

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**PRODUÇÃO DA CULTURA DE ALFACE IRRIGADA COM ÁGUA
TRATADA MAGNETICAMENTE**

FERNANDO FERRARI PUTTI

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

Botucatu-SP
Fevereiro – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**PRODUÇÃO DA CULTURA DE ALFACE IRRIGADA COM ÁGUA
TRATADA MAGNETICAMENTE**

FERNANDO FERRARI PUTTI

Orientador: Prof. Dr. Luís Roberto Almeida Gabriel Filho

Coorientadores: Antônio Evaldo Klar e Camila Pires Cremasco Gabriel

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

Botucatu-SP
Fevereiro - 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P933p Putti, Fernando Ferrari, 1990-
Produção da cultura de alface irrigada com água tratada magneticamente / Fernando Ferrari Putti. - Botucatu : [s.n.], 2014
xiii, 108 f. : tabs., ils., grafs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Luís Roberto Almeida Gabriel Filho
Coorientador: Antônio Evaldo Klar
Coorientador: Camila Pires Cremasco Gabriel
Inclui bibliografia

1. Alface - Cultivo. 2. Alface - Irrigação. 3. Solos - Potencial matricial. 4. Potencial osmótico. I. Gabriel Filho, Luís Roberto Almeida. II. Klar, Antônio Evaldo. III. Gabriel, Camila Pires Cremasco. IV. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. V. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

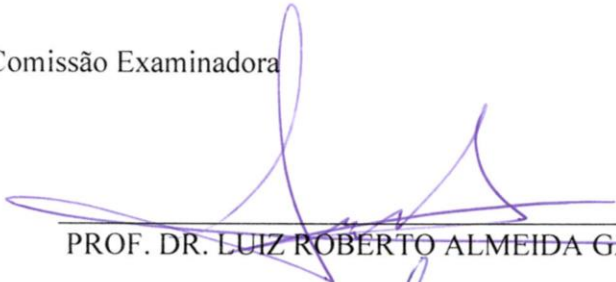
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “PRODUÇÃO DA CULTURA DE ALFACE IRRIGADA COM ÁGUA
TRATADA MAGNETICAMENTE ”**

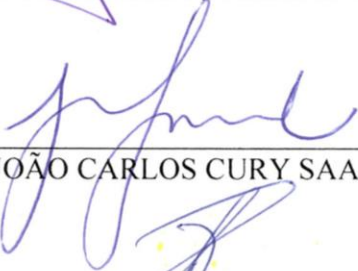
ALUNO: FERNANDO FERRARI PUTTI

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO

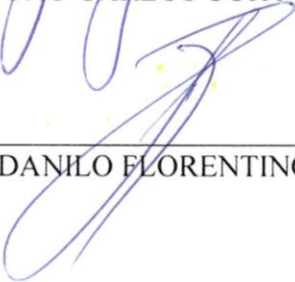
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. LUIZ ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO



PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD



PROF. DR. DANILO FLORENTINO PEREIRA

Data da Realização: 21 de fevereiro de 2014.

Dedico,

Aos meus pais Nilton e Rute,
pelo incentivo e apoio em todos os momentos,
para superar este desafio.

AGRADECIMENTOS

À Deus e Nossa Senhora da Aparecida, pela força e coragem para realizar este grande desafio.

Aos meus irmãos Rodolfo e Rafael, pela ajuda e por apoiarem nos momentos de maior dificuldade.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Luís Roberto Almeida Gabriel Filho (Betão), pela inestimável dedicação, determinação, paciência e orientação na condução deste trabalho.

Ao amigo e coorientador Prof. Dr. Antonio Evaldo Klar, pela amizade, orientação, conselhos, ensinamentos de vida e pelas conversas.

À amiga e coorientadora Prof. Dr. Camila Pires Cremasco, pela ajuda inestimável, pelos conselhos e a amizade.

Aos professores, funcionários e amigos da Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP-FCA de Botucatu-SP, pelo apoio, convívio e companheirismo durante o mestrado.

Aos amigos do Campus Experimental da UNESP de Tupã, em especial ao Pedro, Sérgio, Renato, Fábio, Marcelo e Danilo.

Aos professores Raimundo, Hélio Grassi, Pádua, Seraphim, João Saad, Ângelo e Lyra.

Aos amigos Leandro e Carlos da empresa TIMOL, pelo apoio e incentivo de executar o projeto.

Aos funcionários e técnicos que, de forma inestimável, auxiliaram no desenvolvimento do experimento, em especial ao Gilberto, Adão, Zé Carlos, Antônio, Israel e Adilson.

E aos meus amigos que me ajudaram em todos momentos, em especial ao Josué, Ilca, Nayele, Ana Paula, Débora, Luciana, Rafael, Ana Laura, Daiane, Rodrigo e aos demais.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	IV
SUMÁRIO.....	V
LISTA DE TABELAS.....	XII
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 OBJETIVOS.....	8
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1 A cultura da alface	9
3.2 Ambiente protegido	11
3.3 Manejo da irrigação.....	11
3.4 Absorção de nutrientes.....	13
3.5 Água submetido ao campo magnético.....	13
3.6 Interação Solo-água-planta	15
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1 Descrição da área experimental.....	17
4.2 Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.....	18
4.3 Condução da cultura	20
4.4 Descrição do equipamento para o tratamento magnético da água.....	21
4.5 Sistema de irrigação.....	21
4.6 Manejo da irrigação	23
4.7 Delineamento experimental e tratamentos	25
4.8 Características avaliadas.....	26
4.8.1 Números de folhas	26
4.8.2 Comprimento do sistema radicular	26

4.8.3	Peso verde da parte aérea	26
4.8.4	Peso seco da parte aérea	27
4.8.5	Peso verde do sistema radicular	27
4.8.6	Peso seco do sistema radicular	27
4.8.7	Taxa de clorofila	27
4.8.8	Teor de macro e micronutrientes	27
4.9	Análise estatística	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1	Caracterização climática	30
5.2	Avaliação do sistema de irrigação	33
5.3	Lâminas aplicadas	34
5.4	Resultados da Análise 1 (Análise da produtividade)	38
5.4.1	Taxa de clorofila a, b, total	38
5.4.2	Parte aérea	39
5.4.3	Sistema radicular	46
5.4.4	Teor de macro e micro nutrientes	51
5.5	Resultados da Análise 2 (Análise de crescimento)	65
5.5.1	Parte aérea	65
5.5.2	Sistema radicular	77
5.5.3	Taxa de clorofila a, b, total.	88
5.6	Resultados da análise 3 (Análise da redução da lâmina de irrigação)	94
5.6.1	Parte aérea	94
5.6.2	Sistema radicular	97
5.6.3	Taxa de clorofila a, b, total	99
6	CONCLUSÕES	101
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estufa plástica onde foi conduzido o experimento.	18
Figura 2. Magnetizador Sylocimol Rural.	21
Figura 3. Esquema geral do experimento de irrigação.	22
Figura 4. Vista interna da casa de vegetação. Área experimental e equipamentos (Tanque Classe A, Abrigo meteorológico e estação meteorológica).....	23
Figura 5. Variações diárias aferidas das (a) Evaporação diária do Tanque Classe A (mm); (b) Umidade relativa (%) (máxima mínima e média) e (c) temperatura (°C) (máxima, mínima e média), no interior da casa de vegetação durante o primeiro ciclo da cultura.....	32
Figura 6. Variações diárias aferidas das (a) Evaporação diária do Tanque Classe A (mm); (b) Umidade relativa (%) (máxima mínima e média) e (c) temperatura (°C) (máxima, mínima e média), no interior da casa de vegetação durante o segundo ciclo da cultura.....	33
Figura 7. Lâminas de irrigação acumuladas aplicada nos tratamentos no 1º ciclo da cultura da alface.....	34
Figura 8. Variações das tensões de água nos solos nos tratamentos L 25%, L 50%, L75%, L 100% e L 125%, na profundidade de 20 cm ao longo do 2º ciclo, (a) Magnético e (b) Convencional.....	36
Figura 9. Lâminas de irrigação acumuladas aplicada nos tratamentos no 2º ciclo da cultura da alface.....	36
Figura 10. Variações das tensões de água nos solos nos tratamentos L 25%, L 50%, L75%, L 100% e L 125%, na profundidade de 20 cm ao longo do 2º ciclo, (a)- Magnético e (b) Convencional.....	37
Figura 11. Produção do número de folhas ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.	66
Figura 12. Produção do número de folhas ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a)1º ciclo, (b) 2º ciclo.	67
Figura 13. Produção do número de folhas ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.	67

- Figura 14.** Produção do número de folhas ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 68
- Figura 15.** Produção do número de folhas ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 69
- Figura 16.** Produção do Peso Verde Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1ºciclo, (b) 2º ciclo. 70
- Figura 17.** Produção do Peso Verde Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1ºciclo, (b) 2º ciclo. 71
- Figura 18.** Produção do Peso Verde Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1ºciclo, (b) 2º ciclo. 72
- Figura 19.** Produção do Peso Verde Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1ºciclo, (b) 2º ciclo. 73
- Figura 20.** Produção do Peso Verde Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1ºciclo, (b) 2º ciclo. 73
- Figura 21.** Produção do Peso Seco Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1ºciclo, (b) 2º ciclo. 74
- Figura 22.** Produção do Peso Seco Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1ºciclo, (b) 2º ciclo. 75
- Figura 23.** Produção do Peso Seco Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1ºciclo, (b) 2º ciclo. 76
- Figura 24.** Produção do Peso Seco Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 76

- Figura 25.** Produção do Peso Seco Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 77
- Figura 26.** Comprimento da raiz (cm) ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 78
- Figura 27.** Comprimento da raiz (cm) ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 79
- Figura 28.** Comprimento da raiz (cm) ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 80
- Figura 29.** Comprimento da raiz (cm) ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 80
- Figura 30.** Comprimento da raiz (cm) ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 81
- Figura 31.** Peso Verde da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 82
- Figura 32.** Peso Verde da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 82
- Figura 33.** Peso Verde da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º Ciclo, (b) 2º ciclo. 83
- Figura 34.** Peso Verde da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 84
- Figura 35.** Peso Verde da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (A) 1º Ciclo, (B) 2º ciclo. 84

- Figura 36.** Peso Seco da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 85
- Figura 37.** Peso Seco da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 86
- Figura 38.** Peso Seco da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 86
- Figura 39.** Peso Seco da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 87
- Figura 40.** Peso Seco da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo. 88
- Figura 41.** Taxa de Clorofila a ao longo do ciclo para os tipos de água convencional e magnética: (a) Lâmina de 25% da ETc, para 1º Ciclo, (b) Lâmina de 25% da ETc, para 2º ciclo, (c) Lâmina de 50% da ETc, para 1º Ciclo, (d) Lâmina de 50% da ETc, para 2º ciclo, (e) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (f) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (g) Lâmina de 100% da ETc, para 1º Ciclo, (h) Lâmina de 100% da ETc, para 2º ciclo, (i) Lâmina de 125% da ETc, para 2º ciclo, (j) Lâmina de 125% da ETc, para 2º ciclo. 90
- Figura 42.** Taxa de Clorofila b ao longo do ciclo para os tipos de água convencional e magnética: (a) Lâmina de 25% da ETc, para 1º ciclo, (b) Lâmina de 25% da ETc, para 2º ciclo, (c) Lâmina de 50% da ETc, para 1º ciclo, (d) Lâmina de 50% da ETc, para 2º ciclo, (e) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (f) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (g) Lâmina de 100% da ETc, para 1º ciclo, (h) Lâmina de 100% da ETc, para 2º ciclo, (i) Lâmina de 125% da ETc, para 1º ciclo, (j) Lâmina de 125% da ETc, para 2º ciclo. 92
- Figura 43.** Taxa de Clorofila total ao longo do ciclo para os tipos de água convencional e magnética: (a) Lâmina de 25% da ETc, para 1º ciclo, (b) Lâmina de 25% da ETc, para 2º ciclo, (c) Lâmina de 50% da ETc, para 1º ciclo, (d) Lâmina de 50% da ETc, para 2º ciclo, (e) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (f) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (g) Lâmina de 100% da ETc, para 1º ciclo, (h) Lâmina de 100% da ETc, para 2º ciclo, (i) Lâmina de 125% da ETc, para 1º ciclo, (j) Lâmina de 125% da ETc, para 2º ciclo. 94

- Figura 44.** Números de folhas (NF) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b). 95
- Figura 45.** Peso Verde Aéreo (PVA) (g) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b). 96
- Figura 46.** Peso Seco Aéreo (PVA) (g) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b). 96
- Figura 47.** Comprimento de raiz (CR) (cm) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b). 97
- Figura 48.** Peso Verde da Raiz (PVR) (g) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc), para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b). 98
- Figura 49.** Peso Seco da Raiz (PVR) (g) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b). 98
- Figura 50.** Taxa da Clorofila a da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b). 99
- Figura 51.** Taxa da Clorofila b da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b). 99
- Figura 52.** Taxa da clorofila total da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b). 100

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Resultado da análise química do solo de 0 a 20 cm.	18
Tabela 2. Análise granulométrica e da densidade do solo.....	19
Tabela 3. Valores da umidade do solo (%) e potenciais matriciais (-kPa).....	19
Tabela 4. Parâmetros da equação de Van Genuchten.....	19
Tabela 5. Datas da semeadura, transplante e avaliações.	20
Tabela 6. Coeficiente da cultura da alface. (FAO 56,1998)	25
Tabela 7. Resumo da análise variância para a variável taxa clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b) e clorofila total (Cl total).....	38
Tabela 8. Resumo da análise de variância do Número de folhas (NF), Peso Verde Aéreo (PVA), Peso Seco Aéreo (PSA), para os dois ciclos.	39
Tabela 9. Média do Número de folhas em relação ao tipo de água e das lâminas.	40
Tabela 10. Média do Peso Verde Aéreo (PVA) (g) em relação ao tipo de água e das lâminas.	42
Tabela 11. Média do Peso Seco Aéreo em relação ao tipo de água e das lâminas.....	44
Tabela 12. Resumo da análise de variância das variáveis, Peso Verde da Raiz (PVR), Peso Seco da Raiz (PSR) e Comprimento da Raiz (CR) para os dois ciclos.	46
Tabela 13. Média do Peso Verde da Raiz (g) em relação ao tipo de água e das lâminas...	47
Tabela 14. Média do Peso Seco da Raiz (g) em relação ao tipo de água e das lâminas.....	48
Tabela 15. Média do Comprimento de Raiz (cm) em relação ao tipo de água e das lâminas.	49
Tabela 16. Resumo da análise de variância para o 1º ciclo da alface, para as variáveis: Nitrogênio (N), Fósforo(F), Potássio(K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), aos 35DAT.	52
Tabela 17. Resumo da análise de variância para o 2º ciclo da alface, para as variáveis: Nitrogênio (N), Fósforo(F), Potássio(K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), aos 35DAT.	52

Tabela 18. Média do acúmulo de Nitrogênio (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.	53
Tabela 19. Média do acúmulo de Fósforo (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT no 1º ciclo.	54
Tabela 20. Média do acúmulo de Fósforo (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT no 1º ciclo.	55
Tabela 21. Média do acúmulo de Potássio (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.....	55
Tabela 22. Média do acúmulo de cálcio (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.....	56
Tabela 23. Média do acúmulo de Magnésio (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.	58
Tabela 24. Média do acúmulo de Enxofre (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.....	59
Tabela 25. Média do acúmulo de Boro (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 1º ciclo.	60
Tabela 26. Média do acúmulo de Boro (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 2º ciclo.	61
Tabela 27. Média do acúmulo de Cobre (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.....	61
Tabela 28. Média do acúmulo de Ferro (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 1º ciclo.	62
Tabela 29. Média do acúmulo de Ferro (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 2º ciclo.	63
Tabela 30. Média do acúmulo de Manganês (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 1º ciclo.....	63
Tabela 31. Média do acúmulo de Manganês (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 2º ciclo.....	64
Tabela 32. Média do acúmulo de Zinco (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.....	64

RESUMO

A cultura da alface destaca-se na produção de hortaliças no Brasil. O presente trabalho teve como finalidade avaliar o desenvolvimento da alface quando irrigada com água tratada magneticamente e convencional, em diferentes lâminas de reposição da irrigação baseadas na evapotranspiração da cultura (ET_c). O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Departamento de Engenharia Rural da UNESP, Faculdade Ciências Agrônômicas, Fazenda Experimental Lageado, localizada no município de Botucatu, São Paulo. O delineamento experimental foi casualizado, sendo 5 lâminas de irrigação (25%, 50%, 75%, 100% e 125% da ET_c) e dois tipos de água (magnética e convencional), e foram realizadas 4 avaliações ao longo do ciclo e foram utilizadas 5 repetições. Foram conduzidos 2 ciclos da cultura, para comprovação do real efeito da água tratada magneticamente. Para o tratamento magnético da água foi utilizado o equipamento Sylocimol rural da empresa Timol. Foram avaliados o número médio de folhas, massa de matéria fresca e seca da parte aérea, comprimento de raiz, massa de matéria fresca e seca das raízes, taxas de clorofila (a, b e total) e teores de macro e micro nutrientes. Os dados foram submetidos a análise de variância através do teste de Tukey, a 5% de probabilidade. De forma geral, os tratamentos que foram submetidos a irrigação utilizando água magnética

apresentaram performance igual ou superior nas avaliações das variáveis, quando comparada aos tratamentos convencionais. O destaque foi para a lâmina de 100% da ETc, que atingiu produção superior de 64% para o peso verde aéreo, assim como foi verificado uma redução nos dias dos tratamentos irrigados com água magnética para atingir a mesma produção de quando irrigada com água convencional. Para os teores de macro e micro nutrientes foi verificado a diferença do efeito positivo da água tratada magneticamente.

Palavras chaves: Irrigação, Água magnética, Produção de alimentos, Hortaliças, Potencial matricial, osmótico e Tensão.

PRODUCTION OF CULTURE OF LETTUCE WITH MAGNETICALLY TREATED WATER. Botucatu, 2014. 123p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
Author: FERNANDO FERRARI PUTTI
Supervisor: LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO
Co-supervisors: ANTONIO EVALDO KLAR and CAMILA PIRES CREMASCO GABRIEL

SUMMARY

Lettuce is one of the most relevant kitchen garden crops in Brazil. Current research evaluates the development of lettuce irrigated with magnetically treated water and with conventional water at different irrigation reposition levels based on crop evapotranspiration (ET_c). The experiment was conducted in a hothouse of the Department of Rural Engineering of UNESP, Faculty of Agronomical Sciences, on the Lageado Experimental Farm, Botucatu SP Brazil. The randomized design comprised five irrigation levels (25%, 50%, 75%, 100% and 125% of ET_c) and two types of water (magnetic and conventional), with 4 evaluation throughout the cycle and 5 repetitions. Two crop cycles were undertaken to prove the true effect of magnetically treated water. Rural apparatus Sylocimol (Timol) was employed for the magnetic treatment of water. Mean number of leaves, mass of fresh and dry matter of the aerial section, root length, mass of fresh and dry matter of roots, chlorophyll rates (a, b and total) and macro and micro nutrient rates were evaluated. Data were analyzed by analysis of variance by Tukey's test at 5% significance level. As a rule, irrigation treatments with magnetic water had an equal or higher performance in the evaluation of variables when compared to conventional water. The 100%

ETc level should be highlighted due to its 64% higher production for aerial green weight. There was also a decrease in days of treatment irrigated with magnetic water to achieve the same production as that with conventional water. Difference in the positive effect of magnetically treated water was verified for micro and macro nutrient rates.

Keywords: Irrigation; magnetic water; food production; vegetables; matrix, osmosis and tension potential.

1 INTRODUÇÃO

O planeta Terra apresenta 98% de água salgada, 2% de água doce (boa para o consumo do ser humano), sendo que 87% da água doce do planeta encontra em calotas polares e geleiras (MORAES, 2002).

Nas regiões áridas e semiáridas do Brasil, a escassez de água torna-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Regiões com restrições de recursos hídricos apresentam dificuldade em atender as elevadas demandas hídricas, acarretando no desenvolvimento econômico e na qualidade de vida, principalmente no saneamento básico (HESPANHOL, 2002).

A agricultura é responsável por 70% do consumo mundial de água. A água é um fator determinante na fisiologia das plantas, participando da nutrição e crescimento vegetais. A absorção dos nutrientes pelas plantas ocorre predominantemente via sistema radicular por fluxo de massa, difusão e interceptação (quase totalmente dependentes de água). No entanto, elas não são capazes de usar a maioria dos nutrientes que se encontram no solo. Alguns estão fortemente retidos às partículas minerais do solo ou encontram-se em formas que não são prontamente assimiláveis.

A irrigação utilizando a água convencional disponibiliza apenas uma pequena quantidade de elementos nutritivos que se dissolvem no solo e se tornam acessíveis às plantas (ESPÍRITO SANTO, 2001).

Tendo em vista a relevância da irrigação para o desenvolvimento das plantas, é amplamente justificável que se busque formas de otimização do uso e aproveitamento da água em todas as suas formas de utilização.

E é neste sentido que trabalhos estudam o tratamento magnético da água e suas aplicações na irrigação (SILVA, 2008).

Para a transformação da água convencional em água tratada magneticamente é necessário compressão sobre a atuação da força que é induzida em uma espiral, quando o número de linhas de campo magnético estiver variando ao atravessá-la (TIMOL, 2014).

De acordo com Freitas (1999), quando a água é submetida a influência de campos magnéticos, ocorre a cristalização e precipitação em soluções, a qual afeta seus cristais na estrutura, isto evidencia que sua morfologia é alterada.

Nos estudos de Alkhazan e Saddiq (2010), observa-se métodos para resolução do problema da água estagnada no Lago no leste de Jeddah, em que apresentava água de esgoto. Amostras foram coletadas e tratadas usando campos magnéticos com diferentes intensidades. O aumento do fluxo magnético causava clareza de água, e o aumento relativo do valor de pH, notável diminuição em seu odor e condutividade elétrica (CE). Além disso, observou-se que o conteúdo bacteriano diminuiu.

Basant e Grewal (2009) realizaram estudos utilizando água salinizada para a irrigação em diferentes culturas. Nestes, foi utilizado um magnetizador no tratamento da água, e notou-se que as culturas reagiram de forma distinta quando irrigada com água salina com tratamento magnético e sem tratamento.

Lin e Yotvat (1990) utilizando água tratamento magnético de água em produções de diferentes culturas, que as culturas irrigadas com este tipo de água apresentaram consideráveis diferenças em relação às irrigadas com água convencional (sem tratamento magnético).

Yaofu et al. (1998) utilizaram água tratada magneticamente na irrigação da cultura do tabaco, da semeadura até seu crescimento e a características da folha na colheita. Foram analisadas as variáveis desde seu desenvolvimento até as características fisiológicas da combustão do tabaco, observando que as irrigadas com água tratada magneticamente apresentaram produção e qualidade superior as irrigadas com água convencional.

Em plantas irrigadas com água não tratada magneticamente, um revestimento branco é formado na superfície do solo, formando o bicarbonato e o carbonato

de cálcio. Alguns bicarbonatos de cálcio são lavados com a água que infiltram no solo e se depositam nas raízes das plantas.

A planta então, começa a ter problemas na absorção de nutrientes e para poder continuar absorvendo estes elementos necessários para seu crescimento e desenvolvimento, cria raízes adicionais. Este processo pode resultar em anormalidades anatômicas e fisiológicas, que virão a refletir no processo anormal de formação e produção desta planta. Assim, acarreta-se em desperdício energético da mesma para a formação de raízes.

Em Israel num amplo campo de experimento, verificou-se que o tratamento magnético modifica a qualidade da água de irrigação. Foi demonstrado que a água tratada contribui para o aumento de rendimentos dos agricultores e a produção expressou-se em quantidade e qualidade do produto. No que diz respeito ao tratamento magnético, foi relatado o uso em países como o Bloco Oriental, Rússia e China, que se revelou eficaz para uma ampla gama de culturas (SILVA, 2008).

A partir do da necessidade da busca de tecnologias que otimizem o uso da água na irrigação, sem perder a qualidade na produção e aumentar a produção de alimentos, faz-se neste trabalho o levantamento da hipótese de que a água quando induzida ao campo magnético influencia na produtividade.

Deve-se ressaltar que poucos trabalhos nesta área foram desenvolvidos até o presente momento. Assim, esta pesquisa busca aumentar o embasamento e a confirmação de que ocorrem alterações na produtividade de alimentos e também busca ressaltar possíveis vantagens em se utilizar o tratamento magnético da água destinada para irrigação.

2 OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa foi quantificar os efeitos na cultura da alface irrigando com água tratada magneticamente. Os objetivos específicos deste presente estudo foram:

1. Criar estratégias de redução de dias de ciclo avaliando o desenvolvimento da cultura de alface mediante as lâminas de irrigação e tipo de água adotados.
2. Determinar e quantificar as alterações das taxas de clorofila e teor de macro e micro nutrientes da cultura da alface mediante as lâminas de irrigação e tipo de água adotado.
3. Determinar as possíveis reduções da quantidade de água utilizados na irrigação quando utilizados o tratamento magnético em detrimento ao convencional.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é originária da região de clima temperado e ainda muito encontrada no sul da Europa e da Ásia. Dentre as hortaliças, a alface se destaca pelo seu alto consumo mundial, sendo também umas das mais consumidas no Brasil (MEIRELLES, 1998). E de acordo com Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2012) no estado de São Paulo, sua cultura ocupa uma área de aproximadamente 10 mil hectares, que gera uma produção de 15 milhões de caixas. E os principais municípios produtores são Ibiúna, Suzano, Piedade e Embu Guaçu.

A alface que pertence à família Asteracea (antiga Compositae), que é a mesma das chicórias e almeirões, apresenta em sua composição químicas aproximadamente 95 % de água, 1,5 % de fibras, 0,90 % de açúcares, 0,50 % de sais minerais, 0,31mg de vitamina B1, 0,66mg de vitamina B2 e 35g de vitamina C (GOTTO, 1998).

A alface é uma planta herbácea, e cujas raízes são do tipo pivotante, com ramificações muito finas, delicadas e curtas (concentradas nos primeiros 25 cm), podendo atingir até 60 cm de profundidade. Seu caule é curto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas, apresentam a coloração do verde escuro ao verde-amarelo, com algumas exceções das variedades de coloração roxa.

A cultura apresenta melhor adaptação ao solo de textura média, e com boa capacidade de retenção de água. A faixa de pH em que se deve conduzir a cultura

deve variar entre 6,0 a 6,8. A calagem deve ser realizada para manter a saturação por base entre 80% a 90%. A adubação orgânica, principalmente com esterco animal, eleva o rendimento da cultura, por ser uma fonte de nutrientes, melhorar a qualidade física do solo e aumentar a atividade microrgânica (FILGUEIRA,2000; GOMES et al., 1999).

De acordo com Hens e Suinaga (2009), a alface pode ser agrupada em cinco tipos morfológicos, com base na formação da cabeça e tipo de folha.

- Repolhuda lisa: apresenta folhas lisas, delicadas e macias, com nervuras, pouco salientes, de aspecto oleoso, formando uma cabeça típica e compacta; exemplos: Aurélia e Carla.

- Repolhuda crespa ou americana: folhas crespas, consistentes e crocantes, cabeça grande e bem compacta; exemplos: Lucy Brown, Taína, Madona e Crespa repolhuda.

- Solta lisa: folhas lisas e soltas, relativamente delicada, sem formação de cabeça compacta; exemplos: Regina, Babá e Monalisa.

- Solta Crespa: folhas grandes e crespas, textura macia, mas consistente, sem formação de cabeça, que pode apresentar coloração verde ou roxa; exemplos: Mimosa, Verônica e Brisa.

- Romana: folhas tipicamente alongadas, duras, com nervuras claras, com uma cabeça fofa e alongada, na forma de cone; exemplos: Romana Balão e Blonde Romaine.

Tradicionalmente, o cultivo da alface é realizado em canteiros com condições de campo e utilizando, principalmente os métodos de irrigação por aspersão e gotejamento. Porém, tem-se adotado cada vez mais a utilização da plasticultura na produção de hortaliças, como túneis plásticos, casas de vegetação, “*mulching*” (SGANZARLA, 1990).

Em ambientes protegidos um dos principais métodos utilizados é por gotejamento sendo, um dos principais problemas enfrentados pelos produtores é a qualidade da água.

Afim de obter resultados satisfatórios é de suma importância que se conheça o manejo adequado da água de irrigação.

3.2 Ambiente protegido

No início da década de 50, com a descoberta do polímero de polietileno, o cultivo em ambiente protegido começou a se destacar no meio rural, sendo introduzido no Brasil pelos holandeses, voltado principalmente ao cultivo de flores (SANTOS, 2002).

De acordo com Souza (2003) estima-se que no mundo existem cerca de 200.000 ha de cultivo em ambiente protegido, e Goto (2005) afirma que no Brasil existem cerca de 897 ha com algum tipo de cultivo em ambiente protegido, sendo que deste total 58,9% eram hortaliças, 38,7% flores e 2,4% outros.

O destaque para o cultivo em ambiente protegido se deve ao fato de apresentar diversas vantagens tais como, maior proteção da cultura, a pragas de doenças, menor velocidade do vento e radiação solar difusa mais elevada (KLAR et al. 2006).

De acordo com Vecchia e Koch (1999) destaca-se dentre as hortaliças mais cultivadas em ambiente protegido no Brasil, as culturas do pimentão, alface, tomate e pepino, que utilizam o próprio solo como substrato.

3.3 Manejo da irrigação

A necessidade de se manejar corretamente a irrigação é de suma importância para os produtores, além de suprir a necessidade hídrica das plantas, se bem manejada pode levar a redução da incidência de doenças, lixiviação de nutrientes e de gastos desnecessários com água e energia (MORGAN et al., 2011).

De forma geral, as condições climáticas e a umidade do solo influenciam diretamente a produção e a produtividade das hortaliças, assim o excesso ou déficit hídrico podem acarretar redução de produção (MAGGI, 2006).

Devido as características da cultura da alface apresentarem ampla área foliar e a evapotranspiração intensiva, isso leva em irrigações frequentes e abundantes para atingir a máxima produção.

Diversos trabalhos buscam estabelecer, para a cultura da alface uma lâmina de irrigação condizente com as condições edafoclimáticas de uma determinada região

ou mais especificamente de um local, baseando-se na porcentagem de evaporação do tanque Classe A (GOMES, 2001).

Andrade Júnior e Klar (1997) avaliaram o efeito de quatro lâminas de irrigação da alface americana (Mesa 659) em ambiente protegido, em que as lâminas de 25%, 50%, 75% e 100% da evaporação do tanque Classe A. No final do ciclo foi verificado que as lâminas de 50% e 75% apresentaram os melhores resultados no número de folhas, área foliar e matéria seca, sendo que a eficiência do uso da água apresentou resposta linear e decrescente com o acréscimo dos níveis de irrigação aplicados.

Hamada e Testezlaf (1996) ao analisarem o crescimento da alface cultivar Floresta, a qual foi submetida à quatro lâminas correspondentes a 120%, 100%, 80%, 60 % da evaporação do tanque Classe A, não obtiveram diferenças significativas em nenhuma das variáveis analisadas a área foliar, taxa de crescimento da cultura, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida e razão de área foliar.

Estudos realizados por Vilas Boas et al. (2007), em que foram testado 4 lâminas de irrigação (75%, 100% 125% e 150% da evaporação do tanque Classe A), para a alface da cultivar crespa, obtiveram a máxima produção de matéria verde, números de folhas com a lâmina de 125% da ECA e o teor de matéria seca de folhas respondeu linearmente em função das lâminas de irrigação.

Lima Junior et al. (2012) ao verificarem a irrigação em diferentes taxas de reposição em que foi adotado 0,30; 0,60; 0,90; 1,20; 1,50 da lâmina evaporada, para a cultivar americana, obtiveram a máxima produtividade comercial de 36,5 t ha⁻¹ com a aplicação da lâmina estimada em 164,8 mm, correspondendo ao fator de reposição de 98%, e sendo a máxima eficiência no uso da água obtida com a aplicação da lâmina de irrigação de 50,10 mm, satisfazendo ao fator de reposição de água de 30%.

Araújo et al. (2010) ao irrigarem a cultura da alface em frações da evaporação do tanque Classe A (ECA) (20%, 40%, 60%, 80%, 100% e 120%), atingindo o máximo de rendimento de 17,35t ha⁻¹ com a aplicação da lâmina de 120% da ECA, e a variável número médio de folhas se ajustou ao modelo linear crescente, enquanto a eficiência do uso apresentou um ajuste linear decrescente em função das lâminas de irrigação.

3.4 Absorção de nutrientes

A absorção de nutrientes pelas plantas, suas concentrações e seus níveis de deficiência variam entre as espécies vegetais e cultivares e também de acordo com as de ambiente em que foram cultivados, conforme demonstram trabalhos realizados ao longo dos anos.

Garcia (1982) estudou a absorção de macro e micronutrientes em alface para os cultivares “Brasil 48” e “Caluse’s Aurélia” e verificou para o nitrogênio, uma extração total no final do ciclo de 469,6 e 410,2 mg planta⁻¹, respectivamente, já para o fósforo teve extração de 100 mg planta⁻¹ para ambos cultivares; o potássio teve extração total de 1017 e 759 mg planta⁻¹; o cálcio teve extração total de 161 e 200 mg planta⁻¹, o magnésio teve extração total de 47 e 52 mg planta⁻¹, enxofre teve a extração total de 21 mg planta⁻¹. Já para os micronutrientes os valores totais extraídos pela cultura foram, boro de 896 e 958 µg planta⁻¹; cobre de 196 e 168 µg planta⁻¹; ferro de 6800 e 5446 µg planta⁻¹; manganês de 3534 e 1025 µg planta⁻¹; zinco de 4462 e 2425 µg planta⁻¹.

Para Beninni et al. (2005), a alface crespa atingiu aos 49 dias após o transplântio os valores de acúmulo de nitrogênio de 49,70 kg ha⁻¹, fósforo de 7,48 kg ha⁻¹, potássio de 102,11 kg ha⁻¹, cálcio de 15,87 kg ha⁻¹, magnésio de 4,06 kg ha⁻¹, enxofre de 5,04 kg ha⁻¹.

Grangeiro et al. (2006) ao submeterem três cultivares de alface em condições de semiárido observaram que a variedade Babá de verão atingiu o total de extração aos 27 dias de 75 kg ha⁻¹ de N; 42,5 kg ha⁻¹ de P; 112,5kg ha⁻¹ de K; 13,5 kg ha⁻¹ de Ca e 35 kg ha⁻¹ de Mg; Tainá. 50 kg ha⁻¹ de N; 27,5 kg ha⁻¹ de P; 87,5 kg ha⁻¹ de K; 15,7 kg ha⁻¹ de Ca e 25 kg ha⁻¹ de Mg; Verônica. 60 kg ha⁻¹ de N; 27,5 kg ha⁻¹ de P; 82,5kg ha⁻¹ de K; 11,5 kg ha⁻¹ de Ca e 27,5kg ha⁻¹ de Mg.

3.5 Água submetido ao campo magnético

O primeiro estudo relatado sobre a influência do campo magnético em água foi realizado por Vermeiren na Bélgica em 1945.

Diversos estudos apontam evidências de que a água exposta ao campo magnético possui propriedades diferentes da água não tratada. As principais

alterações observadas na água foram a adsorção de água em superfícies (OZEKI et al., 1996), cristalização e precipitação de sais (KATSUKI et al., 1996 e KRONENBERG, 1985), solubilidade de alguns minerais (HASSON et al., 1985; HERZOG et al., 1989; BOGATIN, et al., 1999; GEHR et al., 1995) e tensão superficial (JOSHI et al. (1966).

Zhou et al. (2000) propuseram em seus estudos que quando a água é submetida ao campo magnético, ocorre um enfraquecimento e a quebra de ligações de hidrogênio entre as moléculas de água, podendo ocorrer novas associações de moléculas de água, ocasionando possivelmente a acidificação e consequentemente essa nova distribuição da água provavelmente interfira menos na trajetória dos íons transportadores de carga, fazendo com que a condutividade elétrica aumente.

Ainda em seus estudos Zhou et al. (2000) observaram que quando a água é exposta ao campo magnético, possivelmente, modifica a distribuição de tamanho de *clusters*.

Bueno (1978) constatou que quando a água é exposta ao campo magnético sofre alterações em algumas propriedades físico-químicas, tais como condutividade elétrica, tensão superficial e pontes de hidrogênio.

Faigle e Porto (2000) em seus estudos também verificaram que a água exposta ao campo magnético levou a diminuição da tensão superficial, aumento da condutividade elétrica e aumento da pressão de vapor da água deionizada. Também constatou-se alterações na atividade biológica dessa água.

Através de experimentação e análise térmica, foi verificado que o comportamento da solidificação da água destilada quando exposta ao campo magnético apresentou temperatura de supercongelamento média de 0° C, enquanto o controle, que não foi exposto chegou a -7,6°C (ALEKSANDROV et al. 2000).

Bogatin et al. (1999) quando submeteram a água ao campo magnético observaram que ocorre a desgaseificação, aumentando assim a permeabilidade no solo, que consequentemente aumenta a eficiência da irrigação.

A água tratada magneticamente vem sendo estudada ao longo dos anos em diversas áreas, como a agronomia, pecuária, saúde humana. Apesar dos resultados apontarem melhorias ou aumento de produção, ainda há pouca compreensão do mecanismo que rege o fenômeno.

Reina e Pascual (2001a; 2001b) em seus estudos sobre o efeito do campo magnético na água para a irrigação de sementes de alface, propõem o mecanismo de ação do campo magnético sobre a dinâmica de regulação fisiológica das sementes. Os resultados apontaram que houve um aumento da taxa de intumescimento e da quantidade de água absorvida pelas plantas. Assim os autores concluíram que o fato é explicado através da interação do campo magnético com as correntes iônicas das membranas celulares, as quais alteram as concentrações iônicas e a pressão osmótica em ambos os lados da membrana e, conseqüentemente modificam o mecanismo de permeação da água através desta.

A água tratada magneticamente além de interferir na fisiologia de plantas, estudos apontam que ocorre a interação solo-água. De acordo com Khoshraives et al. (2011), em seus estudos para a avaliação da irrigação com este tipo de água na irrigação localizada, apresentou maior umidade do solo, quando comparada com a água convencional. Portanto, a irrigação com água tratada magneticamente pode ser utilizada para reduzir intervalos de irrigação que resultaria em uma irrigação mais eficiente.

3.6 Interação Solo-água-planta

O solo pode ser definido como um sistema poroso que é constituído por um volume de vazios, que pode ser preenchido por um volume de ar e/ou água e as partículas sólidas. Assim, para fins agrônômicos o solo é um armazenador de nutrientes e água para as plantas (KLAR, 1984).

A água trata-se de uma das mais importantes substâncias encontradas na superfície da Terra, em que todos os seres vivos constituído de células necessitam para sobreviver. Nas plantas apresenta a função de manter o turgor celular e crescimento vegetal (REICHARDT e TIMM, 2004).

Ao analisar o conjunto solo-água-planta é de suma importância entender a relação de forças que atuam neste sistema.

A relação solo-água ocorre devido às forças de adsorção, que é um fenômeno interfacial resultada das forças que ocorrem entre as moléculas de diferentes fases, conhecidas como adesão e coesão (JORDÃO et al. 1999; KLAR, 1984).

A água no solo apresenta movimentação entre as partículas, assim o trabalho requerido para mover um certo volume de água é chamado de potencial de água no

solo. Logo, quando existe uma diferença de potencial (Ψ) entre dois pontos ocorre a infiltração de água no solo.

De acordo com Klar (1984) a água no solo está sujeita a diversas forças, resultantes da atração da matriz do solo pela água (Ψ_m), gravidade (Ψ_G), da carga hidrostática (Ψ_p) e a presença de soluto (Ψ_o), acarretando na equação.

$$\Psi = \Psi_G + \Psi_m + \Psi_o \quad (1)$$

Já na interação Solo-Planta as forças que atuam para a absorção de água pelas plantas no solo são o potencial osmótico (Ψ_{os}) e matricial (Ψ_m) (REICHARDT e TIMM, 2004), expressado pela equação:

$$\Psi = \Psi_m + \Psi_{os} \quad (2)$$

Portanto, no solo aerado as principais forças que atuam na relação solo-planta-água podem ser expressada por:.

$$\Psi = \Psi_g + \Psi_{m+} + \Psi_{os} \quad (3)$$

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área experimental

O experimento foi realizado em casa de vegetação situada na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da UNESP, Faculdade Ciências Agrônômicas, Fazenda Experimental Lageado, localizada no município de Botucatu, São Paulo, com localização geográfica definida pelas coordenadas 22° 51' Latitude Sul (S), 48° 26' Longitude Oeste (W), e altitude de 786m (ESCOBEDO, 2009), durante os meses de janeiro a maio do ano de 2013.

De acordo com a classificação de Köppen (KOPPEN e GEIGER, 1928), a região apresenta clima do tipo Cfa (Clima subtropical úmido).

O ambiente protegido foi do tipo túnel, com dimensões de 27m de comprimento; 7m de largura e altura das laterais de 1,7m e no centro de 3m, sendo a cobertura feita com filme de polietileno aditivado transparente, com 150µm de espessura. As laterais são de tela “sombrite” com 30% de sombreamento, objetivando a interceptação de insetos e animais. A estufa é posicionada, em seu comprimento, no sentido Norte/Sul. (Figura 1).



Figura 1. Estufa plástica onde foi conduzido o experimento.

4.2 Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento

O solo da casa de vegetação no qual foi conduzido o experimento é classificado de acordo com Carvalho et al. (2000) como Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico, apresentando moderada estrutura média/argilosa e características físicas (EMBRAPA, 1999) e químicas (RAIJ et al., 2001) (Tabela 1 e Tabela 2).

Tabela 1. Resultado da análise química do solo de 0 a 20 cm.

Análise química de macronutrientes									
pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³			mmol dm ⁻³				
5,9	24	191	17	4,8	68	25	97	114	85

Análise química de micronutrientes			
Boro	Cobre	Ferro	Zinco
---- mg dm ⁻³ ----			
0,51	4,8	14	8,0

Tabela 2. Análise granulométrica e da densidade do solo.

Areia	Silte	Argila	Densidade
Porcentagem			g cm ⁻¹
37%	51%	12%	1,21

Os valores das umidades em função dos potenciais matriciais (Ψ) (Tabela 3) foram determinados através de amostras deformadas, no Laboratório de Água-Solo-Planta, Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias de Botucatu.

Tabela 3. Valores da umidade do solo (%) e potenciais matriciais (-kPa).

Ψ (-KPa)	Umidade (%)
10	26,62
30	20,96
50	19,93
100	18,41
300	15,8
500	15,59
1500	14,8

As umidades do solo para os potenciais, foram determinados através dos pontos da curva de retenção de água no solo, e ajustado pelo programa *Soil Water Retention Curve* (DOURADO NETO et al.,1990), e utilizando-se o modelo proposto por Van Genuchten (1980). Os parâmetros estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros da equação de Van Genuchten.

Solo	α	m	N	θ_r	θ_s
	0,3223	0,3239	2,0131	0,1771	0,5024

Após o cálculo dos parâmetros, gerou-se a seguinte curva característica do solo de 0 a 20 cm:

$$\theta_{0-20} = 0,1771 + \frac{0,3253}{[1+(0,3223.\psi)^{2,0131}]^{0,3239}} \quad (4)$$

4.3 Condução da cultura

No experimento, foram conduzidos dois ciclos da cultura da alface, com a variedade Verônica, do tipo crespa. Foram utilizadas semente peletizadas, que foram semeadas uma unidade por célula em bandejas de poliestireno expandido com 128 células, no qual foi empregado o substrato Tropstrato HA-Hortaliças.

Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em viveiro por 3 dias, e para auxiliar a germinação, em que havia um sistema de nebulização ligado automaticamente a cada 2 horas. Após a germinação, as bandejas foram transferidas para a estufa de realização do experimento, sendo realizada posteriormente a diferenciação nos tratamentos das mudas, aplicando-se água tratada magneticamente e convencional via regador duas vezes por dia, manhã e à tarde.

As avaliações foram realizadas em 4 momentos distintos, sendo a primeira aos 14 dias após o transplante (DAT), a segunda foi realizada aos 21DAT, a terceira aos 28DAT e a quarta aos 35DAT (Tabela 5).

Tabela 5. Datas da semeadura, transplante e avaliações.

	Semeadura	Transplante	14DAT	21DAT	28DAT	35DAT
1º Ciclo	08/01	09/02	23/02	02/03	09/03	16/03
2º Ciclo	23/02	23/03	06/04	13/04	20/04	27/04

Antes do transplante, todas as parcelas foram elevadas em capacidade de campo. Utilizou-se o espaçamento entre elas de 0,25m x 0,30m.

Nos primeiros sete dias não houve diferenciação nas lâminas, sendo a mesma aplicada para todos os tratamentos.

O solo da estufa foi preparado utilizando um trator do tipo “Tobata”, em que havia uma enxada rotativa que revolveu uma camada superficial de aproximadamente 30 cm. Posteriormente, delimitou-se os canteiros e foram levantados com enxada. O combate de plantas daninhas foi realizado manualmente quando necessário.

4.4 Descrição do equipamento para o tratamento magnético da água

Para o presente estudo foram utilizados dois magnetizadores Sylocimol Rural, da empresa Timol Indústria e Comércio de Produtos Magnéticos. Segundo a empresa (TIMOL, 2012), o magnetizador é composto de ímãs alternados recoberto de uma proteção em inox. O Sylocimol Rural (Figura 2) é capaz de magnetizar 1000 litros de água em 20 minutos.

Os *clusters* são grandes grupos de moléculas de água que ficam circulando pela estrutura das plantas e carregados de toxinas, radicais livres (átomos isolados de oxigênio-resíduos) e nutrientes. A água magnetizada reduz as toxinas e os radicais livres diminuindo a acidez promovendo a desintoxicação, aumentando a resistência física das plantas e favorecendo o transporte de micronutrientes (TIMOL, 2012).



Figura 2. Magnetizador Sylocimol Rural.

4.5 Sistema de irrigação

O método de irrigação utilizado foi localizada por gotejamento, com dois sistemas de irrigação independentes, sendo um para água tratada magneticamente e outro para a água convencional. Foram instaladas duas caixas d'água independentes, sendo que ambas foram instaladas um manômetros para regular a pressão de operação, que foi mantido em 10 m.c.a. . Apesar disso, para o sistema em que se utilizou a água tratada

magneticamente foi construído um retorno para a caixa d'água, com a finalidade de homogeneização (Figura 3).

A linha principal era constituída de mangueira de 1 polegada, sendo todas as linhas laterais inseridas diretamente nela. Para a realização da diferenciação nos tratamentos, foi instalado um registro para cada fita gotejadora.

Cada parcela era constituída por três linhas de irrigação, em que foi utilizado a mangueira gotejadora da Amandi, fabricado pela Petroísa Irrigações LTDA. A mangueira possuía espaçamento de 0,30m entre gotejadores, sendo sua vazão média de $1,472 \text{ Lh}^{-1}$, quando submetido a uma pressão de 10 m.c.a. Nas avaliações realizadas, as plantas da bordadura foram retiradas, sendo apenas as plantas centrais utilizadas (Figura 3).

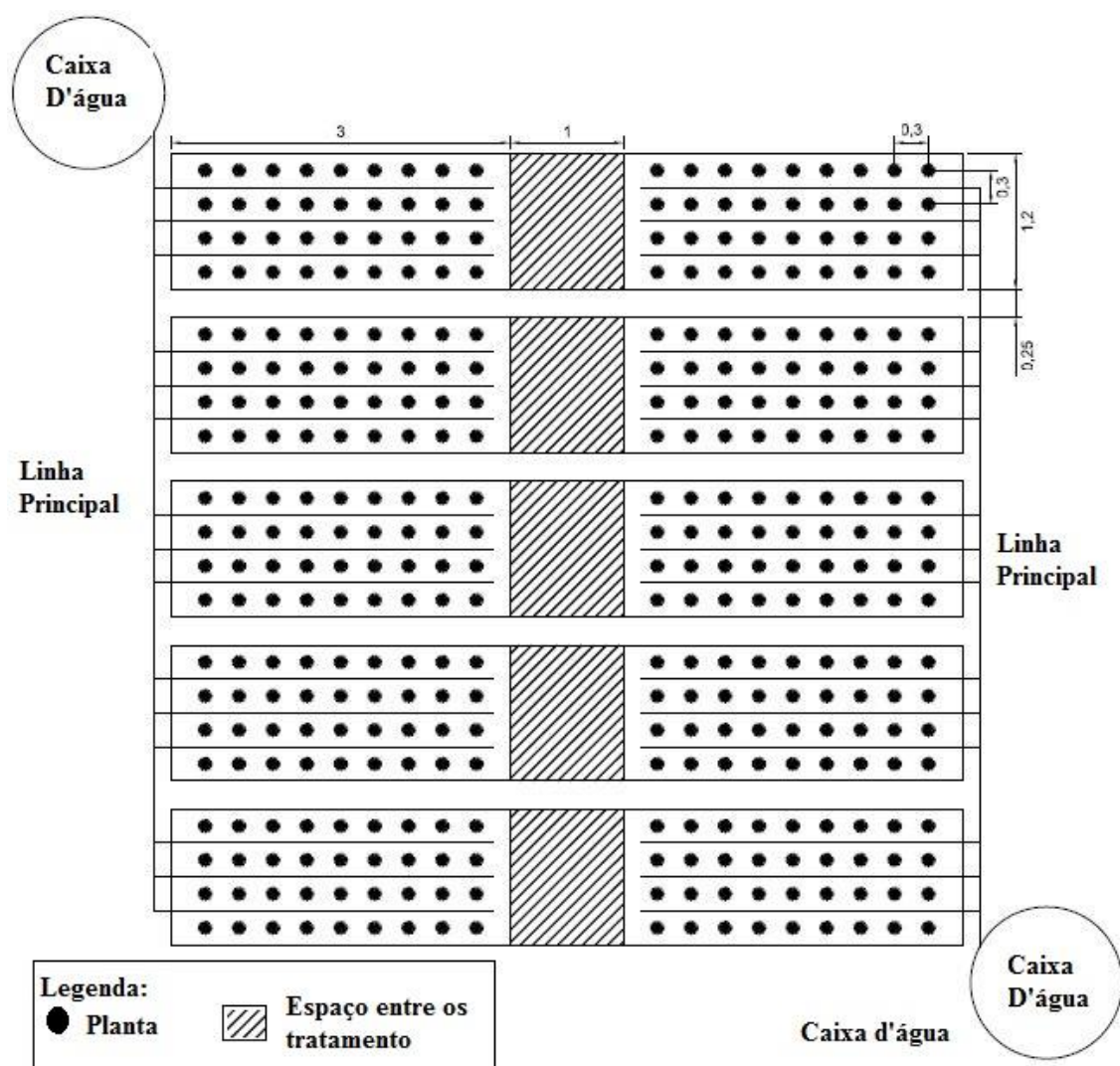


Figura 3. Esquema geral do experimento.

4.6 Manejo da irrigação

No interior da estufa, foi instalado um Tanque Classe A para a verificação diária da evaporação. Também havia um do abrigo meteorológico, que continha um termo-higrômetro digital utilizado para monitorar a temperatura e a umidade relativa máxima e mínima do ambiente. As leituras foram realizadas diariamente às 9:00 h.



Figura 4. Vista interna da casa de vegetação. Área experimental e equipamentos (Tanque Classe A, Abrigo meteorológico e estação meteorológica).

A determinação do coeficiente de correção do tanque Classe A foi feita a partir do método proposto por Snyder (1992), em que é calculado a evaporação (K_p) da seguinte forma:

$$K_p = 0,482 + 0,024 \ln(B) - 0,00376 * V + 0,0045 * UR, \quad (5)$$

onde:

- B: Bordadura da área de vegetação em torno do tanque (m);
- V: velocidade do vento a 2 m de altura (km dia^{-1});
- UR: média da umidade relativa (%);

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, não havendo a bordadura de vegetação em torno do tanque classe A, nem a incidência de vento, sendo desconsiderado na correção do K_p .

Foi realizado o teste de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação, em que o procedimento adotado foi o proposto por Merriam e Keller (1978), onde foram selecionadas quatro linhas laterais, sendo a primeira, situada a 1/3 do início, a segunda situada a 2/3 e a última. Dentro de cada linha lateral, foi selecionado quatro emissores, sendo eles, o primeiro, situado a 1/3 do início, o situado a 2/3 e o último, em que foi coletada a vazão dos emissores e assim calculado o coeficiente de uniformidade pela seguinte equação:

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a}, \quad (6)$$

em que:

- CU : coeficiente de uniformidade de distribuição;
- q_{25} : média das 25% menores vazões coletadas ($L \ h^{-1}$);
- q_a : média das vazões coletadas ($L \ h^{-1}$);

A evapotranspiração da cultura foi determinada pela equação,

$$ET_c = K_c \cdot K_p \cdot E_a, \quad (7)$$

em que:

- ET_o : evapotranspiração de referência ($mm \ dia^{-1}$);
- K_c : coeficiente da cultura (adimensional);
- K_p : coeficiente do tanque (adimensional);
- E_a : evaporação do tanque Classe A ($mm \ dia^{-1}$);

O coeficiente de cultura adotado foi o recomendado pelo FAO 56 (1998) (Tabela 6).

Tabela 6. Coeficiente da cultura da alface. (FAO 56,1998)

Cultura	Kc		
	Início	Meia-estação	Final
Alface	0,7	1,00	0,95

Para o cálculo da lâmina a ser aplicada, é necessário determinar a intensidade de aplicação (I) do sistema, que é dado pela equação:

$$I = \frac{q}{Sg.SI} , \quad (8)$$

em que:

- *SG*: Espaçamento entre linha(m);
- *SI*: Espaçamento entre gotejadores(m);

O tempo de irrigação foi determinado pela seguinte equação:

$$Ti = \frac{Etc}{Ea.I} , \quad (9)$$

em que:

- *Ti*: tempo de irrigação (min);
- *ETc*: evapotranspiração da cultura de referência (mm dia⁻¹);
- *Ea*: eficiência de aplicação da água do sistema (adimensional);
- *I*: intensidade de aplicação;

4.7 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi realizado utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 2×5, com 5 repetições, em que foram avaliados 2 tipos de água para irrigação (magnética, convencional) e com 5 tipos de lâminas (0,25 ETc; 0,50 ETc; 0,75 ETc; 1 ETc e 1,25ETc), totalizando 10 parcelas.

Cada parcela, foi representada por um canteiro medindo 1,2 m de largura por 3,00 m de comprimento, com uma área de 3,6 m². O espaçamento entre plantas foi de 0,30 × 0,30m, contendo um total de 40 plantas. Foi tulizada a seguinte nomenclatura dos níveis, de acordo com cada fator, será

- Mag: irrigação por água tratada magneticamente;
- Con irrigação por água convencional;
- L25%: lâmina de 0,25 ETc;
- L50%: lâmina de 0,50 ETc;
- L75%: lâmina de 0,75 ETc;
- L100%: lâmina de 1 ETc;
- L125%: lâmina de 1,25 da ETc.

4.8 Características avaliadas

4.8.1 Números de folhas

Após a colheita, foram separadas com auxílio de um estilete todas as folhas de cada planta de todos os tratamentos e realizou-se a contagem do número de folhas por planta.

4.8.2 Comprimento do sistema radicular

No ato da colheita, as plantas eram retiradas com o auxílio de um enxadão e uma pá para manter a maior quantidade de raízes possíveis. Realizou-se cuidadosamente a lavagem com água corrente, para evitar quebra de partes das raízes. Com o auxílio de uma régua milimétrica foi mensurado o comprimento do sistema radicular.

4.8.3 Peso verde da parte aérea

Após a colheita, separou-se a parte aérea das raízes, e com auxílio de uma balança digital graduada em 0,001 g, realizou-se a pesagem total desta parte aérea.

4.8.4 Peso seco da parte aérea

Após a pesagem da matéria fresca, as amostras foram mantidas em estufa com a temperatura a 65°C com circulação de ar forçada por 72 horas, e após este processo realizou a pesagem.

4.8.5 Peso verde do sistema radicular

Após a lavagem e medição do sistema radicular, com o auxílio de uma balança de precisão foi pesado e embalado todas as amostras.

4.8.6 Peso seco do sistema radicular

Após a lavagem e a medição do comprimento, as amostras foram mantidas em estufa com temperatura de 65°C, durante 72 horas.

4.8.7 Taxa de clorofila

A medição da taxa de clorofila era realizada pelo equipamento ClorofiLog-CFL 1030, em que se mediu a clorofila a, b e total.

4.8.8 Teor de macro e micronutrientes

Para a quantificação dos teores de macro e micro nutrientes, todas as folhas foram lavadas com água destilada e secas em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, à 65 °C. Após a secagem, foram trituradas em um moinho, acondicionadas em sacos de papel devidamente identificadas e enviadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de plantas, no Departamento de Recursos Naturais, da Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP/ Botucatu.

Quantificou-se aos 35DAT o teor dos macronutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (F), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), e dos micronutrientes Ferro (Fe), Boro (B), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Silício (Si)

no tecido vegetal da parte aérea, de acordo com a metodologia de Malavolta et al. (1994) e Korndörfer et al. (2004).

4.9 Análise estatística

Buscando-se atender os objetivos proposto, foram realizadas três análises estatística dos dados aferidos, utilizando em cada análise a combinação dos conjuntos de dados de acordo com a necessidade de resposta do fenômeno a ser investigado.

Análise 1 (Análise da Produtividade). Esta análise foi realizada buscando-se estabelecer a avaliação comercial, visto que seus resultados são voltados ao momento da colheita, comparando-se variações relacionadas à produtividade. Foi realizada em um esquema fatorial 2 x 5, sendo 2 tipos de água (mag e conv) e 5 lâminas (25%; 50%; 75%; 100%; 125%). Para esta avaliação, foram considerados os dados da 35 DAT (momento da colheita pelo produtor). Para este estudo, as variáveis analisadas foram: Número de Folhas (NF), Peso Verde Aéreo (PVA), Peso Seco Aéreo (PSA), Comprimento de raiz (CR), Peso Verde da Raiz (PVR), Peso Seco da Raiz (PSR), Clorofila A, B e Total e análise macro e micro de elementos.

Análise 2 (Análise do crescimento). Esta análise buscou verificar a redução nos dias do ciclo da cultura da alface, sendo realizada em um esquema fatorial 2 x 4, sendo 2 tipos de água (mag e conv) e 4 DAT (14;21;28;35), analisando-se a taxa de crescimento em relação ao tempo, e considerando o tipo de água para cada lâmina aplicada. Para este estudo, foram avaliados o Número de Folhas (NF), Peso Verde Aéreo (PVA), Peso Seco Aéreo (PSA), Comprimento de raiz (CR), Peso Verde da Raiz (PVR), Peso Seco da Raiz (PSR) e Clorofila A, B e Total.

Análise 3 (Análise de redução da lâmina de irrigação). Esta análise buscou determinar a lâmina de irrigação mais adequada para a cultura da alface. Para a realização desta análise, foi adotado um esquema fatorial 2 x 5, sendo 2 tipo de água (Mag e Conv) e 5 lâminas (25%; 50%; 75%; 100%; 125%), visando observar o efeito que as lâminas apresentam ao longo do ciclo. Para este estudo, foram avaliados o Número de Folhas

(NF), Peso Verde Aéreo (PVA), Peso Seco Aéreo (PSA), Comprimento de raiz (CR), Peso Verde da Raiz (PVR), Peso Seco da Raiz (PSR) e Clorofila a, b e total.

Em todos os conjuntos de dados considerados, foi analisada a normalidade dos dados, utilizando-se o teste de *Anderson-Darling* e verificando-se a homocedasticidade dos dados com o teste da equação da variância (ou teste de *Levenn's*). Para os conjuntos de dados que não apresentaram distribuição normal e/ou com diferenças de variância constatada, foi realizada uma transformação dos dados em um conjunto de dados com distribuição normal utilizando-se o teste de *Box-Cox* utilizando-se a equação:

$$Y_i = \frac{x_i^\lambda - 1}{\lambda}, \lambda \neq 0,$$

onde:

- $x_1, \dots, x_n$: dados originais;
- $y_1, \dots, y_n$: dados aproximados à distribuição normal.

Posteriormente, foi realizada a análise de variância de 2 fatores no conjunto de dados resultante e aplicado o teste de comparação de médias de Tukey. Quando constatada a interação entre os fatores, a análise foi estabelecida fixando-se cada um dos fatores e comparando-se com os demais.

Ainda nas Análises 2 e 3, foram elaboradas comparações utilizando-se regressão polinomial (linear ou quadrática), e posterior cálculo do valor de p e do coeficiente de Pearson (R).

Em todas as análises foi considerado o nível de significância à 5% ($\alpha=0,05$), e a utilizando os *softwares* Minitab 16 e SigmaStat 3.5.

Para os modelos matemáticos resultantes de uma regressão polinomial quadrática da forma $y = ax^2 + bx + c$ com valor de p significativo ($p < 0,05$) e com $a < 0$, calculou-se o ponto de máximo e seu valor associado, que para o presente estudo equivalem-se à lâmina de irrigação e o valor da variável relacionada, utilizando a fórmula do vértice do gráfico da função do 2º grau (parábola):

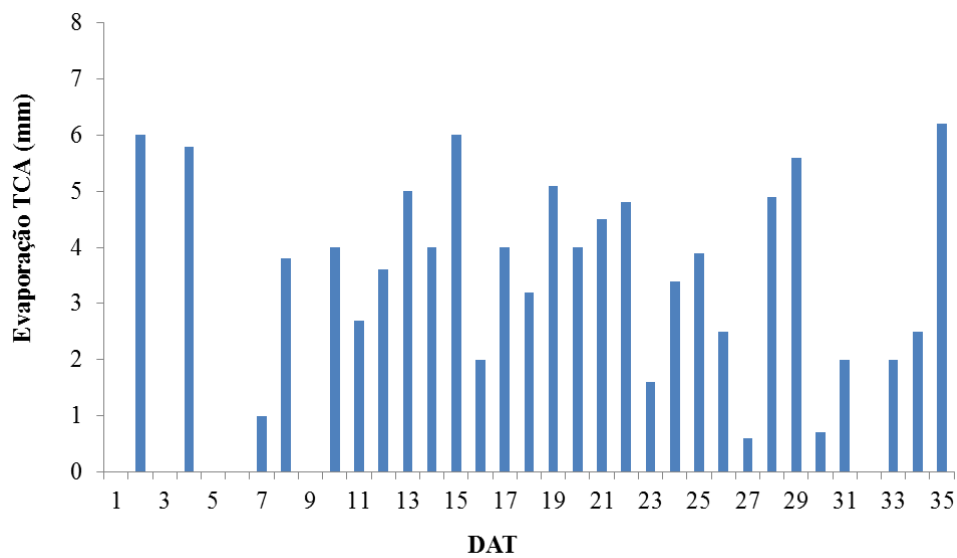
$$Vértice = \left(-\frac{b}{2a}; \frac{-b^2 + 4ac}{4a} \right).$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

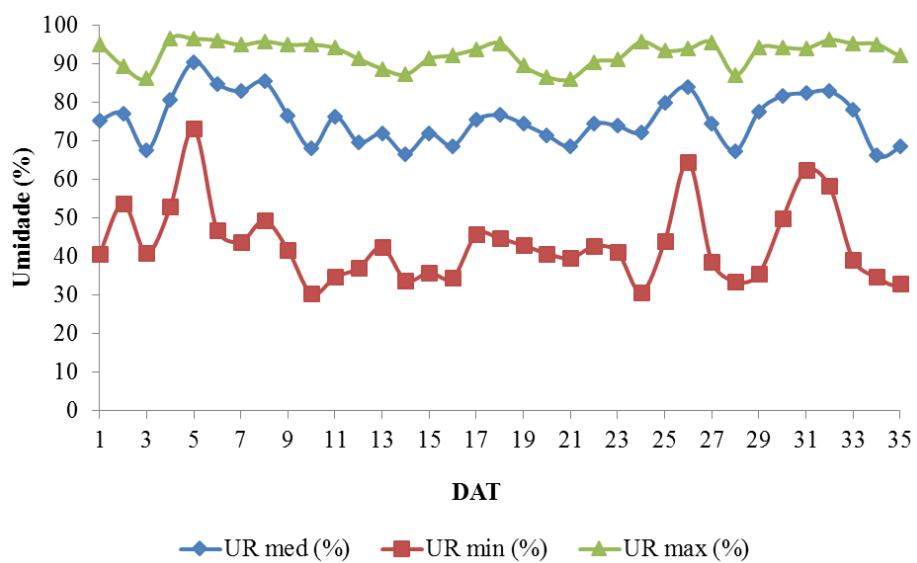
5.1 Caracterização climática

A cultura da alface apresenta uma tolerância razoável à temperatura e segundo Knott (1962), a temperatura não prejudicou o desenvolvimento deve variar entre 15 e 24°C, tolerando mínimas de até 7°C. Jackson et al. (1999) em seus estudos concluíram que para seu ideal desenvolvimento a temperatura média deve ser de aproximadamente 23°C.

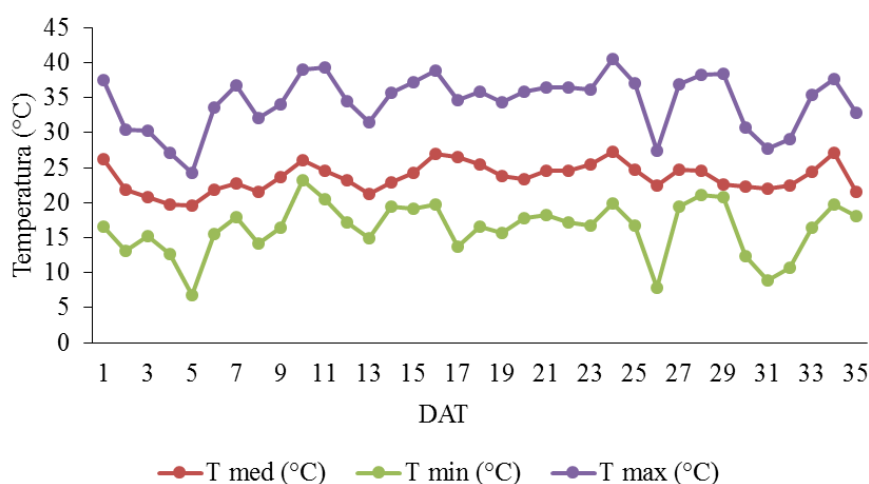
A temperatura média durante a realização do 1º ciclo da cultura da alface neste trabalho, foi de 23°C, apresentando máxima de 43,22°C e mínima de 14,43°C, e variação média diária de 16,3°C. A umidade relativa do ar apresentou média de 43,22%, registrando máxima de 92,61% e mínima 30,33% ao longo do experimento. A determinação da evaporação do tanque Classe A foi realizada mediante aferições diárias (Figura 5).



(a)



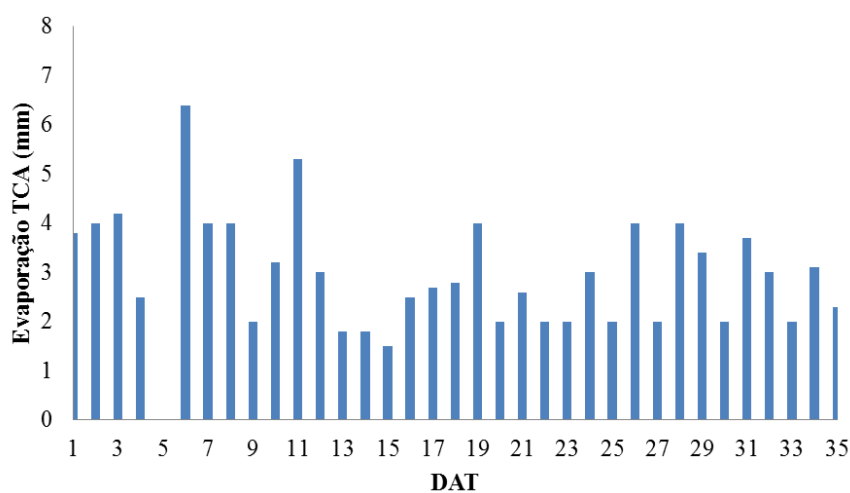
(b)



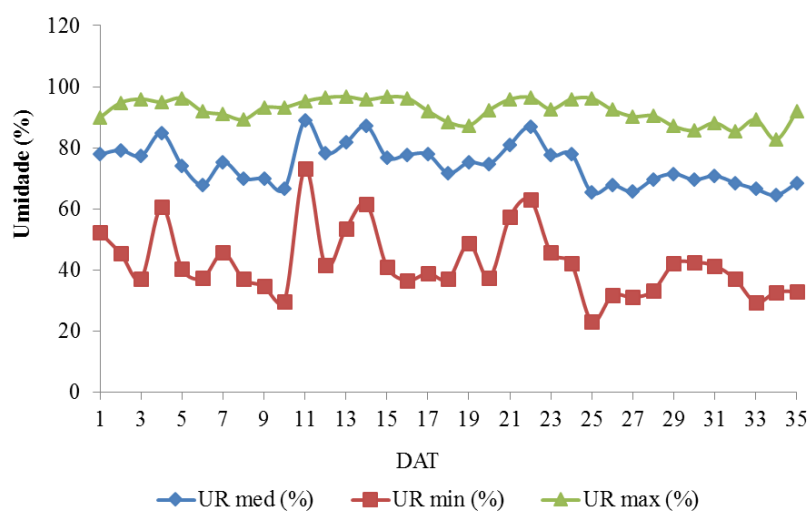
(c)

Figura 5. Variações diárias aferidas das (a) Evaporação diária do Tanque Classe A (mm); (b) Umidade relativa (%) (máxima mínima e média) e (c) temperatura (°C) (máxima, mínima e média), no interior da casa de vegetação durante o primeiro ciclo da cultura.

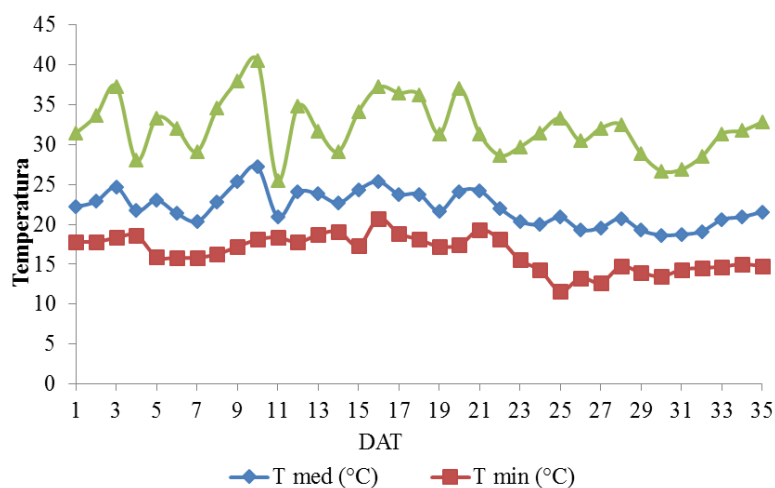
No 2º ciclo, a temperatura média foi de aproximadamente 22 °C, temperaturas máxima, mínima e variação média diária de 32,24°C, 11,6°C e 15,7°C, respectivamente. A umidade relativa média do período foi em torno de 74,50 %, com aferições máxima e mínima de 92,27% e 42,24%, respectivamente (Figura 6).



(a)



(b)



(c)

Figura 6. Variações diárias aferidas das (a) Evaporação diária do Tanque Classe A (mm); (b) Umidade relativa (%) (máxima mínima e média) e (c) temperatura (°C) (máxima, mínima e média), no interior da casa de vegetação durante o segundo ciclo da cultura.

5.2 Avaliação do sistema de irrigação

Os gotejadores utilizados na irrigação do experimento eram da empresa Petroisa do tipo Amandi, com espaçamento de 0,30 m entre os gotejadores e 0,30 m entre as linhas, e a vazão nominal a 10 m.c.a. de 5 Lhm⁻¹. Para ambos tratamentos foram estabelecidos 2 sistemas de irrigação. Assim, foi necessário realizar o teste de

uniformidade para que todos os tratamentos recebessem água na quantidade proporcional correta.

O sistema utilizado para irrigação com água convencional apresentou uniformidade de 90,56%, enquanto o que o sistema utilizado para irrigação com água tratada magneticamente apresentou uniformidade de 91,77%, assegurando assim que ambos os casos a água fosse distribuída de forma uniforme, não estabelecendo a necessidade de uma fonte de variação adicional ao experimento.

5.3 Lâminas aplicadas

Visando o estabelecimento da cultura, nos primeiros 7 dias após o transplântio não houve diferenciação das lâminas de reposição. Neste período, foi aplicado um total de 41,18 mm em cada tratamento, e esta não foi considerada em análises posteriores.

Nota-se que, inicialmente, ocorre uma pequena diferenciação no 1º ciclo entre as lâminas de irrigação, sendo que ao longo do ciclo essa diferença aumenta. No final do 1º ciclo, as lâminas de irrigação acumuladas foram de 20,22; 40,45; 60,67; 80,89; 101,12 mm, nos tratamentos de L 25%, L 50%, L 75%, L 100% e L 125%, respectivamente.

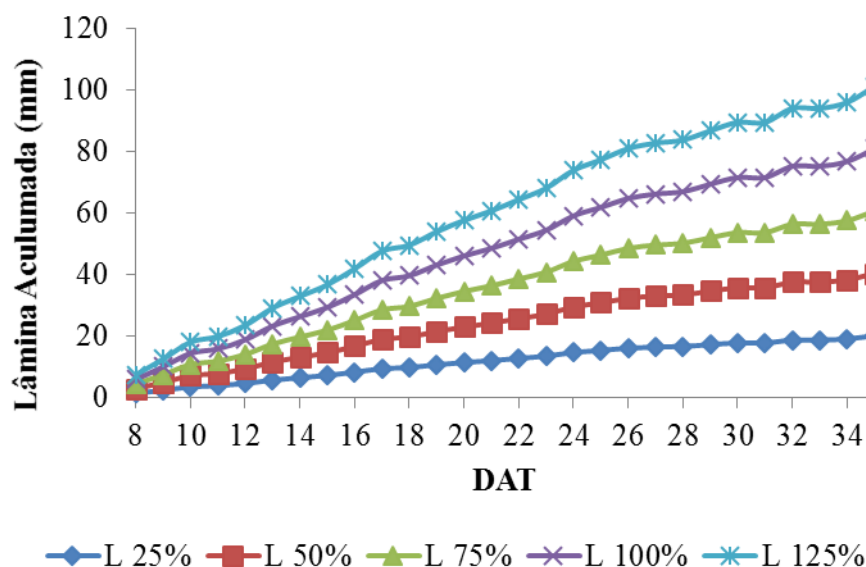
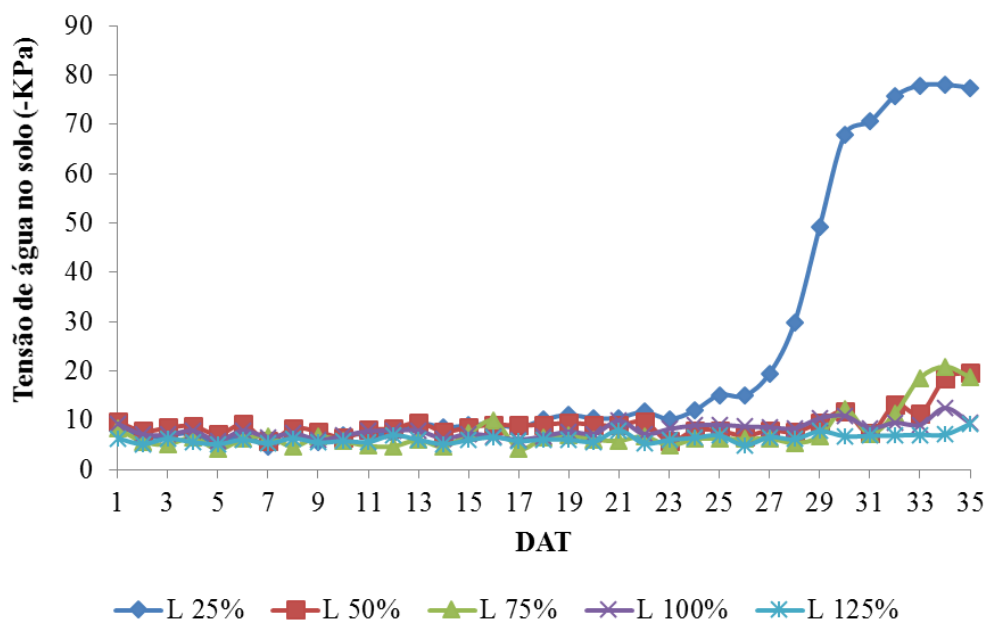


Figura 7. Lâminas de irrigação acumuladas aplicada nos tratamentos no 1º ciclo da cultura da alface.

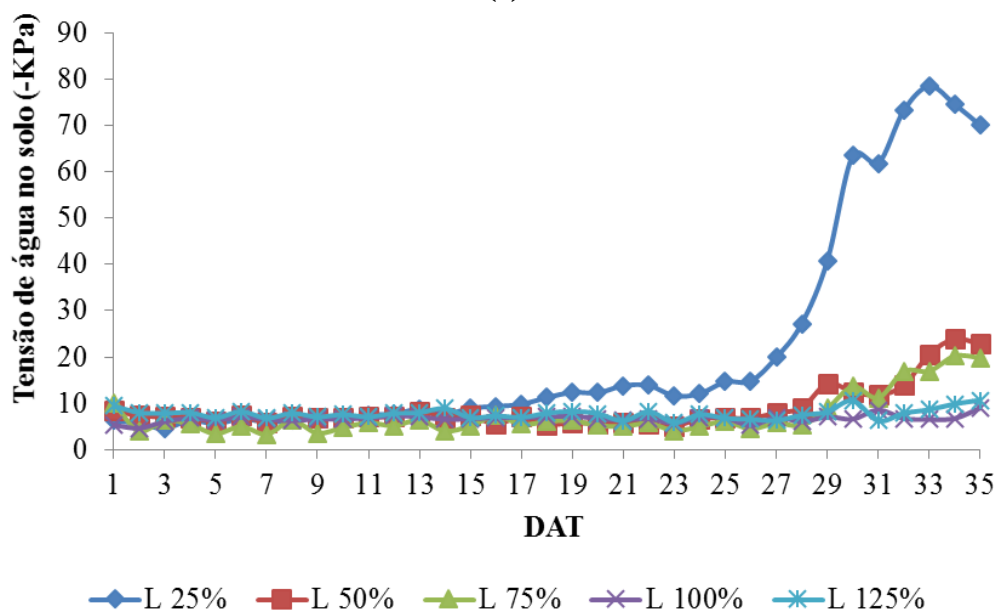
A aferição da tensão para cada tratamento foi realizada diariamente antes da irrigação, para cada tratamento. Assim, foi possível observar o comportamento da

água no solo. Porém, justamente por a irrigação ser realizada diariamente, os valores se acentuaram para os tratamentos L 25%, L 50% e L 75% apenas no final do ciclo.

Verifica-se que, no 1º ciclo, a maior tensão apresentada foi de -78,03 kPa e a mínima de -4,72 kPa. A partir da curva de retenção de água no solo, foi possível estabelecer que a variação da umidade do solo foi de 21,74% e 39,73% (Figura 8).



(a)



(b)

Figura 8. Variações das tensões de água nos solos nos tratamentos L 25%, L 50%, L75%, L 100% e L 125%, na profundidade de 20 cm ao longo do 2º ciclo, (a) Magnético e (b) Convencional.

Assim como realizado no 1º ciclo, foram adotados os 7 primeiros dias sem a diferenciação de lâminas nos tratamentos para o estabelecimento da cultura. Neste período, foi aplicada uma lâmina total de 15,53mm, a qual não foi computada.

Observa-se que, nos primeiros dias de plantio, as lâminas acumuladas não se diferem, porém essa discrepância aumenta ao longo do ciclo. No final do 2º ciclo, as lâminas acumuladas de irrigação foram 14,18, 28,52, 42,78, 57,04, 71,31mm nos tratamentos de L 25%, L 50%, L 75%, L 100% e L 125%, respectivamente Figura 9.

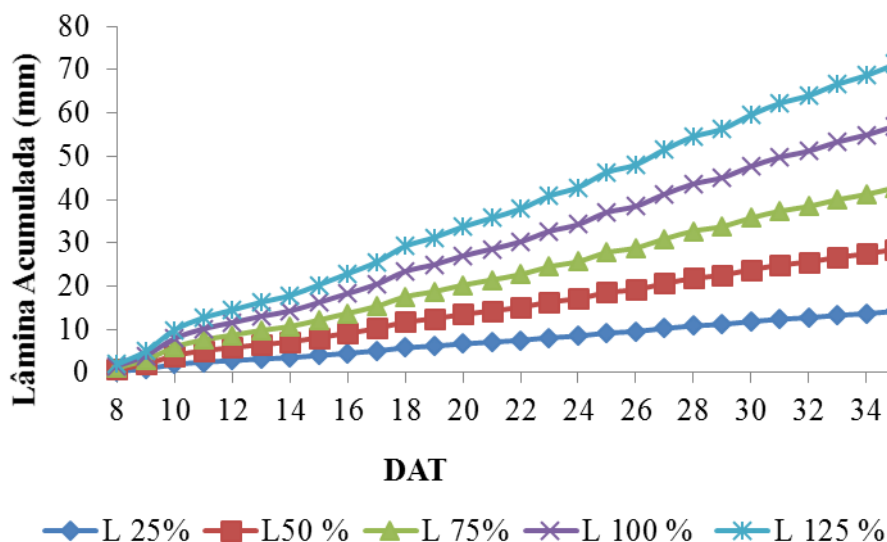
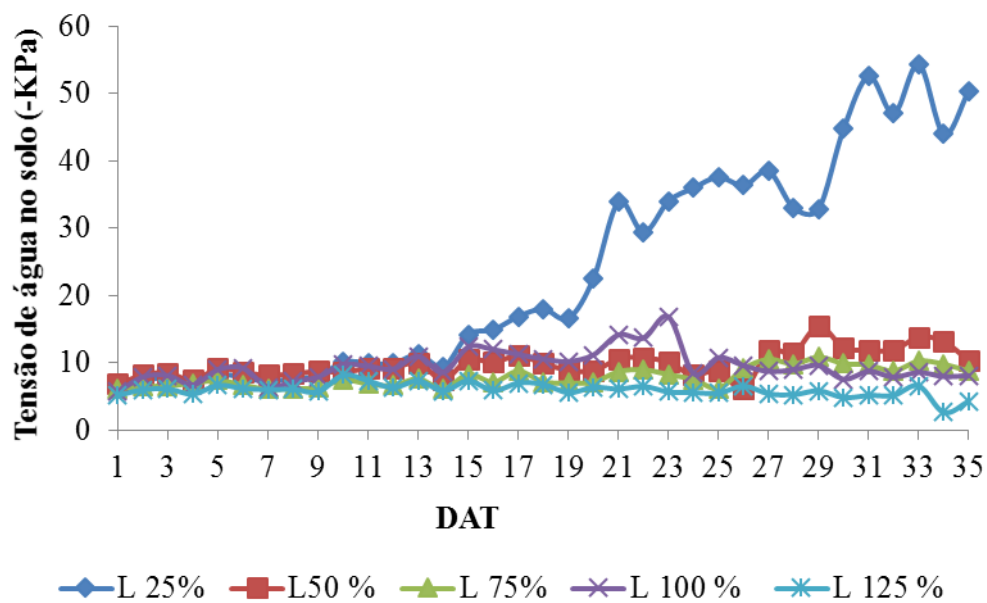


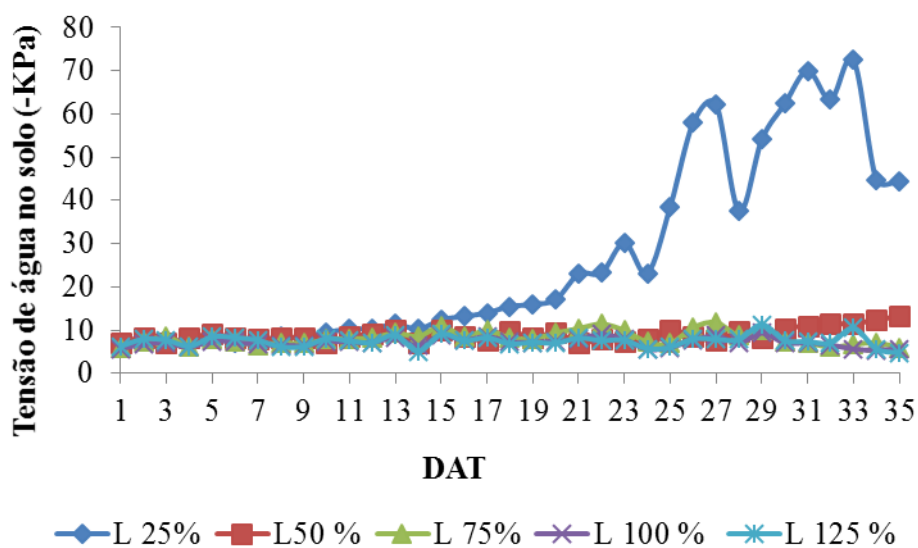
Figura 9. Lâminas de irrigação acumuladas aplicada nos tratamentos no 2º ciclo da cultura da alface.

As leituras de tensão de água no solo foram realizadas diariamente, afim de verificação do comportamento da água no solo. Os valores apenas se acentuaram no final do ciclo para os tratamentos L 25%, L 50% e L 75%.

Verifica-se que, no 2º ciclo, a maior tensão apresentada foi de -72,54 kPa, e a mínima, de -4,74 kPa. A partir da curva de retenção de água no solo foi possível estabelecer que a variação da umidade do solo foi de 21,05% e 30,50% respectivamente (Figura 10).



(a)



(b)

Figura 10. Variações das tensões de água nos solos nos tratamentos L 25%, L 50%, L75%, L 100% e L 125%, na profundidade de 20 cm ao longo do 2º ciclo, (a)- Magnético e (b) Convencional.

5.4 Resultados da Análise 1 (Análise da produtividade)

A Análise 1 refere-se ao estudo na cultura de alface dos efeitos da irrigação com diferentes tipos de água e das lâminas aos 35 DAT, momento em que o produtor realiza a colheita.

5.4.1 Taxa de clorofila a, b, total

A análise de variância para as clorofila a, clorofila b e clorofila total não apresentaram diferenças significativas para as avaliações entre as lâminas e o tipo de água. Observa-se que o efeito foi igual para os ciclos realizados, conforme a Tabela 7.

Tabela 7. Resumo da análise variância para a variável taxa clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b) e clorofila total (Cl total).

Causas de variação	GL	QM					
		1º Ciclo			2º Ciclo		
		Cl a ¹	Cl b ¹	Cl total ¹	Cl a ¹	Cl b ¹	Cl total ¹
Água	1	3,12 ^{ns}	0,20 ^{ns}	3,67 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,22 ^{ns}	5,10 ^{ns}
Lâmina	4	5,76 ^{ns}	0,16 ^{ns}	7,69 ^{ns}	4,45 ^{ns}	0,36 ^{ns}	6,54 ^{ns}
Água × Lâmina	4	6,70 ^{ns}	0,28 ^{ns}	9,69 ^{ns}	4,97 ^{ns}	0,19 ^{ns}	5,12 ^{ns}
CV (%)		17,10	17,74	16,48	16,03	25,63	16,37

(1) Dados transformados pelo método de Box-Cox.

Legenda. L.=Graus de liberdade; Q.M= quadrados médios. CV = Coeficiente de Variação.

O efeito da variação da taxa de clorofila em função de lâminas de água convencional não apresentou diferença significativa. Este efeito é devido à tensão de água no solo não ter apresentado grandes variações. Contudo, o déficit hídrico em plantas oriundo de menores lâminas de irrigação promove a baixa taxa fotossintética (BUCHANAN et al. 2000), acarretando menor taxa de pigmentação nos números de folhas e afetando diretamente a produção (ENGEL e POGGIANI, 1991).

Os tratamentos que foram irrigados com água tratada magneticamente também não apresentaram diferenças nas taxas de clorofilas. De acordo com Hazayn e Qados (2010a), na cultura do grão de bico as taxas de clorofila aumentaram 26,57%, 21,18% e 24,91% para a clorofila a, clorofila b e clorofila total, respectivamente.

Selim e El-Nady (2011) verificaram que na produção do tomate, em diferentes tensões de água no solo e irrigado com água tratada magneticamente, houveram diferenças de taxas de clorofila, onde as plantas irrigadas com água tratada magneticamente apresentaram efeito positivo quando comparadas às irrigadas com água convencional.

Porém, na cultura do trigo, quando irrigada com água tratada magneticamente, observou-se que as taxas de clorofila a e clorofila total possuíam médias com diferenças significativas superiores. Já a clorofila a não apresentou variação (HAZAN e QADOS, 2010b).

5.4.2 Parte aérea

A Tabela 8 apresenta o resumo da análise de variância para o Número de Folhas (NF), Peso Verde Aéreo (PVA) e Peso Seco Aéreo (PSA) para os 2 ciclos realizados da cultura da alface submetida à diferentes lâminas de irrigação e à diferentes tipos de água.

Tabela 8. Resumo da análise de variância do Número de folhas (NF), Peso Verde Aéreo (PVA), Peso Seco Aéreo (PSA), para os dois ciclos.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.					
		1ºCiclo			2ºCiclo		
		NF	PVA	PSA	NF	PVA	PSA
Água	1	420,5*	64475*	33,361*	25,92*	11435*	35,956*
Lâmina	4	29,68*	7397*	23,03*	16,7*	24485*	25,508*
Água × Lâmina	4	39,4*	4560*	7,78*	31,22*	47651*	45,832*
CV (%)		14,08	21,49	24,30	11,87	40,73	28,54

Legenda. L.=Graus de liberdade; Q.M= quadrados médios. CV = Coeficiente de Variação. (*) Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

Considerando o número de folhas do 1º ciclo, quase todas lâminas aplicadas com água tratada magneticamente apresentaram maior número de folhas, excedendo-se apenas a lâmina de 25% da ETc (Tabela 9).

Já para o número de folha do 2º ciclo, o comportamento foi quase o mesmo do 1º ciclo, exceto o ocorrido com a lâmina de 50% da ETc, que apresentou menor número de folhas para o tratamento magnético em relação ao convencional (Tabela 9).

Tabela 9. Média do Número de folhas em relação ao tipo de água e das lâminas.

Lâminas	1º Ciclo		2º Ciclo	
	Magnético	Convencional	Magnético	Convencional
25%	32,8±2,17Ba	30,0±2,92ABa	19,2±0,84Ba	19,2±2,39 Aa
50%	31,6±2,40Ba	26,00±2,45Bb	18,6±1,14Bb	20,8±1,30Aa
75%	31,4±3,20Ba	28,2±1,92ABb	20,2±1,48Ba	19,6±1,52Aa
100%	39,0±1,58Aa	26,4±1,34ABb	24,6±1,14Aa	17,8±1,92Ab
125%	35,0±3,67ABa	30,20±1,79Ab	22,8±1,30Aa	20,4±2,07Ab
s($\hat{m}$)	1,09		0,70	

Para cada ciclo, as médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

Como verificado para o número de folhas do 1º ciclo, o tratamento irrigado com água convencional e com a lâmina de 125% da ETc apresentou diferença significativa se comparada com as demais. Foi a que obteve o maior número de folhas, e por outro lado a de menor quantidade de folhas foi obtido com a lâmina de 50% da ETc, com uma diferença entre os números de folhas de 16,15%.

As lâminas irrigadas com água tratada magneticamente obtiveram o maior número de folhas com 100% da ETc, apresentando diferenças significativas. Já a menor quantidade no números de folha foi obtido na lâmina irrigada com 75% da ETc. Porém esta não apresentou diferença estatística das demais, tendo o aumento do números de folhas em 24,20%.

Ao analisar o comportamento do tipo de água em relação às lâminas de irrigação, observou-se que a lâmina de 25% da ETc não apresentou diferença significativa.

As lâminas de 50%, 75%, 100% e 125% da ETc apresentaram diferença significativa e aumento no número de folhas de 21,53%; 11,34%; 47,72%; 15,89% respectivamente.

Já para o 2º ciclo, as lâminas que foram irrigadas com água convencional não apresentaram diferença significativa.

Porém, ao analisar o tratamento irrigado com água tratada magneticamente, nota-se que houve variação do número de folhas nas lâminas de irrigação. A maior produção ocorreu com a irrigação de 100% da ETc, e a menor produção ocorreu com a lâmina de 50%, apresentando um aumento no número de folhas de 32,25%.

Na análise da lâmina entre os tipos de água, verifica-se que houve diferença significativa nas lâminas irrigadas com água tratada magneticamente de 100% e 125% da ETc, apresentando aumento de 38,20% e 11,76%, respectivamente. Porém, para a lâmina de 50% da ETc, o maior número de folhas foi o irrigado com água convencional e apresentou um aumento de 11,82%.

Ao analisar ambos ciclos, observou-se que ocorreu o maior número de folhas para a lâmina de 100% da ETc irrigada com água tratada magneticamente. Contudo, notou-se que com a água tratada magneticamente, a quantidade do número de folhas para a lâmina de 75% da ETc obteve resultados mais expressivos do que as lâminas convencionais. Tal fato foi verificado em ambos os ciclos, levando à redução de 33,33% no volume de água gasto para a irrigação.

Hamada e Testez (1995) em seus estudos sobre a variação de lâminas de irrigação para a cultura da alface irrigada com água convencional, obtiveram a maior quantidade do número de folhas para a lâmina de 120% da ETc. Villas Boas et al. (2007) também obtiveram o maior número de folhas com a lâmina de 120% da ETc, atingindo a quantidade de 23,06 folhas em média por pé da alface. De acordo com Lima Junior (2012), a maior quantidade de folhas produzida por pé foi com a lâmina de 100% da ETc.

Para as lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, Selim e El-Nady (2011) verificaram que a produção do tomate em diferentes lâminas de reposição (40%, 60%, 80%, 100% da ETc) apresentaram produção superior em relação ao controle, em que a água não foi induzida ao campo magnético.

Ao analisar o peso verde aéreo para o 1º ciclo, observou-se que para as lâminas de irrigação com água tratada magneticamente, o maior peso foi nas lâminas de 25%, 100% e 125% da ETc (Tabela 10).

Já para o 2º ciclo, observou-se que para as lâminas de irrigação com água tratada magneticamente obtiveram o maior peso verde aéreo as lâminas de 100% e 125% (Tabela 10).

Tabela 10. Média do Peso Verde Aéreo (PVA) (g) em relação ao tipo de água e das lâminas.

Lâminas	1º Ciclo		2º Ciclo	
	Magnético	Convencional	Magnético	Convencional
25%	271,60±39,9BCa	199,6±39,7Ab	174±23,3Ca	140,3±57,7Ba
50%	238,40±14,1Ca	205,1±21,4Aa	123,4±28,5Ca	148,3±39Ba
75%	308,30±26,3ABa	226,9±31,5Ab	169,1±43,4Ca	215±42,6ABa
100%	355,54±14,9Aa	217,8±27,2Ab	397,5±42,4Aa	243,2±36,3Ab
125%	290,80±37,3BCa	256,1±37,6Aa	272,1±27,3Ba	238,1±51,4Aa
s($\hat{m}$)	6,09		8,10	

Para cada ciclo, as médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

No 1º ciclo, o tratamento convencional não apresentou diferença significativa entre as lâminas de irrigação aplicada. Este fato pode ser oriundo da irrigação adotada ser diária. Assim, a tensão de água permaneceu dentro da faixa de desenvolvimento da cultura.

Ao analisar a variação das lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, observou-se que a maior produção da alface ocorreu na lâmina de 100% da ETc, e a que apresentou menor produção foi a lâmina de 50% da ETc, (aumento de 49,11%).

Comparando os tipos de água em cada lâmina aplicada, notou-se que apenas para as lâminas de 50% e 125% da ETc, não exibiram diferenças significativas. Entretanto as lâminas de 25%; 75%; 100% da ETc apresentaram efeito positivo do magnetismo, em que obtiverem um aumento no peso verde aéreo de 37,44%; 35,87%; 63,66%, respectivamente.

Para o 2º ciclo, as lâminas que foram irrigadas com água convencional deparou-se com diferenças significativas, obtendo a maior produção na lâmina de 100% da ETc, e a menor produção ocorreu com a lâmina de 25% da ETc, acarretou um aumento de produção de 73%.

Já para as lâminas de irrigação com água tratada magneticamente houveram diferenças significativas. O maior peso aéreo ocorreu com a lâmina de irrigação de 100% da ETc, e a menor produção foi obtida com a lâmina de 50% da ETc. Porém, ela não se diferenciou estatisticamente das lâminas de 25%, 75% da ETc, exibindo entre as lâminas a diferença de produção 122,13%.

Analisando nas lâminas o efeito do tipo de água, notou-se que se diferiu apenas a lâmina de 100%, onde houve um acréscimo de 63,44% para o tratamento irrigado com água tratada magneticamente.

Ao analisar o efeito nos 2 ciclos, os resultados para os pesos verdes aéreos foram próximos, onde a lâmina que obteve a maior produção foi de 100% da ETc. Porém, no 1º ciclo, a produção da lâmina de 75% da ETc foi superior às demais lâminas de irrigação utilizando água convencional, procedendo uma economia de água de 33,33%, o que não foi constatado no 2º ciclo.

Para a variação de lâmina irrigada com água convencional, diversos trabalhos na literatura apontam que o acréscimo de água para a cultura da alface não acarreta em maior produção.

Andrade Junior e Klar (1997) obtiveram máxima produção com a lâmina de 75% da ETc, atingindo em média 818,72 g planta⁻¹ da variedade “Mesa 659” (tipo americana). Para a variedade Crespa, a máxima produção foi alcançada com a lâmina de irrigação de 118,8%, em que a média por planta foi de 296,43 g planta⁻¹ (VILLAS BOAS et al., 2007). Araújo et al. (2007) encontraram para a cv. Verônica a melhor produtividade na lâmina de irrigação de 100% da ETc.

A cultura do grão de bico irrigada com água tratada magneticamente apresentou em 2 ciclos aumento do peso verde aéreo, sendo no 1º ciclo o aumento de 12,51% e no 2º ciclo de 11,16%. Comparado com o irrigado com água convencional, na cultura do Aipo não houve diferença significativa (HAZAYN e QUADOS 2010a).

De acordo com Selem e El-Nady (2011), na cultura do tomate cultivada com 4 lâminas de reposição (40%; 60%; 80%; 100%), foi constatado o aumento no peso verde aéreo. As lâminas apresentaram aumento em 108,07%, 50,15%, 37,38% e 36,17%, respectivamente, quando comparadas com as mesmas lâminas de reposição, irrigadas com água convencional. O efeito deste aumento na produção de matéria verde da parte aérea do tomate também foi verificado por Souza et al. (2005).

Na análise do peso seco aéreo no 1º ciclo, a irrigação com água tratada magneticamente apresentou para a lâmina de 100% produção superior quando comparada com água convencional (Tabela 11).

Já para o 2º ciclo, verificou-se que a lâmina de 50% da ETc irrigado com água convencional se diferiu estatisticamente da magnética. As lâminas de 100% e

125% da ETc, apresentaram produções superiores, se distinguindo quando irrigadas com água tratada magneticamente (Tabela 11).

Tabela 11. Média do Peso Seco Aéreo em relação ao tipo de água e das lâminas.

Lâminas	1º Ciclo		2º Ciclo	
	Magnético	Convencional	Magnético	Convencional
25%	9,56±2,15 BCa	8,19±1,11 Ba	9,73±1,12Ba	7,94±2,67Aa
50%	7,8±1,33Ca	6,88±1,75Ba	7,43±1,17Bb	11,42±1,9Aa
75%	9,21±1,23BCa	8,27±1,07ABa	9,70±1,79Ba	9,89±1,59Aa
100%	12,74±1,43 Aa	8,03±0,74Bb	16,07±1,79Aa	8,45±1,48Ab
125%	11,34±1,33 ABa	11,11±2,42Aa	13,76±1,00Aa	10,51±1,99Ab
s($\hat{m}$)	0,30		0,34	

Para cada ciclo, as médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

Para a matéria seca aérea no 1º ciclo irrigado com água convencional, obteve-se o maior acúmulo com a lâmina de irrigação de 125% da ETc. E está lâmina apresentou diferença significava das demais. A menor produção ocorreu na lâmina de 50% da ETc (diferença de 61,48% a menos).

A irrigação com água tratada magneticamente teve o melhor desempenho com a lâmina de 100% da ETc, e a menor produção de matéria seca foi com a lâmina de 50% da ETc, acarretando uma redução de 63,33%.

Ao analisar as lâminas de irrigação em função do tipo de água aplicada, verificou-se diferença apenas para a lâmina de 100% da ETc, em que o tratamento irrigado com água tratada magneticamente apresentou uma produção superior de 58,06%.

Para o 2º ciclo, observou-se que as lâminas irrigadas com água convencional não apresentaram diferenças significativas.

Contudo, nas lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, verificou-se que a maior produção foi na lâmina de 100% da ETc, em que não se distinguiu significativamente da lâmina de 125%.

Analisando o efeito do tipo de água nas lâminas, notou-se que as lâminas de 100% e 125% da ETc irrigadas com água tratada magneticamente apresentaram um maior acúmulo de matéria seca (aumento de 90,17% e 30,92%, respectivamente).

Para ambos os ciclos, a lâmina de irrigação de 100% da ETc com água tratada magneticamente apresentaram as maiores produções, e as menores foram para

os tratamentos irrigados com água convencional nas lâminas de 50% da ETc para o 1º ciclo e na de 25% da ETc para o 2º ciclo.

Para a irrigação utilizando a água convencional, não constatou-se a redução do peso seco aéreo, conforme também verificado por Hamada e Testez (1995) em que o maior peso foi observado na lâmina de 100% da ETc, e as demais inferiores, pois devido ao déficit hídrico, proporcionou-se um menor número de folhas, e consequentemente ocasionou um menor peso verde aéreo.

Villas Boas et al.(2007) observaram que o aumento da lâmina de irrigação acima de 100% da ETc faz com que a produção de matéria seca reduza, tal como observado por Andrade Junior e Klar (1994).

Na irrigação utilizando água tratada magneticamente, Hazan e Qados (2010a) observaram que no tratamento irrigado com a lâmina de 100% da ETc, ocorreu diferença de 5,76% no acúmulo de matéria seca no 1º ciclo do grão de bico. Para o 2º ciclo houve também um maior acúmulo de matéria seca (2,70%)

Para a produção de ervilhas irrigadas com água tratada magneticamente, observou-se um acréscimo de matéria seca total de 2,04%, e na produção de aipo, aumento de 8,05% (MAHESHWARI e GREWAL, 2009).

Selem e El-Nady (2011) ao submeterem a cultura do tomate em diferentes lâmina e irrigadas com água tratada magneticamente, obtiveram a maior produção de matéria seca total com a lâmina de 80% da ETc, e acúmulo superior de 61,37%. Nas lâminas de 100%, 60%, 40% da ETc, conseguiram o aumento de 44,19%, 73,15% e 84,61%, respectivamente.

Nas variáveis analisadas “Número médio de folhas”, “Peso verde aéreo” e “Peso seco aéreo”, examinou-se que o efeito da água tratada magneticamente apresentou a mesma quantidade da variável, ou houve um aumento. Este fato é oriundo das alterações que ocorrem quando a água é submetida ao campo magnético e utilizada na irrigação.

No início do ciclo, o solo se encontrava saturado, e como a irrigação foi realizada diariamente, as tensões do solo não tiveram grandes diferenças até meados do ciclo. Assim, a cultura não apresentou grandes diferenças nas variáveis para as variações de lâminas.

De acordo com Zhou et al. (2000), a água tratada magneticamente apresenta o valor do pH mais baixo. Já isso faz com que, ao longo do ciclo da cultura, o solo se torne mais ácido, favorecendo o desenvolvimento de algumas culturas, tal como ocorre com a cultura do alface.

Porém, como ocorre a diminuição da força nas moléculas de água, há a facilidade da retirada da água pelas plantas no solo, isso muito provavelmente devido ao potencial matricial do solo se tornar mais fraco e deste modo, diminuindo a tensão do solo (KHOSHRAVES et al., 2011).

5.4.3 Sistema radicular

A Tabela 12 apresenta o resumo da análise de variância, para as variáveis Peso Verde da Raiz (PVR), Peso Seco da Raiz (PSR) e Comprimento de Raiz (CR), para os 2 ciclos, submetidos às diferentes lâminas de irrigação e tipos de água.

Tabela 12. Resumo da análise de variância das variáveis, Peso Verde da Raiz (PVR), Peso Seco da Raiz (PSR) e Comprimento da Raiz (CR) para os dois ciclos.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.					
		1ºCiclo			2ºCiclo		
		PVR	PSR	CR	PVR	PSR	CR
Água	1	206,37*	3,58*	3,64 ^{ns}	119,49*	0,29*	6,12 ^{ns}
Lâmina	4	10,15*	0,06 ^{ns}	3,93 ^{ns}	13,015*	0,07*	9,99*
Água × Lâmina	4	28,58*	0,90*	3,10 ^{ns}	30,912*	0,24*	34,58*
CV (%)		14,08	14,08	29,91	31,1	11,27	28,41

Para cada ciclo, as médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

O peso verde de raiz foi influenciado pelo tipo de água e pelas lâminas de irrigação adotadas.

Para o 1º ciclo, os tratamentos irrigados com água tratada magneticamente apresentaram peso verde da raiz superior nas lâminas de 25%; 50%; 75%; 100% da ETc, as quais apresentaram diferenças significativas (Tabela 13).

Para o 2º ciclo, os tratamentos irrigados com água tratada magneticamente apresentaram efeito significativo nas lâminas de 25%, 75%, 100% da ETc (Tabela 13).

Tabela 13. Média do Peso Verde da Raiz (g) em relação ao tipo de água e das lâminas.

Lâminas	1º Ciclo		2º Ciclo	
	Magnético	Convencional	Magnético	Convencional
25%	14,20±3,18Aa	7,98±1,46Bb	9,03±0,42Ca	6,83±1,36Bb
50%	11,36±1,80Aa	7,64±0,80Bb	8,91±1,18Ca	10,44±2,02Aa
75%	13,88±2,59Aa	9,07±2,05Bb	13,47±2,31ABa	7,75±2,06ABb
100%	14,52±2,31Aa	7,66±1,45Bb	14,28±1,17Aa	6,89±1,18Bb
125%	11,51±1,32Aa	13,11±2,85Aa	11,31±0,80BCa	9,63±1,31ABa
s($\hat{m}$)	0,29		0,41	

Para cada ciclo, as médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

De fato, para o peso verde da raiz no 1º ciclo irrigado com água convencional apresentou um maior peso na lâmina de 125% da ETc, o qual se diferenciou significativamente das demais.

A irrigação utilizando água tratada magneticamente não apresentou diferença significativa entre as lâminas aplicadas.

Ao analisar as lâminas de irrigação em função do tipo de água, verificou que apenas a lâmina de 125% não se diferenciou das demais. Assim houve o aumento no peso de 77,94%; 48,69%; 53,03%; 89,55%, para lâminas de 25%, 50%, 75%, 100%, respectivamente.

No 2º ciclo, para as lâminas irrigadas com água convencional, houve diferença significativa. O maior peso verde de raiz se desenvolveu na lâmina de 50% da ETc, e o menor peso foi na lâmina de 25%, sendo a diferença entre elas de 52,85%.

Nas lâminas de irrigação com água tratada magneticamente, verificou-se uma diferença significativa. O maior peso verde de raiz foi observado na lâmina de 100% da ETc, e o menor foi na lâmina de 50% da ETc, provocando uma redução de 51,17%.

Analisando os dois ciclos, nota-se que no 1º, o peso verde da raiz, não diferiu entre as lâminas tratadas magneticamente, assim o mesmo peso pode ser obtido utilizando a lâmina de 25% da ETc. No 2º ciclo, para a lâmina de 100% da ETc que teve o maior peso, proporcionou o efeito do magnetismo sobre o peso verde de raiz, apresentando efeito positivo para esta variável.

Os tipos de água aplicados na irrigação, assim como as lâminas adotadas influenciaram o Peso Seco da Raiz.

Para o 1º ciclo, verificou-se que os tratamentos irrigados com água tratada magneticamente apresentaram efeito significativo nas lâminas de 25%, 50%, 100% da ETc, conforme Tabela 14.

Já para o 2º ciclo, verificou-se que os tratamentos irrigados com água tratada magneticamente apresentaram efeito significativo nas lâminas de 100% e 125% da ETc (Tabela 14).

Tabela 14. Média do Peso Seco da Raiz (g) em relação ao tipo de água e das lâminas.

Lâminas	1ºCiclo		2º Ciclo	
	Magnético	Convencional	Magnético	Convencional
25%	1,97±0,70Aa	1,23±0,35Ab	0,95±0,22Aa	0,70±0,15Ba
50%	2,22±0,37Aa	1,23±0,06Ab	1,03±0,12Aa	0,96±0,25ABa
75%	1,62±0,39Aa	1,69±0,31Aa	0,90±0,32Ab	1,18±0,08Aa
100%	2,37±0,36Aa	1,21±0,36Ab	1,29±0,21Aa	0,72±0,13Bb
125%	1,53±0,34Aa	1,68±0,30Aa	1,01±0,11Aa	0,85±0,21Bb
s($\hat{m}$)	0,07		0,04	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

De fato o peso seco da raiz para o 1º ciclo não apresentou diferenças significativas entre as lâminas de irrigação, para ambos tipos de água.

Todavia, analisando o efeito do tipo de água na lâmina de irrigação, verificou-se que o efeito do magnetismo foi positivo. As lâminas de 25%, 50%, 100% da ETc, apresentaram aumento de 60,16%; 80,48%; 95,86%, respectivamente.

Para o 2º ciclo, a variação de lâmina irrigada com a água convencional apresentou diferença significativa. O tratamento irrigado com 75% da ETc obteve o maior peso seco de raiz, e o menor foi verificado na lâmina de 25% da ETc.

Já para as lâminas irrigadas com água tratada magneticamente não se verificaram diferenças significativas entre elas.

Analisando o efeito do tipo de água nas lâminas, observou-se que a lâmina de 75% da ETc irrigada com água convencional apresentou o maior peso, com um aumento de 31,11%. Mas as lâminas de 100% e 125% irrigadas com água tratada

magneticamente apresentaram um efeito positivo, com um ganho de peso de 79,16%; 18,82%, respectivamente.

Ao analisar os dois ciclos, verificou-se um efeito positivo da água tratada magneticamente para o peso seco da raiz. No primeiro, o efeito ocorreu apenas entre os tipos de água nas lâminas, sendo que para o segundo este fato foi verificado. Entretanto para o tipo de água convencional o peso seco da raiz nas lâminas se diferenciou.

Os tipos de água aplicados na irrigação assim como as lâminas adotadas influenciaram o comprimento de raiz (cm), apenas para o 2º ciclo.

Para o 2º ciclo, verificou-se que os tratamentos irrigados com água tratada magneticamente apresentaram efeito significativo na lâmina de 75% da ETc, conforme a Tabela 15.

Já as lâminas que foram irrigadas com água convencional, notou-se que houve diferença significativa, a lâmina de 100% apresentou o maior comprimento de raiz.

Para as lâminas irrigadas com água tratada magneticamente houveram diferenças significativas, sendo a lâmina de 75% da ETc a de maior comprimento, e a lâmina de 50% da ETc a menor, acarretando uma redução de 28,99%.

Tabela 15. Média do Comprimento de Raiz (cm) em relação ao tipo de água e das lâminas.

Lâminas	2º Ciclo	
	Magnético	Convencional
25%	17,9±2,75Ba	15,2±1,61Ba
50%	16,9±1,52Ba	19,3±1,53ABa
75%	21,8±1,44Aa	15,5±2,62Bb
100%	18,2±2,56ABa	20,1±2,84Aa
125%	18,0±0,94Ba	19,2±2,54ABa
$s(\hat{m})$	0,95	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

De acordo com Filgueira (2000), a cultura da alface apresenta o sistema radicular pivotante, porém a raiz primária não apresenta grande desenvolvimento. Assim sendo, as características necessárias para o desenvolvimento da cultura, tende a se desenvolver pouco, pois o balanço de energia é direcionado ao desenvolvimento da parte aérea e é a partir desse fato que ocorre a perpetuação da espécie (SANTOS, 2004).

Farias et al. (2010) apontam que o déficit hídrico para a cultura da cana-de-açúcar causa superficialização da zona radicular, reduzindo o comprimento de raiz, e interferindo no volume da mesma, que está relacionada ao peso verde de raiz. Soares (2012) observou para a cultura do tomate que a raiz se desenvolveu em maior comprimento e volume na lâmina de 120% da ETc.

A variação das lâminas de irrigação afeta diretamente o desenvolvimento da raiz como aponta Zotarelli et al.(2009), Jensen et al. (2010), Bai e Li (2010), Yan et al. (2012). Entretanto deve ser levado em consideração como é realizado o manejo da irrigação, como observaram Bandeira et al. (2011), a alface quando irrigada diariamente não apresenta diferença do peso verde e seco da raiz se comparada com a irrigada através de tensiometria. Apesar disso, para o diâmetro de raiz houve diferença.

A utilização da água tratada magneticamente na irrigação apresentou um efeito positivo, tanto para o peso verde, como para o seco e de comprimento de raiz (SELEM e EL-NADY 2011; SOUZA et al., 2005).

Na produção do tomate submetido a diferentes lâminas de irrigação magnética e convencional, Selem e El-Nady (2011) verificaram que em todas as lâminas houveram o maior comprimento, peso verde e seco de raiz. Os tratamentos irrigados com água tratada magneticamente e o tratamento de 80% da ETc, apresentaram o melhor desenvolvimento.

Nas variáveis analisadas houveram o efeito positivo da água tratada magneticamente, que apresentaram um comprimento maior ou igual das raízes ou peso verde e seco.

Este fato é provavelmente devido a questão da acidificação da água, que conseqüentemente levou a acidificação do solo, que é mais interessante para a cultura da alface. O maior peso verde raiz para as lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, está diretamente relacionado ao aumento do volume de raiz, que leva ao aumento na superfície de contato com o solo, levando pôr fim a uma maior absorção de água e nutrientes.

Portanto, o maior volume de raiz (Peso verde de raiz) proporcionou um maior crescimento da planta, resultando em um maior peso verde aéreo e número de folhas.

5.4.4 Teor de macro e micro nutrientes

A análise de nutrientes foi realizada aos 35DAT, para verificar como se encontrava o estágio nutricional da cultura. A Tabela 16 e Tabela 17 apresentam o resumo da análise de variância para o Nitrogênio (N), Fósforo (F), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), para o 1º ciclo, e o 2º ciclo.

Tabela 16. Resumo da análise de variância para o 1º ciclo da alface, para as variáveis: Nitrogênio (N), Fósforo(F), Potássio(K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), aos 35DAT.

		Q.M.										
Causa da Variação	G.L.	1ºCiclo										
		N	F	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Água	1	14,45*	1,35*	555,78*	84,24*	1,58*	0,49*	24,76 ^{ns}	18,60*	81851 ^{ns}	0 ^{ns}	224,72*
Lâmina	4	6,60 ^{ns}	0,14 ^{ns}	83,23 ^{ns}	28,24*	2,99*	0,15*	59,33*	1,72 ^{ns}	257647*	268,98	8,15 ^{ns}
Água × Lâmina	4	24,71*	0,19 ^{ns}	238,2*	10,94*	1,58*	0,34*	1,97 ^{ns}	2,83*	55872 ^{ns}	132,2 ^{ns}	16,37 ^{ns}
CV (%)		7,34	9,24	10,61	16,06	19,08	10,46	9,74	10,72	33,67	16,08	10,70

Legenda. L.=Graus de liberdade; Q.M= quadrados médios. CV = Coeficiente de Variação. (*) Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

Tabela 17. Resumo da análise de variância para o 2º ciclo da alface, para as variáveis: Nitrogênio (N), Fósforo(F), Potássio(K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), aos 35DAT.

		Q.M.										
Causa da Variação	G.L.	2ºCiclo										
		N	F	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Água	1	23,28*	0,10*	233,71*	1,54*	0,02*	0,00021*	1,85*	19,22*	60274*	58,32*	14,58*
Lâmina	4	35,29*	2,95*	107,87*	3,60*	1,89*	0,03*	15,67*	1,962*	82609*	488,83*	13,73 ^{ns}
Água × Lâmina	4	162,25*	1,38*	976,22*	11,53*	1,65*	0,40*	24,91*	6,60*	108366*	281,27*	61,63 ^{ns}
CV (%)		16,54	18,90	15,53	11,00	18,23	11,13	10,54	14,55	31,77	17,19	13,59

Legenda. L.=Graus de liberdade; Q.M= quadrados médios. CV = Coeficiente de Variação. (*) Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

Ao analisar o acúmulo de Nitrogênio no 1º ciclo, observou-se que as lâminas de 50 % e 75% da ETc, irrigadas com água convencional apresentaram maior acúmulo. Porém, a lâmina de 25% da ETc irrigado com água tratada magneticamente apresentou maior acúmulo, as demais não se diferenciando (Tabela 18).

Porém, no 2º ciclo as lâminas de 25%, 75% e 100% irrigadas com água magnética apresentaram maior acúmulo de nitrogênio. Já as demais lâminas, irrigadas com água convencional acumularam mais nitrogênio (Tabela 18).

Tabela 18. Média do acúmulo de Nitrogênio (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.

Lâminas	1ºCiclo		2º Ciclo	
	Magnético	Convencional	Magnético	Convencional
25%	34,82±1,82Aa	31,98±3,10Ab	29,48±2,25Ba	25,9±5,05Bb
50%	29,67±2,70Bb	34,85±2,30Aa	22,46±2,17Cb	32,37±2,13Aa
75%	32,07±1,52ABb	35,14±1,75Aa	31,07±2,11Ba	23,9±3,74Bb
100%	34,85±1,25Aa	34,12±0,90Aa	34,96±1,4Aa	25,31±3,08Bb
125%	32,69±1,96ABa	33,39±1,17Aa	29,7±1,46Bb	33,36±1,89Aa
$s(\hat{m})$	0,39		0,55	

Para cada ciclo, as médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

Para o 1º ciclo, observa-se que o efeito da variação de lâmina para o tipo de água convencional não apresentou diferença significativa. Porém, para as lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, notou-se que houveram diferenças entre elas. A lâmina de 100% da ETc apresentou o maior acúmulo, e na lâmina de 50% da ETc o menor acúmulo, correspondendo a uma redução de 17,45%.

No 2º ciclo, as lâminas que foram irrigadas com água convencional se diferiram significativamente. O maior acúmulo de nitrogênio ocorreu na lâmina de 125% da ETc e o menor acúmulo ocorreu na lâmina de 75% da ETc, satisfazendo a redução de 40,71%.

Nas lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, observou-se que a lâmina de 100% da ETc foi a que se ocorreu o maior acúmulo, e o menor foi a 50% da ETc, em que ocorreu uma redução de 55,65%.

Comparando os tipos de água em cada lâmina, ocorreu diferença significativa nas lâminas 50%, 125% da ETc, irrigadas com água convencional, obtendo 13,82% e 35,12%, respectivamente de maior acúmulo. Porém as lâminas de 25%, 75%,

100% da ETc apresentaram efeito positivo quando irrigadas com água tratada magneticamente, havendo um incremento de 13,82%; 30%; 38,12%, respectivamente.

Para os dois ciclos realizados, notou-se que a lâmina de 100% da ETc irrigada com água tratada magneticamente apresentou a maior concentração, mas no 1º ciclo não se diferiu ao irrigado com água convencional.

A análise estatística para o teor de fósforo acumulado nas folhas da cultura da alface no 1º ciclo, não apresentou diferença significativa entre as lâminas de irrigação. Ocorreu diferença em relação ao tipo de água utilizado na irrigação (Tabela 19). Este fato gerou um efeito positivo do magnetismo no acúmulo de fósforo, no qual houve um aumento de 6,9%, como podemos observar na Tabela 19 a diferença entre os tipos de água.

Tabela 19. Média do acúmulo de Fósforo (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT no 1º ciclo.

1º Ciclo	
Magnético	Convencional
5,11±0,41a	4,78±0,45b
$s(\hat{m})$ 0,086	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

Já para o 2º ciclo, o tratamento irrigado com água convencional, a lâmina de 125% da ETc apresentou o maior acúmulo no teor de fósforo, se diferenciando significativamente das demais, de 46,91% superior (Tabela 20).

E para o tratamento irrigado com água tratada magneticamente as lâminas de 75%, 100%, 125% da ETc, apresentaram o maior acúmulo e diferença significativa das demais, com o acúmulo de 61,83% a mais.

Ao analisar nas lâminas o efeito do tipo de água, a água tratada magneticamente apresentou efeito positivo nas de 75%, 100% da ETc, em que ocorreu o aumento de 18,82%; 20,45%, e nas lâminas de 25% e 125% da ETc, o efeito do tipo de água convencional foi positivo, com o acúmulo superior em 33,46%; 18,4%, respectivamente.

Tabela 20. Média do acúmulo de Fósforo (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT no 1º ciclo.

Lâmina	2º Ciclo	
	Magnético	Convencional
25%	2,63±0,24Bb	3,51±0,72Ba
50%	3,07±0,27Ba	3,26±0,2Ba
75%	3,85±0,25Aa	3,24±0,25Bb
100%	4,24±0,43Aa	3,52±0,31Bb
125%	4,02±0,34Ab	4,76±0,35Aa
s($\hat{m}$)	0,073	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

No acúmulo de potássio para o 1º ciclo, verificou-se que as lâminas de 25% e 125% da ETc irrigadas com água magnética apresentaram maior acúmulo, sendo que as demais não se diferenciaram (Tabela 21).

Já para o 2º ciclo, verificou-se que as lâminas de 25%, 75% e 100% da ETc, irrigadas com água magnética, apresentaram maior acúmulo. As demais apresentaram maior acúmulo irrigadas com água convencional (Tabela 21).

Tabela 21. Média do acúmulo de Potássio (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.

Lâminas	1ºCiclo		2º Ciclo	
	Magnético	Convencional	Magnético	Convencional
25%	103,36±9,03Aa	87,62±9,88Ab	75,86±6,4Aa	53,1±7,88Bb
50%	89,92±9,53Aa	98,68±7,43Aa	59,22±7,69Bb	83,36±1,238Aa
75%	101,46±6,16Aa	98,14±6,84Aa	77,66±3,86Aa	61,46±3,36Bb
100%	103,82±8,33Aa	93,42±14,41Aa	76,22±7,12Aa	61,22±4,48Bb
125%	99,3±10,19Aa	86,66±5,14Ab	69,16±3,6ABb	77,36±3,01Aa
s($\hat{m}$)	1,80		1,06	

Para cada ciclo, as médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

Para o 1º ciclo, não houve efeito significativo nas lâminas de irrigação, apenas ocorreu diferença nelas entre os tipos de água utilizadas. Nota-se que apenas as lâminas 25% e 125% da ETc apresentaram efeito positivo do uso da água tratada magneticamente, assim acarretando aumento de 17,96%; 14,58% respectivamente.

Já para o 2º ciclo, as lâminas irrigadas com água convencional apresentaram diferença significativa, em que os maiores acúmulos foram nas lâminas de

50% e 125% da ETc e para as lâminas irrigadas com água tratada magneticamente observou que houve diferença significativa entre elas e os maiores acúmulos foram nas lâminas de 25%, 75%, 100% da ETc, se diferenciando das demais.

Na análise da lâmina em função do tipo de água, o efeito positivo da magnetização foi observado nas lâminas de 25%, 75%, 100% da ETc, em que acarretou um aumento de 42,86%; 26,35%; 24,50 %. Já para as lâminas que tiveram o efeito positivo da água convencional, observou-se que foram as de 50%; 125% da ETc, levando aumento de 40,76%; 11,85%.

Ao analisar o acúmulo de cálcio, para o 1º ciclo, notou-se que as lâminas de 50% e 100% apresentaram maior acúmulo quando irrigadas com água tratada magneticamente. As demais não apresentaram diferença (Tabela 22).

Para o 2º ciclo, verificou-se que lâminas de 50% e 100% da ETc irrigadas com água tratada magneticamente apresentaram maior acúmulo. Mas as lâminas de 25% e 125% da ETc apresentaram maior acúmulo quando irrigadas com água convencional (Tabela 22).

Tabela 22. Média do acúmulo de cálcio (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.

Lâminas	1º Ciclo		2º Ciclo	
	Magnético	Convencional	Magnético	Convencional
25%	21,18±1,03ABa	20,3±2,79Aa	11,74±1,62BCb	14,16±0,73Aa
50%	22,58±3,45Aa	17,32±1,32ABb	14,08±0,93Aa	12,06±0,93BCb
75%	19,28±3,05ABa	16,32±0,68Aba	12,32±0,72ABCa	11,4±0,91BCa
100%	19,04±1,59ABa	15,3±3,14Bb	13,48±0,61ABa	10,92±0,36Cb
125%	17,18±1,45Ba	17,04±3,03ABa	11,14±0,28Cb	12,46±0,59Ba
s($\hat{m}$)	0,47		0,17	

Para cada ciclo, as médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

Na avaliação para o 1º ciclo das lâminas irrigadas com água convencional, notou-se que houve diferença significativa, em que o maior acúmulo ocorreu com a lâmina de 25% da ETc, e na lâmina de 100% da ETc houve o menor acúmulo, com uma redução de 32,67%.

Já para as lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, a lâmina de irrigação de 50% da ETc, apresentou o maior acúmulo de cálcio, e a lâmina de 125% da ETc foi a que houve o menor acúmulo, acarretando uma redução de 31,43%.

Ao analisar o efeito do tipo de água nas lâminas, verificou-se o efeito positivo para as lâminas de 50% e 100% da ETc irrigadas com água tratada magneticamente, assim acarretando acúmulo superior de 30,36% e 24,44%, respectivamente.

Já para o 2º ciclo, apresentou-se o mesmo comportamento observado no 1º ciclo para as lâminas irrigadas com água convencional, em que a maior acúmulo ocorreu na lâmina de 25% da ETc, e a lâmina de 100% menor concentração, isso ocasionando uma redução de 29,19%.

Nas lâminas irrigadas com água tratada magneticamente no segundo ciclo, apresentaram o mesmo comportamento observado no primeiro, no qual as lâminas irrigadas com 50% da ETc obtiveram o maior acúmulo de cálcio, e na lâmina de 125% o menor, levando a uma redução de 26,39%.

Analisando o efeito do tipo de água nas lâminas do 2º ciclo, verificou-se o efeito positivo do magnetismo para as lâminas de 50% e 100% da ETc, acarretando aumento no teor de cálcio de 16,74%, 23,44%. Entretanto nas lâminas de 50% e 125%, houveram o efeito positivo da irrigação utilizando água convencional, em que acarretou um aumento de 20,61% e 11,84%.

Nos dois ciclos, verificou-se que o efeito do magnetismo ocorreu apenas nas lâminas de 50% e 100% da ETc.

No acúmulo de magnésio para o 1º ciclo, observou-se que apenas a lâmina de 50% da ETc irrigada com água tratada magneticamente apresentou maior acúmulo. As demais não apresentaram diferenças significativas.

Porém para o 2º ciclo, notou-se que as lâminas de 50% e 100% da ETc irrigadas com água tratada magneticamente apresentaram maior acúmulo. As lâminas de 25% e 125% da ETc e irrigadas com água convencional, acumularam maior teor de magnésio (Tabela 23).

Tabela 23. Média do acúmulo de Magnésio (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.

Lâminas	1ºCiclo		2º Ciclo	
	Magnético	Convencional	Magnético	Convencional
25%	5,28±0,36ABa	5,96±0,89Aa	3,58±0,52Ab	4,38±0,29Aa
50%	5,84±1,3Aa	4,74±0,42ABb	3,92±0,41Aa	3,20±0,19BCb
75%	4,9±0,83ABa	3,96±0,26Ba	2,80±0,25Ba	2,92±0,41Ca
100%	4,96±0,42ABa	4,24±0,92Ba	3,80±0,30Aa	2,94±0,32BCb
125%	4,28±0,43Ba	4,58±0,92Ba	2,64±0,13Bb	3,50±0,27Ba
s($\hat{m}$)	0,15		0,06	

Para cada ciclo, as médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

No 1º ciclo, as lâminas irrigadas com água convencional apresentaram diferenças significativas entre elas, em que a lâmina de 25% da ETc obteve o maior acúmulo de magnésio.

Já nas lâminas que foram irrigadas com água tratada magneticamente se diferiram significativamente. Na lâmina de 25% da ETc ocorreu o maior acúmulo de magnésio, e para a lâmina de 125% da ETc foi observado o menor acúmulo, assim representando uma redução de 23,36%.

Analisando o efeito do tipo de água na lâmina de irrigação, verificou-se que houve efeito positivo do magnetismo na água, onde a lâmina de 50% apresentou aumento de 23,20%.

No 2º ciclo, as lâminas irrigadas com água convencional apresentaram diferença significativa entre elas, sendo que o maior acúmulo foi verificado na lâmina de 25% da ETc e o menor acúmulo na lâmina de 75% da ETc, apresentando uma redução de 50%.

Para as lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, elas se diferiram, e sendo o maior acúmulo na lâmina de 50% da ETc, e o menor na lâmina de 125% da ETc, resultando em uma redução de 48,48%.

Ao analisar o efeito do tipo de água nas lâminas, verificou-se que houve um efeito positivo nas lâminas de 50% e 100% da ETc irrigadas com água tratada magneticamente, com um acúmulo de 22,50%, 29,25%, respectivamente. Porém nas lâminas de 25%, 125% da ETc, não foi verificado o efeito do magnetismo, assim havendo um maior acúmulo, que foi de 22,34% e 32,57%, respectivamente.

Para o 1º ciclo, o acúmulo de enxofre apresentou efeito significativo. As lâminas de irrigação, com água tratada magneticamente, de 25% e 125% da ETc apresentaram maior acúmulo. E a lâmina de irrigação de 50% da ETc e irrigada com água convencional acumulou maior teor que a irrigada com água tratada magneticamente (Tabela 24).

Já para o 2º ciclo, as lâminas de 75% e 100% e irrigadas com água tratada magneticamente apresentou maior acúmulo. E as lâminas de 50% e 125% irrigadas com água convencional apresentou maior acúmulo comparada a irrigada com água magnética (Tabela 24).

Tabela 24. Média do acúmulo de Enxofre (g/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.

Lâminas	1º Ciclo		2º Ciclo	
	Magnético	Convencional	Magnético	Convencional
25%	3,27±0,18ABa	2,97±0,23Ab	1,93±0,1Ba	1,87±0,13Ba
50%	2,68±0,32Cb	3,01±0,14Aa	1,62±0,04Cb	2,12±0,16Aa
75%	3,02±0,23ABCa	2,79±0,19Aa	1,96±0,16Ba	1,76±0,14Bb
100%	3,39±0,21Aa	2,69±0,27Aa	2,22±0,07Aa	1,7±0,1Bb
125%	2,89±0,14BCa	2,79±0,32Ab	1,86±0,04Bb	2,12±0,08Aa
s($\hat{m}$)	0,046		0,022	

Para cada ciclo, as médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

De fato, no 1º ciclo as lâminas irrigadas com água convencional, verificou-se que não houve diferença significativa. Porém nas lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, houve efeito expressivo. Na lâmina de 100% da ETc ocorreu o maior acúmulo, sendo superior em 26,49% da lâmina que apresentou o menor acúmulo, que foi de 50% da ETc.

Analisando o efeito do tipo de água nas lâminas verificou-se que houve o efeito positivo do magnetismo nas lâminas de 25% e 125% da ETc, em que acarretou aumento de 10,10% e 3,50%, respectivamente. Porém, nas lâmina de 50% da ETc, não constatou-se o efeito positivo do magnetismo, e houve aumento de 12,31% em relação ao irrigado com água convencional.

Para a irrigação convencional no 2º ciclo, não foi verificado o mesmo efeito que ocorreu no 1º ciclo, pois o maior acúmulo foi verificado na lâmina de

125%, e ocasionou aumento de 24,70%, em relação à lâmina de 75% da ETc, a qual ocorreu menor acúmulo.

Já na irrigação com água tratada magneticamente, foi verificado o mesmo comportamento para ambos os ciclos, em que o maior acúmulo ocorreu na lâmina de 100% da ETc, e o menor na lâmina de 50% da ETc, assim levando a um aumento na concentração de 37,03%.

Verificando o efeito do tipo de água nas lâminas de irrigação, houve o efeito positivo do magnetismo nas lâminas de 75% e 100% da ETc, ocasionando um aumento de 30,58% e 11,36%, respectivamente. Porém, este efeito não foi verificado nas lâminas de 50% e 125%, e elevou a concentração de enxofre em 30,86% e 13,97%, respectivamente.

Ambos os ciclos apresentaram na lâmina de 100% da ETc, irrigada com água tratada magneticamente, um aumento no acúmulo de enxofre.

A análise estatística para a concentração de boro, no 1º ciclo, em função das lâminas e do tipo de água, foi verificado diferença significativa apenas entre as lâminas (Tabela 25).

No 1º ciclo, houve um aumento de 18,83% no acúmulo de boro, da lâmina de 50% da ETc, a qual obteve a maior concentração em relação a lâmina de 125% da ETc, que foi a que menos o acumulou.

Tabela 25. Média do acúmulo de Boro (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 1º ciclo.

Lâmina	1º Ciclo
25%	37,64±3,39B
50%	42,04±3,128A
75%	37,83±1,937B
100%	39,06±3,8AB
125%	35,38±3,22B
$s(\hat{m})$	1,44

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

Para o 2º ciclo, foi verificado o efeito significativo apenas no tipo de água utilizado na irrigação em função das lâminas (

Tabela 26).

A irrigação utilizando água tratada magneticamente apresentou efeito positivo apenas na lâmina de 75% da ETc, e que acarretou um aumento de 15,44%. O efeito positivo no magnetismo não foi verificado na lâmina de 125% da ETc, a qual apresentou um aumento de 12,63% para a irrigada com água convencional.

Tabela 26. Média do acúmulo de Boro (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 2º ciclo.

Lâmina	2º Ciclo	
	Magnético	Convencional
25%	28,24±0,87Aa	28,21±3,94Aa
50%	28,55±1,98Aa	31,92±2,77Aa
75%	30,34±2,97Aa	26,28±2,21Ab
100%	27,31±2,67Aa	26,49±2,38Aa
125%	27,55±2,05Ab	31,03±3,42Aa
s($\hat{m}$)	1,19	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

O acúmulo do teor de cobre (Cu) para o 1º ciclo apresentou efeito, em que as lâminas de 100% e 125% da ETc apresentaram maior acúmulo quando irrigadas com água tratada magneticamente (Tabela 27).

E para o 2º ciclo foi verificado o efeito positivo no magnetismo nas lâminas de 25% e 100% da ETc, sendo que as demais não se diferiram (Tabela 27).

Tabela 27. Média do acúmulo de Cobre (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.

Lâminas	1ºCiclo		2º Ciclo	
	Magnético	Convencional	Magnético	Convencional
25%	11,7±0,98ABa	11,2±1,04Aa	10,8±0,76Aa	8,1±0,55Bb
50%	11,4±1,19ABa	11,3±0,84Aa	9,8±0,76ABa	8,8±0,27Aa
75%	11±0,79Ba	10,1±0,74Aa	8,5±1Ba	9,4±0,96Aa
100%	11,9±1,03ABa	10±0,79Ab	10,5±1,23Aa	7,5±0,61Cb
125%	12,9±0,89Aa	10,2±0,76Ab	8,5±1Ba	8,1±1,14BCa
s($\hat{m}$)	0,18		0,17	

Para cada ciclo, as médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

De fato para o 1º ciclo, as lâminas irrigadas com água convencional, não ressaltou diferenças entre elas. As lâminas irrigadas com água tratada magneticamente

tiveram diferenças entre elas, e a lâmina irrigada com 125% da ETc apresentou um aumento de 17,27 % em relação a lâmina de que menos acumulou, que foi a de 75% da ETc.

Ao analisar o tipo de água em função das lâminas, averiguou-se que houve o efeito positivo do magnetismo nas lâminas de 100% e 125% da ETc, a qual ocasionou um acúmulo superior de 19% e 26,47%, respectivamente.

No 2º ciclo, as lâminas irrigadas com água convencional se diferiram significativamente, onde tiveram um acúmulo superior de 25,33% na lâmina de 75% da ETc, em relação a lâmina que apresentou o menor acúmulo, que foi a de 100% da ETc.

Nas lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, o maior acúmulo ocorreu na lâmina irrigada com 25% da ETc, assim apresentando um teor superior à lâmina de 75%, a que menos acumulou, de 27,05%.

Ao analisar o efeito da magnetização da água em função da lâmina de irrigação, observou-se o efeito positivo na lâmina irrigada com 25% e 100% da ETc, e que acarretou um aumento de 33,33% e 40%.

Nos ciclos analisados, observou-se que o magnetismo apresentou o efeito positivo similar, onde a lâmina irrigada com 100% da ETc, apresentou os melhores resultados no acúmulo de cobre.

O teor de acúmulo do ferro no 1º ciclo apenas apresentou efeitos significativo nas lâminas de irrigação (Tabela 28), em que o maior acúmulo foi verificado na de 100% da ETc, constatando um aumento de 63,05%, em relação a lâmina de 50% da ETc, a qual apresentou o menor acúmulo.

Tabela 28. Média do acúmulo de Ferro (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 1º ciclo.

Lâmina	1º Ciclo
25%	928,4±214AB
50%	701±183,5B
75%	885,1±274AB
100%	1143±321A
125%	840±357AB
$s(\hat{m})$	56,20

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

Na análise estatística do 2º ciclo para o teor de acúmulo de ferro, verificou-se que ocorreu diferença significativa nas lâminas e no tipo de água utilizada na irrigação da cultura da alface (Tabela 29).

As lâminas irrigadas com água convencional apresentaram diferença entre elas, com o maior acúmulo verificado na lâmina de 50% da ETc, e o menor na de 100% da ETc, que apresentou um aumento de 162,2%. Já para as lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, observou-se que não surgiu discrepância entre elas.

Analisando o efeito do tipo da água nas lâminas de irrigação, verificou-se que o magnetismo apresentou o efeito positivo para a lâmina de 100% em que obteve um aumento de 121,27%, mas na lâmina de 50% não foi verificado o mesmo, e levou a uma redução de 24,29%.

Tabela 29. Média do acúmulo de Ferro (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 2º ciclo.

Lâmina	Magnético	Convencional
25%	538,6±153,9Aa	432,4±89,9CDa
50%	584±119Ab	771,4±154,8Aa
75%	678,8±215,7Aa	540,8±89,2BCa
100%	651±228Aa	294,2±30,2Db
125%	594,8±117,9Aa	661,6±106,7ABa
s($\hat{m}$)	125,68	63,65

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

O teor de manganês, para o 1º ciclo, apresentou apenas diferença significativa para a variação de lâminas (Tabela 30). Assim a lâmina de 25% da ETc apresentou o maior acúmulo, havendo um aumento de 28,02% para a lâmina de 125% da ETc, a qual apresentou o menor acúmulo.

Tabela 30. Média do acúmulo de Manganês (mg/kg^{-1}) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 1º ciclo.

Lâmina	1º Ciclo
25%	63,5±8,62A
50%	60,5±9,5A
75%	57,1±5,86AB
100%	58,1±9,57AB
125%	49,6±7,73B
s($\hat{m}$)	1,62

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

No 2º ciclo, o teor de acúmulo de manganês apresentou diferença significativa nas lâminas e no tipo de água utilizado na irrigação (Tabela 31).

Nas lâminas irrigadas com água convencional, verificou-se que a lâmina de 50% da ET_c apresentou um acúmulo de 55,65% em relação a lâmina de 100% da ET_c, a qual menos se acumulou manganês.

Já para as lâminas irrigadas com água tratada magneticamente, observou-se que a de 25% da ET_c, apresentou o maior acúmulo e a de 125% da ET_c a menor, acarretando um aumento de 44,73%.

Tabela 31. Média do acúmulo de Manganês (mg/kg⁻¹) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT, para o 2º ciclo.

Lâmina	Magnético	Convencional
25%	66±3,54Aa	51±3,87BCb
50%	57,4±1,517ABb	67,4±6,62Aa
75%	54,8±6,91BCa	46,4±2,07Cb
100%	47,8±5,26Ca	43±3,24Ca
125%	45,6±5,41Cb	53±6,96Ba
s($\hat{m}$)	0,98	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

A análise estatística para o acúmulo de zinco para ambos os ciclos, apenas apresentaram diferença significativa entre os tipos de água (

Tabela 32). Observou-se que o magnetismo não apresentou efeito positivo, onde houve uma redução de 10,36% e 3,4% em relação ao tipo de água convencional.

Tabela 32. Média do acúmulo de Zinco (mg/kg⁻¹) em relação ao tipo de água e das lâminas, aos 35DAT.

	1º Ciclo	2º Ciclo
Magnético	36,68±3,509b	30,6±4,233b
Convencional	40,92±3,673a	31,68±4,25a
s($\hat{m}$)	1,61	1,67

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

5.5 Resultados da Análise 2 (Análise de crescimento)

Na análise 2, foi verificado se ao longo do ciclo houve a redução nos dias do ciclo quando irrigado com água magnética, assim a possibilidade na redução do volume de água.

5.5.1 Parte aérea

A Figura 11(a) apresenta os números de folhas, e observou-se que o acréscimo se ajusta a equação polinomial de segunda ordem, para ambos os tratamentos. O R^2 calculado foi de 0,93 para o tratamento com água convencional e 0,89 para o magnetizado, demonstrando alta correlação entre as variáveis.

Ao analisar o feito do tipo de água, notou-se que o tratamento que foi irrigado com água tratada magneticamente obteve nos 35DAT uma maior quantidade de folhas para o 1º ciclo (Figura 11 a).

Para o 2º ciclo, o modelo que ajustou os números de folhas produzidas foi linear. E apresentando R^2 de 0,93 para o tratamento com água magnetizada e 0,95 para o convencional (Figura 11 b).

Assim como observado no 1º ciclo, o tratamento que foi irrigado com a água magnetizada apresentou maior número de folhas aos 35DAT.

A partir da equação da curva, foi possível estimar que a produção no 1º ciclo de 30 folhas irrigadas com água convencional, foi produzida com 34 dias irrigada com água tratada magneticamente, já para o 2º ciclo não houve diferença significativa para o número de folhas.

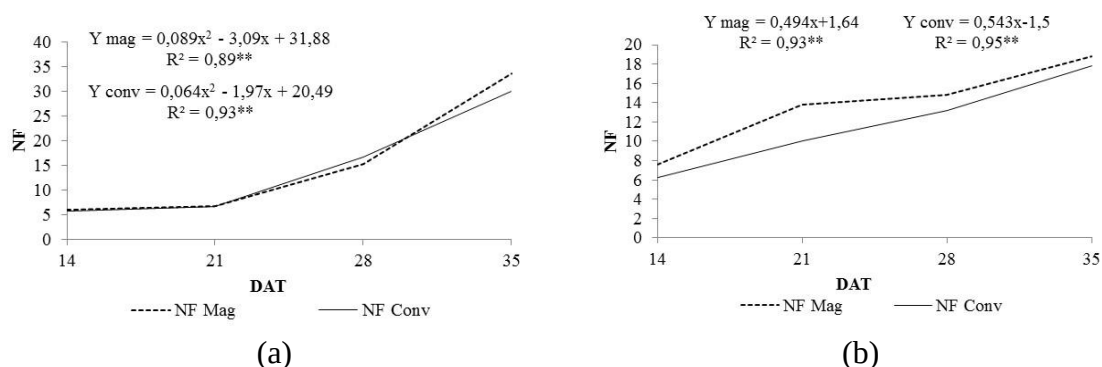


Figura 11. Produção do número de folhas ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 12 apresenta o número de folhas para a lâmina de 50% da ETc. Na Figura 12 (a), observa-se que o modelo que ajustou o tratamento que foi irrigado com água convencional foi o linear, e significativo a 1% de probabilidade, já para o tratamento magnético, o modelo que ajustou foi do tipo polinomial de 2º grau, também significativo a 1%.

O R^2 para os modelos foram 0,90 e 0,93, para o magnético e convencional, respectivamente. Assim demonstrando uma alta correlação entre as variáveis.

Já para o 2º ciclo (Figura 12 b), notou-se que ambos os modelos que se ajustaram foram o linear, e significativo a 1% de probabilidade, e ambos o R^2 foram de 0,97. Porém, o maior número de folhas ocorreu no tratamento com água convencional.

A partir da equação de ajuste, foi possível determinar que para o 1º ciclo a produção média de 26 folhas por planta irrigada com água convencional foi atingida com 34 dias com água tratada magneticamente. Porém no 2º ciclo este efeito não foi verificado, assim para atingir a produção média de 20,8 folhas por planta irrigada com água convencional, se fosse irrigada com água tratada magneticamente a colheita seria atrasada em 4 dias.

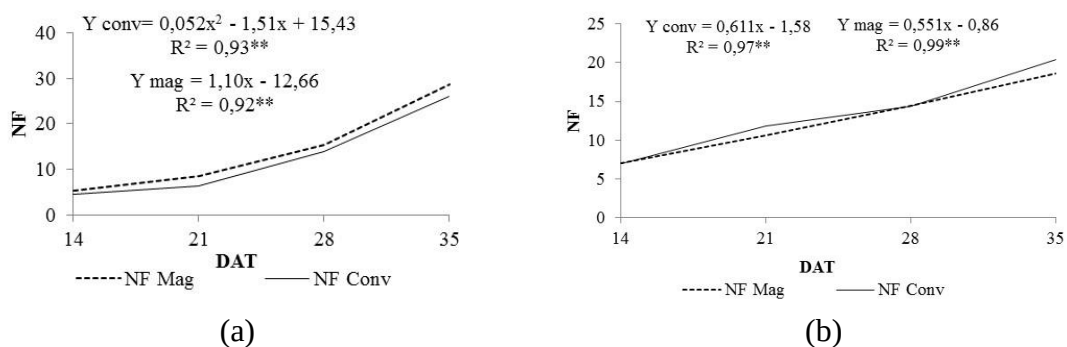


Figura 12. Produção do número de folhas ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 13 apresenta o número de folhas para a lâmina de 75% da ETc. Nela, o modelo que ajustou ambos os tratamentos foi o polinomial de 2º grau, sendo significativos a 1% de probabilidade.

O R^2 calculados foi de 0,93, para os dois tratamentos. Porém na 35DAT o tratamento magnético apresentou maior quantidade no número de folhas.

Para o 2º ciclo, o modelo que se ajustou foi linear, a 1% de probabilidade (Figura 13 b). O R^2 calculado foi de 0,95 para o magnético e 0,98 para o convencional. Porém no 2º ciclo, não houve diferença no 35DAT.

A partir das curvas do 1º ciclo, foi possível estimar que para atingir a produção de 28,2 folhas por planta irrigadas com água convencional, seria necessário 34 dias irrigando com água tratada magneticamente, já para o 2º ciclo não constatou-se diferença significativa aos 35DAT.

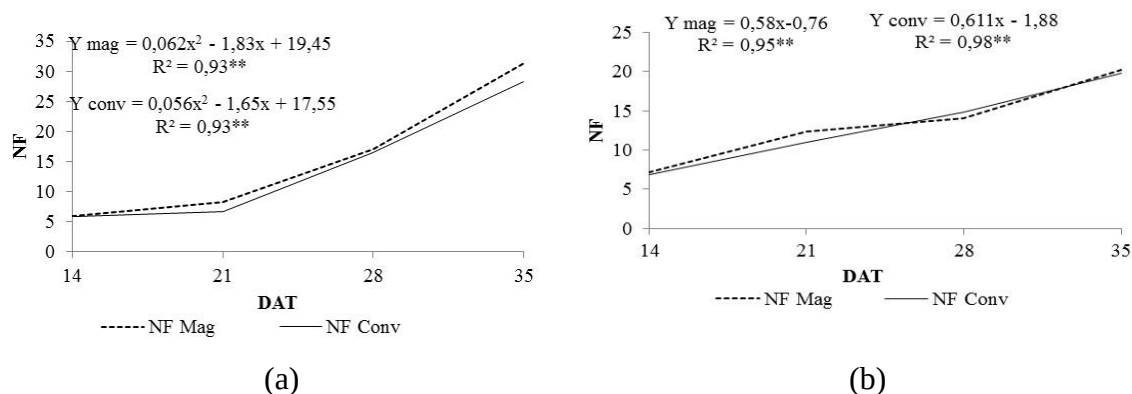


Figura 13. Produção do número de folhas ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 14 apresenta o número de folhas para a lâmina de 100% da ETc. Para o 1º ciclo o modelo que ajustou ambos os tratamentos foi polinomial de 2º grau, sendo significativo a 1% de probabilidade (Figura 14 a).

O R^2 calculado foi de 0,94 e 0,93, para o magnético e convencional, respectivamente. Nas 28 e 35DAT, já apresenta um maior número de folhas o tratamento irrigado com água magnética.

No 2º ciclo (Figura 14 b), ambos os tratamentos se ajustaram ao modelo linear, significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,92 para ambos. Durante todo o ciclo, observou-se o maior número de folhas para o tratamento que foi irrigado com água tratada magneticamente.

A partir das curvas do 1º ciclo, foi possível determinar que para atingir a produção de 26,4 folhas por planta irrigadas com água convencional, seria necessário 31 dias caso fossem irrigadas com água tratada magneticamente e para o 2º ciclo, a redução seria de aproximadamente 9 dias.

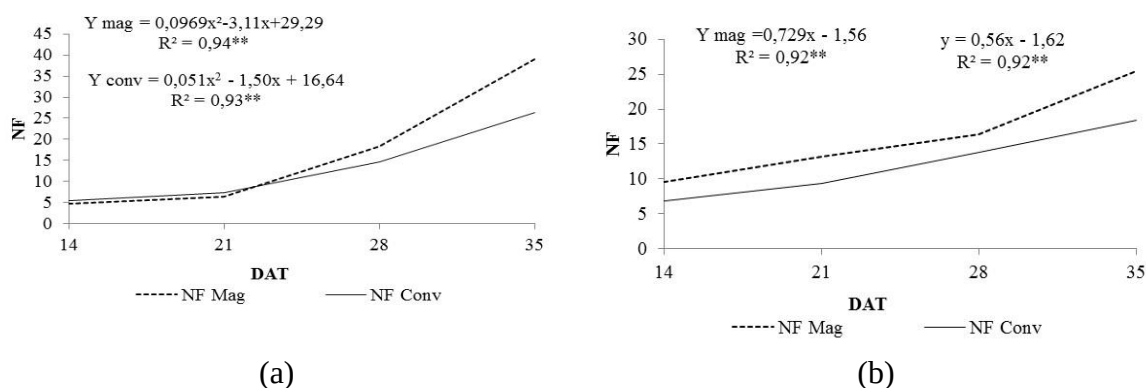


Figura 14. Produção do número de folhas ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 15 apresenta o número de folhas para a lâmina de 125% da ETc. No 1º ciclo (Figura 15 a), o modelo que ajustou ambos os tratamentos foi o polinomial de 2º grau e sendo significativo a 1% de probabilidade.

O R^2 calculado foi de 0,93 para o magnético e 0,85 para o convencional. Na 35DAT ocorreu a maior o número de folhas para o tratamento que foi irrigado com água magnética.

No 2º ciclo (Figura 15 b), o modelo que se ajustou foi o linear, significativo a 1% de probabilidade. Sendo o R^2 calculado de 0,97 e 0,93, para o magnético e convencional, respectivamente. Após a 28DAT, o tratamento magnético apresentou o maior número de folhas.

A partir das curvas do 1º ciclo, foi estimado que caso a alface fosse irrigada com água tratada magneticamente atingiria a mesma produção do que a água convencional com 34 dias, e para o 2º ciclo apresentaria a mesma produção com 32 dias.

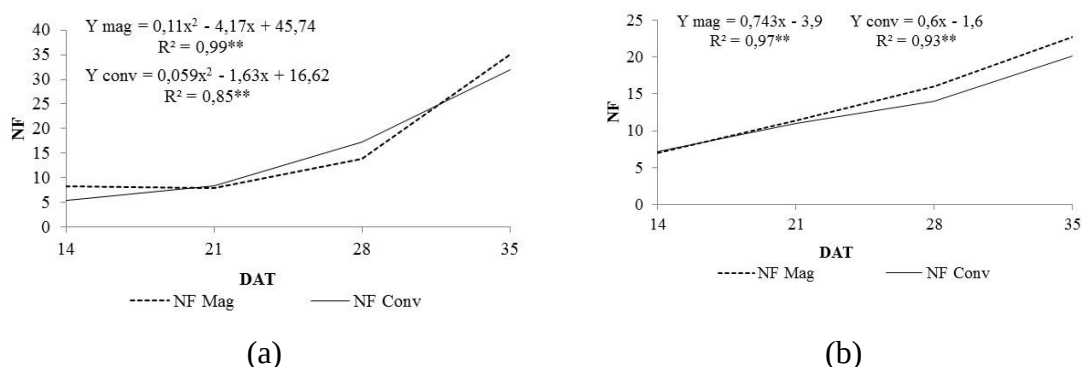


Figura 15. Produção do número de folhas ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETC, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 16 apresenta o Peso Verde Aéreo produzido ao longo ciclo irrigado com a lâmina de 25% da ETC. Para o 1º ciclo, observou-se que para ambos tratamentos o modelo que se ajustou foi o polinomial de 2º grau, sendo significativo a 1% de probabilidade (Figura 16 a).

O R^2 calculado foi de 0,90 para o tratamento magnético e 0,86 para o convencional. Na 35DAT houve um maior peso (g) para o tratamento irrigado com água magnética.

No 2º ciclo (Figura 16 b), para o tratamento magnético o modelo que se ajustou foi o polinomial de 2º grau e para o convencional foi o linear, mas ambos sendo significativo a 1% de probabilidade. No 35DAT houve a maior massa com o tratamento irrigado com água tratada magneticamente.

A partir da curva de produção de matéria verde da parte aérea, foi possível verificar, que para atingir a produção de $199,6 \text{ g planta}^{-1}$ irrigando com água tratada

magneticamente, seria necessário 32 dias para o 1º ciclo, o mesmo efeito foi verificado no 2º ciclo, em que seria necessário 30 dias para atingir a massa de 140,3 g planta⁻¹.

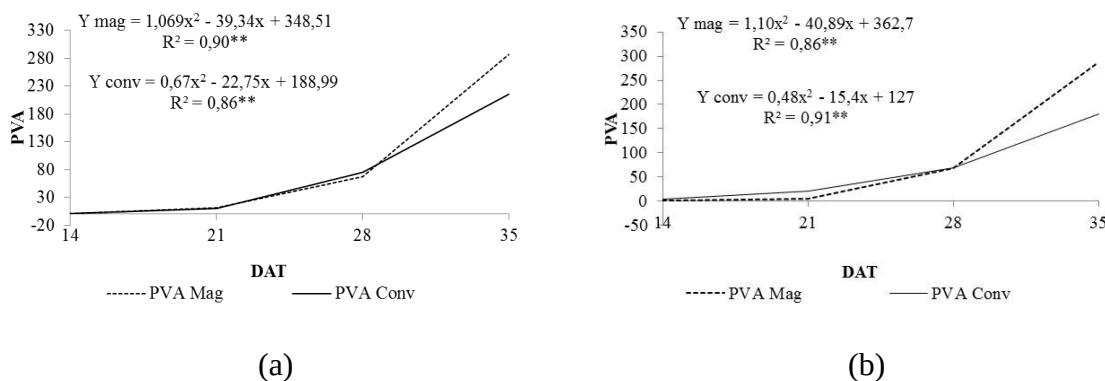


Figura 16. Produção do Peso Verde Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 17 apresenta o Peso Verde Aéreo produzido ao longo do ciclo irrigado com a lâmina de 50% da ETc.

No 1º ciclo (Figura 17 a), o modelo que se ajustou aos tratamentos foi o polinomial de 2º grau, sendo significativo a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,87 para o magnético e 0,85 para o convencional. Na 35DAT houve um maior peso verde no tratamento irrigado com água tratada magneticamente.

Já no 2º ciclo (Figura 17 b), para ambos os tratamentos o modelo que se ajustou foi o polinomial de 2º, sendo os significativos a 1% de probabilidade. Porém, o tratamento convencional apresentou maior peso fresco na 35DAT. O R^2 calculado foi de 0,89 para o magnético e 0,90 para o convencional.

Nesta lâmina aplicada o resultado foi contraditório, onde no 1º ciclo ocorreu um aumento de peso no tratamento magnético, e para o 2º ciclo houve um aumento no tratamento irrigado com água convencional.

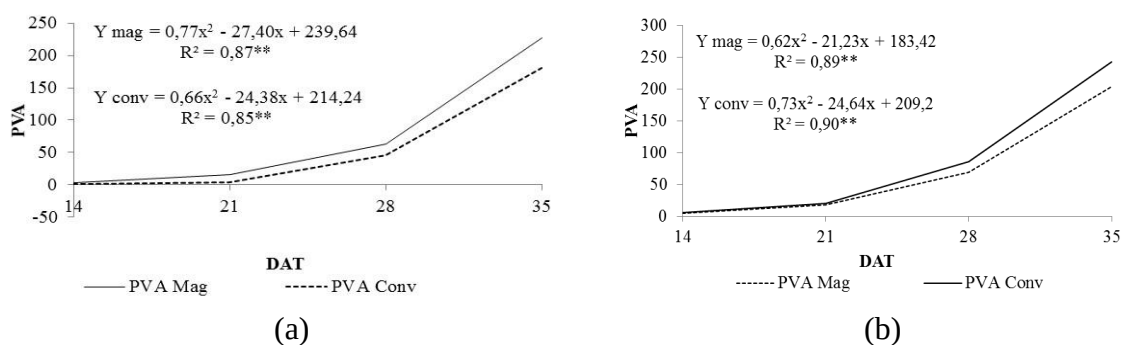


Figura 17. Produção do Peso Verde Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 18 apresenta o Peso Verde Aéreo produzido ao longo do ciclo irrigado com a lâmina de 75% da ETc. No 1º ciclo (Figura 18 a), o modelo que se ajustou ao tratamento foi polinomial de 2º grau, em que ambos foram significativos a 1% de probabilidade.

O R^2 calculado foi 0,89 e 0,97 para o magnético e convencional, respectivamente. Nota-se que nas 35DAT houve o maior peso verde no tratamento irrigado com água tratada magneticamente (Figura 18 b).

No 2º ciclo o modelo que se ajustou aos tratamentos foram o polinomial de 2º grau, sendo os significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,90 para ambos os tratamentos. O maior peso fresco foi obtido na 35DAT e no tratamento irrigado com água convencional.

Os resultados dos ciclos foram contraditórios, pois no 1º ciclo ocorreu um aumento no tratamento irrigado com água tratada magneticamente, e no 2º ciclo houve um aumento no tratamento irrigado com água convencional.

Com as curvas do 1º ciclo, foi verificado que para atingir a produção obtida aos 35DAT irrigado com água convencional, seriam necessários 33 dias para obter a mesma produção. Para o 2º ciclo não proporcionou diferença significativa.

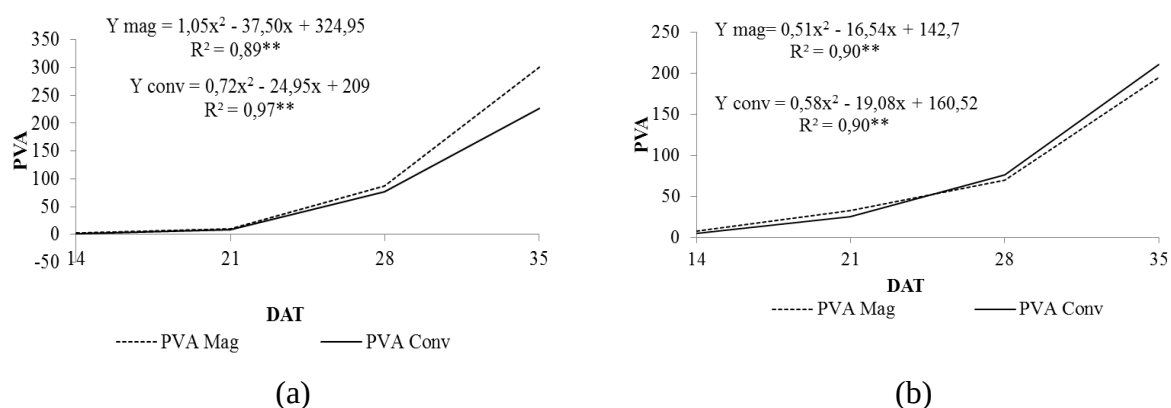


Figura 18. Produção do Peso Verde Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 19 apresenta o Peso Verde Aéreo (g), para a lâmina de irrigação de 100% da ETc. No 1º ciclo (Figura 19 a) o modelo que ajustou ambos os tratamentos foi o polinomial de 2º grau, e significativo a 1% de probabilidade.

O R^2 calculado foi de 0,87 e 0,91 para o magnético e convencional, respectivamente. Após os 28DAT, o tratamento com água tratada magneticamente obteve um maior peso.

No 2º ciclo (Figura 19 b), o modelo que ajustou foi o polinomial de 2º ordem, e significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,88 para o tratamento magnético e 0,90 para o convencional. Observou-se que houve uma maior produção de peso verde no tratamento irrigado com água tratada magneticamente.

Em ambos os ciclos foi possível verificar, que para atingir a produção dos 35DAT irrigados com água convencional, seriam necessários 31 dias irrigando com água tratada magneticamente para atingir a mesma produção.

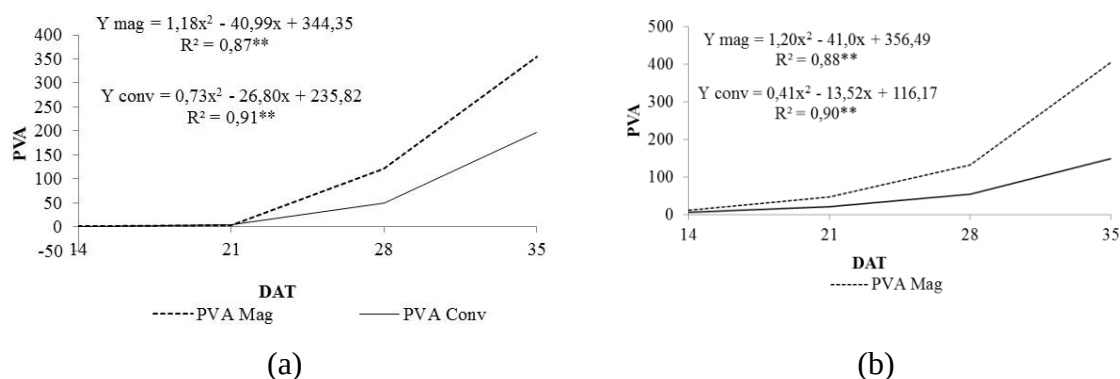


Figura 19. Produção do Peso Verde Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 20 apresenta o Peso Verde Aéreo (g), para a lâmina de irrigação de 125% da ETc. No 1º ciclo o modelo que se ajustou aos tratamentos foi o polinomial de 2º grau, e significativos a 1%. O R^2 calculado foi de 0,86 e 0,87 para o tratamento magnético e convencional respectivamente (Figura 20 a).

Porém observou-se que o tratamento irrigado com água tratada magneticamente apresentou maior peso verde(g) aos 35DAT.

Já no 2º ciclo, o modelo que se ajustou foi o polinomial de 2º grau, e significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,90 para o tratamento magnético e 0,91 para o convencional (Figura 20 b). Como observado no primeiro ciclo ocorreu também uma maior produção de peso verde aéreo para os tratamentos irrigados com água tratada magneticamente.

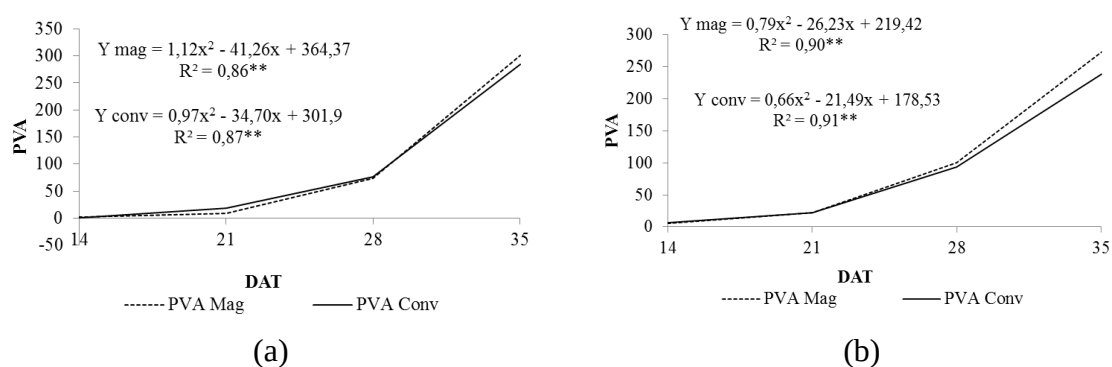


Figura 20. Produção do Peso Verde Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 21 apresenta o resultado do Peso Seco Aéreo (g), para a lâmina de irrigação de 25% da ETc.

No 1º ciclo ambos tratamentos foram ajustados por um modelo polinomial de 2º grau, e significativos a 1% de probabilidade (Figura 21 a). O R^2 calculado foi de 0,89 para tratamento irrigado com água tratada magneticamente e 0,93 para o convencional.

Observou-se que aos 35DAT, existiu um maior peso seco acumulado no tratamento que foi irrigado com água tratada magneticamente.

Já no 2º ciclo (Figura 21 b), o modelo que se ajustou ao tratamento irrigado com água tratada magneticamente foi o linear e o convencional foi o polinomial de 2º grau, sendo ambos significativos a 1% de probabilidades. Notou-se que a partir dos 28DAT, houve um maior acúmulo de peso seco aéreo.

Para ambos ciclos, o tratamento que recebeu água tratada magneticamente apresentou maior peso seco aéreo aos 35DAT.

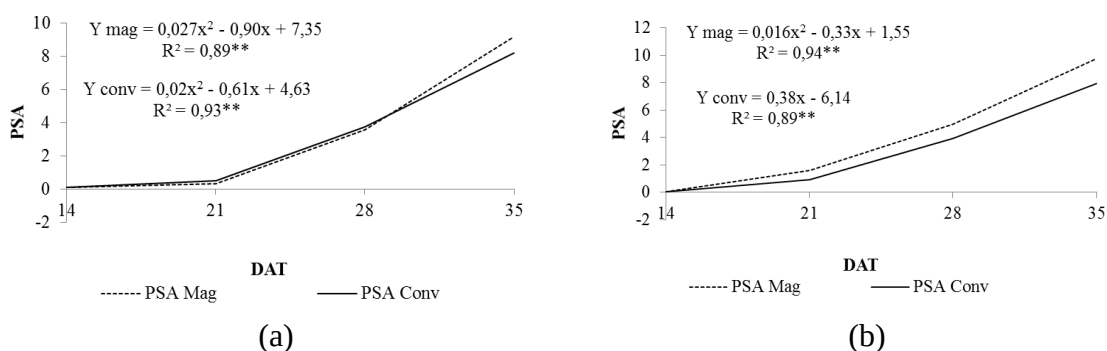


Figura 21. Produção do Peso Seco Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1ºciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 22 apresenta o Peso Seco Aéreo (g) para a lâmina de irrigação de 50% da ETc.

No 1ºciclo (Figura 22 a), o modelo que se ajustou ao tratamento magnético foi o linear. Já para o convencional foi o polinomial de 2º grau, sendo ambos significativos a 1% de probabilidade.

O R^2 calculado foi de 0,87 para o tratamento magnético e 0,88 para o tratamento convencional, os dois tratamentos apresentaram peso seco aéreo igual aos 35DAT.

No 2º ciclo observou-se que ambos tratamentos se ajustaram ao modelo polinomial de 2º Grau, sendo os significativos a 1% de probabilidade (Figura 22 b). Neste ciclo, o tratamento convencional apresentou um maior acúmulo de peso seco após aos 28DAT.

Neste tratamento com a irrigação de 50% da ETc, os ciclos apresentaram resultados similares, sendo o peso seco aéreo muito próximo.

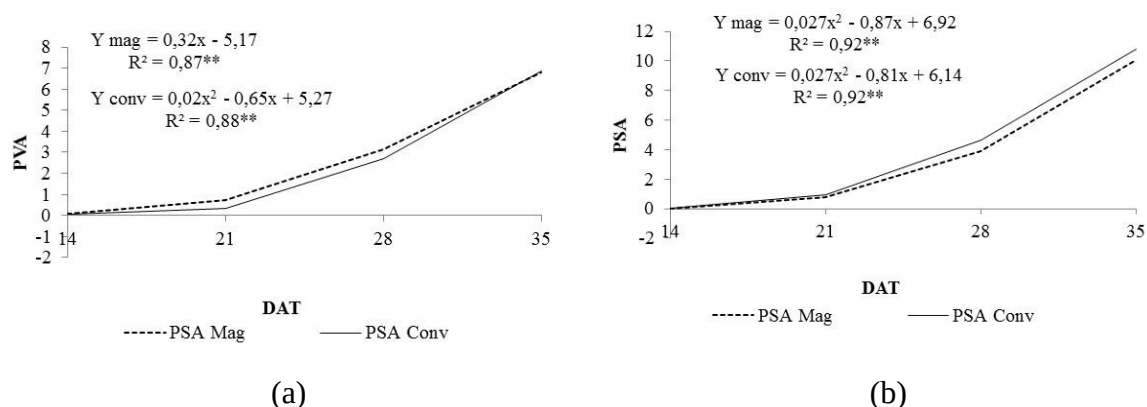


Figura 22. Produção do Peso Seco Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1ºciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 23 apresenta o Peso Seco Aéreo (g) para a lâmina de irrigação de 75% da ETc.

No 1º ciclo (Figura 23 a) o modelo que se ajustou foi o polinomial de 2º grau, e sendo o significativo a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,92 e 0,93, para o tratamento magnético e convencional, respectivamente.

Observou-se que o tratamento magnético apresentou um maior acúmulo de peso seco aéreo após os 28DAT.

No 2º ciclo (Figura 23 b), ambos tratamentos foram ajustados pelo modelo polinomial de 2º grau, sendo os significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,92 e 0,94 para os tratamentos magnético e convencional, respectivamente.

Porém nesta lâmina aplicada, os resultados não foram parecidos, sendo para o 1º ciclo, a produção de peso seco aéreo superior no tratamento magnético, e para o 2º ciclo a produção foi muito próxima.

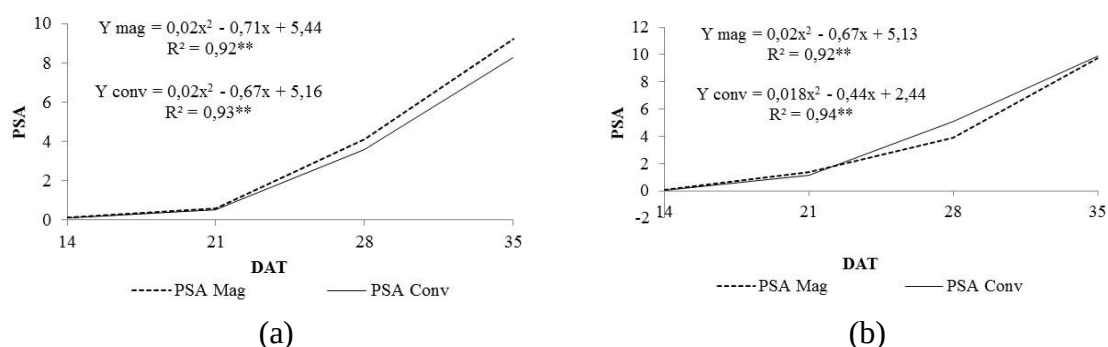


Figura 23. Produção do Peso Seco Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 24 apresenta o peso seco aéreo para a lâmina aplicada de 100% da ETc.

No 1º ciclo (Figura 24 a) o modelo que ajustou foi o polinomial de 2º grau, sendo ambos significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,90 e 0,87 para o tratamento magnético e convencional respectivamente.

Observou-se que após os 28DAT o tratamento irrigado com a água tratada magneticamente apresentou um maior peso seco da aérea foliar.

No 2º ciclo (Figura 24 b) o modelo que se ajustou foi o polinomial de 2º grau para ambos tratamentos, e significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,90 para o magnético e 0,93 para o convencional.

Notou-se que após os 21DAT o tratamento irrigado com água tratada magneticamente apresentou maior acúmulo de matéria seca. Assim, ambos ciclos apresentaram o mesmo comportamento para a lâmina de 100% da ETc.

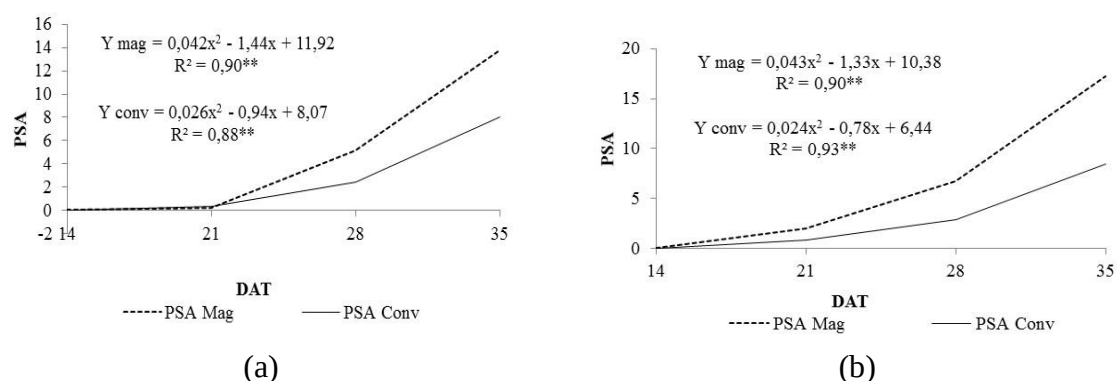


Figura 24. Produção do Peso Seco Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 25 apresenta o peso seco aéreo para a lâmina aplicada de 125% da ETc.

Para o 1º ciclo (Figura 25 a), observou-se que o modelo que se ajustou a ambos tratamentos foi o polinomial de 2º grau, sendo os significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,89 para o tratamento magnético e 0,88 para o convencional. Observou-se aos 35DAT que os pontos estão muito próximos.

No 2º ciclo (Figura 25 b), o modelo que se ajustou foi o polinomial de 2º grau, sendo ambos significativos a 1% de probabilidade.

O R^2 Calculado foi de 0,93 para ambos os tratamentos. Notou-se que a produção de matéria seca teve um maior acúmulo no tratamento irrigado com água tratada magneticamente.

Na lâmina aplicada de 125% da ETc, os experimentos não apresentaram o mesmo comportamento, sendo que apenas no segundo houve diferença e significativa dos tratamentos.

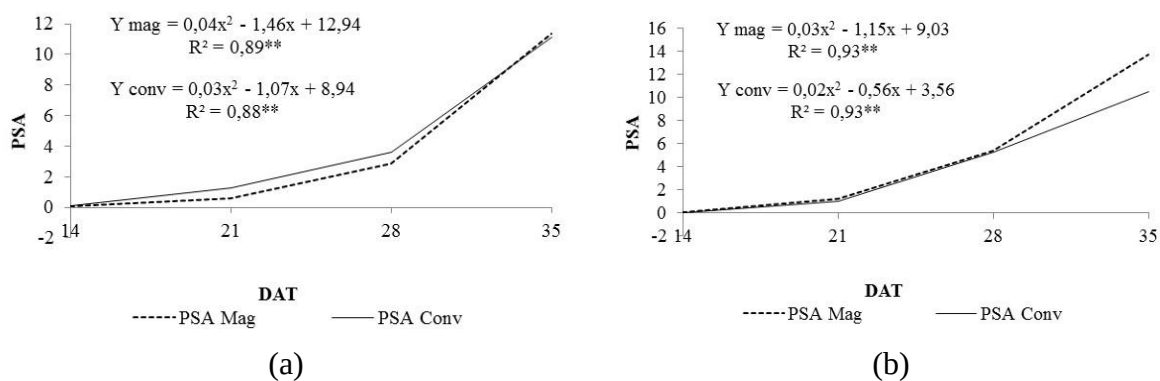


Figura 25. Produção do Peso Seco Aéreo(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

5.5.2 Sistema radicular

A Figura 26 apresenta o comprimento de raiz para a lâmina de irrigação de 25% da ETc.

No 1º ciclo (Figura 26 a), observou-se que para ambos os tipos de água adotado na irrigação, não surgiram diferenças significativas nos modelos de ajustes dos pontos.

Já para o 2º ciclo (Figura 26 b), verificou-se que para os dois tipos de água o modelo que se ajustou foi o linear, sendo significativos a 1% de probabilidade para o irrigado com água tratada magneticamente e a 5% de probabilidade irrigada com água convencional. Assim notou-se que houve maior desenvolvimento da raiz quando irrigado com água tratada magneticamente.

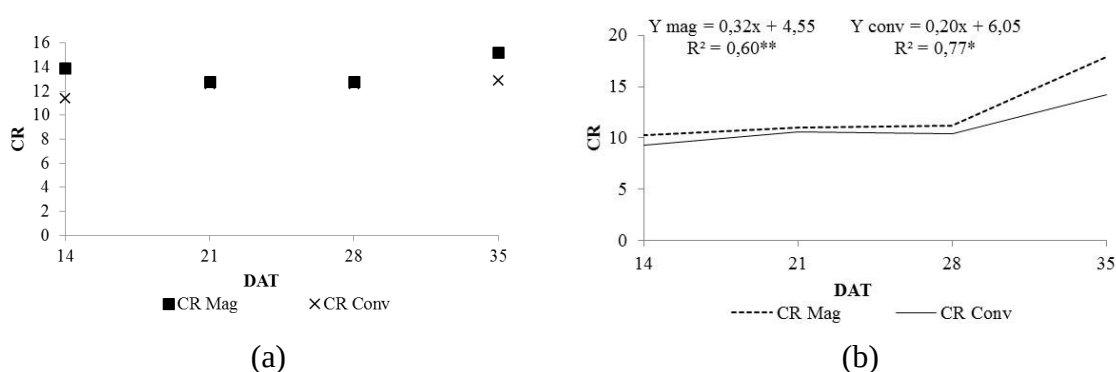


Figura 26. Comprimento da raiz (cm) ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 27, apresenta o comprimento de raiz para a lâmina de irrigação de 50% da ETc.

No 1º ciclo (Figura 27 a), o modelo que se ajustou a ambos tipos de água utilizados na irrigação, foi o linear, em que se observou o maior desenvolvimento da raiz irrigada com água tratada magneticamente, em que o R^2 calculado foi de 0,77 e 0,86 para a água tratada magneticamente e convencional, respectivamente.

Já para o 2º ciclo (Figura 27 b), observou-se que o modelo linear ajustou os dois tipos de água utilizadas na irrigação, e sendo significativos a 1 % de probabilidade, e apresentando o R^2 de 0,71 e 0,73 para os tipos de água magnético e convencional respectivamente.

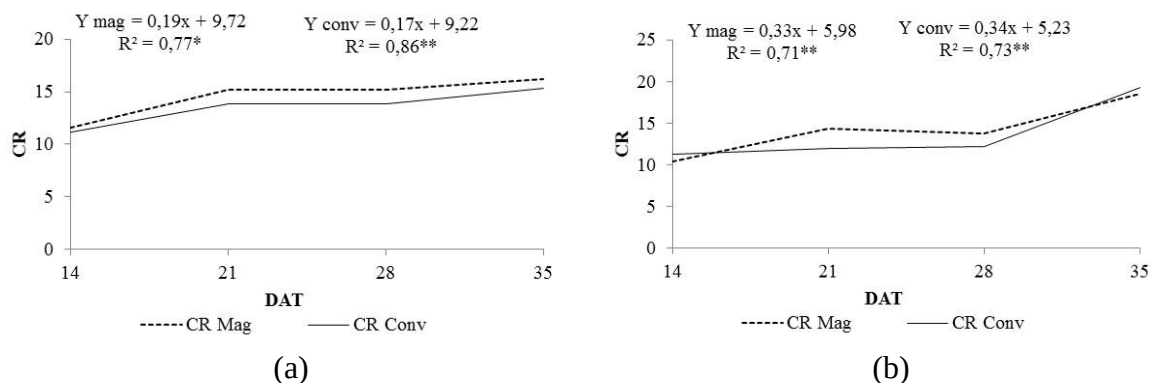


Figura 27. Comprimento da raiz (cm) ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 28 apresenta o comprimento de raiz para a lâmina de irrigação de 75% da ETc.

Observou-se que no 1º ciclo, ambos os tipos de água utilizadas para a irrigação se ajustaram ao longo do ciclo, ao modelo linear, e sendo significativos a 5% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,60 e 0,49, para os tipos de água magnética e convencional, respectivamente (Figura 28 a).

No 2º ciclo, a lâmina que foi irrigada com água tratada magneticamente apresentou o maior desenvolvimento de raiz, e o modelo que se ajustou ao longo do ciclo, foi o linear a 1% de probabilidade. Já a lâmina irrigada com água convencional não se ajustou significativamente aos modelos, pois não apresentou diferença ao longo do ciclo no comprimento de raiz.

O R^2 calculado para a lâmina irrigada com água tratada magneticamente foi de 0,86 e para o irrigado com água convencional foi de 0,1.

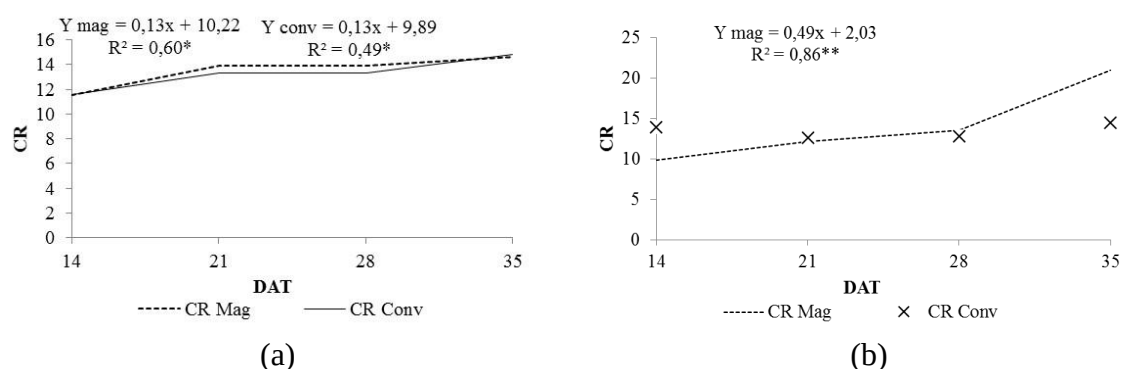


Figura 28. Comprimento da raiz (cm) ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ET_c, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 29 apresenta o comprimento de raiz ao longo do ciclo para a lâmina de irrigação de 100% da ET_c.

No 1º ciclo (Figura 29 a), observou-se que o modelo linear se ajustou a 1% de probabilidade, para os tipos de água ao longo do ciclo, em que o R² calculado foi de 0,59 e 0,64 para os tipos de águas magnético e convencional, respectivamente.

Para o 2º ciclo, verificou-se que os modelos lineares se ajustaram aos tipos de água, porém para o irrigado com água tratada magneticamente foi significativo a 1% de probabilidade e para o convencional a 5%. O R² calculado foi de 0,68 e 0,65 para a água tratada magneticamente e convencional, respectivamente.

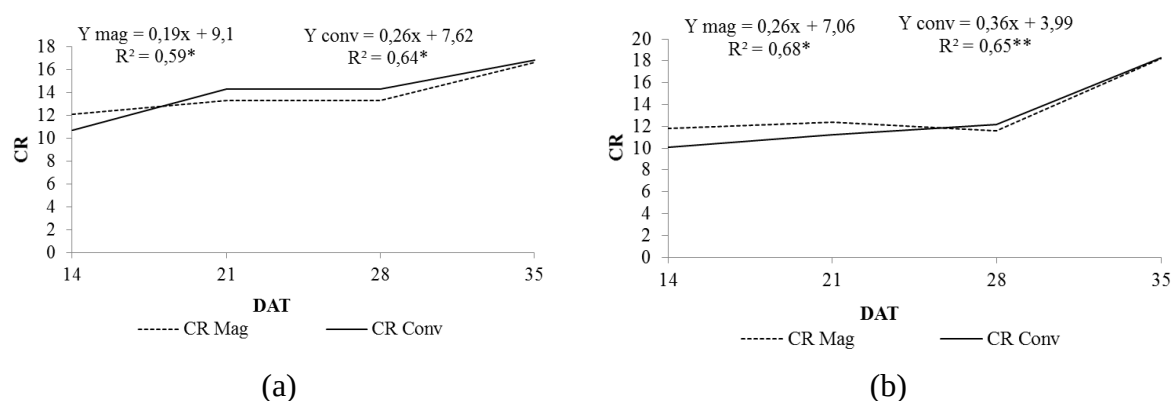


Figura 29. Comprimento da raiz (cm) ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ET_c, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 30 apresenta o comprimento de raiz ao longo do ciclo para a lâmina de irrigação de 125% da ET_c.

No 1º ciclo (Figura 30 a), os modelos que se ajustam ao tipo de água ao longo do ciclo, não foram significativos para o comprimento de raiz.

Já para o 2º ciclo, os modelos lineares ajustaram o crescimento de raiz ao longo do ciclo, sendo significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,73 para a lâmina irrigada com água tratada magneticamente e 0,85 para a convencional (Figura 30 b).

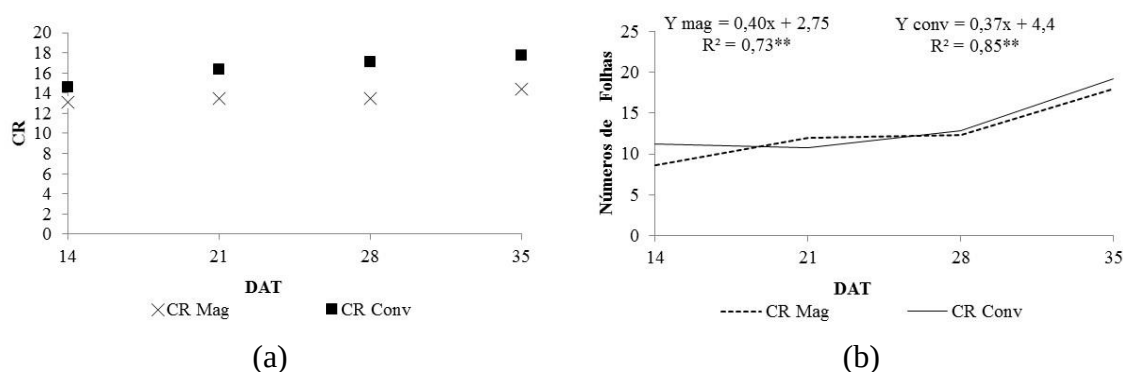


Figura 30. Comprimento da raiz (cm) ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 31 apresenta o peso verde raiz (g) ao longo do ciclo para a lâmina de irrigação de 25%.

No 1º ciclo (Figura 31 a), os modelos polinomiais de 2º grau ajustaram o peso verde de raiz para ambos os tipos de água utilizados na irrigação, sendo os significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,83 e 0,91 para o tipo de água magnético e convencional, respectivamente.

No 2º ciclo o peso verde de raiz ao longo do ciclo para ambos os tipos de água, se ajustaram aos modelos polinomiais de 2º grau, sendo os significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,90 para ambos tipos de água adotados na irrigação.

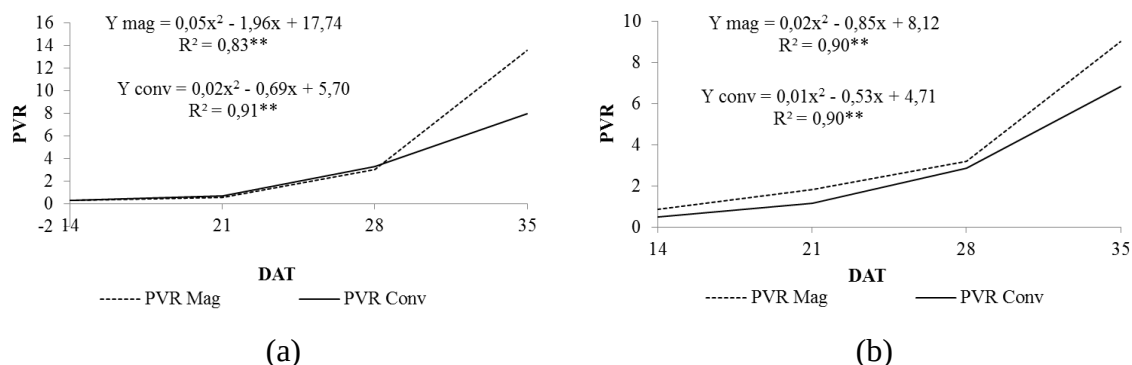


Figura 31. Peso Verde da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 32 apresenta o peso verde de raiz ao longo do ciclo para a lâmina de irrigação de 50% da ETc.

Para o 1º ciclo (Figura 32), observou-se que para ambos tipos de água utilizados na irrigação, os modelos polinomiais de 2º grau se ajustaram ao peso verde aéreo, sendo significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,89 e 0,90 para os tipos de água magnético e convencional, respectivamente.

Já para o 2º ciclo, averiguou-se que o peso verde de raiz ao longo do ciclo para ambos os tipos de água se ajustaram aos modelos polinomiais de 2º grau. E o R^2 calculado foi de 0,88 e 0,86 para o tipo de água magnético e convencional.

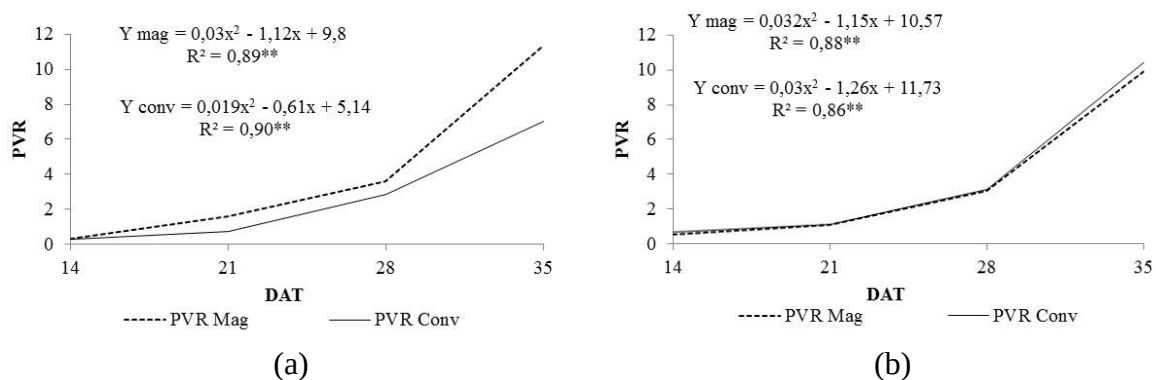


Figura 32. Peso Verde da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 33 apresenta o peso ver da raiz ao longo do ciclo para a lâmina de irrigação de 75%.

Para o 1º ciclo o modelo que ajustou o peso verde de raiz para ambos os tipos de água foi o polinomial de 2º grau, e sendo significativo a 1% de probabilidade (Figura 33 a). O R^2 calculado foi de 0,91 e 0,85 para o tipo de água tratada magneticamente e convencional, respectivamente.

No 2º ciclo, o modelo polinomial de 2º grau se ajustou ao peso verde de raiz ao longo do ciclo para ambos os tipos de água adotados na irrigação, sendo os significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,82 para o peso verde de raiz irrigado com água tratada magneticamente e 0,87 para o irrigado com água convencional (Figura 33 b).

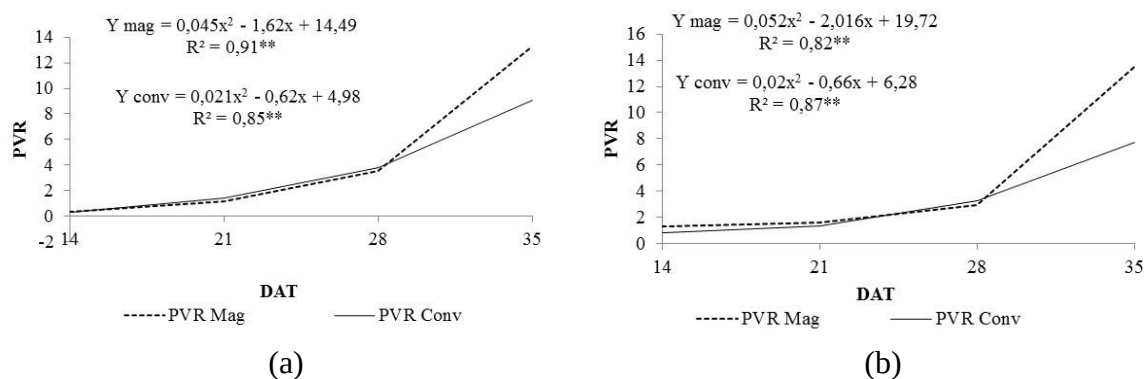


Figura 33. Peso Verde da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º Ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 34 apresenta o peso verde da raiz ao longo do ciclo para a lâmina de irrigação de 100% da ETc.

No 1º ciclo (Figura 34 a), os modelos polinomiais de 2º grau ajustaram o peso verde da raiz ao longo do ciclo para ambos os tipos de águas, e sendo significativo a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,89 para a lâmina de irrigação com água tratada magneticamente e 0,90 para a convencional.

Para o 2º ciclo, verificou-se que os modelos polinomiais de 2º grau, ajustaram o peso verde da raiz em função das DAT, em que ambos foram significativos a 1% de probabilidade, e sendo o R^2 calculado de 0,88 para ambos os tipos de água utilizada na irrigação (Figura 34 a).

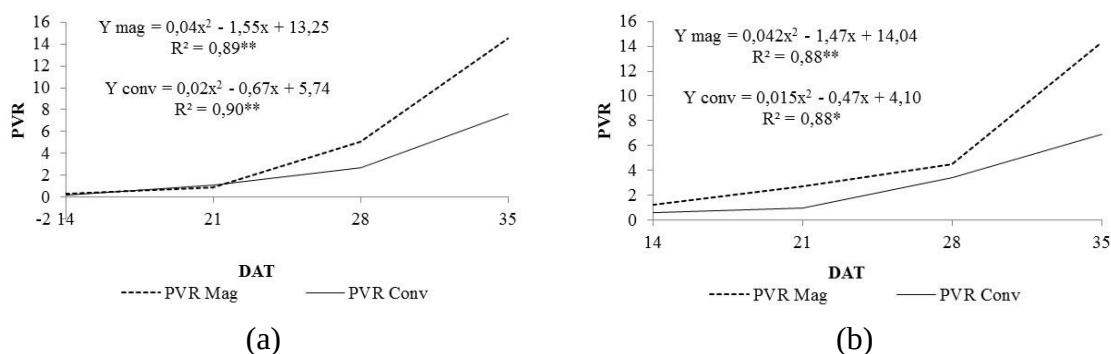


Figura 34. Peso Verde da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ETC, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 35 apresenta o peso verde de raiz ao longo do ciclo para a lâmina de irrigação de 125% da ETC.

No 1º ciclo o modelo polinomial de 2º grau ajustou o peso verde raiz ao longo do ciclo, para ambos os tipos de água adotados na irrigação, e sendo significativo a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,91 para a lâmina irrigada com água tratada magneticamente e 0,87 para a convencional (Figura 35 a).

No 2º ciclo (Figura 35 a) o modelo que ajustou o peso verde de raiz foi o polinomial de 2º grau, sendo significativo a 1% de probabilidade, para ambos os tipos de água adotadas na irrigação. O R^2 calculado foi de 0,88 e 0,92 para a o tipo de água magnético e convencional, respectivamente.

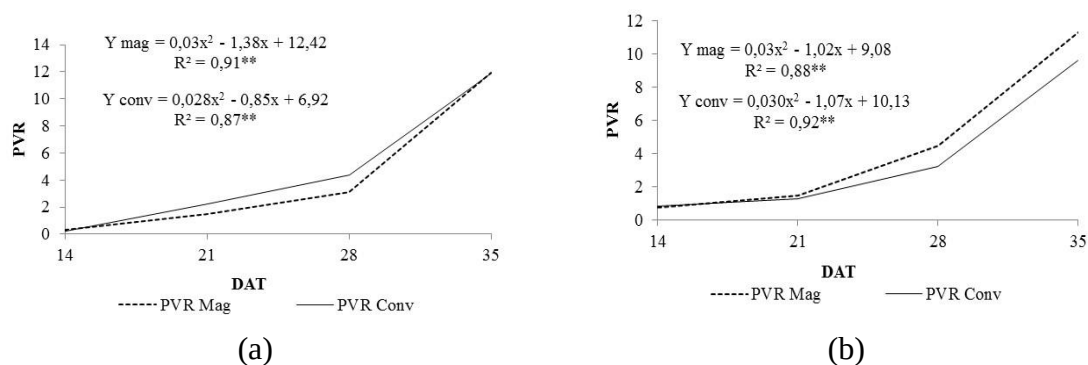


Figura 35. Peso Verde da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETC, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (A) 1º Ciclo, (B) 2º ciclo.

A Figura 36 apresenta o peso seco da raiz ao longo para a lâmina de irrigação de 25% da ETC.

Para o 1º ciclo verificou-se que os dois tipos de água utilizadas na irrigação ao longo ciclo, se ajustaram pelo modelo polinomial de 2º grau, sendo significativos a 1% de probabilidade o modelo para a água convencional e a 5% para o irrigado com água tratada magneticamente. O R^2 calculado foi de 0,74 para a lâmina irrigada com água tratada magneticamente e 0,87 a irrigada com água convencional (Figura 36 a).

Já para o 2º ciclo o modelo linear ajustou o peso seco da raiz ao longo do ciclo, sendo ambos significativos a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,85 para a lâmina irrigada com água tratada magneticamente e 0,88 para a lâmina irrigada com água convencional (Figura 36 b).

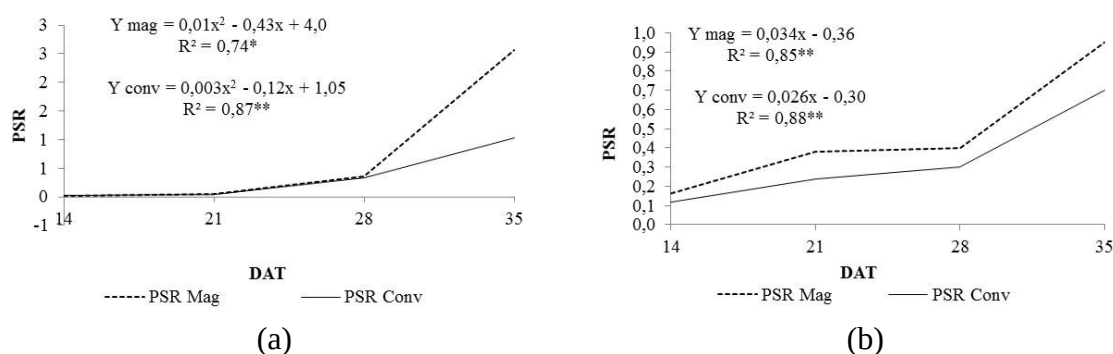


Figura 36. Peso Seco da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 25% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 37 apresenta o peso seco da raiz ao longo do ciclo para a lâmina de irrigação de 50% da ETc.

O 1º ciclo ajustou para ambos os tipos de água utilizado na irrigação, ao modelo polinomial de 2º grau, sendo significativo a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,81 e 0,85 para a lâmina irrigada com água tratada magneticamente e convencional, respectivamente (Figura 37 a).

No 2º ciclo o modelo polinomial de 2º grau ajustou ambos os pesos seco de raízes ao longo ciclo, em que foram significativos a 1% de probabilidade, e o R^2 calculado foi de 0,90 para a lâmina irrigada com água tratada magneticamente e 0,85 para a lâmina irrigada com convencional (Figura 37 b).

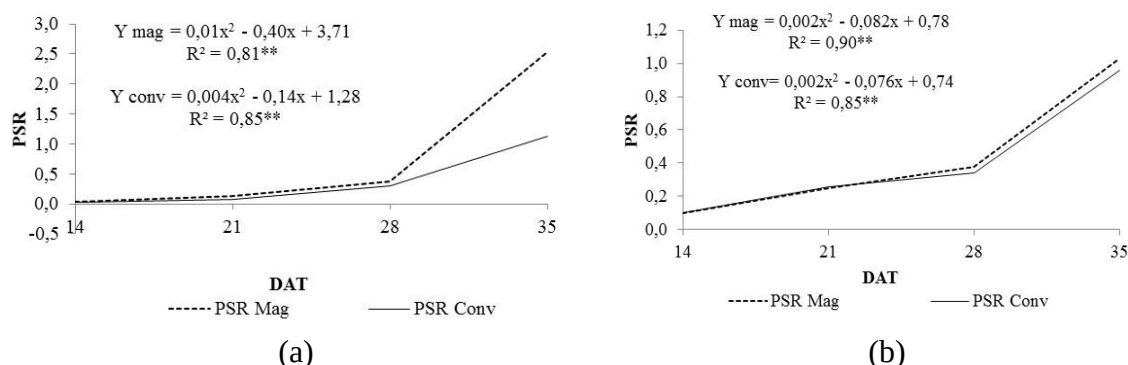


Figura 37. Peso Seco da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 50% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 38 apresenta o peso seco de raiz ao longo do ciclo para a lâmina de irrigação de 75% da ETc.

No 1º ciclo, para a lâmina que foi irrigada com água tratada magneticamente, o peso seco da raiz ajustou-se ao modelo polinomial de 2º grau e para o irrigado com água convencional ajustou-se ao modelo linear, com ambos significativos a 1% de probabilidade (Figura 38 a).

Já no 2º ciclo ambos os pesos seco de raiz ajustaram-se ao modelo polinomial de 2º grau, contudo para a lâmina irrigada com água tratada magneticamente e significativo a 5% de probabilidade e para a água convencional de 1% (Figura 38 b).

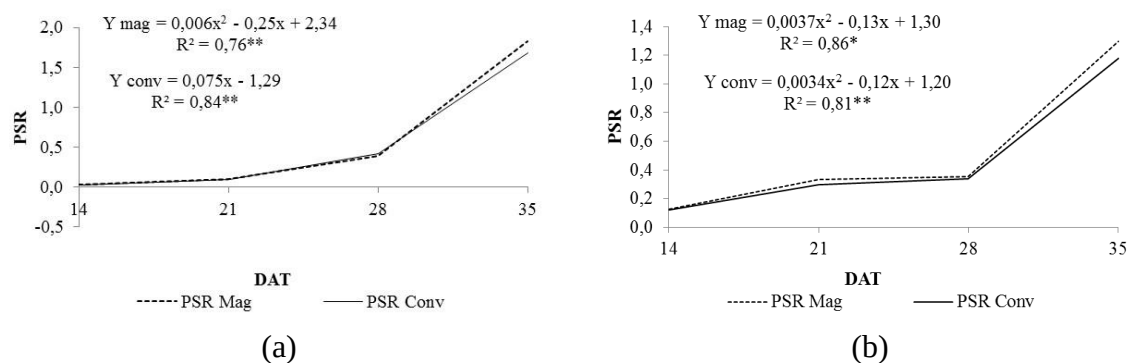


Figura 38. Peso Seco da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 75% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 39 apresenta o peso seco da raiz ao longo do ciclo para a lâmina de irrigação de 100% da ETc.

No 1º ciclo o peso seco da raiz, para ambos os tipos de água adotados na irrigação ajustaram-se ao modelo polinomial de 2º grau e sendo significativo a 1% de probabilidade. O R^2 foi de 0,70 para a lâmina irrigada com água convencional e de 0,80 para a lâmina irrigada com água tratada magneticamente (Figura 39 a).

Para o 2º ciclo o modelo linear ajustou o peso seco da raiz, para ambos os tipos de água, e sendo significativo a 1% de probabilidade. O R^2 calculado foi de 0,85 para a lâmina irrigada com água tratada magneticamente e de 0,88 para a lâmina irrigada com água convencional (Figura 39 b).

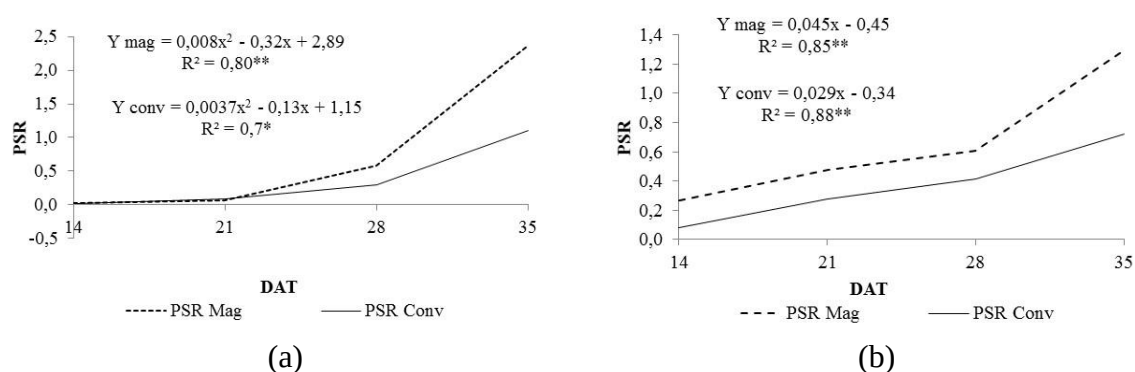


Figura 39. Peso Seco da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 100% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

A Figura 40 apresenta o peso seco da raiz ao longo do ciclo para a lâmina de irrigação de 125% da ETc.

No 1º ciclo o modelo polinomial de 2º grau ajustou-se para ambos tipos de água adotados na irrigação, e sendo significativo a 1% para o tipo de água tratada magneticamente, e a 5% de probabilidade para a convencional (Figura 40 a). O R^2 calculado foi de 0,81 e 0,84 para a água tratada magneticamente e convencional, respectivamente.

Para o 2º ciclo o peso seco de raiz ao longo dele se ajustou ao modelo polinomial de 2º grau sendo significativo a 1% de probabilidade para a água tratada magneticamente e a 5% de probabilidade para a água convencional (Figura 40). O R^2 calculado foi de 0,84 e 0,89 para a água tratada magneticamente e convencional, respectivamente.

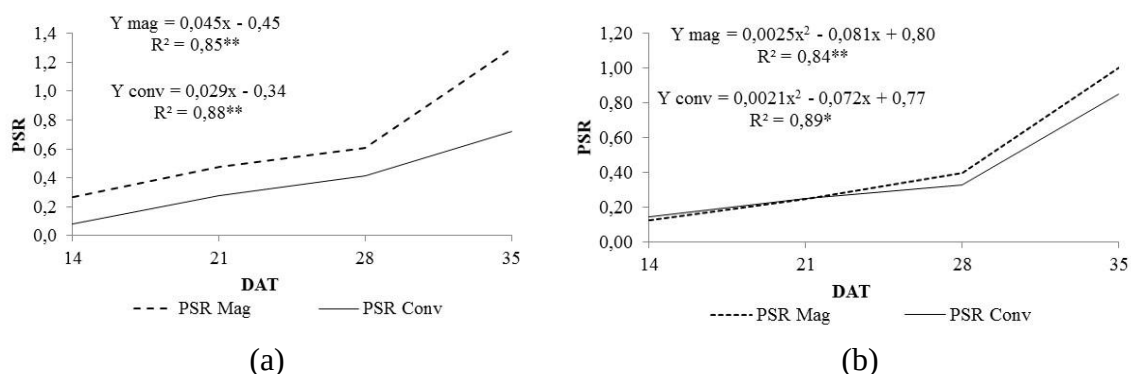
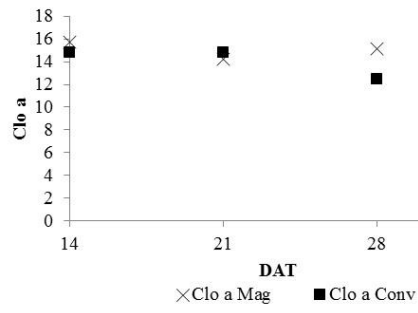


Figura 40. Peso Seco da Raiz(g) ao longo do ciclo para a Lâmina de 125% da ETc, para os tratamentos com água tratada magneticamente e convencional. (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo.

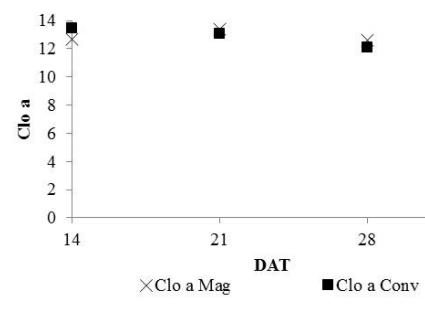
5.5.3 Taxa de clorofila a, b, total.

A Figura 41 apresenta a taxa de Clorofila a em função das DAT de avaliação para as lâminas de irrigação, nos dois ciclos realizados.

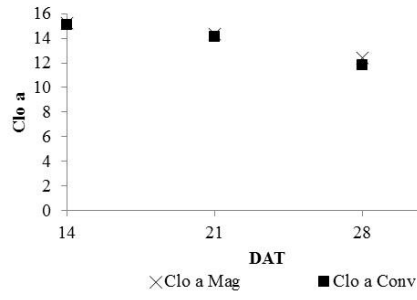
Na análise de regressão verificou-se que não houve o efeito significativo da taxa de Clorofila a em função das DAT, em todas as lâminas de irrigação (25%, 50%, 75%, 100% e 125% ETc). Porém notou-se uma redução ao longo do ciclo, já que na equação o ajuste angular foi negativo em todas as avaliações. Este efeito já era esperado, pois o teor de clorofila durante o ciclo sofre degradação quando a planta entra em senescência (BORRMANN, et al. 2009); (STREIT, et al. 2005); (LIU e CHEN, 1998).



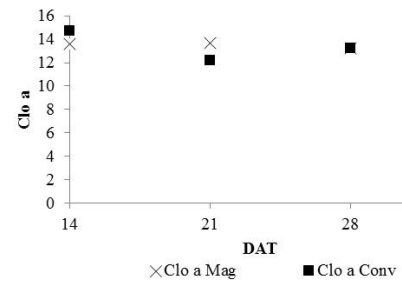
(a)



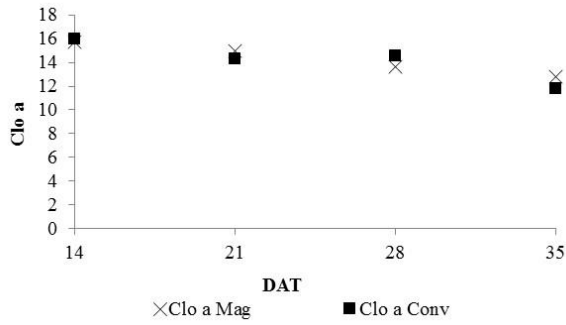
(b)



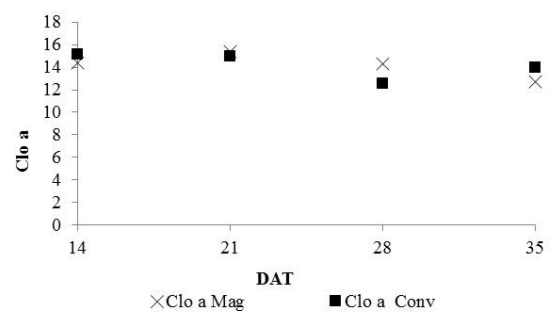
(c)



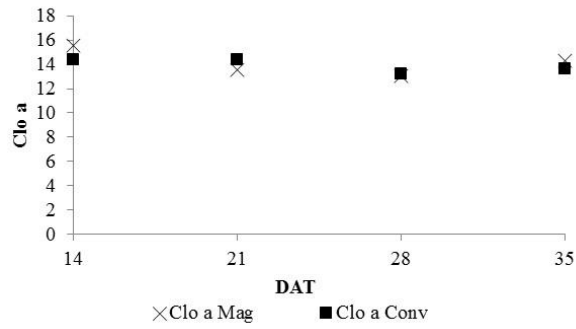
(d)



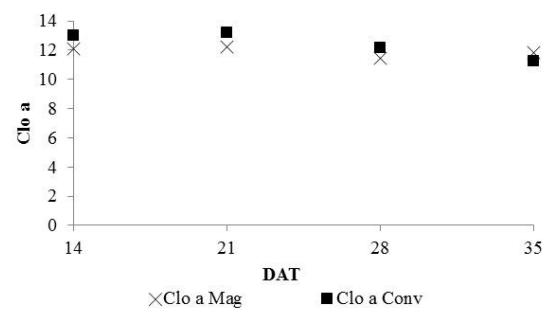
(e)



(f)



(g)



(h)

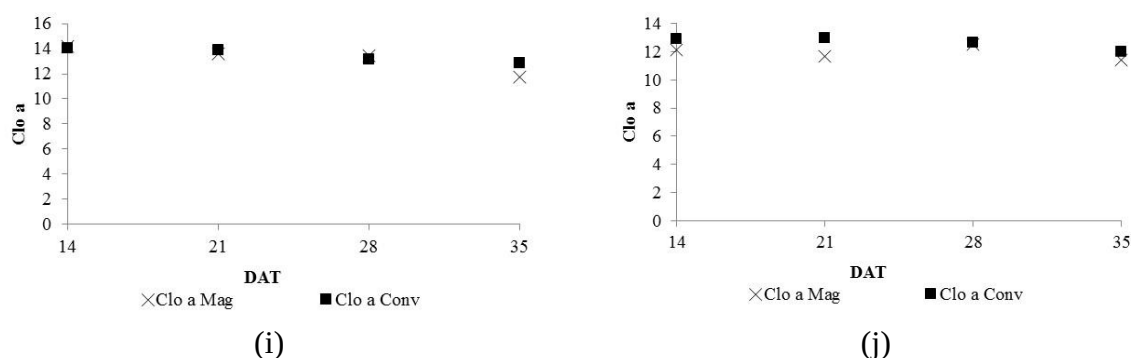


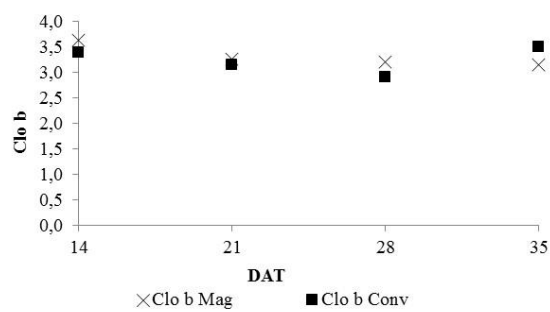
Figura 41. Taxa de Clorofila a ao longo do ciclo para os tipos de água convencional e magnética: (a) Lâmina de 25% da ETc, para 1º Ciclo, (b) Lâmina de 25% da ETc, para 2º ciclo, (c) Lâmina de 50% da ETc, para 1º Ciclo, (d) Lâmina de 50% da ETc, para 2º ciclo, (e) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (f) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (g) Lâmina de 100% da ETc, para 1ºCiclo, (h) Lâmina de 100% da ETc, para 2º ciclo, (i) Lâmina de 125% da ETc, para 2º ciclo, (j) Lâmina de 125% da ETc, para 2º ciclo.

De acordo com Hozayn e Qados (2010), pesquisas que envolveram a irrigação utilizando água tratada magneticamente apresentaram diferenças no teor de Clorofila a para a cultura do arroz, após 55 dias de germinação.

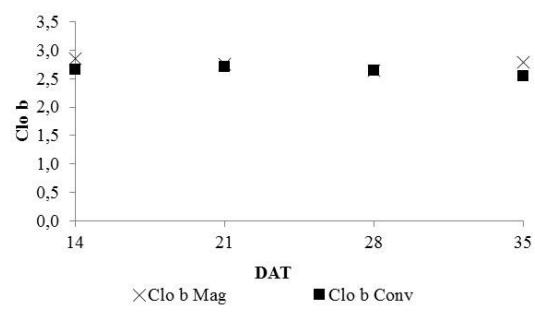
Na análise da Clorofila a para a cultura da soja ao longo do seu ciclo vegetativo ocorre a degradação da taxa de clorofila (BORRMANN, et al. 2009), sendo o mesmo efeito observado.

A Figura 42 apresenta a taxa de Clorofila b em função das DAT de avaliação para as lâminas de irrigação, nos dois ciclos realizados.

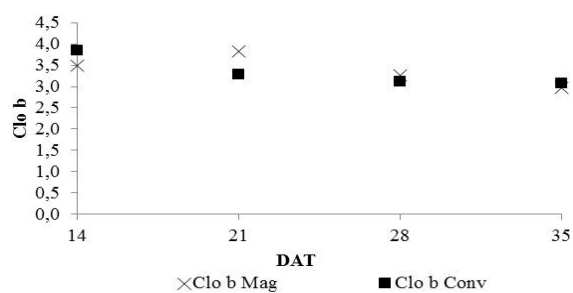
Na análise de regressão verificou-se que não houve efeito significativo na taxa de Clorofila b ao longo do ciclo, para todas as lâminas de irrigação (25%,50%,75%,100% e 125% ETc) e entre os tipos de água (magnética e convencional).



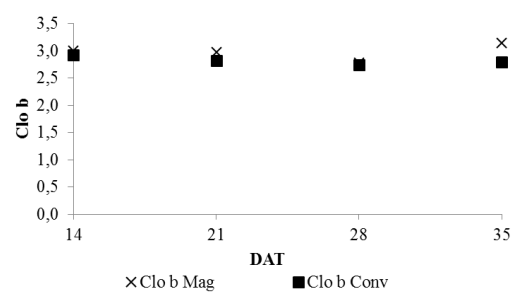
(a)



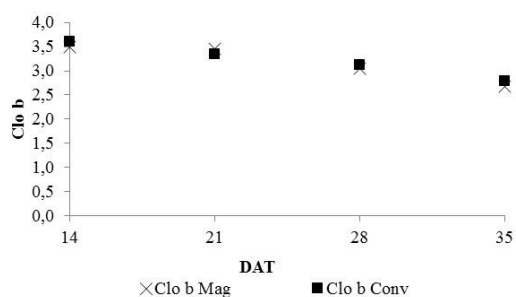
(b)



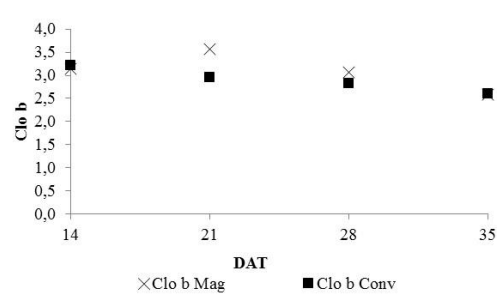
(c)



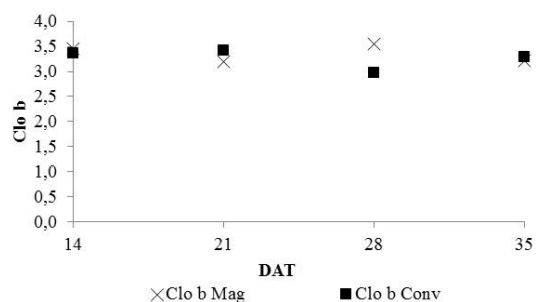
(d)



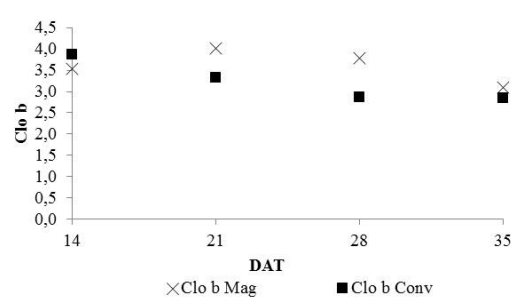
(e)



(f)



(g)



(h)

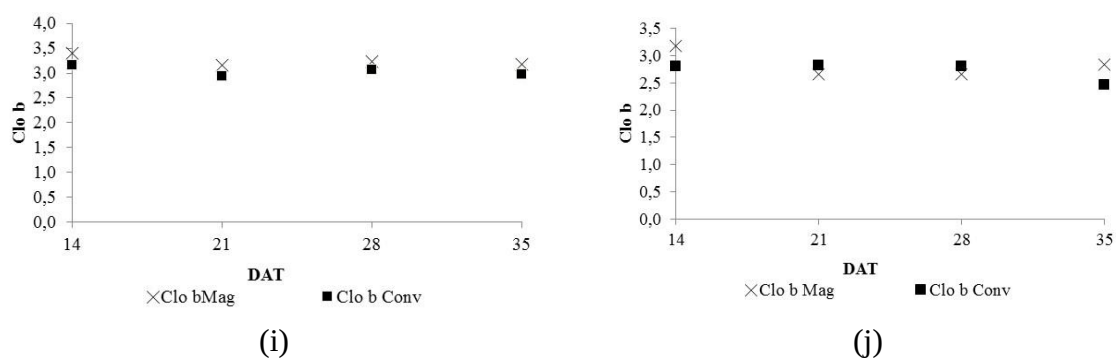


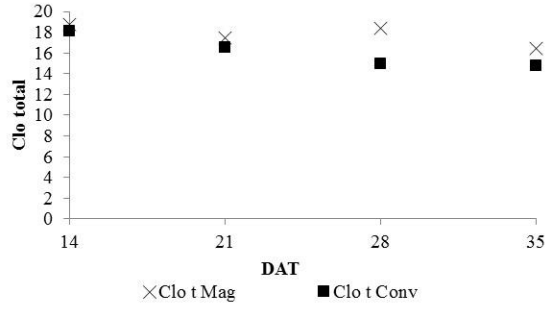
Figura 42. Taxa de Clorofila b ao longo do ciclo para os tipos de água convencional e magnética: (a) Lâmina de 25% da ETc, para 1º ciclo, (b) Lâmina de 25% da ETc, para 2º ciclo, (c) Lâmina de 50% da ETc, para 1º ciclo, (d) Lâmina de 50% da ETc, para 2º ciclo, (e) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (f) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (g) Lâmina de 100% da ETc, para 1º ciclo, (h) Lâmina de 100% da ETc, para 2º ciclo, (i) Lâmina de 125% da ETc, para 1º ciclo, (j) Lâmina de 125% da ETc, para 2º ciclo.

De acordo com Hozayn e Qados (2010), na avaliação da cultura do trigo para a taxa de Clorofila b, examinaram que também não houve efeito da água tratada magneticamente. Já na cultura do tomate irrigado com água tratada magneticamente, a taxa de Clorofila b apresentou maior taxa, para todas as tensões de água no solo (SELEM e NADY, 2011).

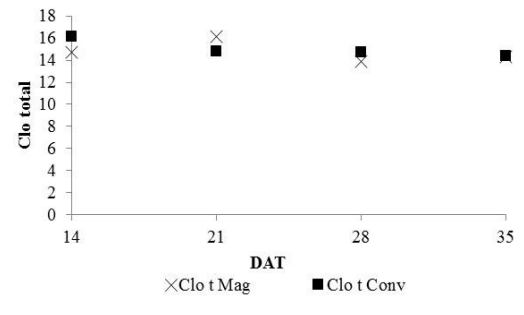
A Figura 43 apresenta a taxa de Clorofila total em relação às DAT de avaliação e o tipo de água adotado na irrigação.

Para todas as lâminas de irrigação adotadas (25%,50%,75%,100% e 125% ETc), a taxa de Clorofila total não apresentou efeito significativo ao longo das DAT.

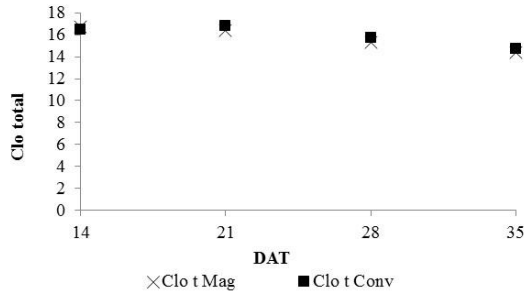
Ao analisar a equação de ajuste observou-se que os coeficientes angulares foram negativos, ressaltando o efeito da senescência, assim como verificado para a taxa de Clorofila a.



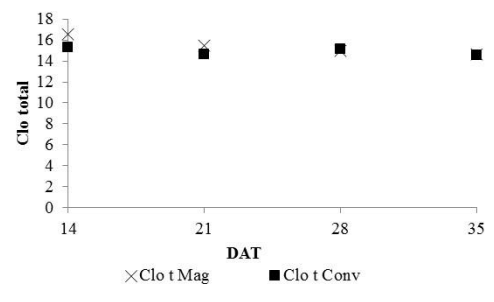
(a)



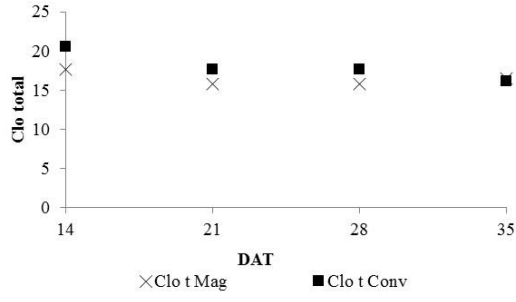
(b)



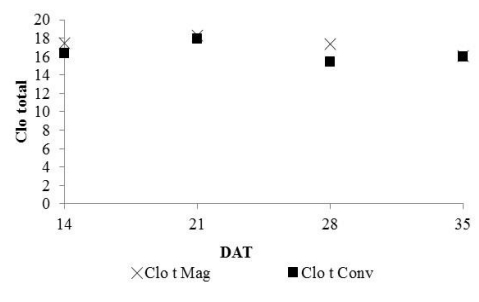
(c)



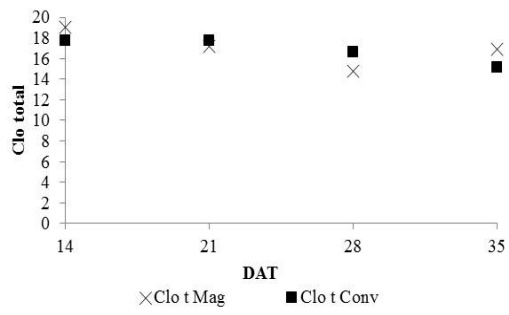
(d)



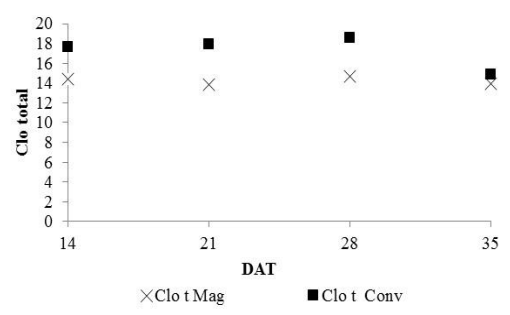
(e)



(f)



(g)



(h)

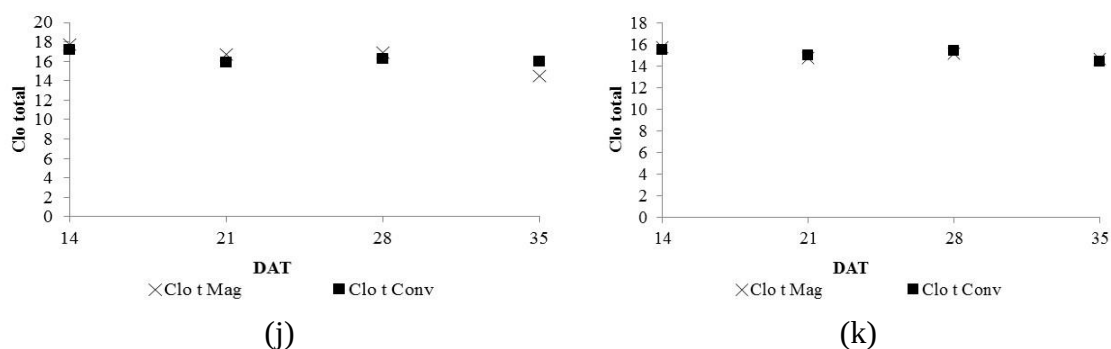


Figura 43. Taxa de Clorofila total ao longo do ciclo para os tipos de água convencional e magnética: (a) Lâmina de 25% da ETc, para 1º ciclo, (b) Lâmina de 25% da ETc, para 2º ciclo, (c) Lâmina de 50% da ETc, para 1º ciclo, (d) Lâmina de 50% da ETc, para 2º ciclo, (e) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (f) Lâmina de 75% da ETc, para 1º ciclo, (g) Lâmina de 100% da ETc, para 1º ciclo, (h) Lâmina de 100% da ETc, para 2º ciclo, (i) Lâmina de 125% da ETc, para 1º ciclo, (j) Lâmina de 125% da ETc, para 2º ciclo.

A irrigação utilizando água tratada magneticamente para a cultura grão de bico (HAZAYAN e QADOS, 2010), tomate (SELEM e NADY, 2011), (SOUZA et al.) e trigo (HAZAYAN e QADOS, 2010) apresentaram aumento na taxa de Clorofila total, quando irrigados com água convencional.

5.6 Resultados da análise 3 (Análise da redução da lâmina de irrigação)

A Análise 3, foi avaliado o efeito das lâminas de irrigação para cada tipo de água adotado na irrigação, assim verificando a possibilidade na redução do volume necessário para a irrigação.

5.6.1 Parte aérea

No 1º ciclo (Figura 44 a), para a variável número de folhas, verificou-se que não houveram diferenças significativas quando utilizada a irrigação com água convencional em relação às diferentes lâminas de reposição. Nas lâminas de reposição irrigadas com água tratada magneticamente verificou-se que houve incremento linear. Observa-se que, ao aumentar as taxas de reposição, ocorre um aumento no números de folhas.

Para o 2º ciclo (Figura 44 b), na reposição das lâminas de irrigação utilizando água convencional, verifica-se que ocorreu um acréscimo linear para o números de folhas em função da taxa de reposição. Já na irrigação utilizando a água tratada magneticamente verificou o ajuste do modelo polinomial de 2º grau para o número de folhas.

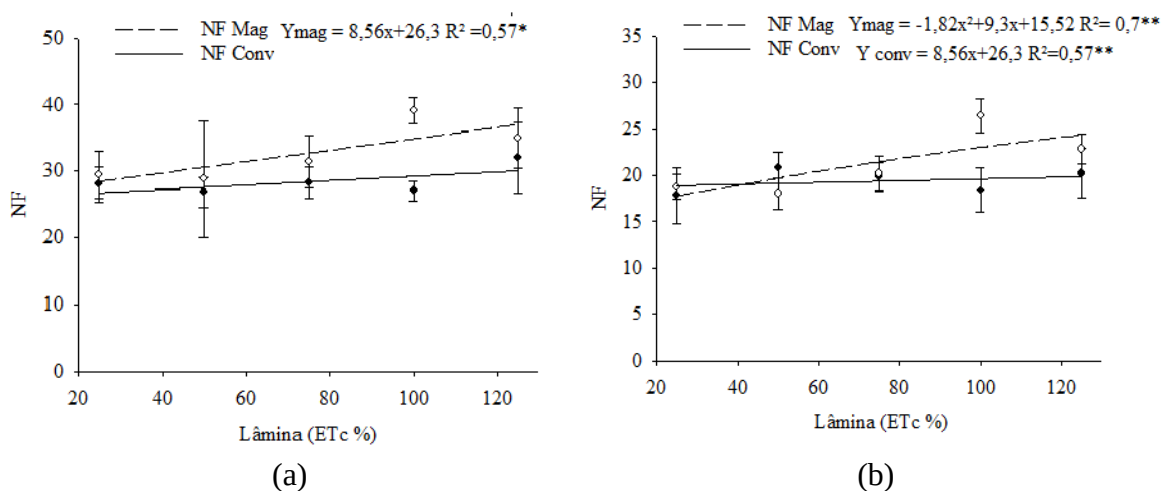


Figura 44. Números de folhas (NF) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b).

O peso verde aéreo para o 1º ciclo, (Figura 45a) quando submetido a diferentes lâminas de reposição com água convencional, verificou o ajuste através do modelo linear, em que houve um incremento em função do aumento das lâminas. Já a irrigação utilizando água tratada magneticamente houve o ajuste através do modelo de 2º grau. O ponto ótimo para a reposição da lâmina foi encontrado com a lâmina de reposição de 92,25% da ETc, após inicia um processo de redução no peso verde. Assim, observa-se a redução no volume de água necessário na irrigação.

O 2º ciclo foi verificado que nas lâminas de reposição irrigadas com água convencional, houve um incremento linear, assim como para as lâminas irrigadas com água tratada magneticamente.

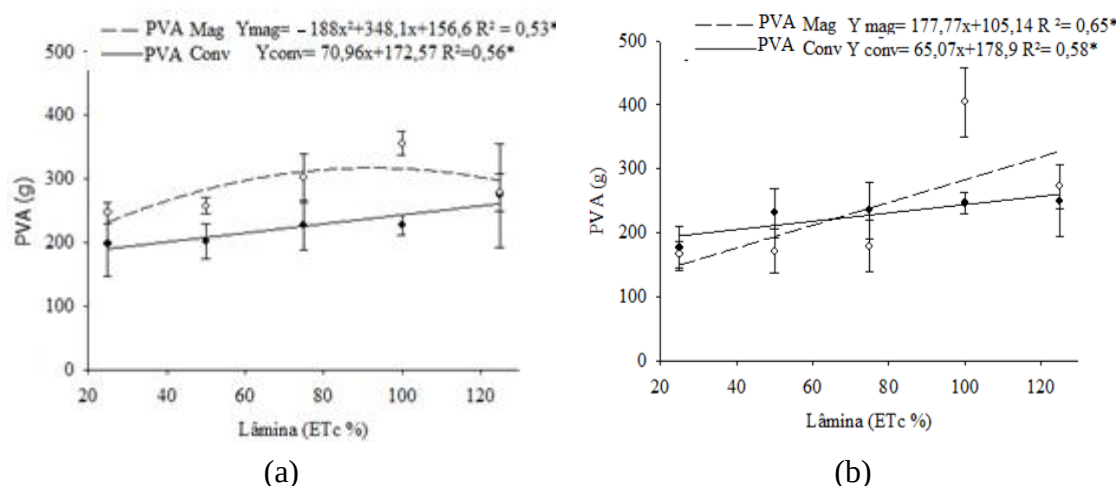


Figura 45. Peso Verde Aéreo (PVA) (g) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b).

Na avaliação do peso seco aérea, verificou que para ambos os ciclos, as lâminas reposição irrigadas com água convencional, não apresentaram diferença significativa. Porém nas lâminas de reposição irrigadas com água convencional, notou-se que para o 1º ciclo houve um incremento linear em função das lâminas de reposição, e para o 2º ciclo houve o ajuste através do modelo polinomial de 2º grau (Figura 46b).

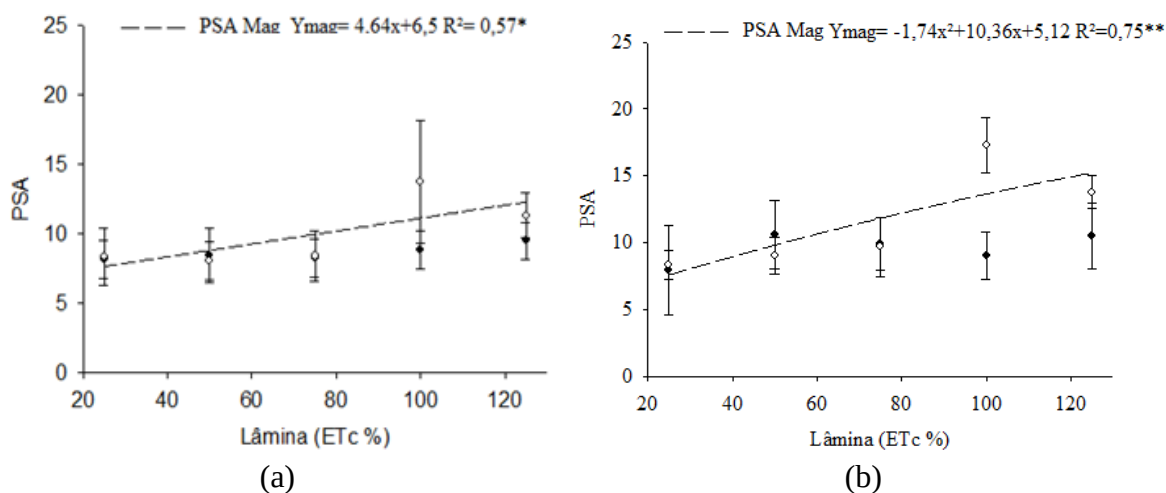


Figura 46. Peso Seco Aéreo (PSA) (g) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b).

5.6.2 Sistema radicular

O comprimento de raiz irrigado com diferentes taxas de reposição e com água tratada magneticamente e convencional não apresentaram efeitos significativos para ambos os ciclos (Figura 47). Assim demonstrando que o crescimento de raiz não foi afetado pelas variáveis.

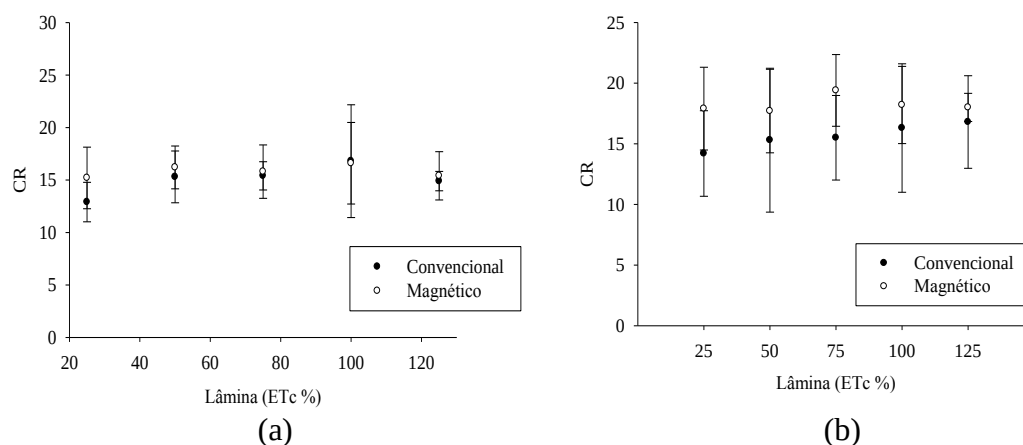


Figura 47. Comprimento de raiz (CR) (cm) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b).

Na avaliação no peso verde de raiz no 1º ciclo, observava-se que o incremento da lâmina de irrigação utilizando água convencional foi linear. Nas lâminas que utilizaram água tratada magneticamente, nota-se que o incremento apresentou um ajuste de 2º grau. Deste modo atingiu um ponto máximo próximo da lâmina de 75% da ETc (78% da ETc), se mostrando mais eficiência quando comparada as lâminas irrigadas com água convencional (Figura 48a).

Na análise do 2º ciclo (Figura 48b), verifica-se que o peso verde raiz apresentou um incremento linear quando irrigado com convencional. Mas quando irrigado com água tratada magneticamente, apresentou um ajuste de polinomial de 2º grau. Em que atingiu um ponto ótimo próximo a lâmina de reposição de 100% da ETc (91% da ETc).

Para ambos os ciclos analisados, verificou-se que os resultados foram muito próximos, assim o peso verde raiz quando irrigado com água magnética apresentou maior volume de raiz, já que o comprimento de raiz não apresentou diferença significativa.

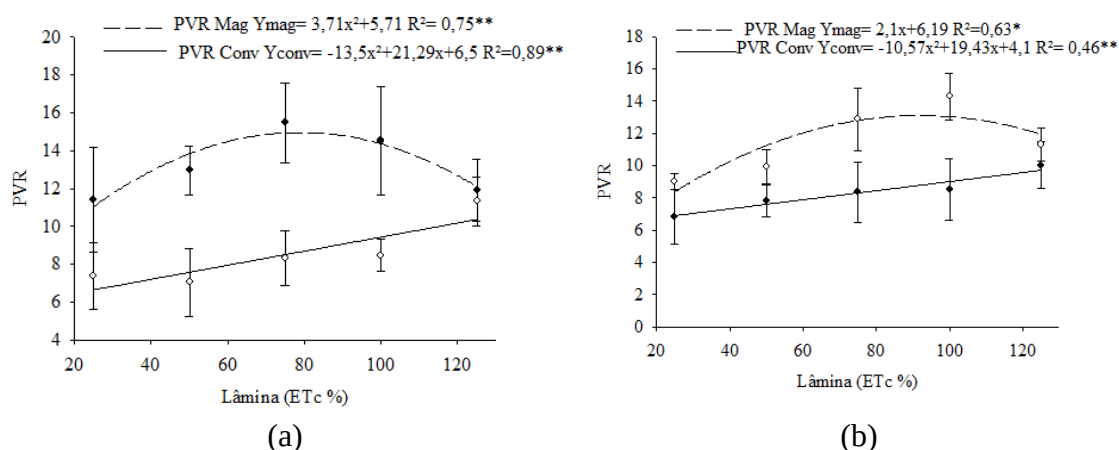


Figura 48. Peso Verde da Raiz (PVR) (g) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc), para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b).

O peso seco de raiz para o 1º ciclo, não apresentou diferença significativa quando submetido a diferentes tipos laminas de reposição e aos tipos de água (Figura 49a).

No 2º ciclo, o peso seco aéreo que foi irrigado com água convencional apresentou um incremento polinomial de 2º grau, em que o ponto máximo foi próximo a 75% da ETc (80% ETc). Já quando irrigado com água tratada magneticamente não apresentou diferenças significativas.

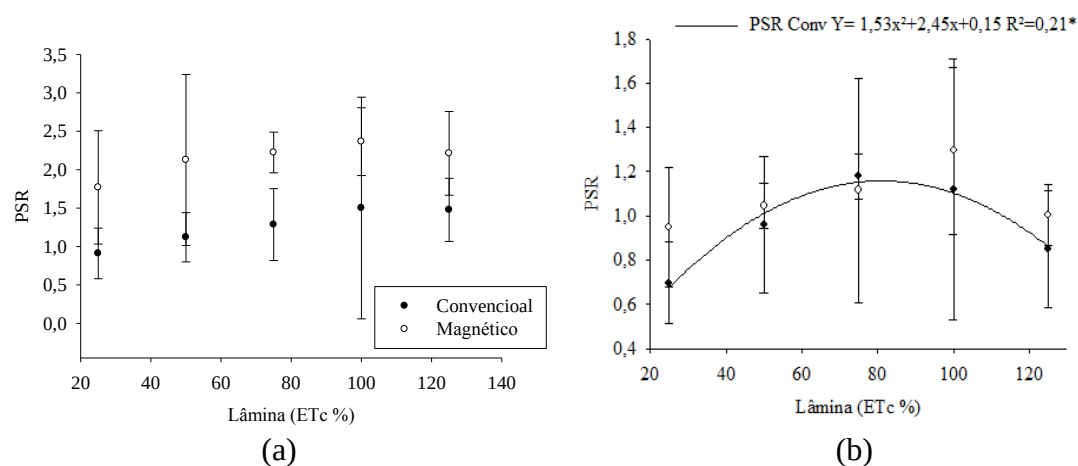


Figura 49. Peso Seco da Raiz (PVR) (g) da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b).

5.6.3 Taxa de clorofila a, b, total

Na avaliação das taxas de clorofila a (Figura 50), clorofila b (Figura 51) e total (Figura 52), para ambos os ciclos, não foram verificadas diferenças significativas em relação as lâminas de irrigação, assim como o tipo de água adotado, tratada magneticamente ou convencional. Deve-se ressaltar que este fato foi verificado para todas as taxas de clorofila.

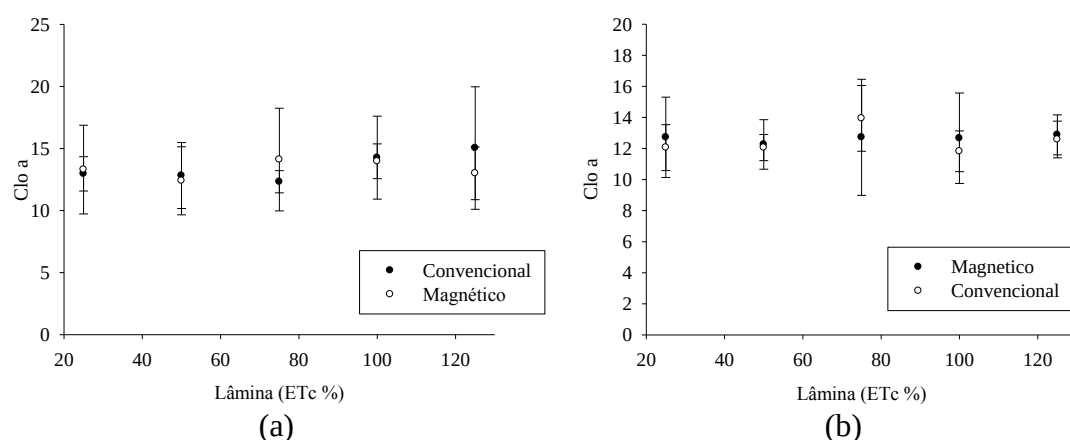


Figura 50. Taxa da Clorofila a da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b).

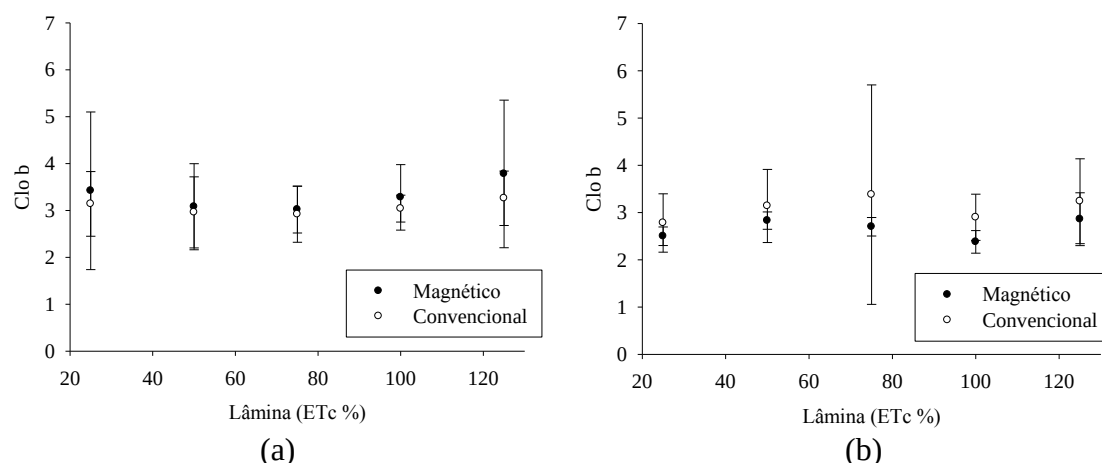


Figura 51. Taxa da Clorofila b da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b).

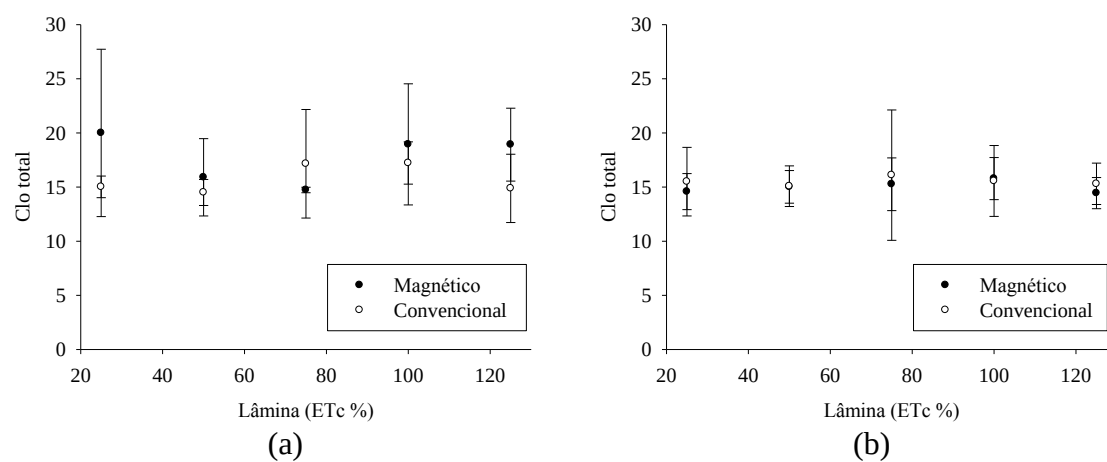


Figura 52. Taxa da clorofila total da alface em relação das lâminas de irrigação aplicadas com base nas porcentagens na evapotranspiração da cultura (ETc) para o 1º ciclo (a) e o 2º ciclo (b).

6 CONCLUSÕES

As variáveis de produção da cultura da alface quando irrigadas com água tratada magneticamente apresentaram resultados mais favoráveis em relação à quando irrigado com água convencional.

O Peso Verde Aéreo da alface quando irrigada com água tratada magneticamente apresentou produção superior ou igual comparada a irrigada com água tradicional, para ambos os ciclos, um aumento de aproximadamente 63%.

É possível reduzir dias do ciclo da cultura da alface, bem como reduzir a quantidade de água utilizada na irrigação, quando utilizando o tratamento magnético da água.

A redução no volume de água necessária para a produção da alface foi em função do adiamento do ciclo, e também verificou-se dentro das lâminas de irrigação.

Na avaliação ao longo do ciclo para as lâminas de irrigação e tipo de água adotada, foi possível verificar que através dos modelos estatísticos é plausível a redução em média de 3 a 4 dias da alface irrigada com água magnética atingir as mesmas medidas que quando irrigada com água convencional.

Na análise do teor de Clorofila a, b e total não foi verificado para a cultura da alface o efeito do tipo de água adotado e também não foi verificado o efeito das lâminas. Este fenômeno foi constatado nos 2 ciclos estudados, e também no desenvolvimento de cada ciclo.

O teores de Fe, Mn e B, no primeiro ciclo, não apresentaram diferenças em relação ao tipo de água adotada nas irrigação. Já os demais elementos analisados, apresentaram teores diferentes em relação ao tipo de água adotado. No 2 ° ciclo todos os elementos apresentaram efeito do tipo de água adotado na irrigação.

Assim, a tecnologia de magnetização da água para a irrigação, traz novas possibilidades em aumento de produção e redução no volume de água.

Por fim, a pesquisa aqui desenvolvida possibilita a abertura para novos estudos, com equipes multidisciplinares preferencialmente, a fim de alcançar uma melhor compreensão do fenômeno que a indução da água ao campo magnético produz, especialmente na irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, AS de; KLAR, A. E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) através do tanque classe A. **Scientia agricola**, v. 54, n. 1-2, p. 31-38, jan./ago. 1997.

ARAÚJO, W. F.; SOUSA, K. T. S.; ARAÚJO V.T. V., AZEVEDO, B. M.; BARROS, M. M.; MARCOLINO, E. Resposta da alface a adubação nitrogenada. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 18-23, jan-abr. 2011.

BAI, T.; LI, C.; MA, F.; FENG, F.; SHU, H. Responses of growth and antioxidant system to root-zone hypoxia stress in two *Malus* species. **Plant and soil**, v. 327, n. 1-2, p. 95-105, jun. 2010.

BAI, W. M.; LI, LING-HAO. Effect of irrigation methods and quota on root water uptake and biomass of alfalfa in the Wulanbuhe sandy region of China. **Agricultural water management**, v. 62, n. 2, p. 139-148, jan 2003.

BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Semina Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 273-282, jul/set. 2005.

BOGATIN, J.; BONDARENKO, N.P.; GAK, E.Z.; ROKHINSON, E.F.; ANANYEV, I.P., "Magnetic treatment of irrigation water experimental results and application conditions", **Environmental Science and Technology**, v. 33, p.1280-1285, set. 1999.

BORRMANN, D.; JUNQUEIRA, R.de M.; SINNECKER, P.; GOMES, M. S. de O.; CASTRO, I. A.; MARQUEZ, U. M. L. Chemical and biochemical characterization of soybean produced under drought stress. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 3, jul-set. 2009

BUCHANAN, B. B., GRUISSEM, W., JONES, R. L. **Biochemistry e Molecular Biology of Plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1408p.

CARVALHO, W. A. ; ESPÍNDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. Legenda atualizada do Levantamento de Solos da Fazenda Lageado-Estação Experimental “Presidente Médice” **Boletim** CI. FCA/UNESP, Botucatu, n.1, 1983. 95p.

DOURADO NETC, D. LIER, Q. DE J.V.; BOTREL, T.A. & LIBARDI, P.L. Programa para confecção da curva característica de retenção de água do solo utilizando o modelo de Genuchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.1, n.2 p, 92-102, dez. 1990.

ESCOBEDO, J.F.; GOMES, E.N.; OLIVEIRA, A.P.; SORAES, J. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. **Applied Energy**, v.86, p.299-309, mar. 2009.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1992. 212p.

ENGEL, V. L., POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.3, p.39-45, 1991.

FAO (Food and Agriculture Organization of the united Nation). **Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements – FAO - Irrigation and drainage**. Local: FAO, 1998. 56p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**. agrotecnologia moderna de produção e comercialização de hortaliças. Viçosa. UFV, 2000. 402p.

GARCIA, L.L.C. **Absorção de macro e micronutrientes e sintomas de carência de macro em alface (*Lactuca sativa* L.), cv brasil 48 e clause’s Aurélia**. Piracicaba, 1982. 78p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

GEHR, R., Z. A.; ZHAI, J.; A. FINCH, S. R. R..Reduction of soluble mineral concentrations in CaSO₄ saturated water using a magnetic field. **Water Research**, v. 29, n. 3. p. 933- 940, mar. 1995.

GRANGEIRO, L. C., COSTA, K. D., MEDEIROS, M. D., SALVIANO, A. M., Negreiros, M. D., Bezerra NETc, F., & Oliveira, S. D. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura brasileira**, v. 24, n. 2, p. 190-194, abr-jun. 2006.

GOMES, L.A.A.; SILVA, E. C. DA; FAQUIN, V. Recomendações de adubação para cultivos em ambientes protegidos. In: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, 1999. p. 99-110. 360 p.

GOMES, E.P. Cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes lâminas de água aplicadas através de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial. 2001. 71 p. **Dissertação** (Mestrado em Irrigação e Drenagem) -Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

GOTO, R. A cultura da alface. In. GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (Org). **Produção de hortaliças em ambientes protegidos**. São Paulo. Fundação Editora da Unesp- Universidade Estadual Paulista, 1998. p. 137-159.

GOTO, R. ; HORA, R. C. ; DEMANT, L. A. R. . Cultivo Protegido no Brasil. Histórico, Perspectivas e Problemas Enfrentados com a sua Utilização. In. **Seminário de Pesquisa sobre Fruteiras de Clima Temperado**, 1., 2005, Bento Gonçalves, RS. Programa e Palestras. Bento Gonçalves, RS. Embrapa Uva e Vinho, 2005. p. 27-29.

HAMADA, E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento e produtividade da alface submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 9, p. 1201-1209, nov-dez. 1995.

HASSON, D.; BRAMSON, D. Effectiveness of magnetic water treatment in suppressing CaCO₃ scale deposition. **Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.** v. 24 p. 588-592, jul.1985.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F.. Comunicado Técnico 75. **Tipos de alface cultivadas no Brasil**. Brasília, DF. EMBRAPA, Novembro, 2009.

HERZOG, R. E.; SHI, Q.; PATIL, J. N.; KATZ, J. L. Magnetic water treatment. The effect of iron on calcium carbonate nucleation and growth. **Langmuir**. v. 5 n.3, pp. 861-867, may. 1989.

HOZAYN M., A QADOS A.M.S. &AMANY ABDEL-MONEM A. Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Agriculture and Biology Journal of North America**, v.1, n.4, pp. 671-676, jan-mar.2010.

HOZAYN M. & ABDUL QADOS A. M. S. Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v.1, n.4, pp. 677-682, jan-mar. 2010.

IEA. **Instituto de economia agrícola**. Disponível em:<<http://www.iea.sp.gov.br/out/index.php>>. Acesso em: 14 de ago 2012.

JENSENA C. R., , BATTILANIB, A., PLAUBORGC, F.; PSARRASD, G.; CHARTZOULAKISD, K.; JANOWIAKE, F.; STIKICF, R.; JOVANOVICF, Z.; LIG, G.; QIH, X.; LIUA, F. A. Deficit irrigation based on drought tolerance and root signalling in potatoes and tomatoes. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 3, p. 403-413, dez. 2010.

JACKSON, L.; MAYBERRY, K.; LAEMMLEN, F.; KOIKE, S.; SCHLUBACK, K. **Iceberg lettuce production in California**. Disponível em: <<http://www.vegetablecrops.ucdavis>>. Acesso em: 24 out. 1999.

JOSHI, K. M.; KAMAT, P. V. Effect of Magnetic Field on the Physical Properties of Water. **Indian Chemical Society**, v.43, p.620-622, out.1966.

JUNIOR, J. A. L., PEREIRA, G. M., GEISENHOF, L. O., BOAS, R. C. V., da SILVA, W. G., & SILVA, A. L. P. Produtividade da alface americana submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Semina. Ciências Agrárias**, v.33, 2681-2688, dez. 2012.

KATSUKI, A.; TOKUNAGA, R.; WATANABE, S.I.; TANIMOTO, Y. The effect of high magnetic field on the crystal growth of benzophenone. **Chemistry Letters**, v.8, p. 607-608, dez. 1996.

KLAR, A. E.; JADOSKI, C. J.; MAGGI, M. F. ; RAMIRO, J. ; SANTOS, A. B. A. Dos . Distribuição da evaporação no interior de uma estufa plástica no período do inverno. **Irriga. Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, v. 11, p. 257-265, abr-jun. 2006.

KRONENBERG, K.J. Experimental Evidence for Effects of Magnetic Fields on Moving Water and Fuels. **IEEE Trans. Magnetism**, v. 21, p. 2059-2061. Jan-fev. 1985.

KNOTT, J.E. **Handbook for vegetable growers**. 2. ed. New York. John Wiley & Sons, 1962. 245 p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha. Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

KORNDÖRFER, G. H; PEREIRA, H.S. ; NOLLA, A. **Análise de silício. solo, planta e fertilizantes**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34p. (Boletim Técnico, 2).

KHOSHRAVESH, M.; MOSTAFAZADEH-FARD, B.; MOUSAVI, S. F. KIANI, A. R. Effects of magnetized water on the distribution pattern of soil water with respect to time in trickle irrigation. **Soil Use and Management**, v.27, p.515–522, dez. 2011.

LUI, M.H.; CHEN, B.H. Relationship between chlorophyll a and b-carotene in a lipid-containing model system during heating. **Food Chemistry**, v.61, n.1/2, p.41-47. Jan. 1998.

MAGGI, M. F.; KLAR, A. E. ; JADOSKI, C. J.; ANDRADE, A. R. S. . Produção de variedades de alface sob diferentes potenciais de água no solo em ambiente protegido. **Irriga (UNESP. CD-ROM)**, Botucatu - SP, v. 11, n.03, p. 415-427. jul-set. 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Piracicaba. Potafos, 1997. 319p.

MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation. a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

MEIRELLES, J.C.S. **Classificação de alface**. São Paulo: Horti & Fruti, 1998. (Folders).

MORGAN, K. T.; PARSONS, L.R.; WHEATON, T.A. Comparison of laboratory-and field-derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. **Plant and Soil**, v. 234, n. 2, p. 153-157. jul. 2001.

MORAES, D. S. L.; JORDAO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev. Saúde Pública**. v.36, n.3, 2002, pp. 370-374. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v36n3/10502.pdf> . Acesso em: 29 mai 2012.

OZEKI, S.; MIYAMOTO, J.; ONO, S.; WAKAI, C.; WATANABE, T. Water–Solid Interactions Under Steady Magnetic Fields. Magnetic-Field-Induced Adsorption and Desorption of Water. **Journal of Physical Chemistry**, v.100, n.10, p. 4205. Mar. 1996.

RAIJ, B. van, QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31 p.

SANTOS, S.R. Dos. **Alface americana cultivada em ambiente protegido sos diferentes tensões de água no solo**. 79f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SCANZERLA, S. F., RAHI, G.S. Nova agricultura. A fascinante arte de cultivar com plásticos. 2 ed. Porto Alegre: Petroquímica Triunfo, 1990. 303 p.

SELIM, A.F.H.; EL-NADY, M.F. Physio-anatomical responses of drought stressed tomato plants to magnetic field. **Acta Astronautica**, v.69, p. 387-396. jul-ago.2011.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura. A fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 2 ed. Porto Alegre. Petroquímica Triunfo, 1990. 303 p.

SILVA, P. A. M.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA, L. A.; TAVEIRA, J. H. S. Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1266-1271. ago.2008.

SOUZA, C. M.P. de, **Alterações em elementos Agrometeorológicos relacionados com a orientação geográfica de estufa de polietileno**. 2003, 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.118, p.977-980, nov.1992.

STREIT, N. M. ; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. D.; HECKTHEUER, L. H. H. The chlorophylls. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755. mai-jun2005.

SOARES, L. A.DOS A.; LIMA, G.S.; BRITO, M.E.B.; SILVA SÁ, F. V. DA; ARAÚJO, T. T. DE. Cultivo do tomateiro na fase vegetativa sobre diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 8, n.2, p. 38-45. abr-jun. 2012.

REINA F.G.; PASCUAL L.A. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I. Theoretical considerations. **BIOELECTROM**, v. 22, n.8, p. 589-595, 2001.

REINA F.G.; PASCUAL L.A., Influence of a stationary magnetic field on water relations x' in lettuce seeds. Part II. Experimental results. **BIOELECTROM**, v. 22, n.8, pp. 596-602, 2001.

VILAS BOAS, R. C.; CARVALHO, J. D. A.; GOMES, L. A.; SOUZA, K. J. D., RODRIGUES, R. C.; SOUSA, A. M. D. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p.393–397jul-ago. 2007.

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

VECCHIA, P. T. D.; KOCH, P. S. História e perspectivas da produção de hortaliças em ambiente protegido no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.5-10.mai-jun. 1999.

VILAS BOAS, R. C.; CARVALHO, J. D. A.; GOMES, L. A.; SOUZA, K. J. D., RODRIGUES, R. C.; SOUSA, A. M. D. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p.393–397jul-ago. 2007.

YAN, F.; SUN, Y.; SONG, F. ; LIU, F. Differential responses of stomatal morphology to partial root-zone drying and deficit irrigation in potato leaves under varied nitrogen rates. **Scientia Horticulturae**, v. 145, p. 76-83, set. 2012.

ZHOU, K. X. ; LU, G. W.; ZHOU, Q. C. ; SONG, J. H. ; JIANG, S. T.; XIA, H. R. Monte Carlo simulation of liquid water in a magnetic field. **Journal of Applied Physics**, v. 89 p.1802-1805, 2000.

ZOTARELLI, L.; DUKES, M. D.; SCHOLBERG, J. M. S.; MUNOZ-CARPENA, R. ; ICERMAN, J. Tomato nitrogen accumulation and fertilizer use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 8, p. 1247-1258. ago.2009.