

UFRRJ

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

DISSERTAÇÃO

**COEFICIENTES DA CULTURA E PRODUTIVIDADE
DO CONSÓRCIO DE MILHO CAATINGUEIRO COM
FEIJÃO-DE-PORCO E DO REPOLHO PLANTADO NA
PALHADA**

Mário Sérgio Paiva de Araújo

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
E AMBIENTAL**

**COEFICIENTES DA E PRODUTIVIDADE DO CONSÓRCIO DE
MILHO CAATINGUEIRO COM FEIJÃO-DE-PORCO E DO REPOLHO
PLANTADO NA PALHADA**

MÁRIO SÉRGIO PAIVA DE ARAÚJO

Sob a orientação do professor
Elias Fernandes de Sousa

Sob a coorientação dos professores
Daniel Fonseca de Carvalho
Leonardo Duarte Batista da Silva

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre em Ciências**, no
Curso de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola e Ambiental

Seropédica, RJ
Fevereiro 2016

641.3315

A663c

T

Araújo, Mário Sérgio Paiva de, 1989-

Coeficientes da cultura e produtividade do consórcio de milho caatingueiro com feijão-de-porco e do repolho plantado na palhada / Mário Sérgio Paiva de Araújo - 2016.

58 f.: il.

Orientador: Elias Fernandes de Sousa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Bibliografia: f. 52-58.

1. Milho - Cultivo - Teses. 2. Milho - Irrigação - Teses. 3. Feijão-de-porco - Irrigação - Teses. 4. Irrigação agrícola - Teses. 5. Agricultura orgânica - Teses. 6. Evapotranspiração - Teses. I. Sousa, Elias Fernandes de, 1965-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

MÁRIO SÉRGIO PAIVA DE ARAÚJO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência**, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, área de Concentração Sistemas Agrícolas.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/02/2016

Daniel Fonseca de Carvalho (Dr.) UFRRJ
(Coorientador)

Conan Ayade Salvador (Dr.) UFRRJ

Débora Candeias Marques de Moura (Dr.) UFF

DEDICATÓRIA

Dedico este Mestrado aos meus pais, Hélio e Ester, e aos meus irmãos Lorena, Claudia, Luís Henrique e Rafael Negão por terem me apoiado em todas as minhas escolhas e decisões.

A Vitória desta conquista dedico com todo meu amor, unicamente, a vocês! Parabéns!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu DEUS, por estar sempre ao meu lado.

Ao Dr. Elias Fernandes de Sousa pela orientação e por sempre ter acreditado em mim e no potencial desse Projeto de Pesquisa.

Ao Dr. Daniel Fonseca de Carvalho pela coorientação e pela a grande influência na execução do trabalho e pela amizade construída.

Ao Dr. Leonardo Duarte pelo apoio quando necessitei.

Aos meus pais Hélio e Ester, que sempre me apoiaram, essa vitória é de vocês.

Aos meus ex-sogros Alaiz e Janete que me apoiaram e me deram suporte durante adaptação em Seropédica.

A minha ex Laiza, que mesmo não estando junto reconheço o imenso apoio no mestrado.

Ao Dr. José Guilherme Guerra e o pessoal da Fazendinha Agroecológica do km 47 pelo apoio durante o experimento.

Ao grupo de estudo GPASSA, pelo apoio e amizade adquirida durante esses dois anos. Não esquecendo dos estagiários Fernando, Vitor e Vinicius por ter me ajudado durante essa batalha.

Aos meus amigos da republica do Samuka's: Lucas, Pedro, André, Thomas, Nathalia, Stephanie, Cacau. Muito obrigado por serem minha família em Seropédica.

A Thalita Relvas pelo apoio durante o momento mais difícil no mestrado.

A todos os professores e colegas da Pós-graduação, muito obrigado pela companhia.

Muito obrigado a todos vocês que tornaram essa etapa da minha vida mais feliz e vitoriosa.

RESUMO

ARAÚJO, Mário Sérgio Paiva. **Coefficientes da Cultura e Produtividade do Consórcio de Milho Caatingueiro com Feijão-de-Porco e do Repolho Plantado na Palhada.** 2016, 72p.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

O estudo da demanda hídrica das culturas ao longo do seu ciclo de desenvolvimento possibilita o uso racional da água, sendo esse estudo escasso tanto para consorciação de milho com feijão-de-porco, quanto para o repolho cultivado em palhada de milho. Objetivou-se determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c) e os coeficientes de cultura (K_c) do milho caatingueiro, consorciado com feijão-de-porco e em sistema de monocultivo, e do repolho fuyutoyo plantado sobre a palhada remanescente, assim como verificar a influência do consórcio na produção do milho e do repolho. O estudo foi realizado em Seropédica-RJ, utilizando lisímetros de pesagem. Os valores de K_c foram determinados por meio da razão entre ET_c e ET_o (evapotranspiração de referência). A ET_o foi estimada pela metodologia proposta por Penman-Monteith FAO, enquanto a ET_c foi obtida pelo balanço hídrico do sistema lisímetro-cultura-solo. O ciclo do milho caatingueiro consorciado com feijão-de-porco e monocultivo foi de 18 de março a 25 de junho de 2015, e teve K_c estimado para as quatro fases de desenvolvimento da cultura, o milho foi plantado em três áreas, uma com consorciação de milho e feijão-de-porco aplicando-se irrigação plena (C100), outra com consorciação e irrigação em déficit (CD75) e a última com monocultivo e irrigação plena (Mon). Foram realizadas quatro coletas ao longo do ciclo para analisar a área foliar, altura da planta e a inserção da espiga e no final do ciclo dados de produtividade e eficiência do uso da água (EUA) foram medidos. As mudas do repolho fuyutoyo foram transplantadas para a área com 33 dias após a semeadura e o ciclo após transplante durou de 17 de julho a 26 de outubro de 2015, o qual teve o K_c para as quatro fases de desenvolvimento. O repolho foi transplantado na palhada do milho em três áreas, ficando dividido em repolho onde tinha consórcio sem deficit (RC100) e com déficit (RCD75) e repolho onde tinha monocultivo (RMon) sendo avaliado dados de produtividade no final do ciclo. Os valores de K_c para cada fase de desenvolvimento do milho em consórcio com a feijão-de-porco foram: I (0,78); II (1,06); III (1,10) e IV (1,01), para o monocultivo, os valores foram: I (0,62); II (0,92); III (1,27) e IV (0,89). O milho teve um acúmulo de graus-dias de 1416,5 °C durante todo ciclo, não sendo encontrada diferença significativa na área folia e no número de espiga do milho entre as três áreas. A área C100 apresentou menores valores de altura de planta em todas as medições, CD75 foi inferior ao Mon apenas na primeira medição. A produtividade do C100(6937,17 kg/ha) não diferiu da encontrada no Mon (6055,34 kg/ha) e foi superior a encontrada no CD75(4328,91 kg/ha). O C100 apresentou maior EUA que o CD75 e foi semelhante aos valores encontrados para o Mon. O repolho teve valores de K_c para cada fase de desenvolvimento de: I (1,02); II (1,03); III (1,05) e IV (1,01), com acúmulo graus-dia de 1439,2 °C. A produtividade do repolho RMon (34,76 T/ha) foi superior à da área RC100 (18,99 T/ha), tendo o mesmo comportamento na EUA. O RCD7 não diferiu nos testes estatístico com relação aos demais tratamentos. Pode-se concluir consórcio de milho com feijão-de-porco teve boa resposta na produtividade do milho na área C100 e uma menor produtividade na área CD75, e não teve resposta satisfatória na produtividade do repolho na área RC100.

Palavras-chave: Lisímetro de pesagem, Plantio Orgânico, Irrigação, Evapotranspiração.

ABSTRACT

ARAÚJO, Mário Sérgio Paiva. **Crop coefficients and Productivity of Caatingueiro Corn intercropped with jack bean and Cabbage Planted on Straw** . 2016. 72p. Dissertation (Master in Agricultural and Environmental Engineering). Instituto de Tecnologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

The study of crops water demand throughout its development cycle enables the rational use of water, and this scarce study for maize intercropped with bean-to-pig and cabbage grown in maize straw. The objective of this work was to determine the crop evapotranspiration (ET_c) and crop coefficients (K_c) of “caatingueiro” corn under monoculture and intercropping system with bean-to-pig, , and “fuyutoyo” cabbage planted on the straw, and to check the influence of the consortium in the production of corn and cabbage. The study was conducted in Seropédica-RJ, using weighing lysimeters, the K_c values were determined by the ratio between ET_c and the reference evapotranspiration (ET_o). The ET_o was estimated by the FAO Penman-Monteith model. The ET_c values were calculated using the water balance of the lysimeter-cropp-soil system. The cycle caatingueiro corn intercropped with jack bean and monoculture was March 18 to June 25, the K_c values were calculated for the four stages of crop development. The corn planted in three areas, one with corn intercropping and jack beans with full irrigation (C100), the other with intercropped with deficit irrigation (CD75) and the last with monoculture (Mon). Four samples were taken throughout the cycle to analyze the leaf area, plant height and cob insertion and end of the cycle data of productivity and of water use efficiency (WUE) were measured. The fuyutoyo cabbage was transplanted from the tray to the area 33 days and the cycle after transplant lasted from July 17 to October 26, the K_c values were calculated for the four stages of development. The K_c values for each phase of crop development in the intercropping system were: I (0.78); II (1.06); III (1.10) and IV (1.01), for the monoculture system, the k_c values were: I (0.62); II (0.92); III (1.27) and IV (0.89). The corn had a Degree-Days accumulation of 1416.5 ° C throughout cycle, there was not significant difference in leaf area and number of corn cob between the three areas, The C100 area showed smaller values of plant height for all measurements, since the CD75 was lower than Mon only the first measurement. The productivity of C100 (6937.17 kg / ha) did not differ from that found in Mon (6055.34 kg / ha) and was higher than that found in CD75 (4328.91 kg / ha). The C100 showed higher WUE than CD75 and was similar to values found for Mon. The Cabbage has k_c values for each phase of crop development: I (1.02); II (1.03); III (1.05) and IV (1.01) and had a degrees-day accumulation of 1439.2 ° C. The productivity cabbage RMon (34.76 T / ha) was higher than the area RC100 (18.99 T / ha), the WUE was lower in RC100. The RCD75 did not differ in the statistical tests. Corn consortium with beans had good result in corn yields in the area C100 and lower productivity in CD75 area, and had no satisfactory result in cabbage productivity in the area RC100.

Keywords: Weighing Lysimeter Organic Planting, Irrigation, Evapotranspiration.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estação meteorológica, localizada na Fazendinha Agroecológica, utilizada para medição de temperatura, radiação, velocidade do vento, precipitação.	12
Figura 2. Dia da sementeira do milho Caatingueiro e do feijão-de-porco na área experimental (A); milho Caatingueiro e feijão-de-porco após 10 dias da sementeira (B); milho Caatingueiro e feijão-de-porco após 20 dias da sementeira (C); dia do desbaste do feijão-de-porco (D); dia da colheita milho Caatingueiro na áreas que teve Consórcio (E) e Monocultivo (F).	14
Figura 3. Mudanças de repolho “Fuyutoyo” na Bandeja produzidas na estufa do SIPA (A); Trituração da palhada de milho da área lisimétrica experimental do SIPA (B); Dia do Transplante das mudas de repolho sobre a palhada de milho (C); Adubação com bokashi e irrigação montada. (D).....	16
Figura 4. Plantas de repolho situadas no lisímetro após 30 dias de transplante (A); Área experimental com repolho 65 dias de transplante (B); Planta de repolho situada no lisímetro 80 dias de transplante (C); Cabeças de repolho colhidas para análise (D).	17
Figura 5. Gráfico do modelo linear de calibração do lisímetro utilizado no consórcio de milho com feijão cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ	24
Figura 6. Gráfico do modelo linear de calibração do lisímetro utilizado no monocultivo de milho cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.	25
Figura 7. Gráfico dos dados diários de temperaturas máxima, mínimas e médias medidas pela estação meteorológica do SIPA em Seropédica-RJ, durante todo o ciclo do milho.	26
Figura 8. Gráfico dos dados diários de Radiação Global medidos pela estação meteorológica do SIPA, durante todo o ciclo do milho.	26
Figura 9. Gráfico dos dados diários de Umidade relativa média medidos pela estação meteorológica do SIPA, durante todo o ciclo do milho.	27
Figura 10. Gráfico do somatório diário da ETo e da ETc do consórcio de milho com feijão-de-porco e do monocultivo de milho, situados na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período compreendendo de 18 de março a 26 de junho de 2015.	29
Figura 11. Gráfico dos coeficientes de cultivo diário, semanal e médio do consórcio Milho Caatingueiro com Feijão-de-porco cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período de 18 de março a 26 de junho de 2015.	30
Figura 12. Gráficos dos coeficientes de cultivo diário, semanal e médio do monocultivo do Milho Caatingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período de 18 de março a 26 de junho de 2015.	30
Figura 13. Gráfico das curvas de Kc para o consórcio de milho caatingueiro com feijão-de-porco e para o monocultivo de milho caatingueiro obtidas pelos lisímetros, pelo FAO tabelado e pelo Kc FAO ajustado.	32
Figura 14. Gráficos de Graus-Dias Acumulado para o ciclo do milho caatingueiro cultivado no período de 18 de março a 26 de junho de 2015 na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.....	33

Figura 15. Gráfico do modelo para estimativa de área foliar do milho Caatingueiro através de medida lineares do limbo foliar, desenvolvido na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.....	34
Figura 16. Gráfico do comportamento da área foliar no lisímetro e na parcela do consórcio de milho caatingueiro com feijão-de-porco cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.....	34
Figura 17. Gráfico do comportamento da área foliar no lisímetro e na parcela do monocultivo de milho caatingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.....	35
Figura 18. Gráfico da área foliar ao longo do ciclo do milho Caatingueiro nas parcelas C100, CD75 e Mon cultivadas na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.....	35
Figura 19. Gráfico da altura das plantas de milho ao longo do ciclo do milho Caatingueiro nas parcelas C100, C75 e Mon cultivadas na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.....	37
Figura 20. Gráficos dos dados diários de temperaturas máxima, mínimas e médias medidas pela estação meteorológica do SIPA em Seropédica-RJ, durante todo o ciclo do repolho.....	41
Figura 21. Gráfico dos dados diários de Radiação Global medidos pela estação meteorológica do SIPA em Seropédica-RJ, durante todo o ciclo do repolho.....	41
Figura 22. Gráfico dos dados diários de Umidade Relativa média medidos pela estação meteorológica do SIPA em Seropédica-RJ, durante todo o ciclo do repolho.....	42
Figura 23. Gráfico do somatório diário da ETo e da ETc do repolho Fuyutoyo, situados na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período compreendendo de 18 de julho a 26 de outubro de 2015.....	44
Figura 24. Gráfico dos coeficientes de cultivo diário, semanal do repolho Fuyutoyo cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período de 18 de março a 26 de junho de 2015.....	45
Figura 25. Gráfico do coeficiente de cultivo médio repolho Fuyutoyo cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período de 18 de março a 26 de junho de 2015.....	45
Figura 26. Gráfico das curvas de Kc para o repolho Fuyutoyo obtidas pelos lisímetros, pelo FAO tabelado e pelo Kc FAO ajustado nas condições climáticas de Seropédica-RJ.....	47
Figura 27. Gráfico de Graus-Dias Acumulado para o repolho Fuyutoyo cultivado no período de 18 de julho a 26 de outubro de 2015 na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ. ...	48

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Características agronômicas do milho, variedade Caatingueiro.	3
Tabela 2. Resultados da análise química do solo da área experimental realizada no Laboratório de Química Agrícola, EMBRAPA- Seropédica-RJ.....	11
Tabela 3. Coeficiente de cultivo do milho grão e do repolho de acordo com (ALLEN et al., 1998).....	19
Tabela 4. Médias quinzenais de dos dados de Temperatura Máxima (Temp. Máx), Temperatura Mínima (Temp. Mín.), Temperatura Média (Temp. Méd), Umidade Relativa (UR), Velocidade do Vento (VV) e Radiação Solar (RS), e o acumulado de Precipitação (Precip.) medidos pela estação meteorológica do SIPA durante todo o ciclo do milho.....	28
Tabela 5. Coeficiente de cultivo encontrado pelo lisímetro para o consórcio de milho catingueiro com feijão-de-porco e para o monocultivo de milho Caatingueiro . Coeficiente de cultivo para milho grão tabelado (Kc FAO) e coeficiente de cultivo ajustado (Kc FAO Ajustado)	31
Tabela 6. Área foliar do feijão-de-porco consorciado com milho Caatingueiro nas parcelas C100 e CD75 cultivados na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.....	36
Tabela 7. Médias de altura de espiga e de número de espiga por planta de milho catingueiro cultivado nas parcelas C100, Mon, CD75 no SIPA em Seropédica-RJ	38
Tabela 8. Médias de Peso de espiga, Peso de Sabugo, Peso Grão por espiga, Diâmetro maior da espiga, Tamanho de espiga e número de filas de grãos na espiga. do milho catingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ	38
Tabela 9. Médias de Produtividade total, de Peso de 1000 grãos e Peso Hectolitro do milho catingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ	39
Tabela 10. Média da Produtividade, Evapotranspiração total da parcela ETc, Lâmina aplicada, Precipitação e Lâmina total aplicada no ciclo do milho catingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ	39
Tabela 11. Médias de EUA analisando a Produção pela irrigação, a Produção pela lâmina total e a produção pela ETc, do milho catingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.....	40
Tabela 12. Médias quinzenais de dos dados de Temperatura Máxima (Temp. Máx), Temperatura Mínima (Temp. Mín.), Temperatura Média (Temp. Méd), Umidade Relativa (UR), Velocidade do Vento (VV) e Radiação Solar (RS), e o acumulado de Precipitação (Precip.) e Irrigação (Irrig.) medidos pela estação meteorológica do SIPA durante todo o ciclo do repolho.....	43
Tabela 13. Coeficiente de cultivo encontrado pelo lisímetro para o repolho Fuyutoyo. Coeficiente de cultivo tabelado (Kc FAO) e coeficiente de cultivo ajustado (Kc FAO Ajustado)	46
Tabela 14. Médias de massa fresca de cabeça comercial (MFC), massa seca de cabeça comercial (MSC), massa fresca total (MFT= parte aérea da planta + cabeça), e massa seca total (MST)	49

Tabela 15. Médias de diâmetro vertical da cabeça (DVC), diâmetro horizontal da cabeça (DHC), Massa da cabeça, Volume da cabeça (VC), Índice de compactidade (g/cm^3), Produtividade total (Prod) e eficiência do uso da água (EUA) encontrados para o cultivo do repolho Fuyutoyo no SIPA em Seropédica-RJ..... 50

Tabela 16. Médias máximas de área foliar e altura encontradas no ciclo do monocultivo do milho caatingueiro (Mon) e nos consórcios de milho caatingueiro com feijão-de-porco sem déficit de irrigação (C100) e com déficit de irrigação (CD75), ciclos que antecederam o cultivo do repolho Fuyutoyo na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ. 51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Cultura do Milho	2
2.1.1 Necessidades climáticas da cultura.....	3
2.1.2 Graus-dia acumulados	4
2.2 Feijão-de-porco	4
2.3 Milho consorciado com feijão	4
2.4 Repolho.....	6
2.5 Evapotranspiração	7
2.5.1 Penman-Monteith	8
2.5.2 Lisímetro, evapotranspiração da cultura e estimativa de Kc	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Caracterização da área	11
3.2 Coleta de dados meteorológicos	11
3.3 Lisímetros	12
3.3.1 Calibração.....	12
3.4 Culturas plantadas e distribuição na área	13
3.4.1 Consórcio e Monocultivo do Milho	13
3.4.2 Repolho.....	15
3.5 Irrigação	17
3.5.1 Consórcio e Monocultivo do Milho.....	17
3.5.2 Repolho.....	18
3.6 Estimativa Evapotranspiração de Referência.....	18
3.7 Determinação do Coeficiente da Cultura	18
3.8 Graus dia acumulado	21
3.9 Análise de desenvolvimento	21
3.9.1 Milho consórcio e Monocultivo	21
3.9.2 Repolho.....	22
3.10 Análise de Produção	22

3.10.1 Consórcio e Monocultivo do Milho.....	22
3.10.2 Repolho.....	23
3.11 Eficiência do uso da água.....	23
3.12 Análise estatística.....	23
4.1 Calibração dos lisímetros de pesagem	24
4.2 Primeiro Ciclo: Milho Monocultivo e Consorciado com Feijão.....	25
4.2.1 Dados climáticos	25
4.2.2 Estimativa da ETc, ETo e Kc	28
4.2.3 Graus dia acumulados.....	32
4.2.4 Área Foliar.....	33
4.2.5 Altura da planta	36
4.2.6 Análise de produção	38
4.2.7 Eficiência no Uso da Água	39
4.3 Repolho	40
4.3.1 Dados climáticos	40
4.3.2 Estimativa da ETc, ETo e Kc	43
4.3.3 Graus dias acumulado.....	47
4.3.4 Análise Produção.....	48
5 CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos principais grãos produzidos no mundo. Cultivado em grandes áreas, no Brasil atinge 15,2 milhões de ha (CONAB, 2015). Atualmente a produção orgânica de milho consorciado com leguminosa tem ganhado bastante aceitação, principalmente do pequeno produtor, devido às estratégias sustentáveis que esse tipo de produção utiliza.

Como na produção orgânica não se aplica adubação química, torna-se necessário utilizar outras formas de adubação como compostos produzidos a partir de dejetos de animais, da pasta de mamona e da adubação verde, que é bastante utilizada principalmente na forma de consórcio. A utilização do consórcio apresenta algumas vantagens em relação aos cultivos solteiros ou monocultivos, pois aumenta a biodiversidade no tempo e no espaço, promovendo menor ocorrência de pragas e doenças; menor infestação por espécies invasoras; maior cobertura do solo; maior utilização da energia radiante, na forma de fotossíntese; e aumenta aproveitamento da água e dos nutrientes.

Estudos visando avaliar os efeitos da produção, das partes fisiológicas das plantas e da conservação do solo apontam vantagens do consórcio de milho com leguminosa em relação ao cultivo do milho solteiro. Porém, ainda são escassos os estudos referentes ao consumo de água dos cultivos consorciados, uma vez que a demanda hídrica é distinta quando comparada com o monocultivo.

Um sistema de produção viável baseia-se, cada vez mais, na otimização do uso dos insumos nos processos de produção, visando aumentar a produtividade e a rentabilidade. A determinação da lâmina de água a ser aplicada no consórcio de milho com leguminosa, bem como a frequência de irrigação, podem evitar a redução nos rendimentos, provocados pelo excesso ou déficit de umidade no solo. Para que o sistema consorciado desenvolva adequadamente, toda a água utilizada no processo de evapotranspiração deve ser repostada, de forma a manter no solo uma umidade ideal para o desenvolvimento das plantas, e também ocorrer a fixação biológica do nitrogênio no solo pela leguminosa. Assim, estudos da evapotranspiração e a estimativa dos coeficientes de cultura são importantes para o manejo adequado das áreas irrigadas, permitindo não só o aumento de produtividade como a otimização dos recursos hídricos e energéticos.

A adubação verde deixa resíduos nos solos, que podem ser notados na cultura de sucessão ao ciclo. Por isso é comum usar o plantio direto em área que teve algum adubo verde. A utilização de hortaliças no plantio direto tem ganhado força, por se tratar de uma forma de

disponibilizar nutrientes para as plantas, principalmente nitrogênio, além de evitar perdas por evaporação, mantendo maior disponibilidade de água no solo.

O repolho (*Brassica oleracea* var. capitata L.) é a espécie de maior importância socioeconômica da família Brassicaceae. É uma das hortaliças mais eficientes na produção de alimento, face de sua alta taxa de crescimento e excelente valor nutritivo. Já existem estudos utilizando o repolho no plantio direto como cultura subsequente ao milho e a leguminosa, porém é escasso o estudo sobre a necessidade hídrica e efeitos desses resíduos na produção do repolho.

A carência de informações sobre os efeitos e as necessidades hídrica do consórcio de milho com leguminosa e do repolho, além da necessidade da sustentabilidade dos sistemas orgânicos de produção, instigou o desenvolvimento deste trabalho.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo determinar os coeficientes da cultura (Kc) do monocultivo de milho (BRS Caatingueiro), do consórcio de milho (BRS Caatingueiro) com feijão-de-porco e do repolho plantado na palhada, além de avaliar a área foliar, a produtividade do consórcio e monocultivo, e os efeitos da palhada na produção do repolho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do Milho

O milho é um dos principais cereais produzidos no mundo e o mais cultivado no Brasil. Porém, a cultura tem enorme contraste de produtividade entre as diferentes regiões do país em decorrência das diferentes condições climáticas e de cultivo às quais a cultura é submetida (SOUSA et al., 2011). Esse contraste possibilita a formação de quatro microrregiões homogêneas de cultivo do milho, diferenciadas pelos fatores latitude, altitude e clima: região subtropical, de transição, tropical e nordeste (CRUZ et al., 2002). O Brasil é o terceiro maior produtor desse grão, sendo que na safra de 2014/2015 a produção de milho no Brasil atingiu 84,7 milhões de toneladas (CONAB, 2015).

O ciclo do milho pode variar de acordo com o grupo que a cultivar pertence: superprecoce, precoce, semiprecoce e normal (CRUZ et al., 2002). O ciclo normal é de 130 a 150 dias, e no superprecoce pode ser de 90 dias. O clima mais favorável à cultura do milho é o de verões quentes e úmidos durante o ciclo vegetativo. Isso é devido a fisiologia da planta ser C4, ou seja, mais resistentes a altas temperaturas (CRUZ et al., 2002).

A exigência hídrica do milho é de 500-800 mm, e a planta só realiza os processos de germinação e emergência na presença da água. A falta de água vai prejudicar a disponibilidade, absorção e o transporte de nutrientes, tornando a planta suscetível ao ataque de pragas e doenças. Sob estresse hídrico, as respostas fisiológicas do milho tendem a ser modificadas, a depender da duração, severidade e da fase fenológica de ocorrência (MOURA et al., 2006).

Entre as variedades do milho uma que se destaca na agricultura familiar é a BRS Caatingueiro, que apresenta o ciclo superprecoce (Tabela 1). Essa variedade apresenta adaptabilidade a estresses ambientais e são mais indicadas em regiões com escassez de chuva. A produtividade média do milho, variedade Caatingueiro, obtida em ensaios conduzidos na região semiárida brasileira em condições de sequeiro, entre 1998 e 2003, foi de 2 a 3 Mg ha⁻¹ (CARVALHO et al., 2004).

Tabela 1. Características agronômicas do milho, variedade Caatingueiro.

Tipo	Variedade de polinização aberta
50% do florescimento masculino	41 a 55 dias
50% do florescimento feminino	43 a 57 dias
Ciclo	Superprecoce
Altura da planta	1,70 m a 1,90 m
Altura da espiga	0,70 m a 0,90 m
Tolerância ao acamamento	Boa
Tolerância ao quebraamento	Boa
Tipo de grãos	Semiduros
Coloração dos grãos:	Amarelo-alaranjado
Região de adaptação	Semiárido
Potencial genético para a produtividade	5 Mg ha ⁻¹
Produtividade média	2-3 Mg ha ⁻¹

Fonte: CARVALHO et al. (2004)

2.1.1 Necessidades climáticas da cultura

O conhecimento das exigências climáticas é fundamental para a previsão da duração do ciclo da cultura em função do ambiente (ALVES, 2013). Flutuações de temperatura periódicas influenciam nos processos metabólicos da planta (PEREIRA FILHO et al., 2010) devido a temperatura da planta ser basicamente a mesma do ambiente. O aumento da temperatura acelera o metabolismo da planta e nos períodos mais frios o processo diminui.

A variação de temperatura durante o ciclo do milho pode provocar o encurtamento ou o prolongamento do ciclo. Para os períodos vegetativo e de maturação, as temperaturas médias diárias superiores a 26°C e inferiores a 15,5°C provocam a aceleração e o retardamento do ciclo, respectivamente (SHIOGA E GERACE, 2011).

2.1.2 Graus-dia acumulados

Graus-dias acumulado é medido com base no tempo de acumulação de calor, medindo o total diário de graus (° C) que ocorrem entre os limites máximos e mínimos de temperatura (CAYTON et al., 2015). O conceito de graus-dia pressupõe a existência de uma temperaturabase abaixo da qual o desenvolvimento da planta é nulo e, se o fizer, será em taxas muito reduzidas (ALVES, 2013). Cada grau de temperatura acima da temperatura base corresponde a um grau-dia. Cada espécie vegetal ou cultivar possui uma temperatura base (T_b), que pode variar em função dos diferentes subperíodos de desenvolvimento da planta, sendo comum a adoção de um valor único para todo o ciclo da cultura.

MOURA et al. (2007) trabalhando com milho caatingueiro, verificou que o ciclo da cultura foi de 103 dias, acumulando 1866 graus-dias para uma temperatura-base inferior de 10 °C.

2.2 Feijão-de-porco

O feijão-de-porco (*Canavalia eusiformis*) é uma espécie considerada eficiente no controle de tiririca (*Cyperus rotundus*) e de outras espécies de plantas consideradas invasoras. É uma cultura típica de verão, sendo seu ciclo, até ao florescimento, correspondente a 90-100 dias. Essa cultura tem acentuada tolerância ao sombreamento, o que viabiliza a sua utilização entre as linhas do milho (TELHADO, 2007).

O feijão-de-porco se destaca por fixar entre 49 e 190 kg ha⁻¹ de nitrogênio (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004) e produzir cerca de 3 a 6 t Mg ha⁻¹ de matéria seca. A espécie pode ser usada para nutrição animal, pois contém de 8,5% a 19% de proteína bruta na média de seus componentes e de 21 a 31% de proteína bruta em seus grãos (NASCIMENTO et al., 2004).

2.3 Milho consorciado com feijão

A prática do consórcio de culturas é generalizada entre os pequenos produtores, sendo a associação de milho e feijão a mais comum (MOURA et al., 2008). Os trabalhos existentes

na literatura, em sua grande maioria, mostram vantagens dos cultivos consorciados de milho sobre os monocultivos. Dentre as vantagens destaca-se a possibilidade de produção diversificada de alimentos em uma mesma área, propiciando melhor distribuição de renda, proteção do solo, maior regularidade de suprimentos alimentícios e melhor aproveitamento de mão-de-obra (BEZERRA NETO et al., 1991). Além disso, o consórcio reduz os riscos de perda de produção devido às irregularidades climáticas, pois, caso uma das culturas tenha sua produtividade reduzida, os rendimentos da outra podem compensar as perdas de safra (HEREDIA ZARATE et al., 2003). A diversidade de espécies desenvolvidas em policultivos ajuda na prevenção de pragas evitando sua proliferação entre indivíduos da mesma espécie (ALTIERI, 2001). Porém, o consórcio de milho também apresenta desvantagem, como o aumento de consumo de água (SOUZA et al., 2012).

Os adubos verdes poderiam contribuir para o enriquecimento do sistema, visto que fixam nitrogênio da atmosfera, melhorando o ambiente nutricional da cultura principal, o milho. Nesta modalidade, o adubo verde é semeado na entrelinha da cultura comercial sem haver, portanto, o inconveniente da suspensão das culturas em parte do ano agrícola. As principais vantagens desse sistema são a utilização intensiva, porém racional, do solo; o eficiente controle da erosão e a redução da infestação de invasoras, favorecendo a atividade biológica e o desenvolvimento da cultura principal (COSTA, 1992).

Em sistema de produção orgânico, o consórcio com leguminosas é utilizado como adubação e é determinante para o aporte de N das culturas, tendo em vista que os fertilizantes normalmente utilizados contêm baixo teor de nitrogênio. O feijão-de-porco (*Canavalia eusiformis*) é uma das leguminosas mais propícias para o cultivo consorciado devido às suas características morfológicas e fisiológicas. A espécie possui ampla adaptação às condições de luz difusa (HENRICHS et al., 2002), possibilitando seu sombreamento parcial pela cultura principal e aliado a isso tem-se rápido crescimento inicial (ALVARENGA et al., 1995), o que dificulta o estabelecimento de espécies invasoras pelo sombreamento.

O consórcio de milho e feijão-de-porco foi estudado por HEINRICHS et al. (2002) que obtiveram resultados positivos e significativos na produção do milho apenas no segundo ano de adoção do cultivo consorciado, sendo que a semeadura simultânea foi a prática mais recomendada. No entanto, OLIVEIRA et al. (2003) não encontraram efeitos do feijão-de-porco na produção do milho.

PERIN et al. (2007) estudaram o milho verde e o milho grão consorciado com feijão-de-porco em sistema orgânico. Os dois cultivos de milho apresentam maior desempenho no

cultivo de primavera/verão do que no cultivo de outono/inverno, no sistema orgânico de produção. Contudo, a produção de matéria seca de feijão-de-porco consorciado com milho em sistema orgânico de produção foi maior no cultivo de outono/inverno do que no cultivo de primavera/verão. Esses dados podem ser associados à maior ou menor demanda de água, sendo, portanto, necessário o estudo das necessidades hídricas do consórcio do milho com feijão-de-porco.

2.4 Repolho

O repolho (*Brassica oleracea var. capitata L*) é uma planta rica em sais minerais, como o cálcio e o fósforo, e em vitaminas como a B1, B2, C e E (LANA E TAVARES, 2010). Os autores caracterizam a cultura como uma planta de folhas lisas, coloração verde ou roxo, ou folhas crespas de coloração verde. Apresentam caule curto sem ramificações e folhas arredondadas e cerosas, sobrepostas, formando uma cabeça compacta (FILGUEIRA, 2007). Segundo o autor, o repolho é originalmente uma cultura bienal que requer temperaturas amenas, porém com as modificações genéticas surgiram cultivares que suportam diferentes condições climáticas.

A produção das mudas de repolho pode ser realizada em estufas ou em canteiro conforme relata SOUZA e RESENDE (2006). Os autores recomendam uma adubação única realizada no pré-transplântio das mudas, entre 20 e 40 Mg ha⁻¹ de esterco bovino curtido. Logo após a adubação o transplântio de mudas deve ser realizado.

A lâmina diária de água na cultura varia de acordo com o clima local. LUZ et al. (2002) recomendam uma lâmina de inicial de 4 mm dia⁻¹, e de 5 mm dia⁻¹ do vigésimo dia após o transplântio. De acordo com os autores, o déficit hídrico no período de formação de cabeça pode reduzir a produção final. LÓPEZ-URREA et al. (2009) estimaram um consumo total de água variando de 300 a 400 mm.

A colheita tem início a partir dos 80 dias após o transplântio. As cabeças devem estar compactas e grandes, com as folhas que revestem a cabeça apresentando os bordos voltados para trás. As folhas externas ficam mais caídas e ocorre a mudança da coloração verde para um tom mais claro (LUZ et al., 2002). FILGUEIRA (2003) afirma que as cabeças com peso médio variando entre 1,5 a 2,0 kg têm maior aceitação pelos consumidores. Para SOUZA e RESENDE (2006), o consumidor prefere cabeças com peso médio entre 1 a 1,5 kg. A produtividade total depende do espaçamento adotado. CAVARIANNI (2008) encontrou maiores produtividade em

plantios mais adensado, por outro lado as cabeças tiveram peso maiores em plantios menos adensado.

2.5 Evapotranspiração

O termo “evapotranspiração” representa o total de água evaporada contida na atmosfera sobre uma superfície vegetada, é a junção do termo “evaporação”, correspondente à água evaporada da superfície do solo, mais o termo “transpiração”, correspondente à água evaporada proveniente da planta (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração (ET) é um dos principais componentes do processo de troca de energia entre a superfície e a atmosfera, tendo sido bastante estudada devido a sua influência no ciclo de água e de nutrientes dos ecossistemas agrícolas e na produtividade primária das culturas (DA SILVA et al., 2013). SILVA et al. (2003) destacam que informações quantitativas da evapotranspiração são necessárias em vários campos das ciências que tratam do manejo da água, como planejamento, construção e operação de reservatórios. Além disso, estimativas precisas da evapotranspiração podem resultar em menores gastos com recursos hídricos e financeiros, tanto no planejamento quanto no manejo de áreas irrigadas (LECINA et al., 2003).

A evaporação, segundo definição de ALLEN et al. (1998), é o processo pelo qual a água é convertida da fase líquida para a fase de vapor (vaporização), removendo-a de superfícies evaporantes como, oceanos, lagos, rios, pavimentos, solos e vegetação úmida (evaporação do orvalho e da chuva interceptada pela copa das árvores). Para que as moléculas de água passem para o estado de vapor, uma quantidade de energia é necessária, a qual provém basicamente da radiação solar, que é considerado o principal elemento climático que controla a evapotranspiração quando a água não é fator limitante. Além disso, a evaporação é dependente da diferença entre a pressão de vapor da água na superfície evaporante e na atmosfera, provocada pela constante movimentação das massas de ar que envolve a superfície, dificultando, desta forma, a saturação desta camada (CRUZ, 2005).

A transpiração representa a água transferida ou perdida pela vegetação para a atmosfera, através dos estômatos da planta, decorrente das ações físicas e fisiológicas dos vegetais (VILLELA e MATTOS, 1975). Segundo ALLEN et al. (1998), a vaporização ocorre no interior da folha, em espaços intercelulares, e é controlada pela abertura estomática. Da mesma forma que a evaporação, a transpiração depende do gradiente de pressão de vapor entre o vegetal e a atmosfera, e também do vento. Além disso, fatores como a capacidade do solo de conduzir água, favorecendo a absorção desta pelas raízes, características da planta e seu estágio de

desenvolvimento e práticas de cultivo também influenciam o processo. Em uma superfície vegetada, os processos da evaporação e a transpiração ocorrem simultaneamente (VIANA, 2000), tornando-se muitas vezes difícil a separação dos dois processos físicos.

Na fase de pós-plantio, quando a superfície vegetada ainda é muito pequena e conseqüentemente a área foliar, a evaporação é a componente mais importante. A partir daí, com o aumento da cobertura do solo pela planta, a transpiração se torna a componente principal, podendo ser responsável por até 90% do processo de evapotranspiração. (CRUZ, 2005)

ALLEN et al. (1998) definiram “evapotranspiração de referência (ET_o)” como sendo a evapotranspiração de uma cultura hipotética, com altura de 0,12 m, com albedo igual a 0,23, e resistência da superfície ao transporte de vapor de água igual a 0,70 s m⁻¹. Assemelha-se a um gramado, em crescimento ativo, que possui índice de área foliar (IAF) ao redor de 3 m² de área foliar por m² de terreno ocupado, sombreando totalmente o solo bem suprido de umidade e de nutrientes.

Existe vários métodos de estimação da ET_o, alguns simples e outros mais complexos (MANTOVANI et al., 2007). Sendo alguns métodos diretos, como os lisímetros e balanço hídrico do solo, e outros indiretos, como Tanque Classe A e modelos matemáticos baseado em dados climáticos, podendo citar o método padrão Penman-Monteith, o método Hargreaves-Samani, equação de Blaney-Criddle, entre outros. MANTOVANI et al. (2007) afirmam que os métodos diretos simples normalmente apresentam maiores desvios em relação ao método padrão (Penman-Monteith).

2.5.1 Penman-Monteith

A utilização da equação de Penman-Monteith, com alguns de seus parâmetros tendo valores pré-estabelecidos, é considerado o método padrão para estimar a ET_o (ALLEN et al., 1998). A estimativa da ET_o pela equação de Penman-Monteith FAO (Equação 1) é realizada quando dados de temperatura, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento estão disponíveis (SENTELHAS et al., 2010).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_2 + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta_{vap} + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

em que,

ET_o - evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

Δ - derivada da curva de pressão de vapor em relação à temperatura, para a temperatura T, kPa °C⁻¹;

e_s - pressão de saturação do vapor, kPa;

e_a - pressão atual do vapor, kPa;

γ - constante psicrométrica, kPa °C⁻¹;

R_n - radiação líquida na superfície da planta, MJ m⁻² dia⁻¹;

G - fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹;

u₂ - velocidade do vento a 2 m, m s⁻¹; e

T₂ - a temperatura média do ar a 2 m, °C.

ALLEN et al. (1998) sugerem que esse método também pode ser usado com poucos dados climáticos, estimando os dados em falta. O método de Penman-Monteith foi avaliado no sul de Ontário no Canadá com dados mínimos, concluíram que o método PM-FAO é aceitável para estimar ET_o quando a velocidade do vento não está disponível (SENTELHAS et al., 2010). DA SILVA et al. (2013) encontraram resultados satisfatórios usando Penman-Monteith com dados de temperatura máxima e mínima para o Estado do Ceará.

2.5.2 Lisímetro, evapotranspiração da cultura e estimativa de Kc

Os lisímetros são grandes “containers” preenchidos com solo (ou incluso um bloco de solo) localizado no campo ou em área experimental, para representar o ambiente local, com superfície vegetada ou em solo nu, para determinação da evapotranspiração de uma cultura em crescimento, ou de uma cobertura vegetal de referência ou, ainda, da evaporação a partir de um solo não vegetado (ABOUKHALED et al., 1982).

A técnica de lisimetria de pesagem consiste em medir a variação do peso de um bloco de solo, devido à entrada ou saída de água, por meio de uma célula de carga que monitora a dinâmica da água no solo (CAMPECHE et al., 2011).

Quanto ao tipo, SILVA (1996) cita que os lisímetros usualmente são agrupados em pesáveis (lisímetros de pesagem de forma continuada ou intermitente, onde a variação de massa é determinada por um mecanismo de pesagem) e não pesáveis (lisímetro de drenagem e de lençol freático em nível constante), sendo o lisímetro de pesagem o mais utilizado.

De acordo com BERNARDO et al. (2006), a lisimetria é um método preciso, desde que seja instalado corretamente, sendo considerado o método padrão no estudo de calibração de outros métodos (CAMPECHE et al., 2011). A calibração e a coleta de dados em lisímetros de pesagem envolvem erro de medida, o qual é usado para qualificar os dados em análise. Quatro tipos de erro de medidas são apontados na literatura: exatidão, precisão, sensibilidade e resolução, com definições confusas e, muitas vezes, usadas incorretamente (CAMPECHE, 2002).

CAMPECHE (2002) afirma que a calibração, que tem por finalidade estabelecer uma relação entre o sinal de saída da célula de carga e a massa do sistema, e verificar a linearidade e histerese da célula de carga, devendo ser preferencialmente calibrados “in situ”, nas mesmas condições climáticas do seu funcionamento, por adição e retirada de pesos previamente conhecidos.

A quantificação do fluxo de vapor d’água para a atmosfera proveniente de superfícies úmidas combinada com a transpiração das plantas em áreas cultivadas, e denominada de evapotranspiração da cultura (ET_c). MATZENAUER et al. (1998) define evapotranspiração de uma cultura em função, basicamente, das condições meteorológicas que ocorrem durante o ciclo de desenvolvimento das plantas. Desta forma, os fatores que exercem maior influência são aqueles relacionados à demanda evaporativa da atmosfera. A evapotranspiração, portanto, determinada em condições específicas de um local, ano e/ou época de semeadura, não pode ser extrapolada para outras situações em valores absolutos. Para que se possa estimar as necessidades hídricas de uma cultura, é necessário estabelecer relações entre a evapotranspiração da cultura e um valor de referência, como algum elemento meteorológico ou com a evapotranspiração calculada por alguma fórmula ou método de estimativa (ALLEN et al., 1998). A ET_c pode ser estimada também pelo produto da ET_o pelo coeficiente da cultura (K_c), Equação 2.

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (2)$$

Os coeficientes de cultura dependem do estágio de desenvolvimento da cultura, da frequência de irrigação, da configuração de plantio e das condições meteorológicas locais (ALLEN et al., 1998).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (3)$$

O conhecimento da evapotranspiração da cultura e do coeficiente de cultivo é fundamental para se outorgar, dimensionar e manejar a irrigação de uma cultura e, uma vez que estes valores variam conforme a disponibilidade energética do local, tipo de solo, variedade e idade da planta são importantes à obtenção de valores regionalizados (SILVA et al., 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

Realizou-se o presente estudo no Sistema integrado de produção agroecológica – SIPA, também denominado de Fazendinha Agroecológica do km 47, que é uma área experimental da EMBRAPA-Agrobiologia em parceria com a UFRRJ e PESAGRO, localizada no município de Seropédica-RJ.

As coordenadas geográficas do local são 22°48' de latitude Sul e 43°41' de longitude Oeste. Apresenta altitude de aproximadamente 33m e o solo da área classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. Segundo a classificação de Köppen, o clima é Aw, com chuvas concentradas no período novembro a março; precipitação média anual de 1213 mm; temperatura média anual de 24,5 °C (CARVALHO et al., 2006). A Tabela 2 apresenta a análise química do solo realizada antes implantação do experimento.

Tabela 2. Resultados da análise química do solo da área experimental realizada no Laboratório de Química Agrícola, EMBRAPA- Seropédica-RJ.

	Al (cmol/dm ³)	Ca (cmol/dm ³)	K (cmol/dm ³)	Mg (cmol/dm ³)	P (mg L ⁻¹)
Solo	0,05	2,49	0,40	1,04	130,29

3.2 Coleta de dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram coletados da estação meteorológica situada ao lado da área do estudo (Figura 1) contendo os seguintes sensores: radiação solar global incidente (piranômetro Kipp & Zonen, modelo SP-LITE-L); velocidade e direção do vento (anemômetro, 03001-L RM YOUNG); temperatura e umidade relativa do ar (Vaisala, modelo HMP45C-L); e um pluviógrafo (Globalwater, GL 400-1-1). Todos os sensores são conectados a um sistema

de aquisição e armazenamento de dados (datalogger Campbell Scientific, modelo CR23X), que é alimentado por uma bateria de 12V carregada com um painel solar e programado para armazenar informações médias dos sensores a cada 2 min. Os dados armazenados são transferidos por meio de um módulo de memória, que permite a gravação e a manipulação dos mesmos em computador.



Figura 1. Estação meteorológica, localizada na Fazendinha Agroecológica, utilizada para medição de temperatura, radiação, velocidade do vento, precipitação.

3.3 Lisímetros

O experimento foi desenvolvido em duas parcelas experimentais de 144 m² de área disponível, contendo no centro de cada parcela, um lisímetro de pesagem para a obtenção da evapotranspiração da cultura nos dois sistemas de manejo.

Os lisímetros têm características similares. Conforme é apresentado por CARVALHO et al. (2007), compreende uma caixa metálica com dimensões 1 m x 1 m de base e 0,7 m de altura, montada sobre barras transversais, a fim de concentrar toda a massa do conjunto sobre uma célula de carga localizada no centro do sistema. Nos quatro cantos, barras rosqueadas de 0,0254 m de diâmetro e 0,25 m de comprimento foram chumbadas em base de concreto de 0,30 m x 0,30 m de área para suportar a estrutura de apoio da caixa. O mesmo procedimento foi adotado no centro, a fim de servir de suporte ao parafuso de fixação da célula de carga.

3.3.1 Calibração

Devido a inutilização do lisímetro por um longo período, foi necessário realizar a manutenção e calibração de todo sistema seguindo os mesmos procedimentos executados por

CARVALHO et al. (2007). Para isso, o solo do lisímetro foi retirado e armazenado separadamente por camadas, e logo depois o reparo das caixas todo o solo foi recolocado seguindo a ordem e densidade de camadas, essa manutenção foi finalizada em 11 de dezembro de 2014, para acomodação do solo foi respeitado um período de três meses antes do início do experimento.

A calibração dos lisímetros seguiu a metodologia apresentada por Campeche (2002). Em balança eletrônica, foram preparados cinquenta sacos plásticos com areia representando as massas-padrão, sendo 5 com 0,1 kg, 5 com 0,25 kg, 20 com 0,5 kg e 20 com 1,0 kg. A calibração consistiu em colocar os sacos plásticos sobre o lisímetro, começando pelos de menor massa, em intervalos de 2 min. A cada saco plástico colocado, era registrado no datalogger a leitura em mV que representa a massa do conjunto.

3.4 Culturas plantadas e distribuição na área

3.4.1 Consórcio e Monocultivo do Milho

Além das parcelas contendo os lisímetros, uma terceira parcela foi utilizada. Nessa parcela foi plantado o milho consorciado, com intuito de promover a irrigação com deficit, irrigando somente 75% da ETc registrada no lisímetro do consórcio com irrigação plena.

As culturas utilizadas no trabalho foram milho (*Zea Mays* BRS Caatingueiro) e o feijão-de-porco (*Canavalia eusiformis*), Figura 2. A semeadura do milho foi realizada no dia 18/03/2015 com espaçamento de 1 m entre linhas e com densidade de 10 sementes por metro linear, sendo adotada uma adubação de base de 0,2 kg de esterco bovino curtido por metro linear. A germinação do milho ocorreu no 4º dia após a semeadura (DAS), sendo que o desbaste do milho e o replantio realizado no 15º dias após a emergência (DAE), respeitando o limite de cinco plantas por metro linear, totalizando uma densidade de 50.000 plantas por hectare.

Nas parcelas destinadas ao consórcio foi plantado o feijão-de-porco simultaneamente ao milho. Foram utilizadas 5 sementes por metro linear em duas linhas de plantio na entrelinha do milho, espaçadas de 0,5 m entre linhas de feijão e 0,25 m da linha do plantio do milho. O feijão-de-porco emergiu no 2º DAS, e o corte do feijão ocorreu no 47º DAS, sendo usado como cobertura morta.



Figura 2. Dia da sementeira do milho Caatingueiro e do feijão-de-porco na área experimental (A); milho Caatingueiro e feijão-de-porco após 10 dias da sementeira (B); milho Caatingueiro e feijão-de-porco após 20 dias da sementeira (C); dia do desbaste do feijão-de-porco (D); dia da colheita milho Caatingueiro na áreas que teve Consórcio (E) e Monocultivo (F).

Para a adubação de cobertura foi utilizado $0,15 \text{ kg m}^{-1}$ de pasta de mamona, produzida durante a extração do óleo, caracterizada como uma fonte rica em nitrogênio. A adubação foi realizada apenas uma vez (45° DAS do milho) e de maneira uniforme. O controle de plantas invasoras era feito por capina quinzenalmente e semanalmente dentro dos lisímetros.

Desse modo, o experimento ficou estabelecido da seguinte maneira: a) lisímetro com milho monocultivo (Mon) irrigação plena; b) lisímetro com o consórcio milho-feijão e irrigação plena (C100); e c) parcela com consórcio milho-feijão e déficit de irrigação (CD75).

3.4.2 Repolho

Após a colheita do milho, a área do experimento foi preparada para o plantio do repolho, de forma direta sobre a palhada (Figuras 3 e 4). A semeadura foi realizada no dia 14/06/2015 em bandejas de 128 células utilizando o substrato produzido pelo SIPA. As sementes utilizadas foram do Repolho Híbrido “Fuyutoyo”, que é mais resistente a períodos frios. As mudas foram mantidas em casa de vegetação até o dia do transplântio (17/07/2015), sendo este realizado no final do dia, para evitar que a radiação queimasse as folhas das mudas.

O espaçamento utilizado foi de 1 m x 0,5 m e as covas tinham profundidade entre 20-25 cm. A adubação pré-transplântio foi realizada com bokashi produzido no SIPA. O bokashi constitui-se de uma mistura balanceada de matéria orgânica vegetal e/ou animal submetida a fermentação controlada por microorganismos eficientes, entre eles, leveduras, actinomicetos e bactérias lácticas (FORNARI, 2002). Foram utilizados 100 g de bokashi por cova, sendo a adubação realizada dois dias antes do transplântio, com intuito de evitar que o adubo queimasse as mudas. Na semana seguinte realizou-se foi realizado um segundo transplântio nas covas que as mudas não se estabeleceram. Foram realizadas duas adubações de superfície, uma no 30º dia após o transplântio (DAT) e outra no 60º DAT, ambas com 50 g de bokashi por planta. O controle de pragas e doenças e a limpeza da área foram realizados quinzenalmente, enquanto que o lisímetro era limpo semanalmente.

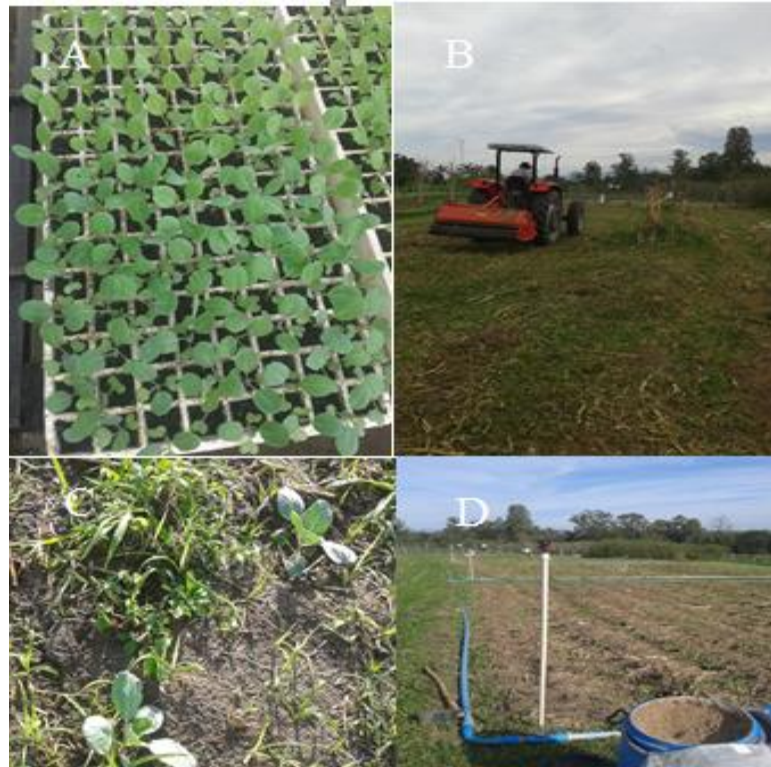


Figura 3. Mudanças de repolho “Fuyutoyo” na Bandeja produzidas na estufa do SIPA (A); Trituração da palhada de milho da área lisimétrica experimental do SIPA (B); Dia do Transplante das mudas de repolho sobre a palhada de milho(C); Adubação com bokashi e irrigação montada.(D)

Com a finalidade de analisar o efeito da palhada, oriunda do cultivo anterior, na produtividade do repolho, foram implantadas três parcelas com cultivo de repolho, nas quais foram aplicados os mesmos tratamentos culturais e irrigação. Sendo: a) repolho na área que tinha monocultivo de milho (RMon); b) repolho na área que tinha consórcio de milho e feijão sem déficit (RC100); e c) repolho na área que tinha consórcio de milho e feijão com déficit (RCD75).



Figura 4. Plantas de repolho situadas no lisímetro após 30 dias de transplântio (A); Área experimental com repolho 65 dias de transplântio (B); Planta de repolho situada no lisímetro 80 dias de transplântio (C); Cabeças de repolho colhidas para análise (D).

3.5 Irrigação

3.5.1 Consórcio e Monocultivo do Milho

O experimento foi irrigado por aspersão convencional, sendo que cada parcela correspondia a um setor de irrigação. O setor era em malha fechada composta por quatro aspersores setoriais com giro 90° (FABRIMAR - Pingo, bocal de 3,2 mm) com espaçamento 12 m x 12 m, uma pressão de serviço de aproximadamente 20 mca e intensidade de aplicação média do aspersor de 3,18 mm h⁻¹ (medida em campo) com uma uniformidade (CUC) 88%. A lâmina irrigada era determinada pela variação de massa do lisímetro e com um intervalo de irrigação adotado para a cada 3 dias. As irrigações eram realizadas sempre no início da manhã ou no final da tarde, com a finalidade de diminuir o efeito da deriva causada pelo vento e da evaporação

A irrigação foi encerrada no 88° DAP, com a finalidade de proporcionar a perda de umidade no grão do milho.

3.5.2 Repolho

A irrigação utilizada no repolho foi a mesma utilizada no cultivo do milho, porém as lâminas aplicadas nas três parcelas eram iguais, determinada pela variação de apenas um lisímetro. As irrigações eram realizadas diariamente até o 60º DAT e em seguida, a cada 2 dias, sempre após as 16:30 horas a fim de minimizar o efeito do vento e da evaporação. A irrigação do repolho não foi interrompida no fim ciclo de produção.

3.6 Estimativa Evapotranspiração de Referência

Para estimativa da evapotranspiração de referência foi adotado o modelo de Penman-Monteith FAO indicado como método padrão por ALLEN et al. (1998) (Equação 1).

3.7 Determinação do Coeficiente da Cultura

O coeficiente de cultura único foi calculado pela relação entre a evapotranspiração da cultura (ET_c), medida nos lisímetros, e a evapotranspiração de referência (ET_o), estimada pela equação 1 a partir dos dados diários obtidos na estação meteorológica.

De acordo com SILVA (2003), todas as leituras do lisímetro devem ser analisadas diariamente para que ocorrências de chuva, irrigação ou drenagem no interior caixa sejam identificadas e desconsideradas do cálculo da ET_c. Sendo assim, o período de 23:00 h do dia anterior até às 23:00 h do dia de interesse foi adotado como aquele mais adequado para as leituras, no qual o lisímetro apresenta maior estabilidade. Uma vez realizado este procedimento para cada dia, a massa era obtida pela contabilização do sinal elétrico na equação de calibração. Finalmente, assumindo que a massa específica da água igual a 1 kg m⁻³, obteve-se a lâmina evapotranspirada dividindo-se a diferença de massa pela área da caixa (1,0 m²).

$$ET_c = P + I - DP - \Delta massa \quad (4)$$

em que:

ET_c - evapotranspiração da cultura, (mm);

P - precipitação pluvial, (mm);

I - lâmina de água aplicada, (mm);

DP - drenagem profunda, (mm);

$$\Delta_{\text{massa}} = ((L(i) - L(i-1)))/A, (\text{mm});$$

em que:

L(i) - leitura das células de carga no i-ésimo dia de interesse às 23:00 horas, kg;

L(i-1) - leitura das células de carga no i-ésimo anterior (i-1), às 23:00 horas, kg;

A - área dos lisímetros – 1 m²

Foram determinados Kc dos quatro estádios fenológicos do milho monocultivo e consorciado e do repolho utilizando a Equação 3.

Conforme recomendado pela FAO (ALLEN et al., 1998), o ciclo da cultura foi dividido em quatro fases fenológicas, definidas por meio de observações em campo: I - fase inicial: do plantio até 10% de cobertura do solo (semeadura - emergência); II - fase de desenvolvimento: do final da fase inicial até 80% da cobertura do solo (pendoamento - florescimento); III - fase intermediária: de 80% de cobertura do solo até o início da maturação dos frutos, (produção - enchimento dos grãos); e IV - fase final: do início da maturação até a colheita dos frutos (maturação - colheita).

O repolho teve as fases divididas em: I - fase inicial: do transplântio até 10% de cobertura do solo (transplântio – desenvolvimento da folhas da saia); II - fase de desenvolvimento: do final da fase inicial até desenvolvimento total das folhas da saia e início de formação da cabeça (desenvolvimento da folhas da saia – início da formação da cabeça); III - fase intermediária: início da formação da cabeça até maturação parcial das mesmas e IV- fase final: maturação parcial da cabeça até a maturação total (maturação - colheita).

Como forma de comparação dos coeficientes da cultura Kc obtidos nos lisímetros, selecionou-se os valores propostos por ALLEN et al. (1998) para a cultura do milho grão e repolho (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficiente de cultivo do milho grão e do repolho de acordo com (ALLEN et al., 1998).

	Kc Inicial	Kc Médio	Kc Final	Altura média
Milho (grão)	0,7	1,2	0,60	2 m
Repolho	0,7	1,05	0,95	0,3 m

Segundo o autor para climas em que as condições diferem nos valores de umidade relativa mínima de 45% e a velocidade do vento seja maior ou menor que 2 m s⁻¹ deve-se realizar ajustes nos valores propostos para as fases intermediária e final do cultivo. Logo, foram realizados os ajustes recomendados para todas as fases, inclusive a inicial, seguindo as Equações recomendadas 5 e 6.

Kc inicial:

$$Kc_{inic} = Kc_{inic(10)} + \left[\frac{I-10}{40-10} \right] (Kc_{inic(40)} - Kc_{inic(10)}) \quad (5)$$

em que:

Kc_{inic} – coeficiente de cultivo ajustado;

Kc_{inic(10)} - coeficiente médio de cultivo relacionado a evapotranspiração e intervalo de umedecimento para lâminas infiltradas de 3-10 mm;

Kc_{inic(40)} - coeficiente médio de cultivo relacionado a evapotranspiração e intervalo de umedecimento para lâminas infiltradas ≥ 40 mm, em solo de textura média e fina; e,

I - lâmina infiltrada média [mm] (nesse valor foi utilizado a lâmina aplicada pela irrigação).

Kc médio e Kc final:

$$Kc_{aj} = Kc_{tab} + [0,04(u_2 - 2) - 0,004(UR_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3} \right)^{0,3} \quad (6)$$

em que:

Kc_{aj} - coeficiente cultura ajustado;

Kc_(tab)- coeficiente basal (se ≥ 0,45) recomendado pelo Boletim FAO 56 para a fase

u₂ - velocidade média do vento da fase a 2 metros de altura, m s⁻¹;

UR_{min} – valor médio diário da umidade relativa mínima média durante a fase, % (20% ≤ UR ≤ 80%); e,

h - altura média das plantas na fase, m.

Os valores de Kc's para as demais fases foram obtidos por meio da equação:

$$Kc_i = Kc_{prev} + \left[\frac{i - \sum L_{prev}}{L_{etapa}} \right] (Kc_{prox} - Kc_{prev}) \quad (7)$$

em que:

Kc_i - Coeficiente do cultivo no dia i ;

Kc_{prev} - Kc da fase anterior;

Kc_{prox} - Kc da fase seguinte;

L_{etapa} - duração da etapa considerada em dias;

$\sum L_{prev}$ - soma da duração das etapas anteriores em dias;

i - número do dia dentro da fase de desenvolvimento.

3.8 Graus dia acumulado

No cálculo do somatório térmico diário foi utilizada a metodologia adotada por VILLA NOVA et al. (1972), Equação 8.

$$GDA = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b \quad (8)$$

em que:

T_{max} = Temperatura máxima, °C;

T_{min} = Temperatura mínima, °C;

T_b = Temperatura basal, °C (A temperatura basal inferior adotada foi de 10° C).

3.9 Análise de desenvolvimento

3.9.1 Milho consórcio e Monocultivo

A avaliação do crescimento no milho foi realizada por meio de coletas de dados em amostragem semelhante ao realizado por PERIN et al. (2007). Estas coletas foram realizadas ao 47°, 65°, 80° e 98° DAP (dias após plantio). Para isso, cada parcela foi dividida em 5 subparcelas, sendo então escolhidas aleatoriamente cinco plantas (uma de cada subparcela),

dessa forma toda a área foi amostrada igualmente. As características avaliadas foram: altura da planta total (AP), medida desde a superfície do solo até a bainha da folha bandeira com a utilização de uma trena; área foliar do milho e feijão-de-porco (realizado no dia de corte do feijão); e altura de inserção da espiga principal (AIE), avaliada desde a superfície do solo até a inserção da espiga, com utilização de uma trena.

Para a medição da área foliar no 47° e 80° DAP foi utilizado o medidor fotoelétrico LI-3000, LICOR, obtendo-se a área real das folhas. Antes de realizar essas medições, foram retiradas as medidas lineares das folhas, sendo medido comprimento (C) e a maior largura (L), com a finalidade de encontrar um modelo para estimar a área foliar das plantas de milho dos lisímetros, por meio de medidas lineares. Para elaboração do modelo eram escolhidas uma folha de cada uma das plantas amostra, totalizando 20 amostras de folhas, 10 do 47° DAP e 10 do 80° DAP. Esse modelo foi empregado na estimativa de área foliar do milho no interior do lisímetro e do milho das parcelas nas medições do 65° e 98°.

Adicionalmente, gerou-se um modelo de área foliar, relacionando a área foliar real e o produto das medidas lineares de comprimento (C) e largura (L). Foi escolhido um modelo linear partindo da origem, originando uma equação do tipo $Y = bX$.

3.9.2 Repolho

Para análise do repolho cada parcela foi dividida em 5 subparcelas. De cada subparcela foi coletada uma planta inteira com cabeça no dia da colheita. As características avaliadas foram: Massa fresca da cabeça (MFC); massa fresca total da planta completa com cabeça (MFT); massa seca da cabeça (MSC); e massa seca total da planta completa com cabeça (MST). Para essas análises foram utilizadas balança e estufa para secagem por 48 horas a 65°C.

Os dados de massa seca de cabeça dessa análise, não entraram no cálculo de produtividade.

3.10 Análise de Produção

3.10.1 Consórcio e Monocultivo do Milho

Para análise da produção cada parcela foi dividida em 5 subparcelas. De cada subparcela foram retiradas, de forma aleatória, 10 espigas de milho, totalizando 50 espigas por parcela. Foram avaliados os seguintes parâmetros: comprimento de espiga, diâmetro de espiga, peso da

espiga despalhada, peso do sabuco, peso de 1000 grãos, número de filas de grãos por espiga e peso hectolitro dos grãos por subparcela e Produtividade total.

Como no período de colheita do milho estava chovendo, todas as análises foram realizadas após a umidade do milho ficar próximo de 13 %, dessa maneira as espigas foram armazenadas em um galpão por duas semanas.

3.10.2 Repolho

Repetiu-se o procedimento de coleta amostral realizado no cultivo do milho, totalizando 50 cabeças por parcela. Foram avaliados os seguintes parâmetros: Diâmetro vertical da cabeça (DVC) e diâmetro horizontal da cabeça (DHC), medidos por meio de régua; peso da cabeça (PC), medido com balança de precisão, com 0,00 g de resolução; volume da cabeça (VC), medido por deslocamento de água em um recipiente graduado; índice de compactidade, medido pela razão de PC e VC; e produtividade total (PT), medido pela multiplicação do peso médio e o número de plantas ha⁻¹.

3.11 Eficiência do uso da água

Eficiência do uso da água (EUA) foi estimada para a cultura do milho e do repolho com base na relação da produção total (kg ha⁻¹) e da água de irrigação aplicada (mm), Equação 9.

$$EUA = \left(\frac{\frac{\text{Produtividade (kg.ha}^{-1}\text{)}}{\text{Lâmina aplicada (mm)}}}{10} \right)$$

(9)

Para o cálculo da EUA foram consideradas três situações, sendo a primeira analisando a produção apenas pela lâmina aplicada na irrigação, a segunda situação analisando a produção pela lâmina total aplicada (irrigação + precipitação total), e a terceira analisando a produção pela ETc registradas nos lisímetros.

3.12 Análise estatística

Para analisar os dados de desenvolvimento e de produção foi utilizado o software estatístico Sisvar 5.6, sendo utilizado o teste de médias Tukey a 5% de probabilidade para todas as análises.

4.1 Calibração dos lisímetros de pesagem

As equações de calibração são apresentadas nas Figuras 5 e 6, e foram obtidas por meio da calibração realizada dia 16/03/2015 seguindo o proposto por Campeche (2002). O modelo linear descreveu adequadamente a relação entre a resposta da célula de carga em mV e a massa correspondente em kg, tendo em vista o alto coeficiente de determinação de 0,99 para os dois lisímetros. Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Souza et al. (2012) e Carvalho et al. (2007), ambos trabalhando nos mesmos lisímetros utilizados nesse trabalho.

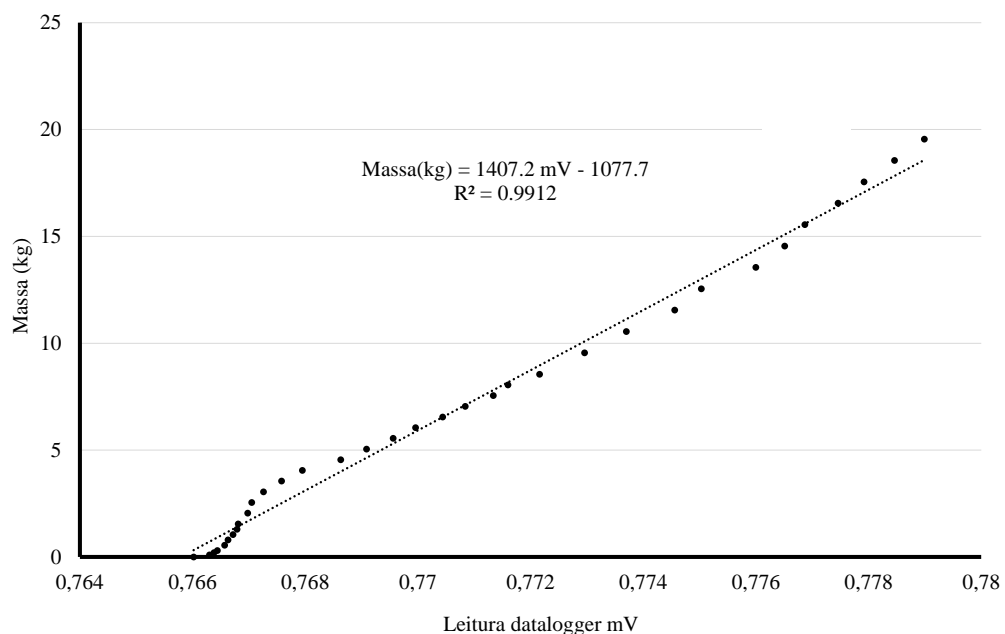


Figura 5. Gráfico do modelo linear de calibração do lisímetro utilizado no consórcio de milho com feijão cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ

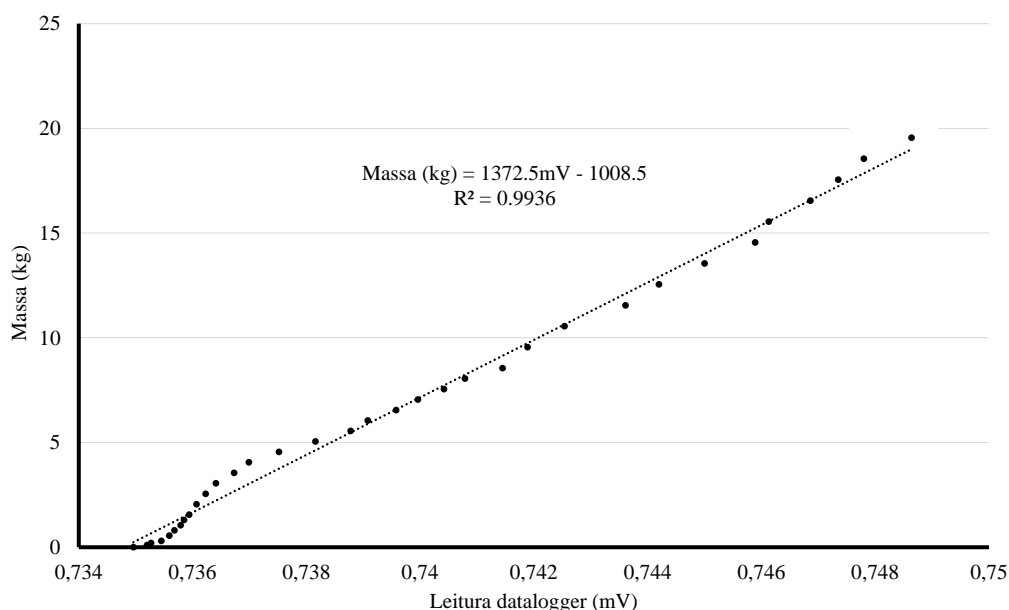


Figura 6. Gráfico do modelo linear de calibração do lisímetro utilizado no monocultivo de milho cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.

4.2 Primeiro Ciclo: Milho Monocultivo e Consorciado com Feijão

4.2.1 Dados climáticos

Nas Figuras 7, 8 e 9 podem ser observadas as variações dos principais elementos meteorológico durante todo o ciclo de produção. A temperatura média variou entre 18,4 °C e 29,1 °C, com média durante todo ciclo de 24,1 °C. Esse valor é considerado adequado para o plantio de milho safrinha (PEREIRA FILHO et al., 2010). Os eventos extremos das temperaturas máxima e mínima em todo o ciclo foram de 35,0 °C e 14,4 °C, registrada aos 33 e 58 DAP, respectivamente.

A radiação solar apresentou medidas variando de 2,28 e 21,04 MJ m⁻², sendo que os valores baixos correspondem a dias nublados ou com precipitações (Figura 6).

A umidade relativa apresentou valores médios diários entre 51,8 e 99,7 %, sendo a média absoluta durante o ciclo do milho em torno de 80,2 % (Figura 7). Em 34 dos 99 dias do ciclo, foram registradas precipitações diárias com valores variando entre 0,2 e 18 mm, totalizando uma precipitação de 139,6 mm.

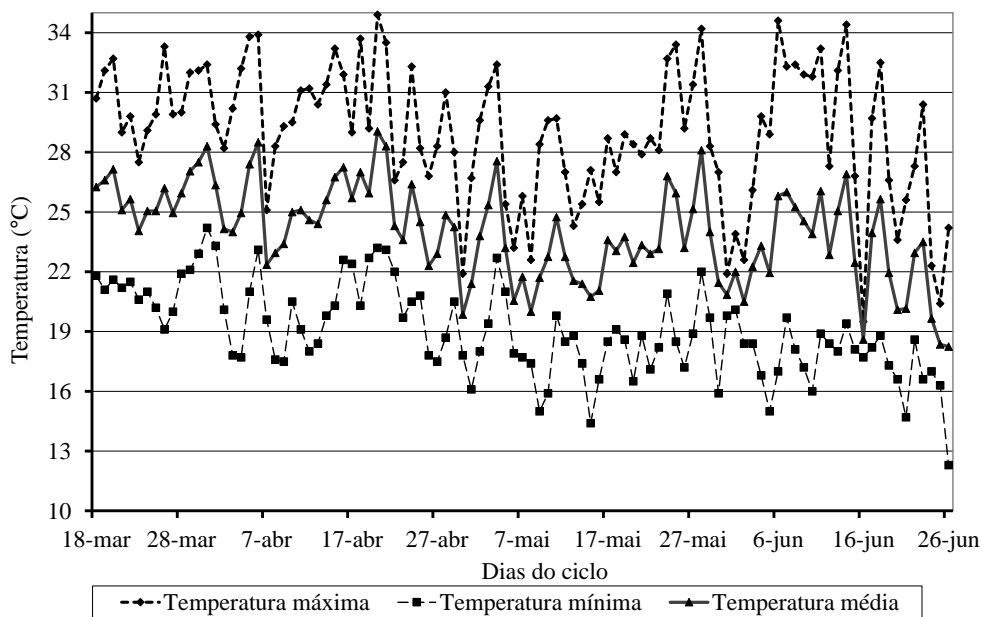


Figura 7. Gráfico dos dados diários de temperaturas máxima, mínimas e médias medidas pela estação meteorológica do SIPA em Seropédica-RJ, durante todo o ciclo do milho.

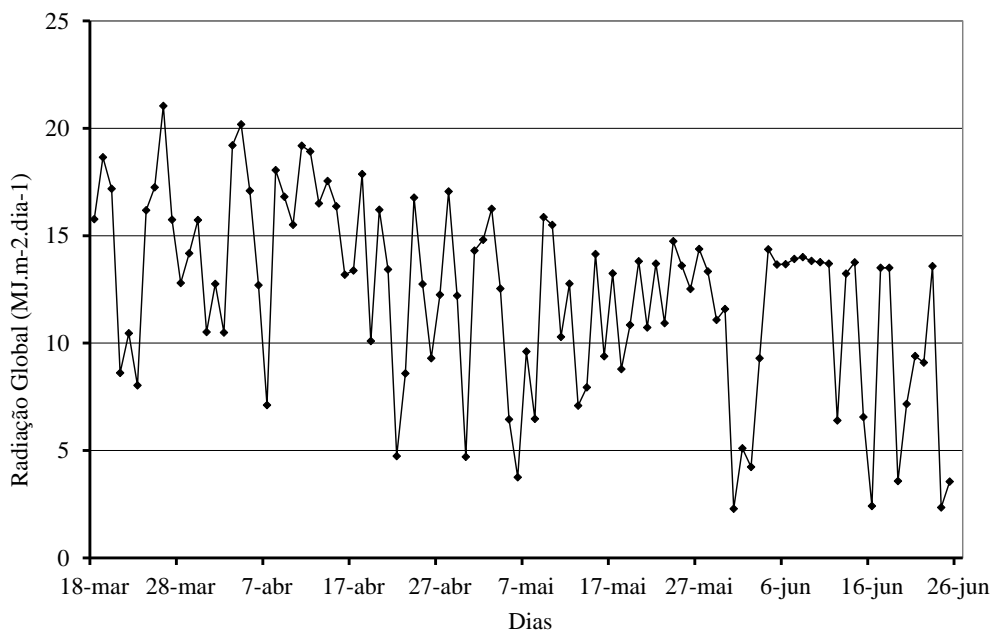


Figura 8. Gráfico dos dados diários de Radiação Global medidos pela estação meteorológica do SIPA, durante todo o ciclo do milho.

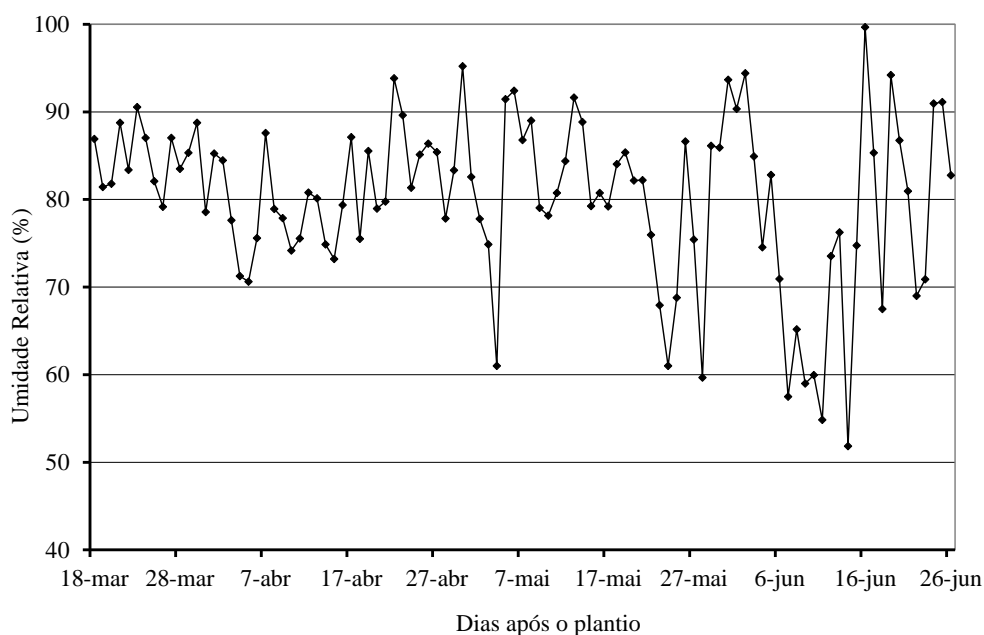


Figura 9. Gráfico dos dados diários de Umidade relativa média medidos pela estação meteorológica do SIPA, durante todo o ciclo do milho.

Na Tabela 4 são apresentados as médias quinzenais dos dados de temperatura (máxima, mínima e média), umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar, durante o todo o ciclo do milho, sendo que a precipitação e irrigação apresentadas de forma acumulada quinzenalmente.

Pela tabela é possível observar a incidência de chuva na última quinzena do ciclo, totalizando 36,35 mm. Essa precipitação ocorreu após o 88º DAP, ou seja, após a última irrigação estipulada para o ciclo da cultura, isso acarretou um acréscimo da lâmina total aplicada.

Tabela 4. Médias quinzenais de dos dados de Temperatura Máxima (Temp. Máx), Temperatura Mínima (Temp. Mín.), Temperatura Média (Temp. Méd), Umidade Relativa (UR), Velocidade do Vento (VV) e Radiação Solar (RS), e o acumulado de Precipitação (Precip.) medidos pela estação meteorológica do SIPA durante todo o ciclo do milho.

	TEMP. MÁX. (°C)	TEMP. MÍN. (°C)	TEMP. MÉD. (°C)	UMID.REL (%)	VV (m/s)	RS (MJ/m ²)	PREC. (mm)
18- 31 MAR	30,75	21,37	26,06	84,59	1,28	14,44	42,00
01 -15ABR	30,48	19,59	25,03	77,86	1,30	15,90	12,82
16 - 30 ABR	29,52	20,64	25,08	84,29	1,35	12,17	16,54
01 - 15 MAI	27,23	18,00	22,62	82,53	1,24	11,19	24,93
16 - 31MAI	28,83	18,52	23,68	78,43	1,26	11,56	2,56
01 - 15 JUN	29,87	17,97	23,92	71,38	1,52	11,30	4,43
16 - 25 JUN	25,79	17,18	21,485	83,64	1,45	7,81	36,35

4.2.2 Estimativa da E_{Tc}, E_{To} e K_c

Pelas condições ambientais, o ciclo da cultura foi de 99 dias para os dois tratamentos, sendo que o milho consorciado teve consumo total de água de 314,9 mm e consumo médio de 3,18 mm dia⁻¹; o milho solteiro apresentou consumo total é médio de 292,1 e 2,92 mm dia⁻¹, respectivamente. Trabalhando com lisímetros de pesagem em Mossoró-RN, SANTOS et al. (2015) encontraram um consumo total de água de 300,5 mm para o milho híbrido AG 1051, durante 77 dias de ciclo. Avaliando o milho cultivar “Eldorado” usando lisímetros de pesagem em Seropédica-RJ, SOUZA et al. (2012) encontraram um consumo total de água para o monocultivo de 394 mm (ciclo de 115 dias). Em cultivo consorciado com mucuna-cinza (*Mucuna cinereum*), com duração do ciclo de 121 dias, o consumo total foi de 437 mm, sendo que a mucuna-cinza foi plantada nos 40 dias finais do ciclo.

O consórcio consumiu mais água que o monocultivo até o 47 DAP (Figura 10), sendo que após o corte do feijão-de-porco o consumo de água diminuiu no consórcio devido a diminuição do número de plantas que cobria o lisímetro. Após o desbaste, nota-se que o

monocultivo igualou o consumo de água ao do consórcio, sendo que apenas no final do ciclo o milho com consórcio voltou a consumir mais água. Essa variação de consumo de água no consórcio pode ser explicada devido à competição que o feijão gerou com o milho, o que acabou retardado um pouco o crescimento da planta do milho, porém não afetando o desenvolvimento da cultura.

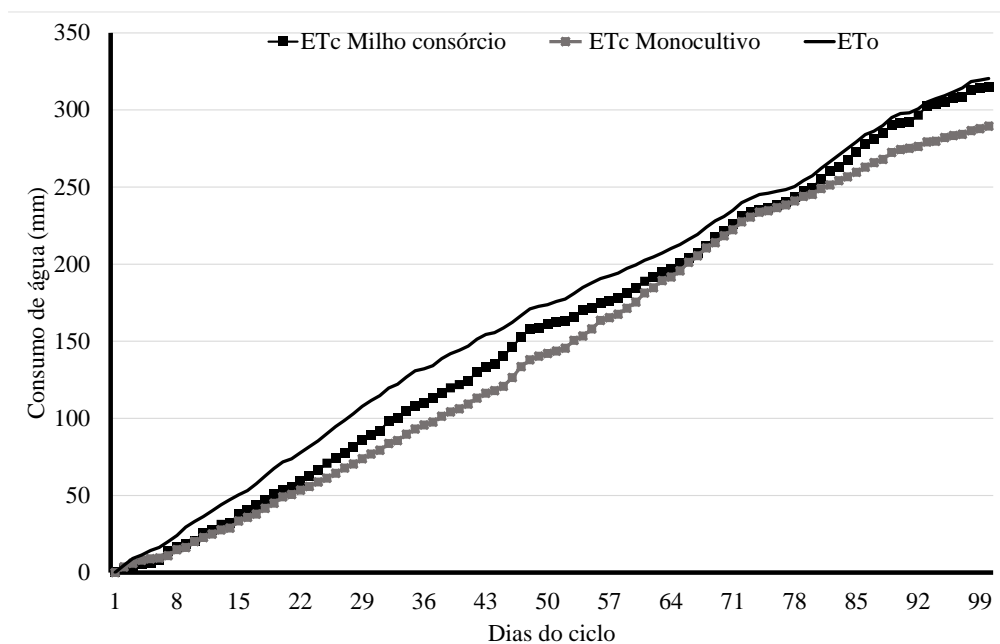


Figura 10. Gráfico do somatório diário da ETo e da ETC do consórcio de milho com feijão-de-porco e do monocultivo de milho, situados na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período compreendendo de 18 de março a 26 de junho de 2015.

Os valores de Kc diário, semanal e o Kc médio das fases fenológicas, são apresentados nas Figuras 11 e 12, tanto do monocultivo quanto do consorciado. O maior consumo de água ocorreu no 3º estágio da cultura onde a área foliar atingiu de 85 a 95% do valor máximo. Os sistemas monocultivo e consórcio começaram a apresentar um decréscimo no consumo hídrico na 10ª semana do ciclo. Na 12ª semana, o aumento na evapotranspiração pode ser atribuído à incidência de chuva na região, o que acarretou um aumento da taxa evaporativa do solo.

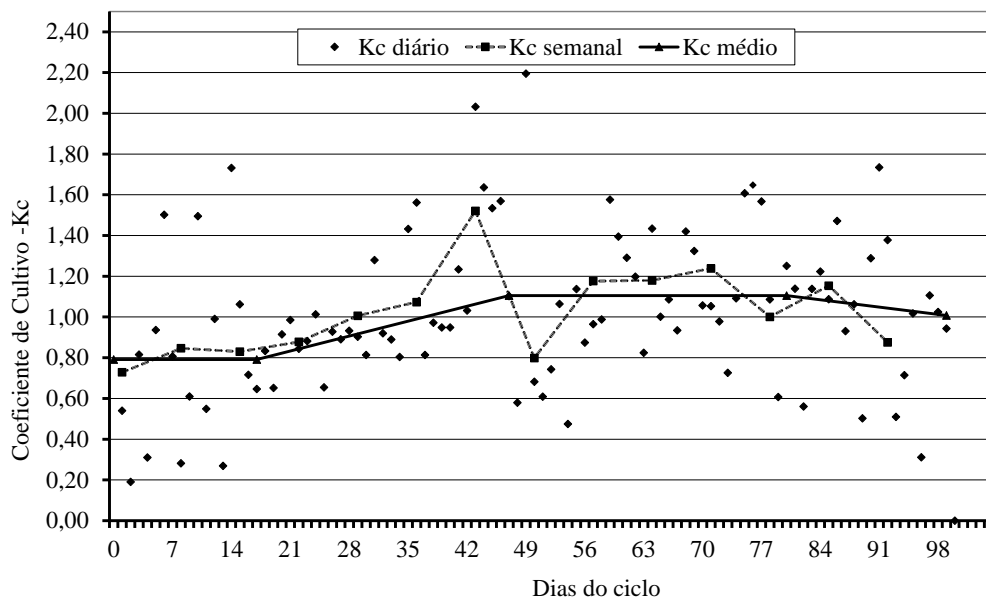


Figura 11. Gráfico dos coeficientes de cultivo diário, semanal e médio do consórcio Milho Caatingueiro com Feijão-de-porco cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período de 18 de março a 26 de junho de 2015.

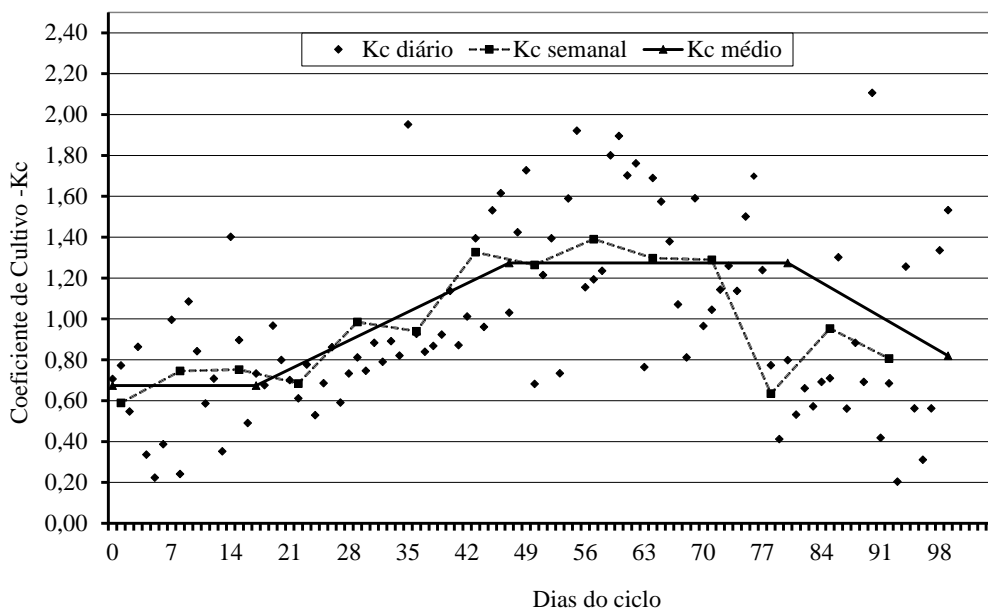


Figura 12. Gráficos dos coeficientes de cultivo diário, semanal e médio do monocultivo do Milho Caatingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período de 18 de março a 26 de junho de 2015.

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios de Kc, obtidos pelos lisímetros, o Kc FAO tabelado e o Kc FAO ajustado (ALLEN et al., 1998), para as distintas fases fenológicas. Os Kc's do monocultivo são próximos dos sugeridos pela FAO nas fases I e III, apresentando expressiva diferença, no entanto, apenas na fase IV. O Kc de 1,27 encontrado na fase III é próximo ao obtido por CASEIRO et al. (1998), que cultivando milho no período de outono-

inverno, encontraram valores médios de Kc na fase III, de 1,50 e 1,28. O Kc do consórcio é menor que os demais apenas na fase III, pois no início dessa fase ocorreu o corte do feijão-deporco, reduzindo o número de plantas que cobria o lisímetro e, como consequência, o consumo de água. Porém, os valores de Kc do cultivo consorciado ficaram próximos aos Kc FAO ajustados. O aumento da demanda de água no milho consorciado foi observado por SANS et al. (2007) estudando o milho consorciado com capim braquiária e com feijão. SOUZA et al. (2012) também constataram aumento do consumo em consórcio de milho com mucuna-cinza, mas neste caso, o consórcio foi empregado nos 40 dias finais do experimento.

Tabela 5. Coeficiente de cultivo encontrado pelo lisímetro para o consórcio de milho catingueiro com feijão-de-porco e para o monocultivo de milho Caatingueiro . Coeficiente de cultivo para milho grão tabelado (Kc FAO) e coeficiente de cultivo ajustado (Kc FAO Ajustado)

Medições	Fase			
	I	II	III	IV
Kc consórcio	0,79	1,06	1,10	1,01
Kc monocultivo	0,67	0,92	1,27	0,81
Kc FAO	0,7	-	1,2	0,6
Kc FAO ajustado	0,818	1,01	1,122	0,546

CARVALHO et al., (2006a) encontraram Kc de milho variando de 0,57 a 0,71, para a fase I; de 0,9 a 1,12, para a fase III e de 0,63 a 0,86, para a fase IV em um trabalho que estimava a demanda de irrigação suplementar para a cultura do milho no inverno, no Estado do Rio de Janeiro, valores semelhantes ao encontrado no monocultivo deste trabalho. SOUZA et al. (2012), utilizando os mesmos lisímetros deste trabalho, encontraram valores de Kc do milho irrigado por aspersão de 0,76; 0,82; 1,04 e 0,58 para as fases I, II, III e IV respectivamente. Esses valores foram diferentes ao encontrado nesse trabalho para monocultivo. Essa diferença pode ser atribuída a época de plantio e cultivar de milho utilizada nos dois experimentos, evidenciando que é necessário realizar estudo de necessidade hídrica nas diferentes épocas do ano e das diferentes cultivares.

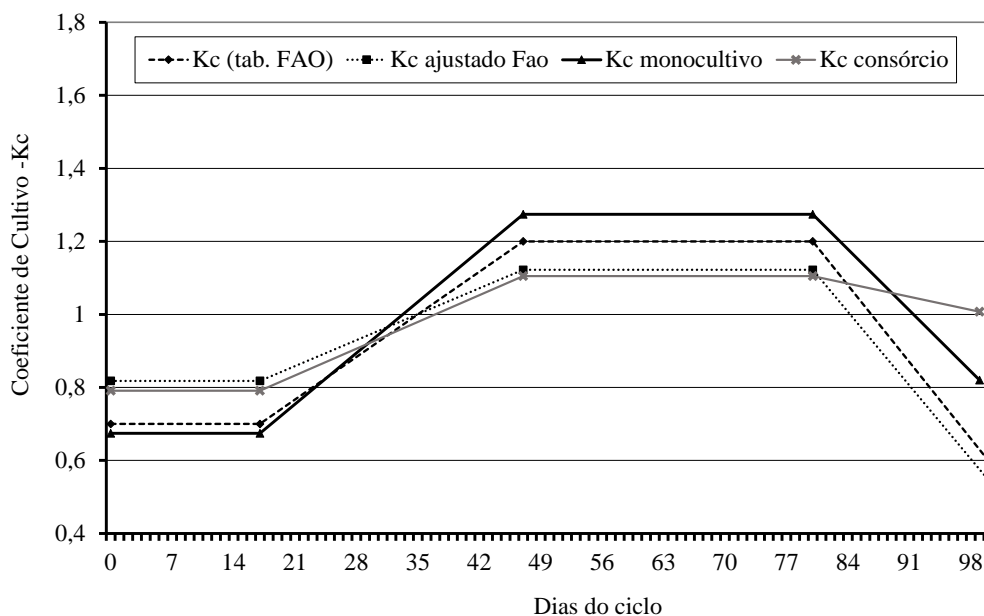


Figura 13. Gráfico das curvas de Kc para o consórcio de milho catingueiro com feijão-de-porco e para o monocultivo de milho catingueiro obtidas pelos lisímetros, pelo FAO tabelado e pelo Kc FAO ajustado.

Nas condições edafoclimáticas desse estudo, o consórcio gerou uma pequena competição com o milho, porém sem afetar o ciclo da cultura. Para diminuir o efeito da competição, torna-se necessário a realização de estudos de milho consorciado com feijão-de-porco, avaliando o Kc para diferentes datas de entrada do plantio da leguminosa, tendo em vista a diferença observada com os resultados de SOUZA et al. (2012).

4.2.3 Graus dia acumulados

O acúmulo térmico requerido pelo milho da fase semeadura-emergência foi de 65,1 GD com duração de 4 dias. Para atingir a fase de pendramento (floração), o acúmulo térmico do milho foi de 734,7 GD, sendo que o período emergência-pendramento (E-P) foi de 44 dias. Carvalho et al. (2004) encontrou um GD acumulado de 702 GD para o milho com duração entre 41 e 55 dias. A fase de pendramento-maturação teve um acumulado de 425,75 GD em 32 dias. Para a fase maturação-colheita, o total acumulado foi de 256, GD em um período de 20 dias. O

somatório total de graus dias para o milho nesse trabalho foi de 1416,5 GD em 99 dias de ciclo, Figura 14.

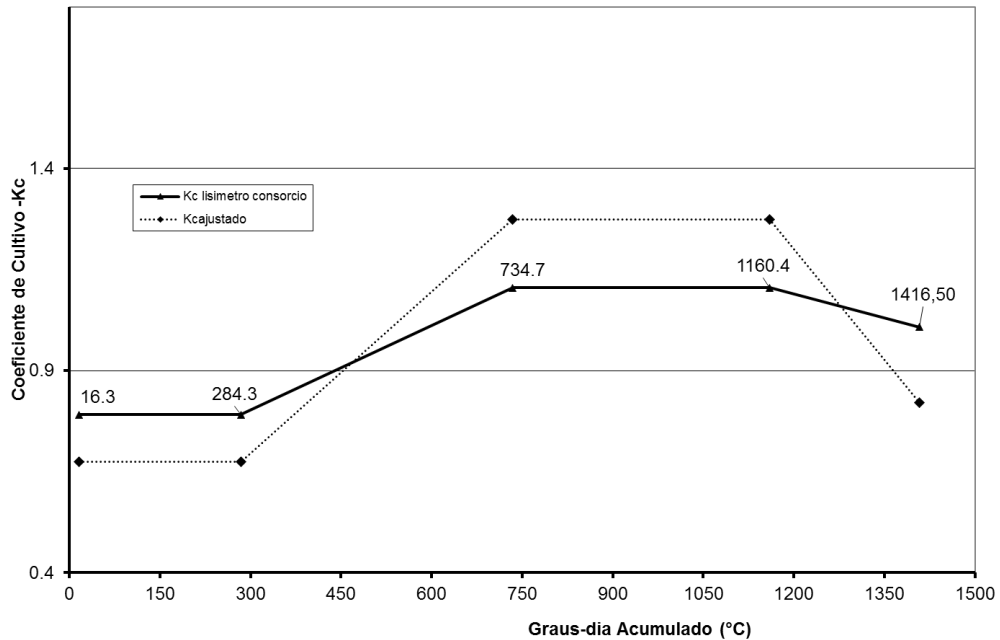


Figura 14. Gráficos de Graus-Dias Acumulado para o ciclo do milho catingueiro cultivado no período de 18 de março a 26 de junho de 2015 na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.

4.2.4 Área Foliar

Os resultados obtidos para elaboração do modelo de medida de área foliar estão apresentados na Figura 15, sendo que a equação encontrada apresentou coeficiente de determinação de 0,9353. Esse valor de coeficiente é menor do que o encontrado por RAMOS et al. (2015), que encontraram um $R^2 = 0,997$, onde também ajustaram um modelo de estimativa da área foliar do milho a partir de medidas lineares das folhas.

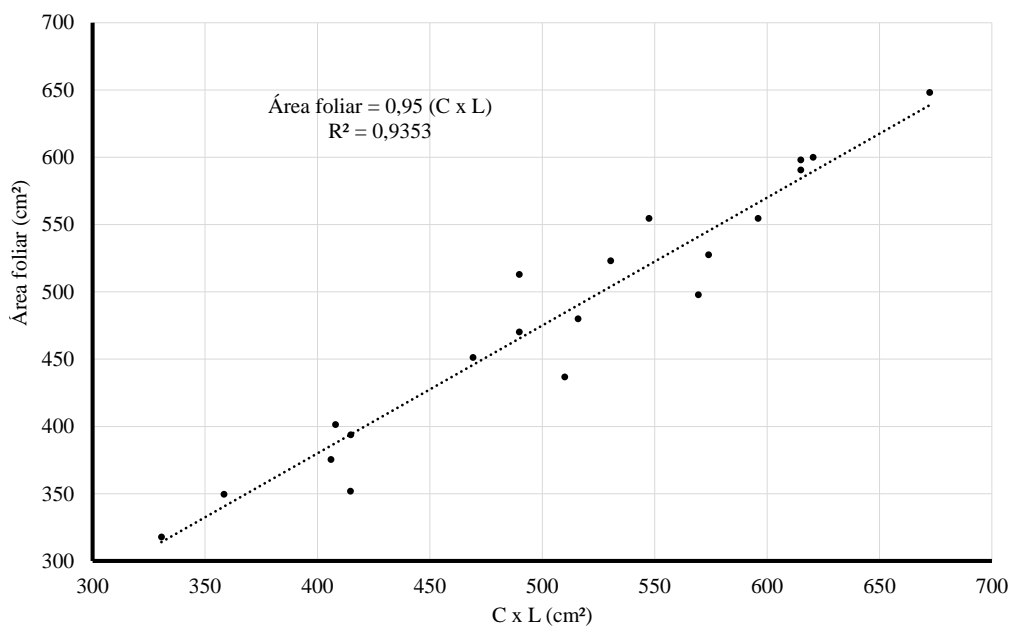


Figura 15. Gráfico do modelo para estimativa de área foliar do milho Caatingueiro através de medida lineares do limbo foliar, desenvolvido na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.

Foi gerada a equação de $AF = 0,95 (C \times L)$, sendo essa equação empregada para a determinação da área foliar total do milho caatingueiro em todas as medições. Os gráficos gerados para comparação entre áreas foliar nas parcelas são avaliadas nas Figuras 16, 17 e 18.

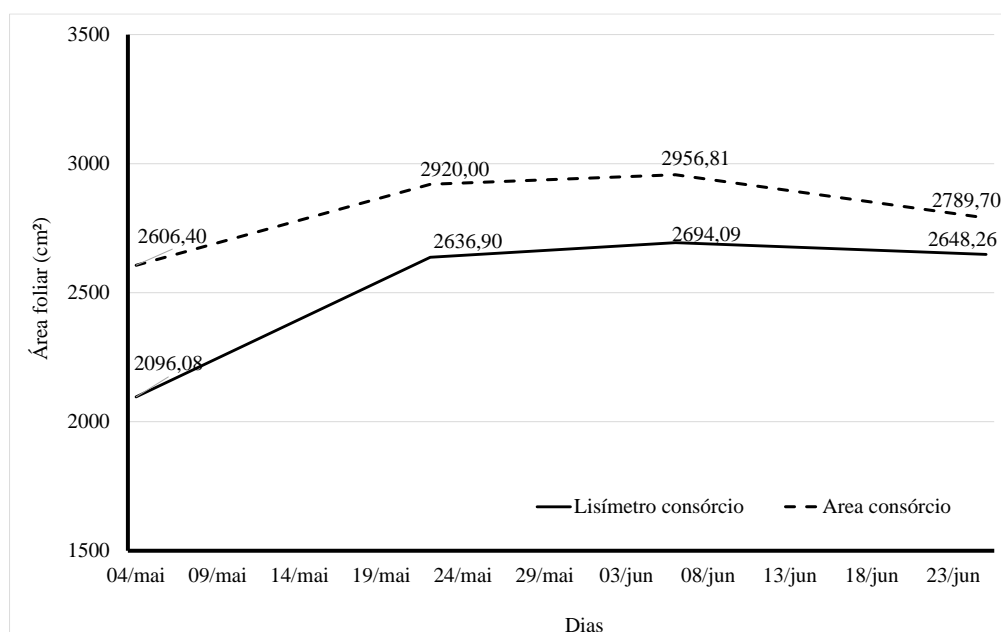


Figura 16. Gráfico do comportamento da área foliar no lisímetro e na parcela do consórcio de milho caatingueiro com feijão-de-porco cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.

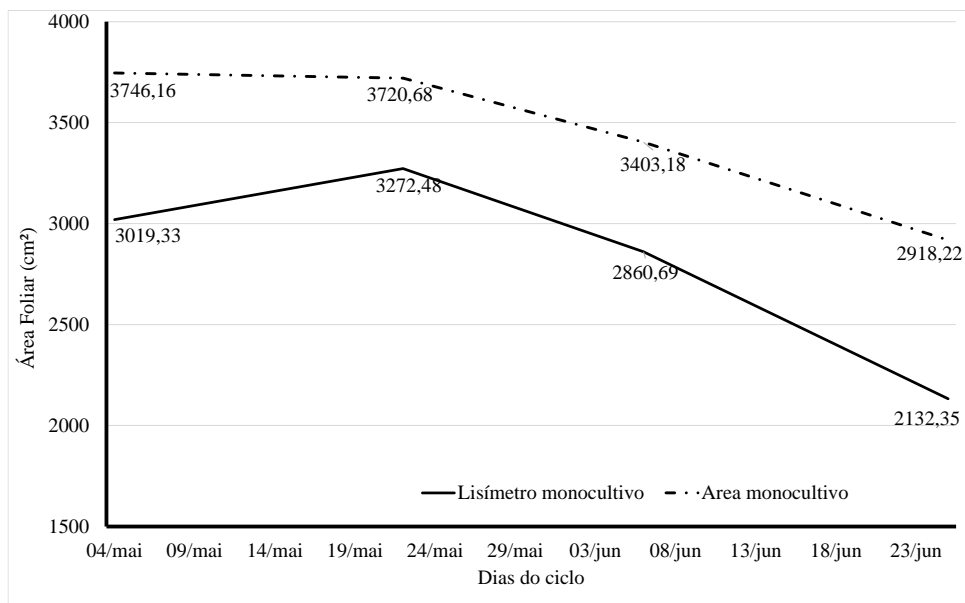


Figura 17. Gráfico do comportamento da área foliar no lisímetro e na parcela do monocultivo de milho caatingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.

Nota-se que os dados médios da parcela tem o mesmo comportamento e são próximos aos medidos nos lisímetros. As diferenças maiores foram nos dia 04/05 e 06/06, isso devido as realizações das medições destrutiva da amostra, acarretando uma maior exatidão na análise de área foliar.

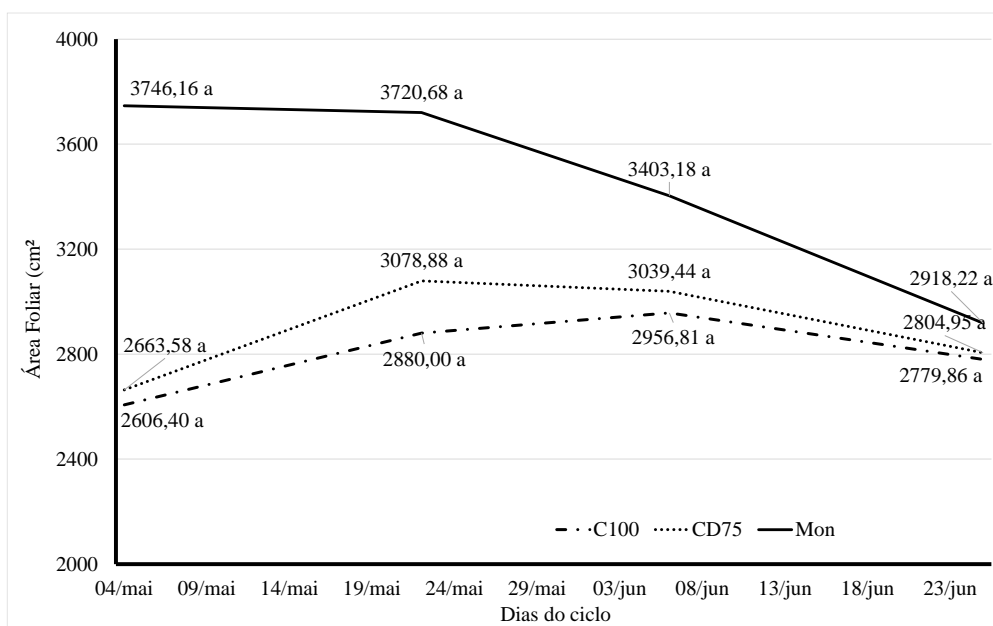


Figura 18. Gráfico da área foliar ao longo do ciclo do milho Caatingueiro nas parcelas C100, CD75 e Mon cultivadas na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ. (Médias na coluna seguidas de mesmas letras não se diferem no teste de Tukey a 5% de significância.)

O comportamento da área foliar nas três parcelas ao longo do ciclo e representado na Figura 18. Na primeira e segunda medições, o monocultivo (Mon) apresentou altura quase constante, com médias variando de 3746,2 cm² a 3720,68 cm² indicando que a planta já havia atingido seu ápice de desenvolvimento. Nas parcelas com consórcios (C100 e CD75), nota-se um crescimento entre a primeira e segunda medição, isso sugere que o feijão-de-porco exercia uma competição com o milho, e após a retirada do feijão a planta do milho desenvolveu mais. Na terceira e quarta medições foram constatados uma diminuição de área foliar do monocultivo (3403,18 cm² e 2840,77 cm²), essa queda justifica a diminuição do consumo de água do monocultivo no final do ciclo. Na terceira medição foi notado um aumento da área foliar do milho da parcela C100 (2956,81 cm²), mesmo a planta estando em estágio de maturação ainda houve um crescimento vegetativo, isso explica o aumento de consumo de água no final do ciclo em relação ao Monocultivo.

Na Tabela 6 são apresentados dados de área foliar média do feijão-de-porco nas parcelas C100 e CD75, onde não diferiram estatisticamente a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Área foliar do feijão-de-porco consorciado com milho Caatingueiro nas parcelas C100 e CD75 cultivados na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.

	C100	CD75
Área foliar feijão (cm ²)	2887.47 a	2519.45 a

Médias seguidas de mesma letra não se diferem no teste de Tukey a 5% de significância

Embora tenha sofrido um déficit na irrigação, o feijão-de-porco da parcela CD75 não apresentou diferenças estatísticas ao da parcela C100, que pode ter sido ocasionado pela incidência de chuva no período de cultivo do feijão.

4.2.5 Altura da planta

Os dados médios de altura (Figura 19) têm comportamento semelhantes aos observados na análise de área foliar, visto que na terceira medição foi observada uma diminuição na altura das plantas do Monocultivo sendo que não houve diferença considerável entre a terceira e quarta medições, 177,6 m e 180,4 m respectivamente. Esses resultados do Monocultivo condizem com a altura média encontrada por CARVALHO et al. (2004) (Tabela 1).

As parcelas C100 e CD75 apresentaram crescimento até a terceira medição, tendo as alturas médias para o consórcio com irrigação plena e consórcio com déficit de 146 e 175 m, respectivamente. Evidenciando que mesmo em época de maturação a planta ainda apresentou crescimento vegetativo.

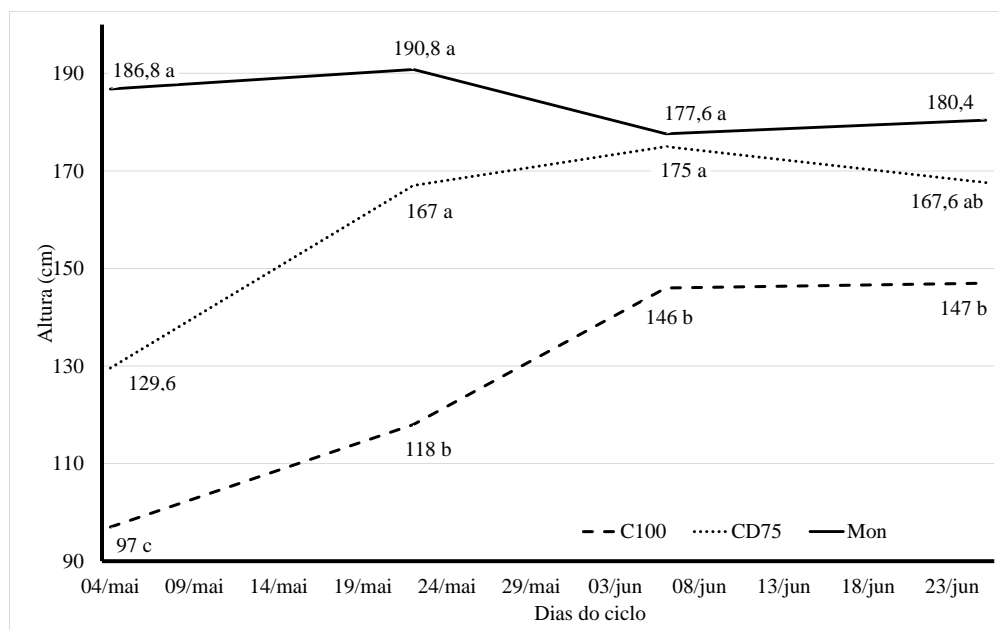


Figura 19. Gráfico da altura das plantas de milho ao longo do ciclo do milho Caatingueiro nas parcelas C100, C75 e Mon cultivadas na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ. Médias nas colunas seguidas de mesmas letras não se diferem no teste de Tukey a 5% de significância.

Nas análises estatísticas foram constatadas diferenças entre as plantas do Mon e as plantas do C100 em todas medições. Essa diferença ocorreu devido a competição gerada pelo feijão-de-porco no início do ciclo do milho C100. Na parcela CD75 essa competição foi evidenciada apenas na primeira medição sendo que nas outras 3 medições não existiu diferenças estatística entre as parcelas CD75 e Mon

Na Tabela 7 são apresentadas as alturas de inserção espiga e a quantidade de espiga por planta. Onde observa-se que o C100 apresentou uma menor altura de inserção de espiga em relação ao Mon. As alturas de inserção de espiga média de todas as parcelas são superiores às indicada por CARVALHO et al. (2004), onde a altura variou de 0,7 a 0,9 m. O número médio de espiga por planta não apresentou diferença estatística entre as parcelas.

Tabela 7. Médias de altura de espiga e de número de espiga por planta de milho catingueiro cultivado nas parcelas C100, Mon, CD75 no SIPA em Seropédica-RJ

	Altura de inserção espiga	Espiga por planta
Monocultivo	146.8 a	1.2 a
C100	107.4 b	1.4 a
CD75	132 ab	1 a
CV %	11.60	34.5

Médias seguidas de mesmas letras não se diferem no teste de Tukey a 5% de significância.

4.2.6 Análise de produção

Os dados de análise nas espigas estão apresentados na Tabela 8, sendo possível constatar que não existiu diferença significativa entre as parcelas avaliadas.

Tabela 8. Médias de Peso de espiga, Peso de Sabugo, Peso Grão por espiga, Diâmetro maior da espiga, Tamanho de espiga e número de filas de grãos na espiga. do milho catingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ

	Peso espiga (g)	Peso sabugo (g)	Peso grão (g)	Diâmetro (cm)	Tamanho (cm)	Número de filas (espiga)
C100	118,49 a	19,39a	99,10a	43,40a	15,30a	12,38 a
CD75	103,40 a	16,82a	86,58a	42,07a	13,95a	12,06 a
Mon	119,95 a	19,03a	100,92a	43,96a	14,71a	12,76 a
Média	113,95	18,41	95,54	43,14	14,65	12,40
CV %	11,01	13,76	10,65	3,66	5,62	4,98

Médias seguidas de mesmas letras não se diferem no teste de Tukey a 5% de significância.

A parcela C100 apresentou a maior média de produtividade de grãos (6,9 Mg ha⁻¹) (Tabela 9), fato associado diretamente com o número médio de espiga da planta (Tabela 7). O Monocultivo apresentou semelhança estatística com o C100, tendo uma produtividade em torno de 6,1 t ha⁻¹. A menor produtividade foi do CD75, indicando que o milho Caatingueiro, embora resistente a déficit hídrico, tem melhores resposta de produção em condições de maior umidade do solo. Os dados de produção são superiores aos encontrado por SOUZA et al. (2011), que obtiveram maior consumo de água e menor produção, tanto para milho Caatingueiro, quanto

para o consórcio de milho Caatingueiro e feijão-caupi. A produtividade ainda foi superior aos resultados reportados por CARVALHO et al. (2004), em estudo do milho Caatingueiro em diferentes regiões do Semiárido do Nordeste (produção média de 4,1 Mg ha⁻¹). A produção total foi superior à média nacional esperada para o Caatingueiro, que é de 3,3 Mg ha⁻¹ (CRUZ et al., 2006).

Na análise de peso de 1000 grãos e peso hectolitro, não foram constatadas diferenças estatísticas entre as parcelas.

Tabela 9. Médias de Produtividade total, de Peso de 1000 grãos e Peso Hectolitro do milho catingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ

	Produtividade Grãos (kg/ha)	Peso 1000 grãos (g)	Peso hectolitro (g/L)
C100	6937,17 a	294,5 a	726,50 a
Mon	6055,34 a	307,2 a	741,22 a
CD75	4328,91 b	281,8 a	728,14 a
Média	5757,68	294,5	731,95
CV 100%	10,64	8,12	2,78

Médias seguidas de mesmas letras não se diferem no teste de Tukey a 5% de significância.

4.2.7 Eficiência no Uso da Água

A Tabela 10 apresenta os dados de quantidade água consumida e de produção necessários para o cálculo da eficiência, com isso os resultados de EUA são apresentados na Tabela 11.

Tabela 10. Média da Produtividade, Evapotranspiração total da parcela ETC, Lâmina aplicada, Precipitação e Lâmina total aplicada no ciclo do milho catingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ

	Produtividade Grãos kg ha⁻¹	ETC mm	Lâmina aplicada (mm)	Precipitação (mm)	Lâmina total (mm)
C100	6.937,2	314,9	209,6	139,6	349,3
Mon	6.055,3	292,1	197,4	139,6	330,0
CD75	4.328,9	-	157,6	139,6	296,9

Tabela 11. Médias de EUA analisando a Produção pela irrigação, a Produção pela lâmina total e a produção pela ETc, do milho catingueiro cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ

Eficiência do Uso da Água			
EUA=	Produção/Irrig. kg m ⁻³	Produção/I +P. kg m ⁻³	Produção/ETC kg m ⁻³
C100	3,31 a	1,99 a	2,20 a
Mon	3,07 ab	1,83 a	2,07 a
CD75	2,75 b	1,45 b	-

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si no teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados de EUA quando observa só irrigação, mostra que a parcela C100 teve uma melhor eficiência em relação ao CD75, assim como o Mon que teve média de 3,07 kg.m⁻³. Para lâmina total aplicada, as parcelas C100 e do Monocultivo tem resultados estatisticamente semelhantes, enquanto a parcela CD75 apresentou uma menor eficiência que as demais, evidenciando que o déficit hídrico acarreta perda de produção proporcionalmente maior que a redução no volume de água aplicada. Os resultados são superiores ao encontrado por Souza et al. (2011).

Para os resultados observados de EUA em relação a ETc, nota-se que as parcelas C100 e Monocultivo tiveram eficiências similares que não diferiram estatisticamente.

4.3 Repolho

4.3.1 Dados climáticos

Nas Figuras 20, 21 e 22 podem ser observadas as variações dos principais elementos meteorológicos durante todo o ciclo de produção da cultura do repolho. A temperatura média variou entre 17,3 °C e 32,3 °C, com um valor médio durante todo ciclo de 24,2 °C, superior ao limite adequado de 15 a 20°C (FILGUEIRA, 2007). As temperaturas máxima e mínima durante o ciclo tiveram extremos de 40,9 °C a 14,4 °C, valores registrados respectivamente aos 90 e 27 dias após o plantio.

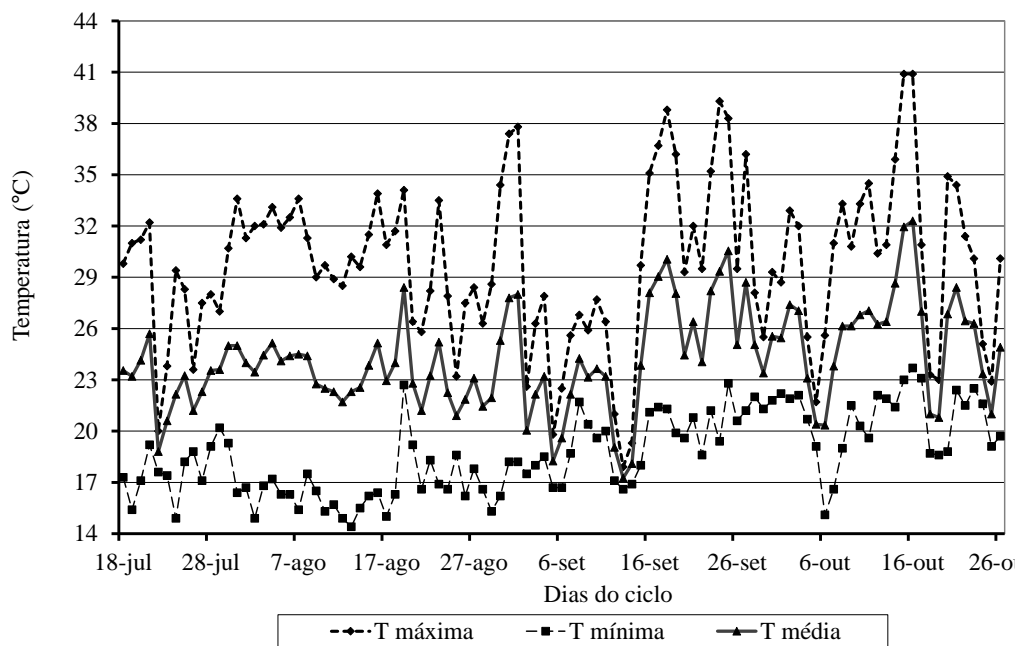


Figura 20. Gráficos dos dados diários de temperaturas máxima, mínimas e médias medidas pela estação meteorológica do SIPA em Seropédica-RJ, durante todo o ciclo do repolho.

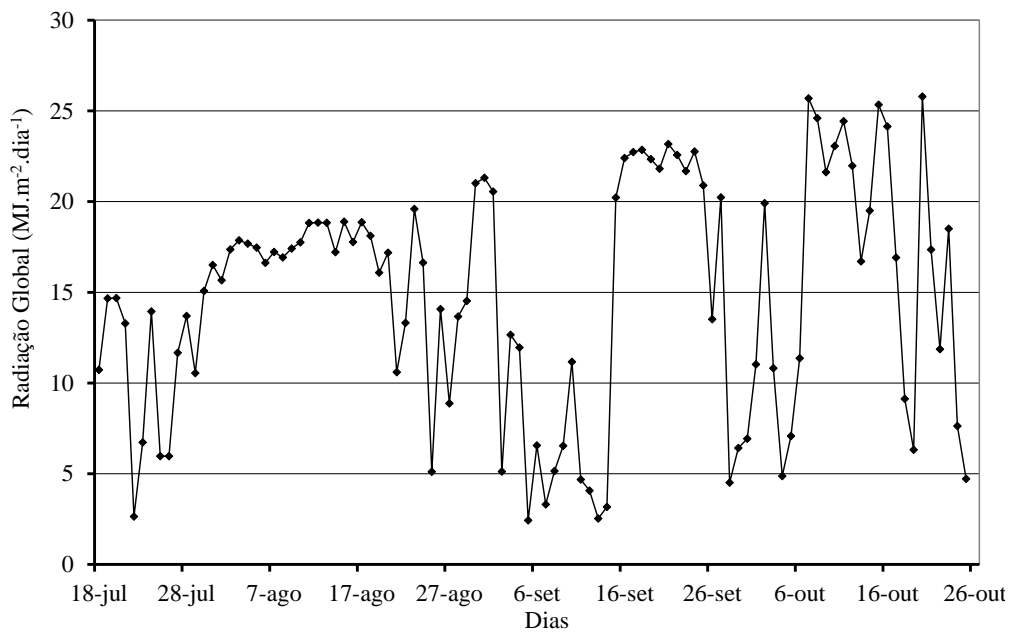


Figura 21. Gráfico dos dados diários de Radiação Global medidos pela estação meteorológica do SIPA em Seropédica-RJ, durante todo o ciclo do repolho.

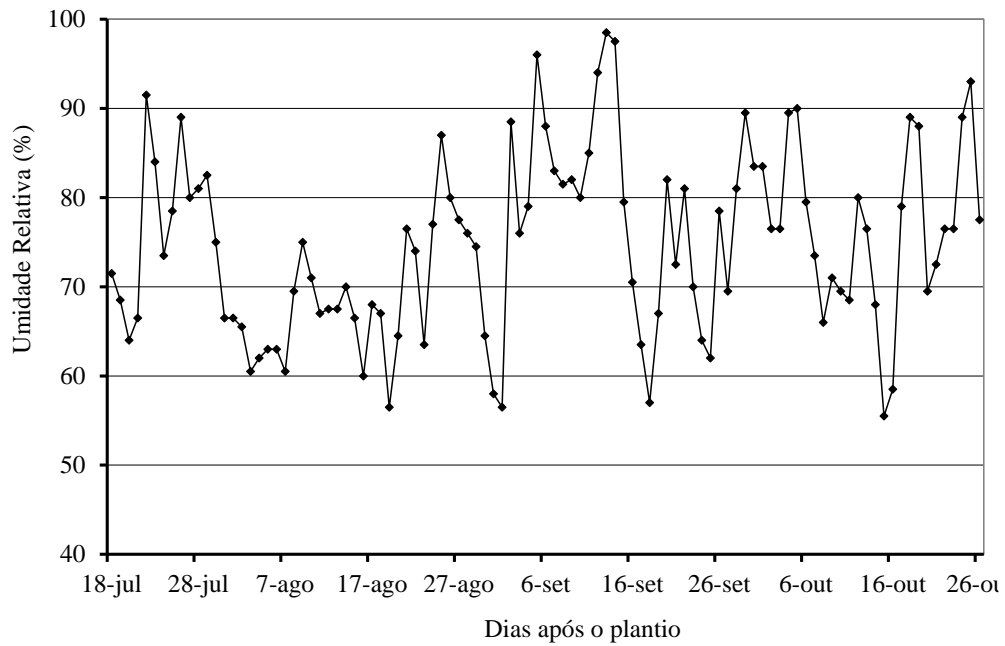


Figura 22. Gráfico dos dados diários de Umidade Relativa média medidos pela estação meteorológica do SIPA em Seropédica-RJ, durante todo o ciclo do repolho.

A radiação solar apresentou medidas variando de 2,42 e 25,78 MJ m⁻², sendo que os valores baixos correspondem a dias nublados ou com precipitações. A umidade relativa apresentou valores médios diários entre 55,5 e 98,5 %, sendo que a média absoluta durante o ciclo foi de 74,64%. Em 32 dos 101 dias ciclo do repolho, foram registradas precipitações com valores variando entre 0,2 e 30,75 mm, totalizando uma precipitação total de 141,90 mm. A Tabela 12 apresenta a média dos dados a cada quinzena do mês, sendo que a precipitação é a acumulada no período.

Tabela 12. Médias quinzenais de dos dados de Temperatura Máxima (Temp. Máx), Temperatura Mínima (Temp. Mín.), Temperatura Média (Temp. Méd), Umidade Relativa (UR), Velocidade do Vento (VV) e Radiação Solar (RS), e o acumulado de Precipitação (Precip.) e Irrigação (Irrig.) medidos pela estação meteorológica do SIPA durante todo o ciclo do repolho

	TEMP. MÁX. (°C)	TEMP. MÍN. (°C)	TEMP. MÉD. (°C)	UMID.REL (%)	VV (M/S)	RS (MJ/M²)	PREC. (MM)	IRRIG. (MM)
18- 31jul	28,29	17,71	23,00	76,57	1,49	11,15	1,40	43,52
01-15ago	31,01	15,97	23,49	66,33	1,73	17,64	0,00	53,53
16 - 31ago	29,89	17,31	23,60	70,28	1,78	15,42	13,75	48,02
01 - 15set	25,15	18,31	21,73	84,33	1,71	8,01	72,46	17,03
16 - 30set	32,98	20,95	26,97	73,44	1,82	17,87	32,62	57,94
01 - 15 out	31,97	20,53	26,25	73,27	1,88	18,74	8,39	48,36
16-26 out	28,61	20,60	24,61	81,05	2,00	13,55	13,28	15,25

4.3.2 Estimativa da ETc, ET0 e Kc

Para as condições ambientais ocorridas, o ciclo da cultura foi de 101 dias, sendo que o repolho consumiu um total de 411, 51 mm de água ao longo do ciclo (Figura 23) e com uma média de 4,1 mm dia⁻¹. Esse consumo de água está dentro da faixa proposta para a cultura de 380 a 640 mm (DOOREMBOS e KASSAM, 1994; IMTIYAZ et al., 2000; TIWARI et al., 2003; FAO, 2008). MAROUELLI et al. (2010), trabalhando com repolho plantado em diferentes quantidades de palhada encontraram um consumo total de água variando entre 459 e 482 mm para o repolho híbrido Astrus em um ciclo de 88 dias. LÓPEZ-URREA et al. (2009) em um trabalho com brócolis estimou que o consumo de água total estaria entre 300 a 400 mm.

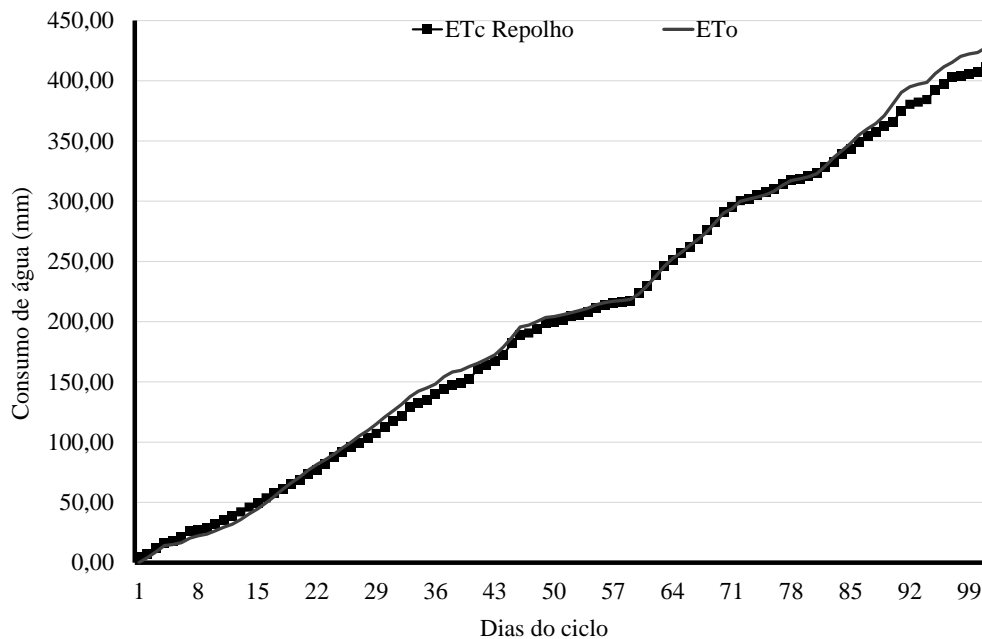


Figura 23. Gráfico do somatório diário da ETo e da ETc do repolho Fuyutoyo, situados na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período compreendendo de 18 de julho a 26 de outubro de 2015.

Os valores de Kc diário, semanal e o Kc médio das fases fenológicas são apresentados nas Figuras 24 e 25. O maior consumo de água ocorreu na fase que compreende o 3º estágio da cultura onde a cobertura da planta correspondia na faixa de 85 a 95% da cobertura total. Nota-se, que na primeira semana depois do transplante, o Kc apresentou altos valores e depois teve um declínio e voltou a aumentar. Isso ocorreu devido pouca presença área foliar das plantas, favorecendo assim a taxa evaporativa do solo. Após a terceira semana o Kc teve um aumento gradativo até atingir o maior valor médio na 7ª semana. Após esse valor o Kc decresceu até próximo ao fim do experimento. Esse fato foi observado por LÓPEZ-URREA et al. (2009) onde o kc foi maior no início do plantio do brócolis, apresentado uma queda posteriormente e voltando a aumentar até o ponto máximo.

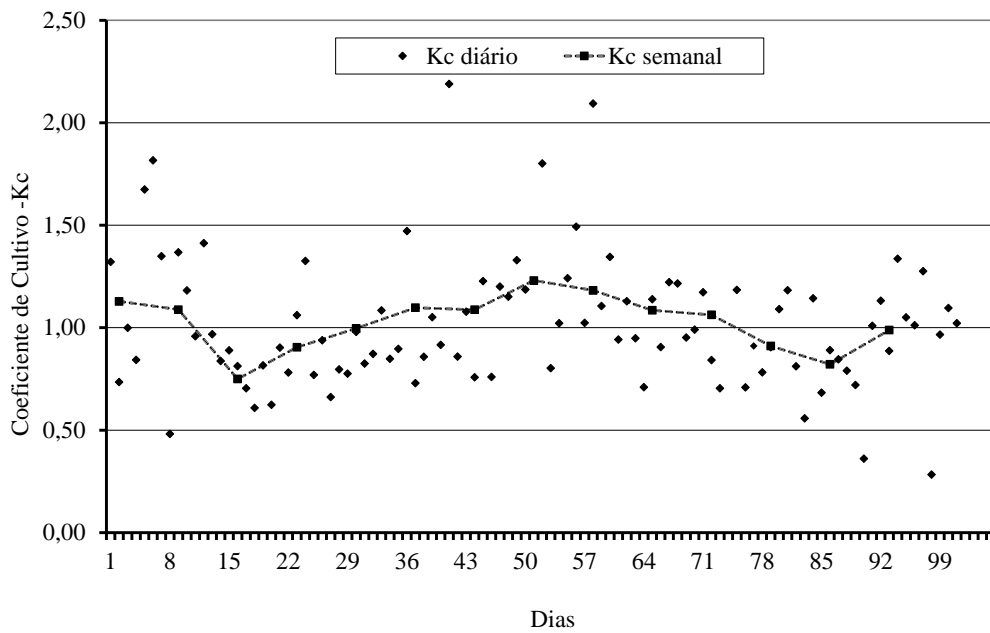


Figura 24. Gráfico dos coeficientes de cultivo diário, semanal do repolho Fuyutoyo cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período de 18 de março a 26 de junho de 2015.

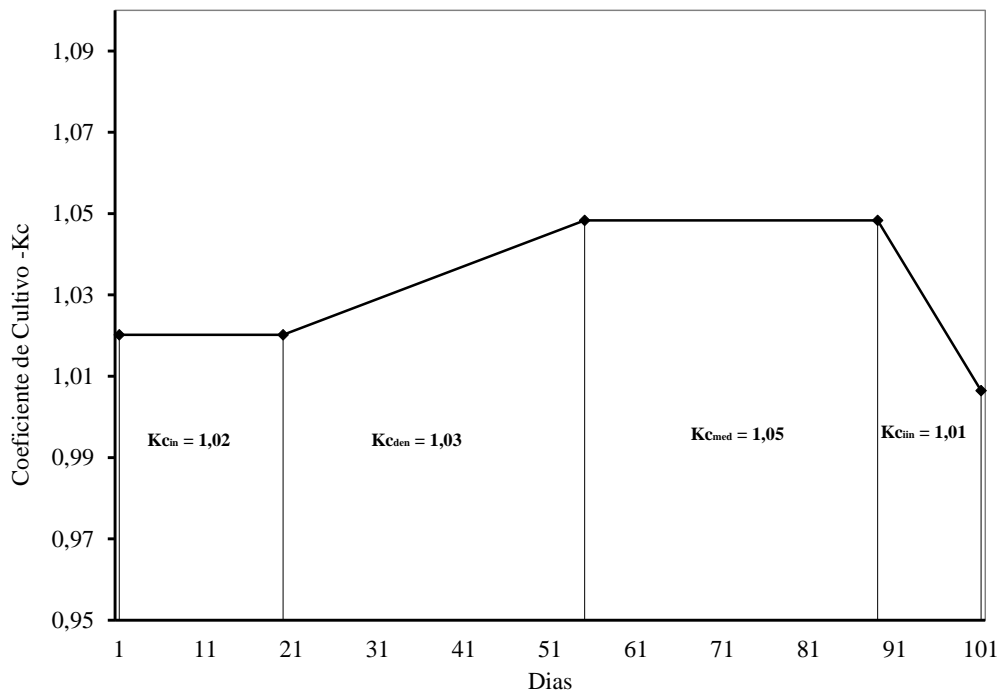


Figura 25. Gráfico do coeficiente de cultivo médio repolho Fuyutoyo cultivado na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ, no período de 18 de março a 26 de junho de 2015.

Na Tabela 13 são apresentados os valores médios de Kc, obtidos pelos lisímetros, o Kc FAO tabelado e o Kc FAO ajustado (ALLEN et al., 1998), para as distintas fases fenológicas.

Os Kc's obtidos pelo lisímetro ocorreram próximos ao sugeridos pela FAO 56, apenas na fase III, apresentando expressiva diferença apenas na fase I. Indicado assim que se fosse utilizado o Kc FAO tabelado, o repolho sofreria déficit hídrico na fase I, prejudicando todo o ciclo da cultura. Enquanto o Kc FAO ajustado teve resultados bem próximos aos encontrados pela lisimetria, evidenciando assim a eficácia do ajustamento proposto para a cultura do repolho, em condições edafoclimáticas semelhantes à desse trabalho. Em trabalho com repolho vermelho em uma região semiárida SAHIN et al. (2009) achou um Kc médio de 0,83, esse valor é inferior ao Kc médio encontrado nesse trabalho para o ciclo da cultura. Os Kc encontrado na fase III (1,05) é inferior ao Kc máximo relatado por LÓPEZ-URREA et al. (2009), onde foi encontrado um valor de 1,39 para o brócolis.

O Kc médio da fase IV apresentou uma queda, pois nessa fase a irrigação foi reduzida, devido à proximidade da data da colheita.

Tabela 13. Coeficiente de cultivo encontrado pelo lisímetro para o repolho Fuyutoyo. Coeficiente de cultivo tabelado (Kc FAO) e coeficiente de cultivo ajustado (Kc FAO Ajustado)

Coeficientes de cultivo (Kc)	Fase			
	I	II	III	IV
Lisímetro.	1,02	1,03	1,05	1,01
FAO tabelado	0,7	-	1,05	0,95
FAO ajustado	1,03	1,05	1,07	0,97
Duração (dias)	20	34	37	10

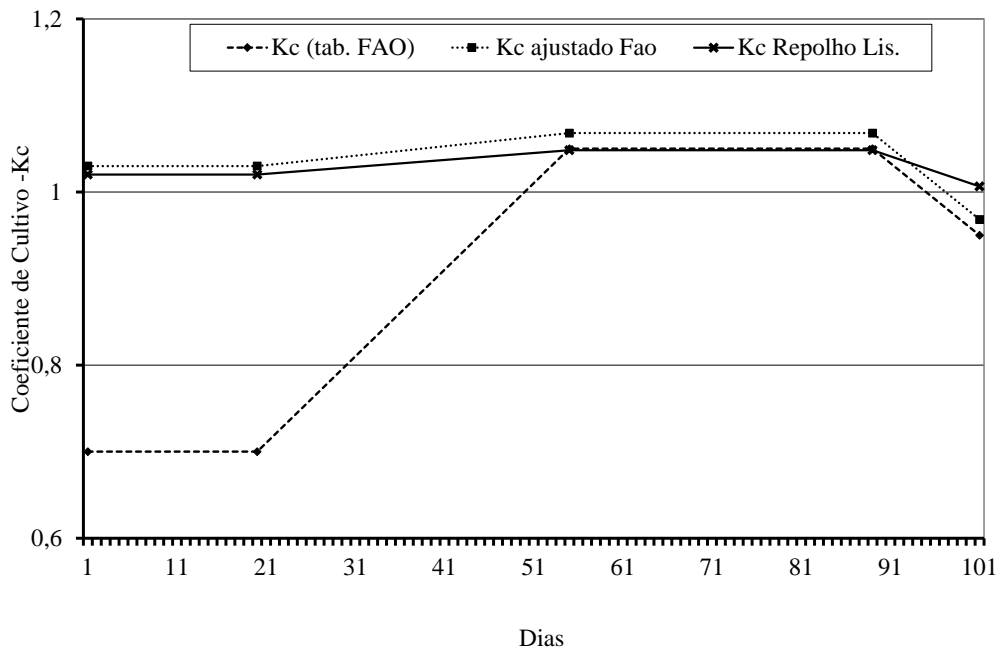


Figura 26. Gráfico das curvas de Kc para o repolho Fuyutoyo obtidas pelos lisímetros, pelo FAO tabelado e pelo Kc FAO ajustado nas condições climáticas de Seropédica-RJ

4.3.3 Graus dias acumulado

O acúmulo térmico requerido pelo repolho da fase transplantio-desenvolvimento completo das folhas da saia e início de formação da cabeça foi de 726,5 GD com duração de 54 dias. A fase início-maturação parcial da cabeça acumulou 522,40 GD, em um período de 37 dias. E a fase maturação parcial-maturação total teve um acúmulo de 190,3GD em um período de 10 dias. O acúmulo total de GD do repolho foi de 1439,2 em um ciclo de 101 dias.

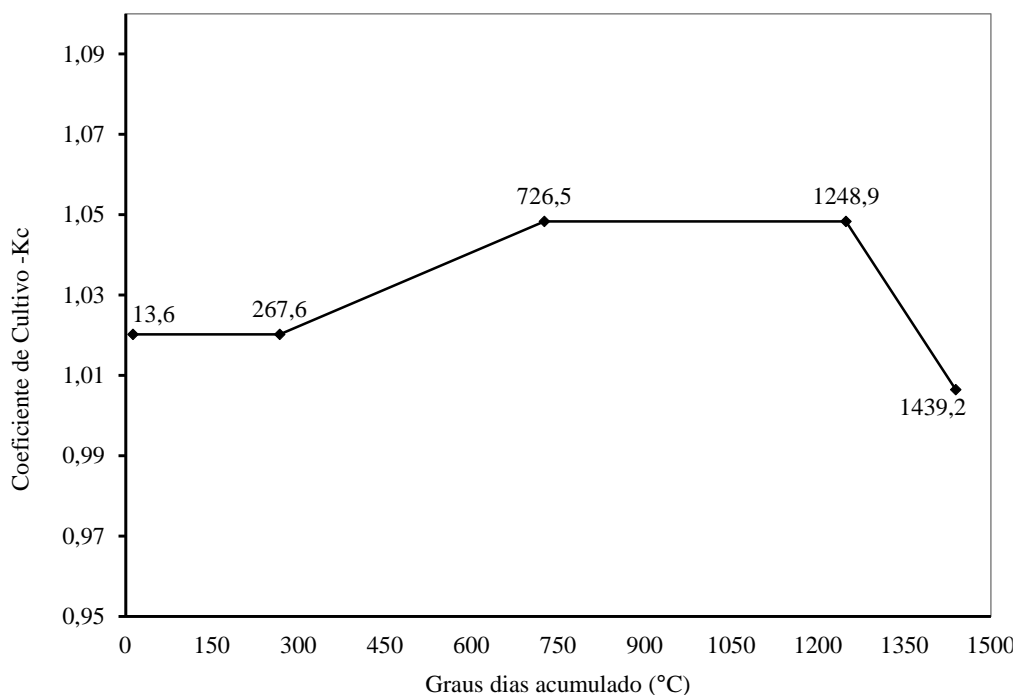


Figura 27. Gráfico de Graus-Dias Acumulado para o repolho Fuyutoyo cultivado no período de 18 de julho a 26 de outubro de 2015 na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.

4.3.4 Análise Produção

A produção de massa fresca ou seca total da parte aérea apresentou a mesma tendência da produção de cabeça comercial, havendo diferença significativa apenas nas massas secas (Tabela 14). Os valores de massas frescas e MST encontrados nos RC100 e RCD75, são menores do que o encontrado por VARGAS et al. (2011) em uma análise da influência de leguminosas na produção de repolho “Matsukaze”. VARGAS et al. (2011) em análise da produção de repolho em uma área que teve pré-plantio de feijão-de-porco, encontrou valores de MFC = 2021,61, MSC= 118,33, MFT= 3534,34 e MST= 268,23, essa diferença ocorreu devido a utilização adubação mineral no referido trabalho. Comparando os resultado obtidos no RMon com os obtidos por VARGAS et al. (2011) nas áreas que teve somente adubação mineral, percebe-se que RMon apresentou maiores valores de MSC e MST.

Tabela 14. Médias de massa fresca de cabeça comercial (MFC), massa seca de cabeça comercial (MSC), massa fresca total (MFT= parte aérea da planta + cabeça), e massa seca total (MST)

	MFC (g)	MSC (g)	MFT (g)	MST (g)
RMon	1640,07 a	168,8 a	2778,55 a	315,75 a
RC100	938,16 a	67,16 b	1697,61 a	164,5 b
RCD75	1426,57 a	136,12 ab	2340,37 a	246,21 ab

Médias seguidas de mesmas letras não se diferem no teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados apresentados na Tabela 15, demonstram que a área RMon teve a melhor produção, apresentado uma produtividade de 34,76 Mg ha⁻¹, quase o dobro da produtividade do RC100. A produtividade encontrada no RMon foi próxima à encontrada por FRACARO et al. (1999) para o híbrido Fuyutoyo (36,96± 2,07 Mg ha⁻¹). A área de RCD75 em relação a RC100 não apresentou diferença estatística.

O tratamento RMon apresentou massa média da cabeça de 1,39 kg, dentro da faixa encontrada por FRACARO et al. (1999). ATHANÁZIO e MAISTROVICZ (2007) analisaram cultivares de repolho e obtiveram peso médio de cabeça 2,9 kg, 2,4 kg e 1,8 kg para as cultivares Ombrios, Pólo e Astrus, respectivamente. LÉDO et al. (2000) encontraram peso de médio de cabeça de 1,6 kg para o repolho Fuyutoyo, o que corrobora como resultado encontrados nesse trabalho.

O índice de compacidade foi satisfatório para as três parcelas, sendo que não apresentaram diferença estatística entre as médias. O DHC também não apresentou diferença estatística, sendo que a maior média do RMon 14,14 cm foi menor que a faixa encontrada por Vargas et al. (2011) em áreas com adubação mineral, que variou de 15,7 a 16,5 cm. O DHC médios do RC100 e RCD75 foram inferiores a encontradas por VARGAS et al. (2011) (17,2 cm) para repolho plantado em área que recebeu adução mineral e um pré-cultivo de feijão-deporco.

O DVC do RMon foi maior que a do RC100, e o RCD75 não diferiu dos demais. DE CARVALHO et al. (2011) encontrou valores de DVC menores do que foi encontrado nesse trabalho, porém, mesmo utilizando adubação mineral, eles utilizavam água levemente salina, o que pode ter influenciado essa diferença.

O RMon apresentou uma eficiência de uso da água (8,45 kg m⁻³) 45,33% maior que a eficiência obtida por RC100 (4,61 kg m⁻³), o que pode estar associado à diferença de

produtividade das duas áreas. LÓPEZ-URREA et al. (2009) encontraram uma eficiência do uso da água para brócolis variando de 2,08 a 3,37 kg m⁻³, resultado inferior ao encontrado nesse trabalho.

Tabela 15. Médias de diâmetro vertical da cabeça (DVC), diâmetro horizontal da cabeça (DHC), Massa da cabeça, Volume da cabeça (VC), Índice de compactidade (g/cm³), Produtividade total (Prod) e eficiência do uso da água (EUA) encontrados para o cultivo do repolho Fuyutoyo no SIPA em Seropédica-RJ

	DVC Cab. (cm)	DHC cab. (cm)	Massa cab. (g)	VC (cm³)	Índ. compac.	Prod. (Mg/ha)	EUA (kg/m³)
RMon	14,15a	14,14 a	1390,35a	1857,29a	0,76a	34,76a	8,45a
RC100	12,51b	11,85 a	759,46b	1088,61a	0,69a	18,99b	4,61 b
RCD75	13,71ab	13,87 a	1195,11ab	1633,75a	0,75a	29,88ab	7,26 ab

Médias seguidas de mesmas letras não se diferem no teste de Tukey a 5% de significância.

Observando a Tabela 15, é possível observar que as maiores médias são da parcela RMon e as menores são da parcela RC100. Esse resultado pode ser atribuído ao efeito ocasionado pelo feijão-de-porco. VARGAS et al. (2011) perceberam que o cultivo de repolho sobre sistema radicular de feijão-de-porco reduz a produção.

Outra explicação pode ser atribuída à palhada de milho presente nas áreas. A Tabela 16 apresenta as médias de área foliar máxima e a altura máxima do ciclo do milho cultivado antes do ciclo do repolho. MAROUELLI et al. (2010) observaram melhores produções de repolho em local com maiores quantidades de palhada de milho. É possível observar que milho na área do RMon apresentou maiores médias de altura e de área foliar, acarretando assim uma maior produção de palhada. A menor média de área foliar do feijão-de-porco e a maiores médias do milho do RCD75 em comparação com o RC100, justifica os maiores valores de produção de repolho da área RCD75.

Tabela 16. Médias máximas de área foliar e altura encontradas no ciclo do monocultivo do milho caatingueiro (Mon) e nos consórcios de milho catingueiro com feijão-de-porco sem déficit de irrigação (C100) e com déficit de irrigação (CD75), ciclos que antecederam o cultivo do repolho Fuyutoyo na área experimental do SIPA em Seropédica-RJ.

	Mon	C100	CD75
Área foliar milho máx. (cm²)	3746,16	2956,81	3078,88
Altura milho máx. (cm)	190,8	147	175
Área foliar feijão (cm²)	-	2887,47	2519,45

5 CONCLUSÕES

Os valores dos Kcs do milho BRS Caatingueiro plantado em monocultivo e consorciado com feijão-de-porco se diferenciam dos apresentados pela FAO (56).

O plantio consorciado demandou maior lâmina de água que o monocultivo, principalmente nas fases I e II, quando o consórcio estava em crescimento ativo.

Os resultados de produção foram satisfatórios para o milho consorciado, mesmo tendo sofrido competição no início do ciclo com o feijão-de-porco, fazendo com que o milho consorciado tivesse menor área foliar e altura em relação ao milho do monocultivo. O déficit aplicado na área de milho consorciado CD75 afetou a produção final, sendo recomendada a realização de outros trabalhos para verificar a lâmina ótima para produção do milho consorciado.

O repolho plantado sobre palhada teve o Kc próximo ao encontrado pelo Kc FAO ajustado, sendo que o consumo total de água foi de 411,55 mm. O Kc FAO tabelado teve diferença principalmente na fase I.

O repolho plantado sobre a área de monocultivo de milho RMon teve os melhores resultados em relação aos repolhos das áreas RC100 e RCD75. A palhada do milho pode ter influenciado nos resultados finais do repolho, assim como os efeitos provocados pelo feijão-de-porco na área. São necessários outros estudos que avaliem a influência da leguminosa no repolho para a região de Seropédica-RJ.

REFERÊNCIAS

- ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. **Lysimeters**. Rome: FAO, 1982. 68p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 39)
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56**. Rome - Italy, 1998.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre. Ed da Universidade/UFRGS, 2001.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.
- ALVES, A. D. S., Sobrinho, J. E., de Medeiros, J. F., Junior, E. C., da Costa, J. P. N., & Santos, W. D. O. **Necessidades hídricas da cultura do milho sob irrigação suplementar nas condições edafoclimáticas da chapada do Apodi**. Mossoró, RN, 2013, 16p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural do SemiÁrido.
- ATHANÁZIO, J. C.; MAISTROVICZ, A. C.. Competição de híbridos de repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) em Londrina, PR. *In*: Congresso Brasileiro de Olericultura, 47. Anais eletrônicos. Sociedade Brasileira de Horticultura, Porto Seguro. 2007 <<http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/infoaspx?idevento=1&idmenu=27>> Acesso em 27/05/2015.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C.. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006.
- BEZERRA NETO, F.; TORRES FILHO, J.; HOLANDA, J. S. de; SANTOS, E. F.; ROSADO, C. A. de S. Efeito do sistema de cultivo e arranjo espacial no consórcio algodão herbáceo + caupi + sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF**, v. 26, n. 5, p.715-727, 1991.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Secretaria Nacional de defesa agropecuária, 1992. 365p
- CAMPECHE, L.F.S.M. **Construção, calibração e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem para determinação da cultura da lima ácida "Tahiti" (*Citrus Latifolia* Tan.)**. Piracicaba, SP, 2002. 67p. Tese (Doutorado) - Escola Superior "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CAMPECHE, L. F. D. S.; NETTO, A. O. A.; SOUSA, I. F.; FACCIOLI, G. G.; DA SILVA, V. D. P.; DE AZEVEDO, P. V. Lisímetro de pesagem de grande porte. Parte I: Desenvolvimento e calibração. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 519-525, 2011.

CAMPECHE, L. F. D. S.; NETTO, A. O. A.; SOUSA, I. F.; FACCIOLI, G. G.; DA SILVA, V. D. P.; DE AZEVEDO, P. V. Lisímetro de pesagem de grande porte. Parte I: Desenvolvimento e calibração. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 519-525, 2011.

CARVALHO, D.F.; CRUZ, E.S.; SILVA, W.A.; SOUZA, W.J.; SOBRINHO, T.A. Demanda hídrica do milho de cultivo de inverno no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.112–118, 2006^a.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CRUZ, F. A.; SOUZA, A. P. Instalação, calibração e funcionamento de um lisímetro de pesagem. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.2, p.363-372, 2007.

CARVALHO, D.F.; FERNANDES, J.M.; CRUZ, E.S.; SILVA, W.A.; OLIVEIRA, L.F.C. Comparação entre diferentes metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência e sua influência da demanda máxima suplementar de irrigação para o milho (*Zea mays* L.) no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Agronomia**, Seropédica, RJ, v.36, n.1/2, p.48-55, 2002.

CARVALHO, H. W. L. DE; SANTOS, M. X. DOS; SILVA, A. A. G. DA; CARDOSO, M. J.; SANTOS, D. M. DOS; TABOSA, J. N.; MICHERFF FILHO, M.; LIRA, M. A.; BOMFIM, M. H. C.; SOUZA, E. M. DE; SAMPAIO, G. V.; BRITO, A. R. DE M. B.; DOURADO, V. V.; TAVARES, J. A.; NASCIMENTO NETO, J. G. DO; NASCIMENTO, M. M. A. DO; TAVARES FILHO, J. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. DE; CARVALHO, B. C. L. DE. **Caatingueiro – uma variedade de milho para o Semi-Árido nordestino**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004. 8 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado técnico, n. 29).

CASEIRO, F.T. CAMPELLO JÚNIOR, J.H.; PRIANTE FILHO, N. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura do milho (*Zea mays* L.), no período seco em Santo Antônio do Leverger-MT. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5,n.1, p.177-182, 1997.

CAVARIANNI, Rodrigo Luiz. **Densidade de plantio e doses de nitrogênio no desenvolvimento e produção de repolho**. 2008. x, 113 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/105177>>.

CAYTON, H. L.; HADDAD, N. M.; GROSS, K.; DIAMOND, S. E.; RIES, L.. Do growing degree days predict phenology across butterfly species?. **Ecology**, 2015

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO–CONAB. Acompanhamento de Safra Brasileira: grãos. Quinto levantamento. Brasília: Conab, 2013. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t&Pagina_objcmsconteudos=1#A_objcmsconteudos> Acesso em: 12 de Março de 2015.

COSTA, M.; CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA - Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1992. 346 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). Acompanhamento de safra brasileira: grãos. 12º levantamento de dezembro/2015. **Brasília**, DF: Conab, 2015.

CRUZ, F. A. **Instalação e calibração de lisímetro de pesagem e determinação da evapotranspiração de referência para a região de Seropédica-RJ. 2005. 56 f.** Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; NOVOTNY, E. H.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; HERNANI, L. C. **Cultivo do Milho. Sistema Plantio Direto.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Ed.). Sete Lagoas, MG. Dez. 2002. Comunicado Técnico.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; NETO, M.M.G.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F.; SANTANA, D.P. In: Manejo da cultura do milho. EMBRAPA MILHO E SORGO, 2006. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/Circulares%20tecnicas/Circular%2087.pdf>. Acessado em 13/11/2015.

DA SILVA, T. G. F., ZOLNIER, S., MOURA, M. S. B., & SOUZA, L. S.. Sazonalidade do Controle de Evapotranspiração pela Cana-de-Açúcar Irrigada e Características Aerodinâmicas da Cultura no Semiárido brasileiro (Seasonal Evapotranspiration Control by Irrigated Sugarcane....). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 621-634, 2013.

DA SILVA, Mairton Gomes et al. Avaliação da evapotranspiração de referência por Penman-Monteith usando dados climáticos mínimos no sertão do Ceará. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 7, n. 3, p. 284-293, 2013.

DE CARVALHO, José F.; SOARES, Abelardo AA Montenegro2 Tales M. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina1. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 256-263, 2011.

FANCELLI, A.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho.** 2. ed. Piracicaba: Agropecuária, 2004. 360 p..

FAO. 2008. Crop Water Management: Cabbage. AGLW Water Management Group. [2008-5-15]. <http://www.fao.org/ag/AGL/AGLW/cropwater/cabbage.stm>

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed.Viçosa: UFV, 2007. 421p

FORNARI, E. **Manual prático de agroecologia.** São Paulo: Aquariana, 2002. 240 p.

FRACARO, F.; SARTORI, M.; BIZZANI, E.; GRELMAN, E.; ECHEVERRIGARAY, S.. Comportamento agrônômico de cultivares e híbridos de repolho na região Nordeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 29, n. 3, p. 465-468, 1999.

IMTIYAZ, M.; MGADLA, N. P.; CHEPETE, B.; MANASE, S. K.. Response of six vegetable crops to irrigation schedules. **Agricultural water management**, v. 45, n. 3, p. 331-342, 2000.

HEREDIA ZARATE, N. A.; VIEIRA, M. C.; WEISMANN, M.; LOURENÇÃO, A. L. F. Produção e renda bruta de cebolinha e de salsa em cultivo solteiro e consorciado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 3, p. 574-577, 2003.

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FANCELLI, A. L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo consorciado intercalar com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 225-230, jan./mar. 2002.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A.. **50 hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2010.

LECINA, S.; MARTINES-COB, A.; PEREZ, P.J.; VILLALOBOS, F.J.; BASELGA, J.J.. Fixed versus variable bulk canopy resistance for reference evapotranspiration estimation using the Penman–Monteith equation under semiarid conditions. **Agricultural Water Management**. n.60. p.181-198. 2003

LÉDO, Francisco J. da S.; SOUZA, J. A.; SILVA, MR da. Avaliação de cultivares e híbridos de repolho no Estado do Acre. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 2, 2000.

LÓPEZ-URREA, R.; MONTORO, A.; LÓPEZ-FUSTER, P.; FERERES, E.. Evapotranspiration and responses to irrigation of broccoli. **Agricultural water management**, v. 96, n. 7, p. 1155-1161, 2009.

LUZ, F. J. F. et al. **O cultivo do repolho em Roraima**. Boa Vista: Embrapa, 2002. 16p. (Embrapa, Circular técnica 07/2002).

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.. Evapotranspiração da cultura do milho. II-Relações com a evaporação do tanque classe “A”, com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n. 1, p. 15-21, 1998.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação - Princípios e Métodos**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2007. 72 p.

MARQUELLI, W. A.; ABDALLA, R. P.; MADEIRA, N. R.; OLIVEIRA, A. D.; SOUZA, R. D.. Eficiência de uso da água e produção de repolho sobre diferentes quantidades de palhada em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 4, p. 369-375, 2010.

Ministério da Agricultura. Milho. Disponível em:<
<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>> acesso em 12 de Janeiro de 2015.

MOURA, E. G.; TEIXEIRA, A. P. R.; RIBEIRO, V. S.; AGUIAR, A. das C. F.; FARIAS, M. F.. Crescimento e produtividade da cultura do milho (*Zea mays*) submetido a vários intervalos de irrigação, na região da Pré-Amazônia. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2006.

MOURA, M. D.; SOUZA, L. D.; SILVA, T. D.; SOARES, J. M.; CARMO, J. D.; BRANDÃO, E. O.. Modelos de crescimento para o feijão-caupi e o milho, sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado, no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 16, p. 275-284, 2008.

MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; SANTOS, J. M. S.; BRANDÃO, E. O.; SILVA, T. G. F. Graus-dia acumulado para o milho no semi-árido de Pernambuco. XV CONGRESSO DE AGROMETEOROLOGIA, 2007. Aracaju–Sergipe.

NASCIMENTO, M. S.; ARF, O.; SILVA, M.G. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 153-159, 2004.

OLIVEIRA, T. K. de; CARVALHO, G. J. de; MORAES, R. N. de S.; MAGALHÃES JÚNIOR, P. R. Características agronômicas e produção de fitomassa de milho verde em monocultivo e consorciado com leguminosas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 223-227, jan./fev. 2003.

PEIXOTO, T. D. C.; LEVIEN, S. L. A.; BEZERRA, A. H. F.; SOBRINHO, J. E.. AVALIAÇÃO DE DIFERENTES METODOLOGIAS DE ESTIMATIVA DA ET₀ BASEADAS NO TANQUE CLASSE A, EM MOSSORÓ, RN. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 58-65, 2014.

PEREIRA FILHO, I. A.; GARCIA, J. C.; DE OLIVEIRA DUARTE, J.. **Cultivo do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

PERIN, A.; BERNARDO, J. T.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B. D.. Desempenho agronômico de milho consorciado com feijão-de-porco em duas épocas de cultivo no sistema orgânico de produção. **Ciênc. agrotec.,(Impr.)**, v. 31, n. 3, p. 903-908, 2007.

RAMOS, F. T.; DE SOUZA FERREIRA, L.; PIVETTA, F.; DE SOUZA MAIA, J. C. ÁREA DO LIMBO FOLIAR DE DIFERENTES PLANTAS ESTIMADA POR MEDIDAS LINEARES E MATÉRIA SECA, CALIBRADAS COM O SOFTWARE IMAGEJ. **Interciencia**, v. 40, n. 8, p. 570, 2015.

SAHIN, U.; KUSLU, Y.; TUNC, T.; KIZILOGLU, F. M.. Determining crop and pan coefficients for cauliflower and red cabbage crops under cool season semiarid climatic conditions. **Agricultural Sciences in China**, v. 8, n. 2, p. 167-171, 2009.

SANS, L.M.A.; GUIMARÃES, D.P.; SANS, C.M.M. Coeficientes culturais de consórcio milho–feijão e milho-braquiária. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracaju. Anais... Santa Maria: SBAgro, 2007. v. único, CD Rom.

SANTOS, W. D. O.; SOBRINHO, J. E., DE MEDEIROS, J. F., DE MOURA, M. S. B., & DA COSTA NUNES, R. L.. COEFICIENTES DE CULTIVO E NECESSIDADES HÍDRICAS DA CULTURA DO MILHO VERDE NAS CONDIÇÕES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **IRRIGA**, v. 19, n. 4, p. 559, 2015.

SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: MIRANDA, J.H. & PIRES, R.C.M. **Irrigação – Série Engenharia Agrícola**. Piracicaba, SP: FUNEP, 2001. 410 p.

SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 05, p. 635-644, 2010.

SHIOGA, P. S.; GERAGE, A. C.. Influência da época de plantio no desempenho do milho safrinha no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 236-253, 2011.

SILVA, L.D.B. **Evapotranspiração do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) e grama batatais (*Paspalum notatum* Flugge) utilizando o método do balanço de energia e lisímetro de pesagem**. Piracicaba, SP, 2003. 93p. Tese (Doutorado) – Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo

SILVA, C. R.; ALVES JUNIOR, J.; SILVA, T. J. A.; FOLEGATTI, M. V.; CAMPECHE, L. F. S. M. Variação sazonal na evapotranspiração de plantas jovens de lima ácida ‘Tahiti’. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.1, p.26-35, 2006.

SOUZA, A. P. de; LIMA, M. E. de; CARVALHO, D. F. de. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucuna-cinza, usando lisímetros de pesagem. **Ciências Agrárias**. Recife, v.7, n. 1, p. 142-149, jan-mar. 2012.

SOUZA, L. D.; MOURA, M. D. ; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. D. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 715-721, 2011.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**. 2ª ed. Viçosa- MG: Aprenda Fácil, 2006. 843p.

TELHADO, Samuel Filipe Pelicano. **Desempenho e produtividade de milho em consórcio com adubos verdes em sistema orgânico de produção**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TIWARI, K. N.; SINGH, AJAI; MAL, P. K. Effect of drip irrigation on yield of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) under mulch and non-mulch conditions. **Agricultural Water Management**, v. 58, n. 1, p. 19-28, 2003.

VARGAS, D. O T.; DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; DE A LIMA, C. T.; URQUIAGA, S.; CECON, P. R.. Influência da biomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos. **Hortic. bras**, v. 29, n. 4, 2011.

VIANA, T.V.A. **Evapotranspiração obtida com o sistema razão de Bowen e um lisímetro de pesagem em ambiente protegido**. Piracicaba, SP, 2000. 138p. Tese (Doutorado) - Escola Superior "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw - Hill do Brasil, 1975.