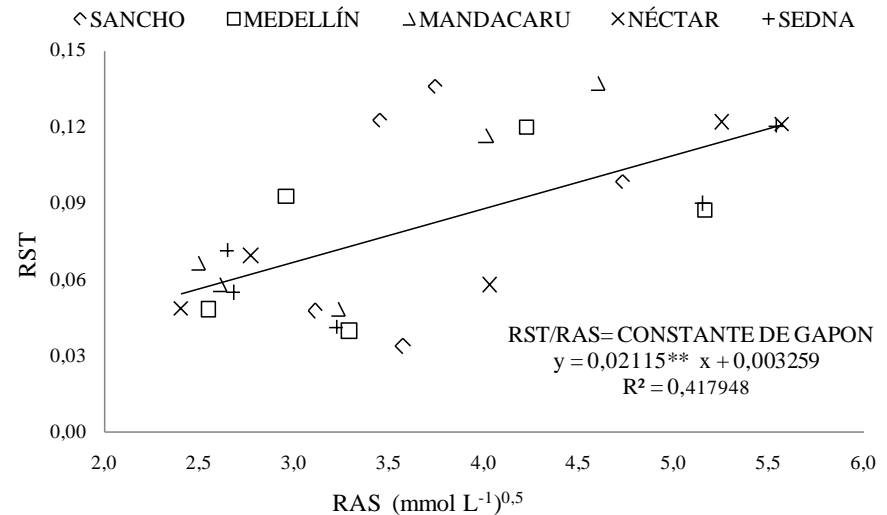
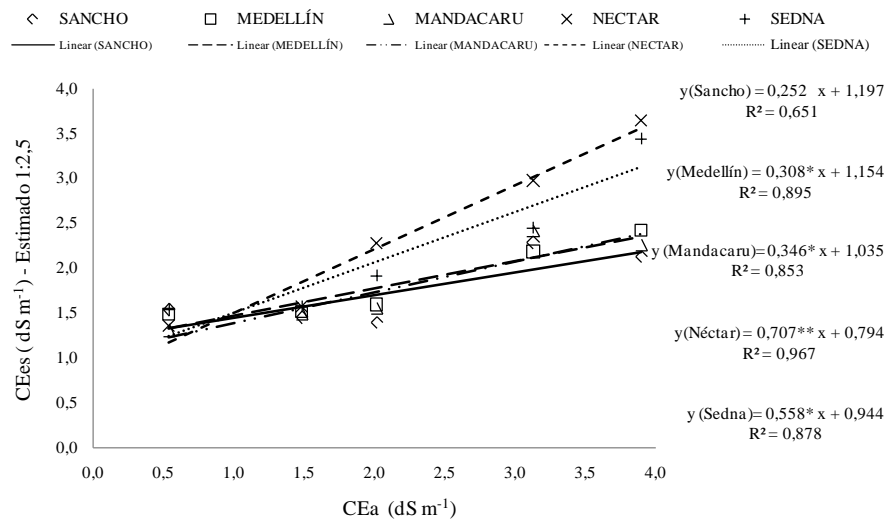
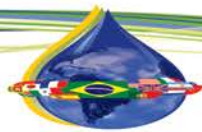
C.

D.

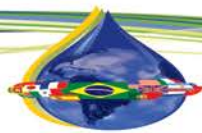


Coeficientes de cultura do melão Gália Nectar recomendados pela FAO para a cultura (K_c FAO) e determinados pelo lisímetro (K_c Lis), cultivado sob mulch

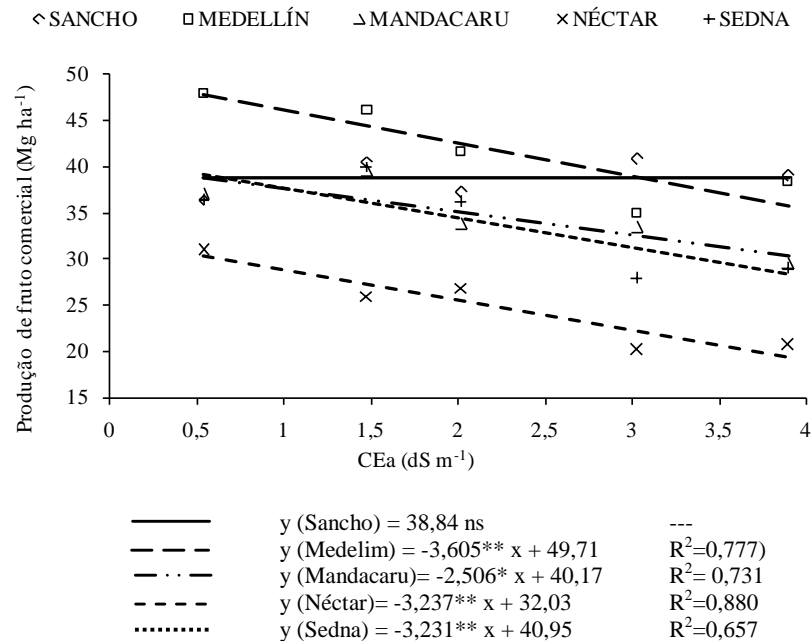
Figura 2. Número de Frutos Totais (A), Massa Média dos Frutos Totais (B), Produtividade Comercial (C) e Produtividade Total (D) em função da salinidade da água de irrigação (CEa) e para diferentes doses de N aplicadas em fertigação



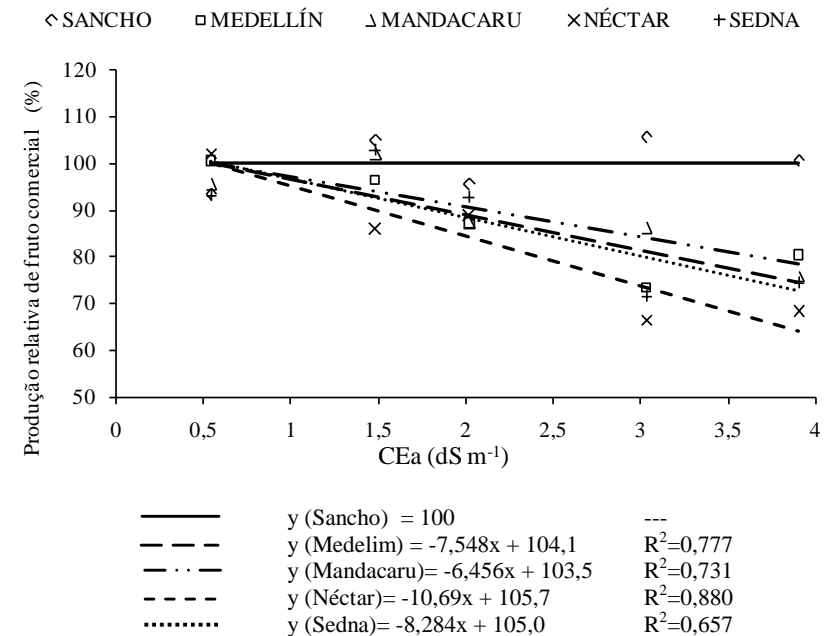
Salinidade do solo na cultura do melão em função da CE da água de irrigação e PST em função de RASes .Fonte: Pereira (2010)



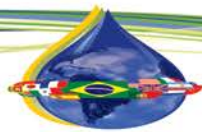
A

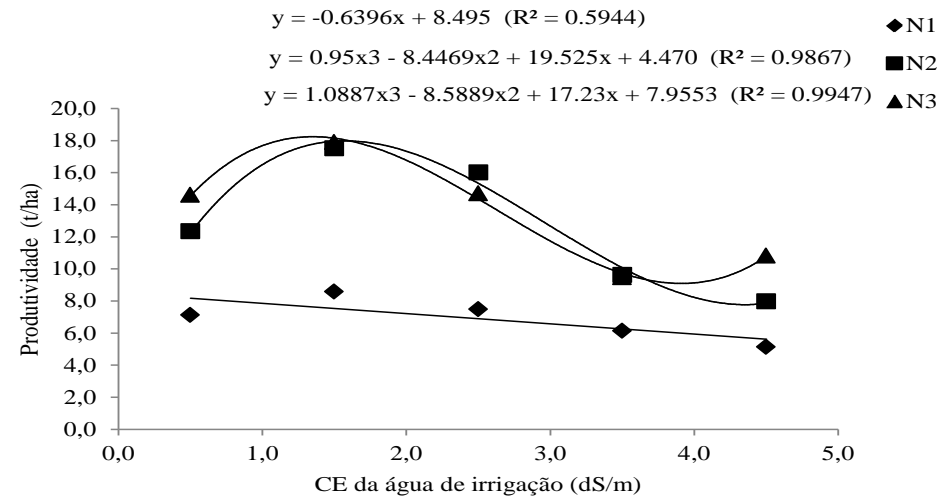
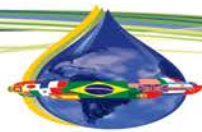


B



Produção de frutos comerciais (A) e Produção relativa de frutos comerciais (B), para cultivar Sancho, Medellín, Mandacaru, Néctar e Sedna em função da condutividade elétrica da água de irrigação (Pereira, 2010)





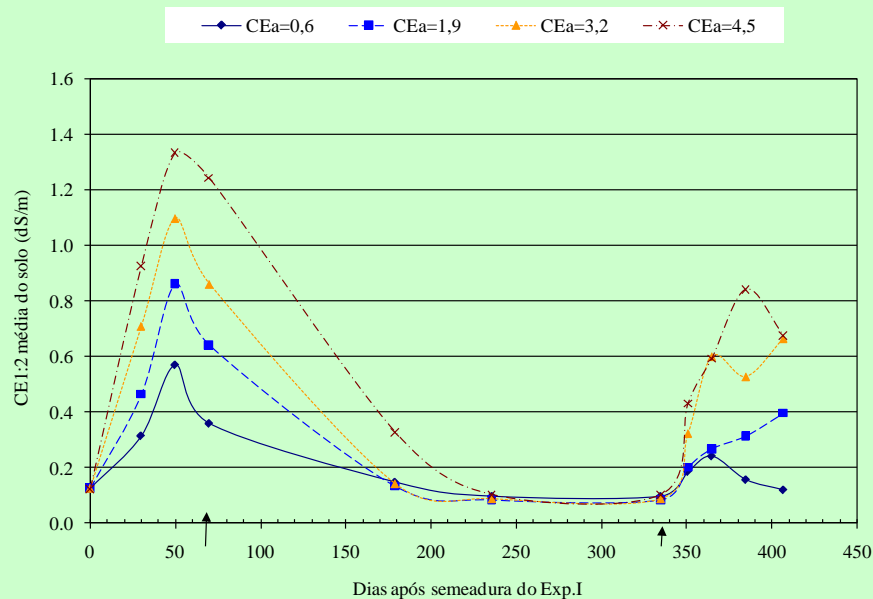
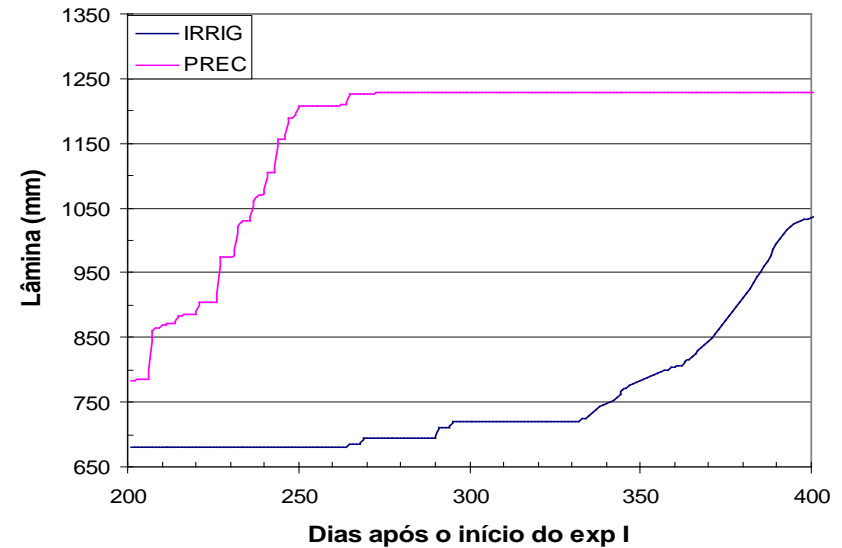
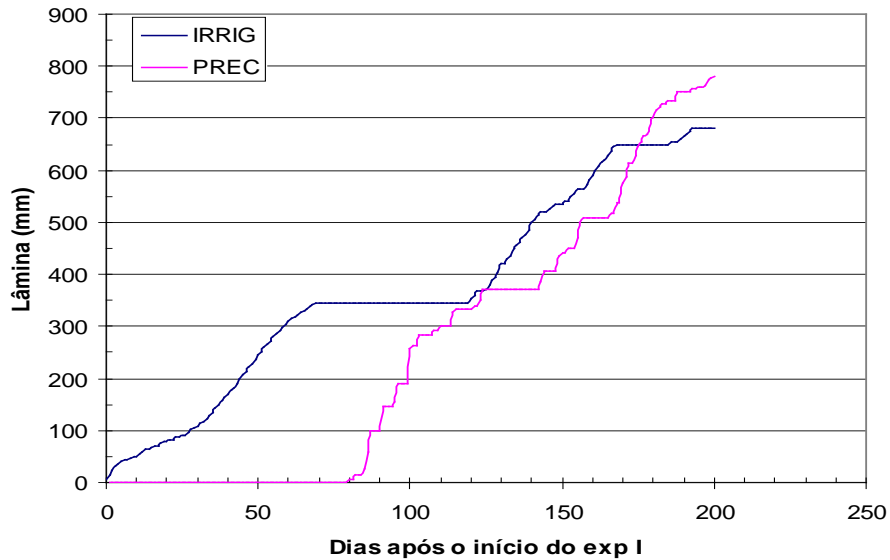
Produtividade da abóbora em função da condutividade elétrica da água de irrigação e diferentes níveis de Nitrogênio. Mossoró, 2012.

Valores médios do coeficiente de cultura no nível de salinidade S1 (KcS1), S5 (KcS5) por estágio fenológico da cultura da abóbora. Mossoró - RN, UFERSA, 2012.

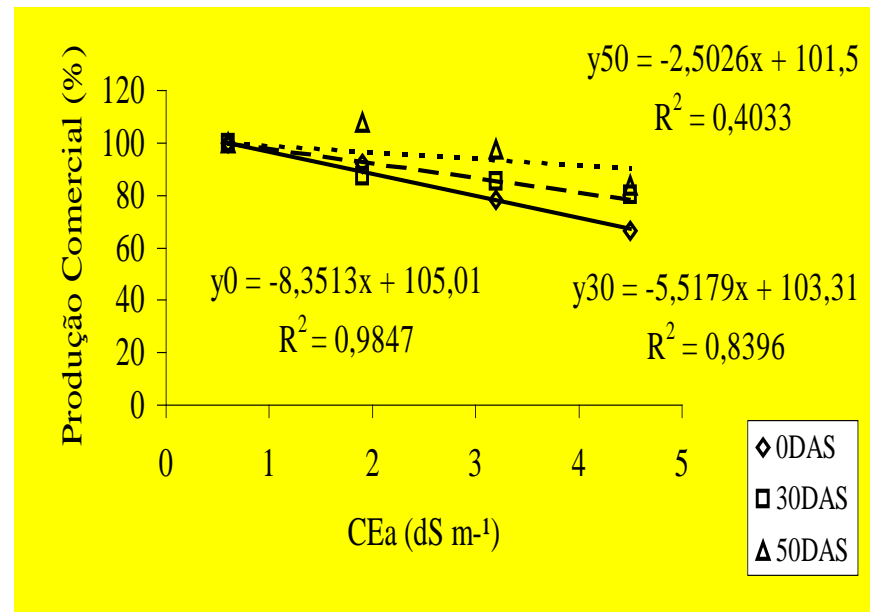
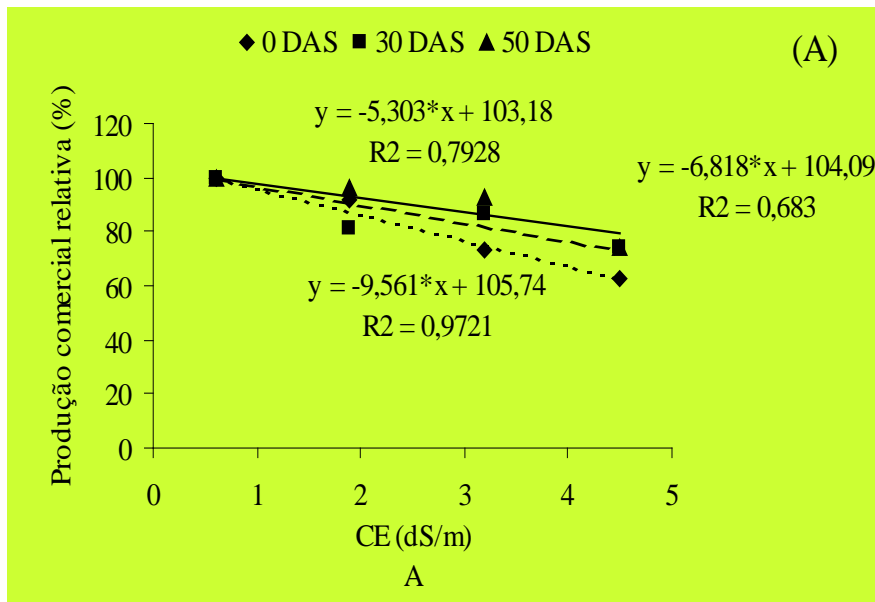
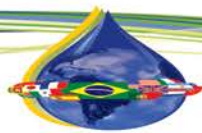
Fases Fenológicas	Período (dias)		Kc S1	Kc S5	Kc FAO *
	S1	S5			
Fase I	13	20	0,42	0,41	0,40
Fase II	22	24	0,68	0,62	0,72
Fase III	15	8	1,08	0,92	1,05
Fase IV	10	13	0,78	0,60	0,80

* Modelo segmentado da FAO. O Kc final é 0,49, 0,28 e 0,54, respectivamente.

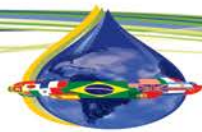
FONTE: LIMA (2013).



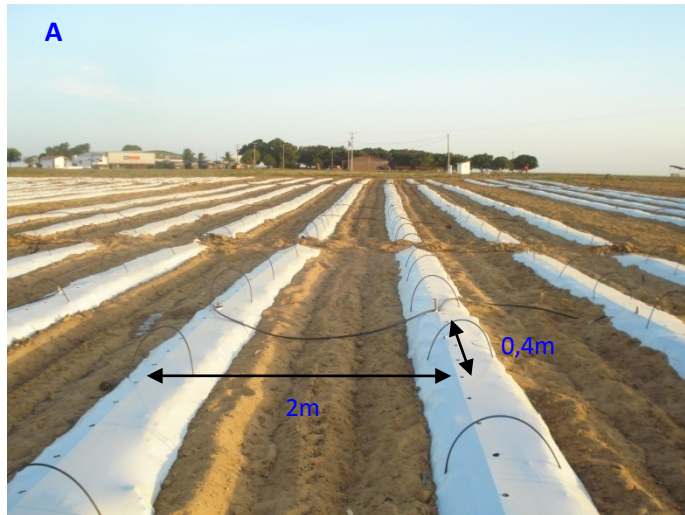
Salinidade do solo ($CEes = 7$
x $CE1:2$) e lâmina de
irrigação aplicada e de chuva
ocorrida durante o cultivo de
melão, milho e melão irrigado
com água apresentando
diferentes níveis de salinidade
(Adaptado de Porto; 2003)



Relação entre rendimento relativo a água S₁ (CE=0,6) em função da salinidade da água de irrigação aplicada de forma incremental à partir diferentes dias após semeadura (DAS) em dois ciclos (Porto Filho, 2003).



A



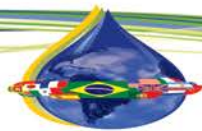
C



Causa de variação	GL	Quadrado médio					
		NFPLEXP	NFPLT	PREXP	PRT	PMEXP	PMT
Tratamento	9	0,0617 ^{ns}	0,0540 ^{ns}	50,8 ^{ns}	53,4 ^{ns}	117223 [*]	75462 [*]
Bloco	3	0,0916 ^{ns}	0,0308 ^{ns}	89,7 ^{ns}	12,5 ^{ns}	73819 ^{ns}	100148 [*]
Resíduo	27	0,0318	0,575	27,9	44,6	28503	21628
CV(%)		15,82	17,20	13,93	14,92	6,23	5,69
Médias							
Tratamentos		Frutos planta ⁻¹	Frutos planta ⁻¹	Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹	kg fruto ⁻¹	kg fruto ⁻¹
T1 - S1S2S2S2		1,06	1,27	33,46	38,96	2,51cd	2,44 c
T2 - S1S1S2S2		1,17	1,45	39,66	46,65	2,69 bc	2,57 bc
T3 - S1S1S1S2		1,29	1,55	42,61	49,14	2,64 bcd	2,52 bc
T4 - S2S1S2S2		1,09	1,41	35,82	43,39	2,65 bcd	2,47 bc
T5 - S2S1S1S2		1,06	1,38	39,13	48,03	2,97 a	2,82 a
T6 - S2S2S1S2		1,06	1,32	37,52	45,22	2,84 ab	2,72 ab
T7 - S1S1S1S1S1S1		1,27	1,46	38,01	42,99	2,40 d	2,38 c
T8 - S1S1S2S1S1S2		1,27	1,47	43,82	48,38	2,74 abc	2,62 abc
T9 - S2S2S1S2S2S1		1,06	1,44	36,36	45,95	2,71 abc	2,54 bc
T10 - S2S2S2S2S2S2		0,90	1,15	32,79	38,98	2,88 ab	2,71 ab
Média		1,12	1,39	37,92	44,77	2,72	2,58

a: Letras iguais nas colunas indicam efeito não significativo pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; S1 – água de poço profundo (Ce = 0,57 dS m⁻¹); S2– água de poço raso (Ce = 4,33 dS m⁻¹); (*):significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: TERCEIRO NETO (2010)



Milho e Cea
variando por
fase (1- 0,6;
2-2,5 e 3-5,0)

TRAT	PRESCP	PMESCP	PRESSP	NMES	PMESSP	PRG15%
1-1-1	8,89A	125,75A	7,82A	1,05A	110,46A	4,84A
1-2-2	7,26A	105,87AB	6,29A	1,03A	91,71AB	4,31A
1-3-3	5,83A	102,27AB	4,99A	0,84A	87,43AB	3,68A
2-2-2	7,15A	120,2AB	5,98A	0,89A	100,63AB	4,29A
1-2-3	5,71A	90,92B	4,85A	0,93A	77,25B	3,58A
3-3-3	7,54A	111,44AB	6,33A	1,01A	93,3AB	4,57A
MÉDIA	7,06	109,41	6,04	0,96	93,46	4,21

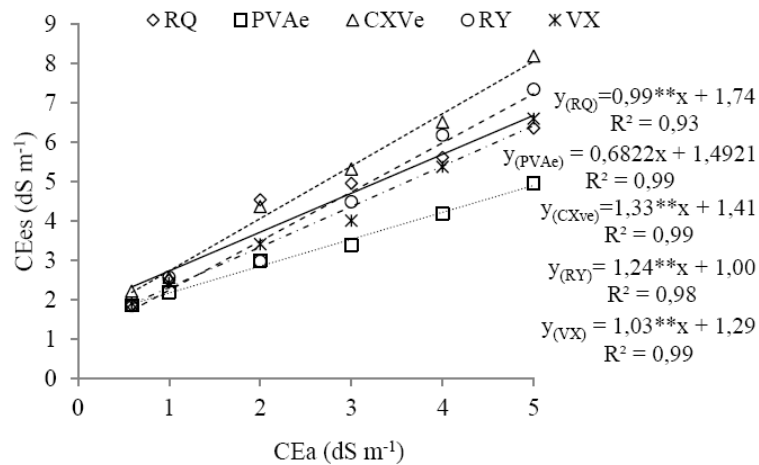


Figura 14. Relação entre a CEes no perfil do solo (0-40 cm de profundidade) estimada pela CE_{1,2,5} em função da CEa em solos do agropólo Mossoró-Assu cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010

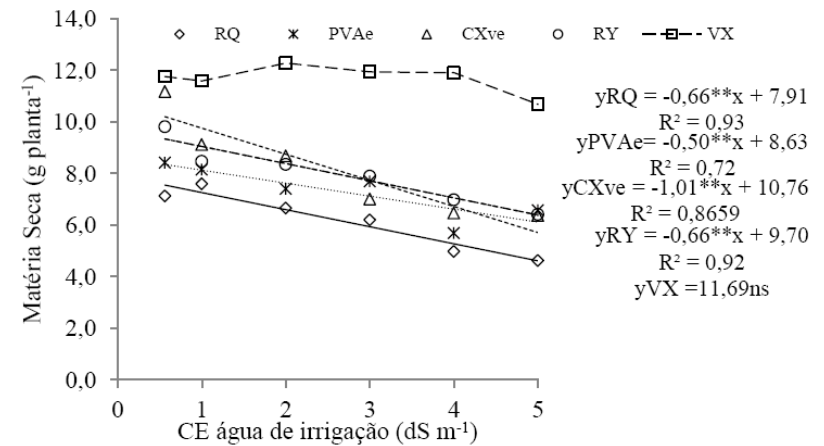
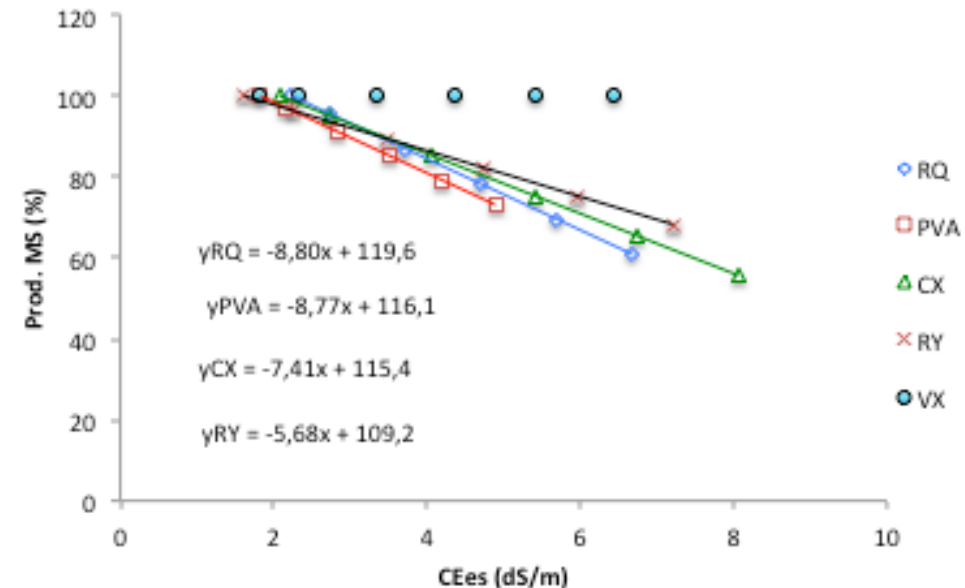
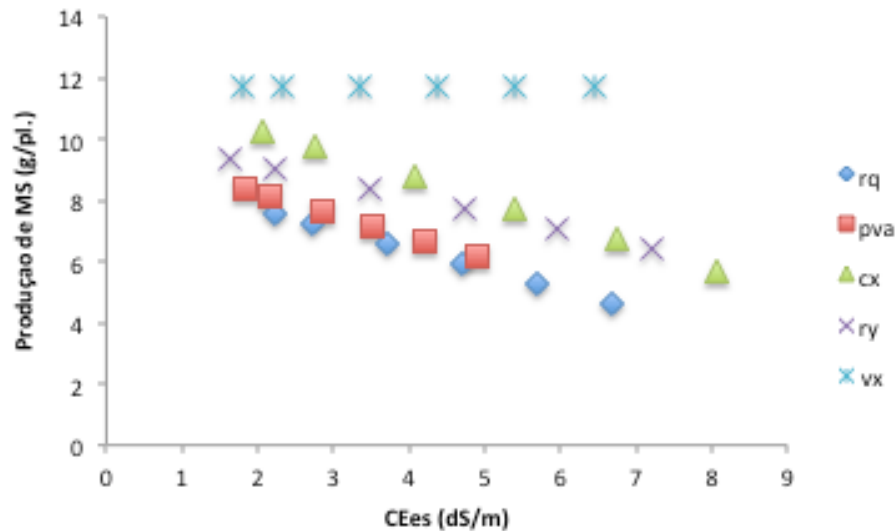
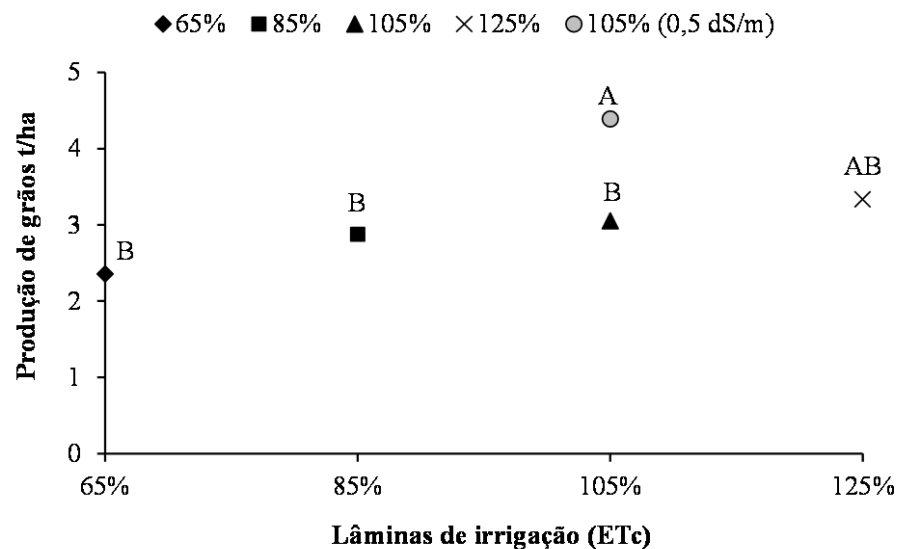
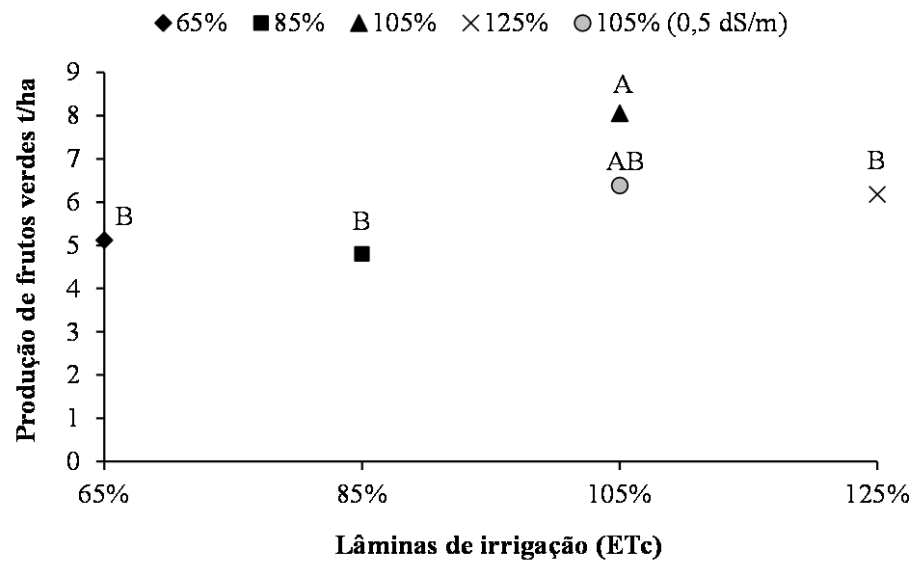


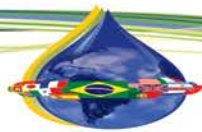
Figura 17. Matéria seca da parte aérea de meloeiro cultivado até o período de floração em função da CEa em solos do agropólo Mossoró-Assu. Mossoró, 2010. **significativo a 1% de probabilidade, *significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo





CE da água de irrigação = 3,5 dS/m





Irrigação de banana, melão e melancia utilizando água de salinidade alta



Dados da irrigação de um médio produtor, em Mossoró, 2010

Área cultivada por ano – 150 ha

Número de empregados – 130

Número de poços - 4 (240 m³/h) – 50 ha irrigados de uma vez no período de maior demanda

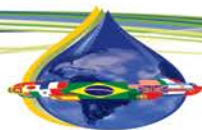
CE da água – 2,5 a 3,5 dS/m

Prof do ND – 20 a 25 m

Faturamento – R\$2.500.000 a 3.000.000 por ano

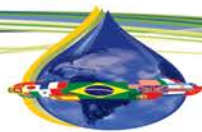
Cultura melão e melancia

Irrigação - gotejamento



Lâmina de irrigação diária (mm) – $Q = 20 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{h}$

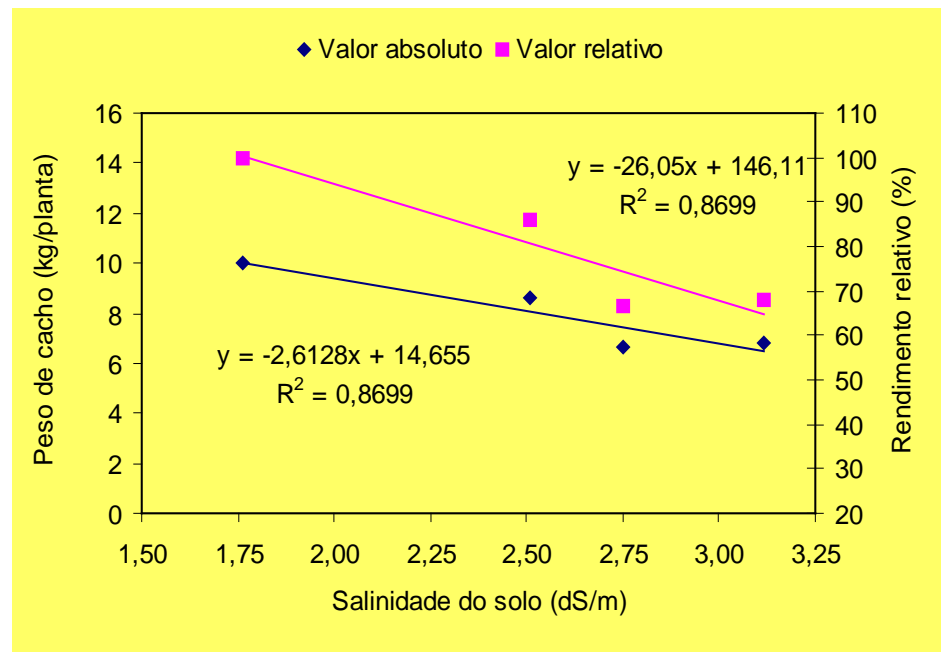
Fazendas	-----Semanas-----											
	Pré-irr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Melão Amarelo											
Dinamarca	2 dias 6 hs	2	2	3	4	4	6	8	8	10	8	6
Brazil Melon	2 dias 6 hs	2	2	4	4	4	6	9	10	10	8	4
Norfruit	2 dias 6 hs	2	2	2	2	4	8	12	12	6	6	2
Sítio Jardim	2 dias 2 hs	2	2	2	2	5	5	6	6	6	4	3
Santa Alzira	2 dias 2 hs	2	2	2	3	5	5	6	6	6	6	5
L. requerida*	1 dia 6hs	2	2	2	3	5	7	7	7	6	5	5
	Melão Gália											
Dinamarca	2 dias 6 hs	2	2	3	4	4	6	8	14	12	12	8
Brazil Melon	2 dias 6 hs	2	4	4	4	6	7	8	10	10	8	6
Norfruit	1 dia 6 hs	2	4	4	4	6	7	8	10	10	8	6
L. requerida*	1 dia 6hs	2	2	2	2	4	6	7	7	7	6	5



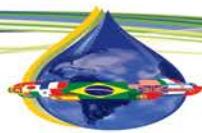
Vazão média (Qm), uniformidade de emissão de água (UA), uniformidade na distribuição de fertilizantes (UF) e pressão no final das laterais nas áreas cultivadas com melão nas fazendas do Grupo COOPYFRUTAS

Fazendas	Parcelas	Qm (L.h ⁻¹)	UA (%)	Avaliação	UF (%)	Avaliação	Pressão kgf.cm ⁻²
Dinamarca	18	1,6	96,4	excelente	96,8	excelente	0,7
	40	1,0	61,4	Pobre	95,2	excelente	0,35
Brazil Melon	11	1,2	93,4	excelente	X	x	0,75
	18	1,6	95,4	excelente	X	x	0,5
Norfruit	26	1,6	92,7	excelente	98,5	excelente	0,75
	24	1,6	95,5	excelente	95,8	excelente	0,8
JNC	9	1,6	95,3	excelente	92,2	excelente	0,75
	14	1,6	94,1	excelente	91,2	excelente	0,75
Sítio Jardim	14	1,2	96,1	excelente	87,9	bom	0,6

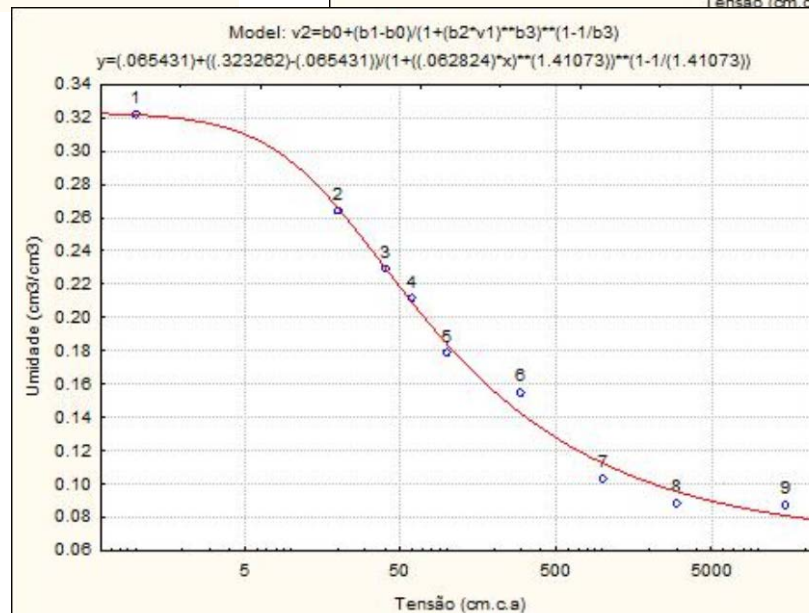
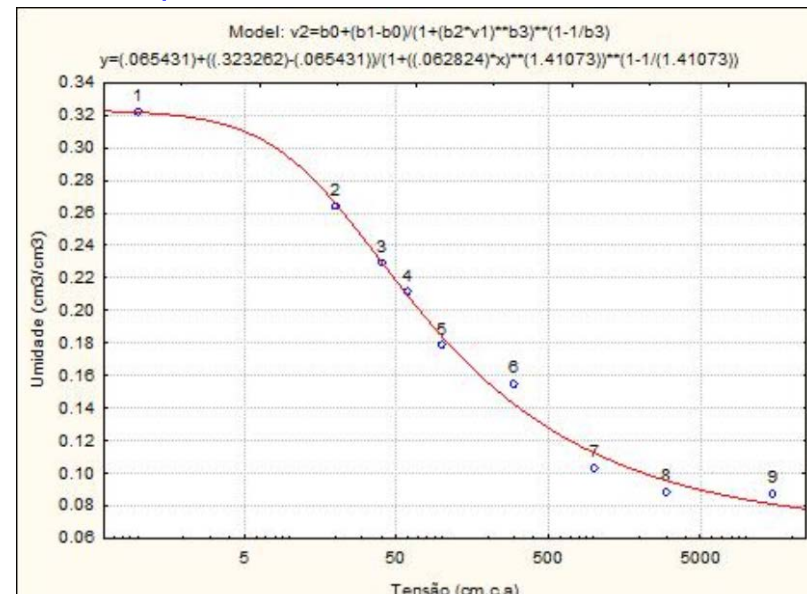
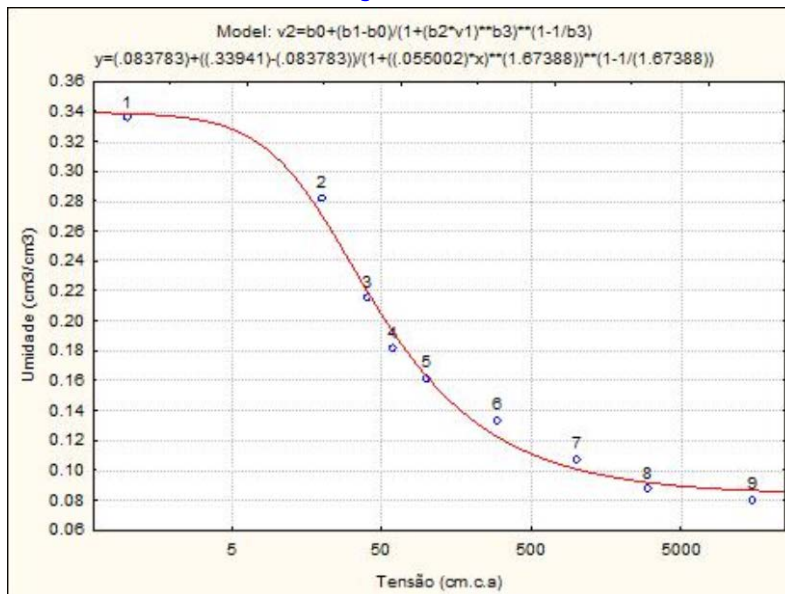
Peso de cacho de banana, em valor absoluto e em relação ao valor obtido para o menor nível de salinidade (0,55 dS/m), em função da salinidade do solo média ao longo do ciclo cultural (CEa= 0,55, 1,70, 2,85 e 4,0 dS/m)

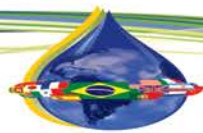


Acompanhamento de uma área de produção de banana irrigada com água de alta salinidade (Poço Matriz P4 e P3 – CE média 3,5 dS/m)



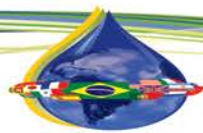
Curvas de retenção do solo da área da banana (Prof de 0-20, 20-40 e 40-60 cm)





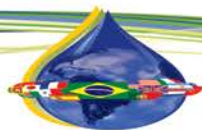
pH								
Prof,	Distância do colo da planta							
	50	100	50	100	50	100	50	100
	PCG		PCM		PKG		PKM	
0-20	7,3	7,3	7,6	7,6	7.6	7.2	7.9	7.1
20-40	7,4	7,1	7,5	7,6	7.7	7.7	7.6	7.6
40-60	7,6	7,1	7,2	7,2	7.7	7.6	7.6	7.6
Média	7,3		7,5		7,6		7,5	
CEes								
Prof,	Distância do colo da planta							
	50	100	50	100	50	100	50	100
	PCG		PCM		PKG		PKM	
0-20	4,1	4,3	3,4	4,8	6.0	4.5	2.9	5.1
20-40	3,2	3,3	4,2	4,0	2.9	2.7	3.0	3.5
40-60	3,6	3,3	4,3	4,4	3.1	2.9	3.3	3.3
Média	3,7		4,2		3,7		3,5	
RASes								
Prof,	Distância do colo da planta							
	50	100	50	100	50	100	50	100
	PCG		PCM		PKG		PKM	
0-20	7,6	6,8	6,0	5,7	7.4	6.2	5.6	7.3
20-40	6,7	7,2	7,2	6,6	6.1	5.0	6.2	6.1
40-60	8,7	8,4	9,0	6,8	6.7	6.5	8.1	6.2
Média	7,6		6,9		6,3		6,6	

Valores médios de pH da suspensão solo-água 1:2,5, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e relação de adsorção de sódio do extrato de saturação (RASes) de áreas cultivadas com banana prata catarina irrigada por gotejamento (PCG) e por microaspersão (PCM) e com banana pacovan irrigada por gotejamento (PKG) e por microaspersão (PKM) para diferentes profundidades e distância do colo da planta.



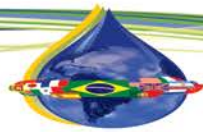
Valores médios de condutividade elétrica da solução solo (CEss), relação de adsorção de sódio da solução do solo (RASs) e concentrações de cloreto (Cl) e de nitrato (NO₃) da solução do solo obtida a partir de extratores se cápsula porosa em áreas cultivadas com banana Prata Catarina irrigada por gotejamento (PCG) e por microaspersão (PCM) e com banana Pacovan irrigada por gotejamento (PKG) e por microaspersão (PKM).

Área	Prof. (cm)	CEss (dS/m)	RASs (mmol/L) ^{0,5}	Cl (mmol/L)	NO ₃ (mg/L)
PCG	0-20	4,40	4,47	37,98	198
PCG	20-40	3,17	4,65	33,99	306
PCG	40-60	4,98	6,70	42,03	103
PCG	Média	4.18	5.27	38.00	202
PCM	0-20	5,43	5,99	45,89	209
PCM	20-40	8,84	5,38	54,29	256
PCM	40-60	3,83	4,88	39,06	223
PCM	Média	6,03	5,42	46,41	229
PKG	0-20	4,73	4,87	41,28	81
PKG	20-40	3,84	4,90	33,10	90
PKG	40-60	5,17	6,09	49,89	110
PKG	Média	4,58	5,29	41,42	94
PKM	0-20	3,57	5,80	34,02	134
PKM	20-40	2,36	4,36	35,77	222
PKM	40-60	6,23	6,24	53,82	169
PKM	Média	4,05	5,47	41,21	175



Resultado da análise foliar da bananeira, cultivares Prata Catarina irrigada por microaspersão (PCM) e por gotejamento (PCG) e Pacovan irrigada por gotejamento (PKG) e por microaspersão (PKM) – Produtividade media para Pacovan superior a 25 t/ha e para Prata Catarina superior a 35 t/ha

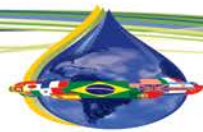
Area de banana	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Fe	Mn	Zn	Cu	Na
	-----g/kg-----							-----mg/kg-----				
	-----							-----				
PCM	27,1	2,0	33,7	4,0	4,0	1,9	15,8	462	158	17	10,0	38
PCG	23,2	1,7	32,3	2,4	2,6	1,4	15,5	742	134	17	9,6	38
PKG	28,0	2,1	28,0	3,9	3,6	2,3	15,3	403	204	13	7,4	53
PKM	25,8	1,9	27,6	3,2	3,3	2,2	15,3	597	242	15	8,3	58



Considerações finais:

Agradecimentos:

CNPq, INCTSaI, FINEP, CAPES, UFERSA,
UFCG, EMBRAPA, EMPARN, FGD, FAPERN,
Empresas e Produtores Rurais da Região
de Mossoró ...



Muito Obrigado

jfmedeir@ufersa.edu.br