



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

RENATO LEANDRO COSTA NUNES

**EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE
HORTALIÇAS E GRÃOS EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

MOSSORÓ

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA



UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS Y DE MONTES
CENTRO REGIONAL DE ESTUDIOS DEL AGUA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL Y TECNOLOGÍA AGRARIA
DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES

RENATO LEANDRO COSTA NUNES

**EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE
HORTALIÇAS E GRÃOS EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

MOSSORÓ

2019

RENATO LEANDRO COSTA NUNES

**EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE
HORTALIÇAS E GRÃOS EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

Tese Cotutelada apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Programa de Doctorado de Ciencias Agrarias y Ambientales da Universidad de Castilla-La Mancha, como requisito para obtenção do grau de Doutor em ambos programas.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientador: Ph.D. Francisco Bezerra Neto

Co-orientador: D.Sc. Jailma Suerda Silva de Lima

Co-orientador: D.Sc. Alfonso Domínguez Padilla

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C972e Costa Nunes, Renato Leandro.
EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA EM SISTEMAS DE
PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS E GRÃOS EM AMBIENTE
SEMIÁRIDO / Renato Leandro Costa Nunes. - 2019.
184 f. : il.

Orientador: Francisco Bezerra Neto.
Coorientadora: Jailma Suerda Silva de Lima.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2019.

1. Rapphanus sativus. 2. Vigna unguiculata. 3.
Cultivo consorciado. 4. Modelo MOPECO. 5.
Metodologia ORDI. I. Neto, Francisco Bezerra,
orient. II. Silva de Lima, Jailma Suerda, co-
orient. III. Título.

RENATO LEANDRO COSTA NUNES

**EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE
HORTALIÇAS E GRÃOS EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

Tese Cotutelada apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Programa de Doctorado de Ciencias Agrarias y Ambientales da Universidad de Castilla-La Mancha, como requisito para obtenção do grau de Doutor em ambos programas.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Defendida em: 28 / 02 / 2019.

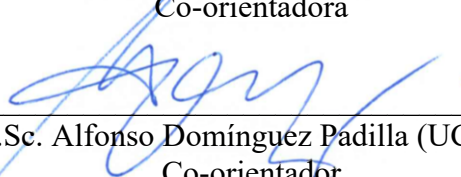
BANCA EXAMINADORA



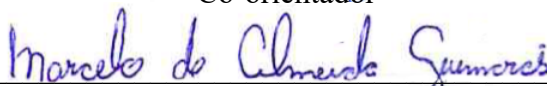
Ph.D. Francisco Bezerra Neto (UFERSA)
Orientador (Presidente)



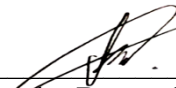
D.Sc. Jailma Suerda Silva de Lima (UFERSA)
Co-orientadora



D.Sc. Alfonso Domínguez Padilla (UCLM)
Co-orientador



D.Sc. Marcelo de Almeida Guimarães (UFC)
Examinador externo



D.Sc. Alexandre Bosco de Oliveira (UFC)
Examinador externo

*À minha avó, Fortunata Cruz Costa, nascente
de juventude e generosidade através de ações.*

(In Memoriam).

*Humildade e Gratidão, são as virtudes da
minha família e base de todas as demais.*

(Presentes)

AGRADECIMENTOS

À Deus pela benção de todos os dias de minha vida;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pela receptividade e acolhimento para a realização do Curso de Graduação em Agronomia e Pós-Graduação em Fitotecnia;

À Universidade de Castilla-La Mancha (UCLM) juntamente com o Centro Regional de Estudios del Agua (CREA) pela aceitação, acessibilidade e contribuição durante as pesquisas desenvolvidas na Espanha para este conteúdo acadêmico e prático;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos durante as pesquisas desenvolvidas no Brasil;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação pela concessão da bolsa internacional de estudos, incentivando à pesquisa fora do país;

Aos Professores Francisco Bezerra Neto, Jailma Suerda Silva de Lima, Alfonso Domínguez Padilla e José María Tarjuelo Martín-Benito pelas orientações, instruções, discernimento e paciência para elucidar prontamente todas as dúvidas em todos os momentos;

Aos membros externos participantes da banca examinadora: D.Sc. Marcelo de Almeida Guimarães e D.Sc. Alexandre Bosco de Oliveira, pelas sugestões e contribuições neste trabalho.

Aos meus pais, Rita de Cássia Cruz Costa e Luiz Gonzaga Mendes Nunes, que proporcionaram as melhores condições possíveis para a minha formação como pessoa.

À minha irmã, Laura Raquel Costa Nunes, pela amizade ilimitada e acompanhamento em todas as etapas das minhas realizações.

À minha noiva, Marjory Rodrigues Dourado, que sempre esteve me apoiando em todos os momentos da minha vida.

Aos meus colegas de trabalho da UFERSA, Aridênia Chaves, Josimar Nogueira, Paulo Cássio, Daciano Miguel, Iara Beatriz, Jeisy Rafaela, Joabe Crispim, Jacqueline Araújo, Novo Júnior, Lissa Izabel, Antônio Gideilson, José Elinaldo, Gardênia Silvana e Bruna Freitas. Vocês foram fundamentais e fizeram parte da execução deste experimento.

Aos meus colegas de trabalho da UCLM/CREA, Bruno Léllis, Jesus Pardo, Angel Martínez e Victor Buono por todo apoio dedicado.

À Grace Kelly Leite de Lima pela supervisão, no período de 1 ano, durante o desenvolvimento deste trabalho.

A equipe de colaboradores que presta serviço à UFERSA, em especial: Cosmildo, Josimar, Josivan, Alderi, Antônio, Francisco e entre outros.

A todo o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pelos conhecimentos repassados no decorrer do Curso.

A todos os funcionários da UFERSA: técnicos de laboratórios, servidores gerais, secretários e diversos outros.

Àqueles que não mencionados, mas que contribuíram de alguma forma para que esse trabalho fosse realizado.

Muito Obrigado!

As vitórias são consequências do seu trabalho,
porém sempre recorde das dificuldades.

(Renato Leandro Costa Nunes)

NUNES, Renato Leandro Costa. **Eficiência agroeconômica em sistemas de produção de hortaliças e grãos em ambiente semiárido**. 2019. 187f (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e Universidade de Castilla-La Mancha (UCLM), Mossoró/Albacete, 2019

RESUMO

Modernamente, a crescente demanda de alimentos e a escassez hídrica estimulam a criação de métodos apropriados de produção agrícola, bem como de manejos de irrigação para supri-los. Entre esses métodos estão o sistema de cultivo consorciado de culturas e o de manejo adequado de água de irrigação estimado pelo modelo MOPECO de cultivo. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agroeconômica em sistemas de produção consorciados de hortaliças e em cultivo solteiro de culturas gramíneas em ambiente semiárido, como também determinar a quantidade de água limitada otimizada em propriedades agrícolas usando a metodologia ORDI para volumes limitados de água. No sistema de cultivo consorciado, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 4x3, onde o primeiro fator consistiu de quatro quantidades de *Calotropis procera* incorporadas ao solo (20, 35, 50 e 65 t ha⁻¹ em base seca) e o segundo de três arranjos espaciais (2:2, 3:3 e 4:4) em duas épocas de cultivo. A otimização da quantidade de água em propriedades agrícolas foi estimada pelo modelo MOPECO de cultivo com análises para duas propriedades irrigadas hipotéticas. A primeira foi realizada com dados experimentais de alho e cevada proveniente dos anos 2015, 2016 e 2017 em Aguas Nuevas (Albacete). A segunda análise, os dados utilizados foram coletados de uma propriedade agrícola envolvendo os cultivos de cevada, milho e cebola nos anos 2014 e 2015 em Minaya (Albacete). Em ambas análises comparou-se a metodologia ORDI com a irrigação tradicional das culturas (T) para uma propriedade agrícola hipotética de 100 ha com diferentes volumes totais de disponibilidade de água de irrigação. Dados climáticos da estação do “Servicio Integral de Asesoramiento al Regante” e econômicos publicados pelo “Anuario de Estadística Agroalimentaria” foram

utilizados no modelo MOPECO. Os principais resultados obtidos no cultivo consorciado foram:

1) Maior responsividade agroeconômica do consórcio de rabanete e caupi-hortaliça foi alcançada com a incorporação de 56,06 t ha⁻¹ de *C. procera*; 2) Melhor responsividade agrônômica e econômica foi obtida nos arranjos espaciais 3:3 e 4:4; 3) O rabanete foi a cultura dominante e o caupi-hortaliça a dominada; 4) Maiores eficiências agrônômica e econômica da associação rabanete e caupi-hortaliça foram alcançadas nas quantidades de 59,97 e 45,91 t ha⁻¹ de biomassa de *C. procera* adicionadas ao solo; 5) Não se observou influência dos arranjos espaciais entre as culturas componentes na eficiência econômica da associação de rabanete e caupi-hortaliça; 6) No modelo MOPECO de cultivo, a metodologia ORDI foi mais rentável agroeconomicamente do que aquela da irrigação tradicional caso a propriedade agrícola dispusesse de baixos volumes de água para irrigação e 7) Esta metodologia foi mais apropriada quando usada com culturas de baixo rendimento, como cevada e milho, não sendo adequada para as culturas de alho e cebola.

Palavras-chave: *Rapphanus sativus*, *Vigna unguiculata*, Cultivo consorciado, Modelo MOPECO, Metodologia ORDI.

NUNES, Renato Leandro Costa. **Eficiencia agroeconómica en sistemas de producción de hortalizas y granos en ambiente semiárido**. 2019. 187f (Doutorado em Fitotecnia/Ciências Agrárias y Ambientales) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) y Universidade de Castilla-La Mancha (UCLM), Mossoró/Albacete, 2019

RESUMEN

Modernamente, la creciente demanda de alimentos y la escasez hídrica estimula la creación de métodos apropiados de producción agrícola, así como de manejos de riego para suplirlos. Entre estos métodos está el sistema de asociación de cultivos y el manejo del agua de riego usado por el modelo MOPECO de cultivo. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia agroeconómica en sistemas de asociaciones de hortalizas y granos en ambiente semiárido, así como determinar la cantidad limitada optimizada en explotaciones agrícolas utilizando la metodología ORDI para volúmenes limitados de agua. En el sistema de asociación de cultivos, el diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, con esquema factorial 4x3, donde el primer factor consistió en cuatro cantidades de *Calotropis procera* incorporadas al suelo (20; 35; 50 y 65 t ha⁻¹ en base seca) y el segundo en tres distribuciones espaciales (2:2; 3:3 y 4:4) en dos campañas de cultivo (2015 y 2017). Con respecto a la optimización de la cantidad de agua en explotaciones agrícolas ha sido verificado en el modelo MOPECO de cultivo con análisis para dos explotaciones de riego hipotéticas. En el primer escenario se analizó la rentabilidad de una explotación que cultivara ajo y cebada utilizando datos experimentales referentes a los años 2015, 2016 y 2017 en Aguas Nuevas (Albacete). El segundo escenario, se utilizaron los datos obtenidos en un ensayo realizado en una explotación real en la que se cultivó cebada, maíz y cebolla referente en los años 2014 y 2015 en Minaya (Albacete). En ambas situaciones se comparó en términos económicos, de rendimiento y de productividad del agua el manejo de los cultivos empleando la metodología ORDI para volúmenes limitados de agua y el riego tradicional no deficitario (T) para una propiedad agrícola teórica de 100 ha de superficie con diferentes volúmenes totales de disponibilidad de

agua de riego y precio de venta de las cosechas. Datos climáticos del Servicio de Información Agrometeorológica al Regadío y datos económicos publicados por el "Anuario de Estadística Agroalimentaria" han sido utilizados en el modelo MOPECO. Los principales resultados obtenidos por la asociación de cultivos han sido: 1) Mayor respuesta agroeconómica del consorcio de rábano y alubia fue obtenida con la incorporación de 56,06 t ha⁻¹ de *C. procera*; 2) Las distribuciones espaciales 3:3 y 4:4 presentaron una mejor respuesta agronómica y económica; 3) El rábano fue el cultivo dominante y la alubia la dominada; 4) Mayores eficiencias agronómicas y económicas de la asociación de rábano y alubia se alcanzaron con 59,97 y 45,91 t ha⁻¹ de biomasa de *C. procera* agregada al suelo; 5) No se observó influencia de las distribuciones espaciales en la eficiencia económica de asociaciones de rábano con alubia; 6) En el modelo MOPECO de cultivo, la metodología ORDI ha sido más rentable agroeconómicamente que la tradicional para bajos volúmenes de agua de riego disponible y 7) ORDI fue más apropiada cuando se utilizó con cultivos de baja rentabilidad, como la cebada y el maíz, no siendo adecuada para los cultivos de ajo y cebolla.

Palabras-chave: *Rapphanus sativus*, *Vigna unguiculata*, Asociación de cultivos, Modelo MOPECO, Metodología ORDI.

NUNES, Renato Leandro Costa. **Agroeconomic efficiency in systems of production of vegetables and grains in semi-arid environment**. 2019. 187f (Doctorate in Plant Science/Agricultural and Environmental Sciences) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) and Universidade de Castilla-La Mancha (UCLM), Mossoró/Albacete, 2019

ABSTRACT

Today, increasing food demand and water scarcity stimulate the creation of appropriate agricultural production methods as well as irrigation management to supply them. Among these methods is the crop intercropping system and irrigation water management used by the MOPECO model of cultivation. Thus, the objective of this work was to evaluate the agroeconomic efficiency in intercropping systems of vegetables and grains in the semi-arid environment, as well as to determine the limited quantity optimized in agricultural properties using the ORDI methodology for limited volumes of water. For the intercropping system, the experimental design was a randomized block design with four replications, with the treatments arranged in a 4 x 3 factorial scheme, where the first factor consisted of four amounts of *Calotropis procera* incorporated in the soil (20; 35; 50 and 65 t ha⁻¹ on a dry basis) and the second one of three spatial arrangements (2:2; 3:3 and 4:4) in two crop seasons. Regarding the optimization of the amount of water in agricultural properties was verified in the MOPECO model of crop with analyzes for two hypothetical irrigated properties. The first simulation was performed with experimental data of garlic and barley for years 2015, 2016 and 2017 in Aguas Nuevas (Albacete). For the second simulation, the data used were collected from an agricultural property involving barley, corn and onion crops for the years 2014 and 2015 in Minaya (Albacete). In both simulations the ORDI methodology and the traditional irrigation of the crops (T) were compared for a hypothetical 100 hectare agricultural property with different total volumes of irrigation water availability. Climatic data of the station of the "Servicio Integral de Asesoramiento al Regante" and economic information published by the "Anuario de Estadística Agroalimentaria" were used in the MOPECO model. The main results obtained in intercropping

were: 1) Greater responsiveness agro-economic responsiveness of the intercropping of radish and cowpea-vegetable was obtained with the incorporation of 56.06 t ha⁻¹ of *C. procera*; 2) It was obtained in the spatial arrangements 3:3 and 4:4 had better agronomic and economic responsiveness; 3) The radish was the dominant culture and the cowpea-vegetable dominated; 4) Highest agronomic and economic efficiencies of the radish intercropped with cowpea-vegetable was achieved in the amounts of 59.97 and 45.91 t ha⁻¹ of *C. procera* biomass incorporated in the soil; 5) There was no influence of the spatial arrangements on the economic efficiency of associations of radish with cowpea-vegetable; 6) In the MOPECO model of cultivation, the ORDI methodology was more profitable agroeconomically than the traditional one if the agricultural property had low volumes of water for irrigation and 7) This methodology was more appropriate when used with low yield crops, such as barley and corn, and it is not suitable for garlic and onion crops.

Keywords: *Rapphanus sativus*, *Vigna unguiculata*, Intercropping, MOPECO model, ORDI Methodology.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1- RESPONSABILIDADE AGROECONÔMICA DE ASSOCIAÇÕES DE RABANETE COM CAUPI-HORTALIÇA EM DIFERENTES QUANTIDADES DE FLOR-DE-SEDA, ARRANJOS ESPACIAIS E ÉPOCAS DE CULTIVO

- Figura 1. Dados climáticos, fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), referentes as épocas de plantio relacionadas nos verões de 2015 e 2017 em Mossoró-RN..... 10
- Figura 2. Altura de plantas (A), produtividade de raízes refugo e massa seca da parte aérea (B), produtividade total e comercial de raízes (C), e massa seca de raízes (D) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo e nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo..... 18
- Figura 3. Comprimento de vagens verdes (A), número de vagens por m² (B), produtividade e massa seca de vagens verdes (C) número de grãos verdes por vagem (D) peso de 100 grãos verdes (E), produtividade e massa seca de grãos verdes (F) de caupi-hortaliça consorciado com rabanete nas épocas de cultivo e nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo..... 23
- Figura 4. Vantagem monetária e vantagem monetária corrigida nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo..... 26

CAPÍTULO 2 - INDICADORES DE EFICIÊNCIA BIO-AGROECONÔMICA PARA SUSTENTABILIDADE EM ASSOCIAÇÕES DE RABANETE E CAUPI-HORTALIÇA EM REGIÃO SEMIÁRIDA

- Figura 1. Índice de superação do rabanete e caupi-hortaliça (A), taxa de competição do rabanete, do caupi-hortaliça e do sistema (B) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo e nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo..... 49
- Figura 2. Índice de uso eficiente da terra do rabanete, do caupi-hortaliça e do sistema (A), relação de área equivalente no tempo do rabanete, do caupi-hortaliça e do sistema (B), perda ou ganho de rendimento real do rabanete, do caupi-hortaliça e do sistema (C), vantagem do consórcio do rabanete, do caupi-hortaliça e do sistema (D), índice de produtividade do sistema (E) e índice de eficiência produtiva e produtividade 53

equivalente do rabanete (F) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo e nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo.....

Figura 3. Renda bruta e líquida (A) e taxa de retorno e índice de lucratividade (B) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo e nas quantidades de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo.....	61
--	----

CAPÍTULO 3 - MAXIMIZAÇÃO AGROECONÔMICA EM PROPRIEDADES IRRIGADAS UTILIZANDO A METODOLOGIA ORDI

Figura 1. Distribuição das áreas irrigadas em Castilla-La Mancha.....	71
Figura 2. Fluxograma do modelo MOPECO. ET_o : evapotranspiração de referência diária (mm); Prec.: precipitação diária efetiva (mm); EC_{ei} : condutividade elétrica da água do extrato saturado de solo no início da irrigação ($dS\ m^{-1}$); P_p : potencial de produtividade da cultura na área ($kg\ ha^{-1}$); K_c : coeficiente de cultivo; K_y : fator de resposta da cultura ao estresse; Grupo ET: condiciona o valor diário da fração de água total disponível (TAW) que a cultura pode extrair sem sofrer estresse hídrico; EC_{et} : condutividade elétrica da água do extrato saturado de solo que diminui a capacidade de evapotranspiração da cultura ($dS\ m^{-1}$); CU: coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação; EC_{iw} : condutividade elétrica da água de irrigação ($dS\ m^{-1}$).....	79
Figura 3. Procedimento para estabelecer o cronograma de irrigação otimizado para um volume limitado de água de irrigação.....	87
Figura 4. Produtividade de alho (A) e cevada (B) em função de cada lâmina de irrigação aplicada representados pelos pontos 1,0 (rendimento máximo); 0,9; 0,8 e 0,7 ET_m	94
Figura 5. Renda líquida de alho (A), cevada (B) e alho + cevada (C) em função de cada lâmina de irrigação aplicada representados pelos pontos 1,0 (rendimento máximo); 0,9; 0,8 e 0,7 ET_m	95

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1- RESPONSABILIDADE AGROECONÔMICA DE ASSOCIAÇÕES DE RABANETE COM CAUPI-HORTALIÇA EM DIFERENTES QUANTIDADES DE FLOR-DE-SEDA, ARRANJOS ESPACIAIS E ÉPOCAS DE CULTIVO

Tabela 1. Atributos físicos do perfil do solo da Fazenda Experimental "Rafael fernandes" em Mossoró.....	11
Tabela 2. Análise química do solo antes da incorporação de <i>C. procera</i> na primeira e segunda época de cultivo	12
Tabela 3. Teores de macronutrientes de <i>C. procera</i> na primeira e segunda época de cultivo nas áreas experimentais.....	13
Tabela 4. Valores de renda bruta, custos totais de produção e renda líquida referentes a associações de rabanete e caupi-hortaliça provenientes de diferentes quantidades de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo e de arranjos espaciais em duas épocas de cultivo.....	15
Tabela 5. Valores de F para altura de plantas (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade total (PTR) e comercial de raízes (PCR), produtividade de raízes refugo (PRR) e massa seca de raízes (MSR) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo, nas quantidades de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.....	16
Tabela 6. Produtividade total (PTR) e comercial (PCR) de raízes de rabanete nas épocas de cultivo em diferentes quantidades de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo e massa seca de raízes de rabanete (DMR) nos arranjos espaciais dentro das quantidades de <i>C. procera</i>	20
Tabela 7. Altura de plantas (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade total e (PTR) comercial de raízes (PCR), produtividade de raízes refugo (PRR) e massa seca de raízes (MSR), de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nos arranjos espaciais e épocas de cultivo.....	20
Tabela 8. Valores de F do comprimento de vagem verde (CVV), número de vagens por m ² (NV), produtividade de vagens verdes (PVV), massa seca de vagens verdes (MSVV), número de grãos verdes por vagem (NGVV), peso de 100 grãos verdes (P100), produtividade (PGV) e massa seca de grãos verdes (MSGV) de caupi-hortaliça	21

consorciado com rabanete nas épocas de cultivo, nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.....

Tabela 9. Comprimento de vagem verde (CVV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV) de caupi-hortaliça consorciado com rabanete nas épocas de cultivo e nas quantidades de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo.....	24
Tabela 10. Comprimento de vagem verde (CVV), número de vagens por m ² (NV), produtividade (PVV), e massa seca de vagens verdes (MSVV), número de grãos verdes por vagem (NGVV), peso de 100 grãos verdes (P100), produtividade de grãos verdes (PGV), massa seca de grãos verdes (MSGV) de caupi-hortaliça consorciado com rabanete nas épocas de cultivo.....	25
Tabela 11. Valores de F da vantagem monetária (VM) e vantagem monetária corrigida (VMc) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo, nas quantidades de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.....	25
Tabela 12. Vantagem monetária (VM) e vantagem monetária corrigida (VMc) do consórcio rabanete com caupi-hortaliça nos arranjos espaciais e épocas de cultivo.....	26

CAPÍTULO 2 - INDICADORES DE EFICIÊNCIA BIO-AGROECONÔMICA PARA SUSTENTABILIDADE EM ASSOCIAÇÕES DE RABANETE E CAUPI-HORTALIÇA EM REGIÃO SEMIÁRIDA

Tabela 1. Valores de custos totais de produção referentes a associações de rabanete e caupi-hortaliça provenientes de diferentes quantidades de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo e de arranjos espaciais em duas épocas de cultivo.....	43
Tabela 2. Valores de F, desdobramentos e quadro de média para o índice de superação do rabanete (A_r), e do caupi-hortaliça (A_{ch}), para taxa de competição do rabanete (TC_r), do caupi-hortaliça (TC_{ch}) e do sistema (TC) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo, nas quantidades de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.....	48
Tabela 3. Valores de F para o índice de uso eficiente da terra do rabanete (UET_r), do caupi-hortaliça (UET_{ch}) e do sistema (UET), relação de área equivalente no tempo do rabanete ($REAT_r$), do caupi-hortaliça ($REAT_{ch}$) e do sistema (REAT), perda de rendimento real do rabanete (PRR_r), caupi-hortaliça (PRR_{ch}) e do sistema (PRR), vantagem do consórcio do rabanete (VC_r), do caupi-hortaliça (VC_{ch}) e do sistema	51

(VC), índice de produtividade do sistema (IPS), índice de eficiência produtiva (IEP) e índice de produtividade equivalente do rabanete (IPE_r) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo, nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.....

Tabela 4. Índice de uso eficiente da terra do rabanete (UET _r), do caupi-hortaliça (UET _{ch}) e do sistema (UET), relação de área equivalente no tempo do rabanete (REAT _r), do caupi-hortaliça (REAT _{ch}) e do sistema (REAT), perda de rendimento real do rabanete (PRR _r), do caupi-hortaliça (PRR _{ch}) e do sistema (PRR), vantagem do consórcio do rabanete (VC _r), do caupi-hortaliça (VC _{ch}) e do sistema (VC), índice de produtividade do sistema (IPS), índice de eficiência produtiva (IEP) e índice de produtividade equivalente do rabanete (IPE _r) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo, nas quantidades de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.....	56
Tabela 5. Valores de F, desdobramento e quadro de médias para renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo, nas quantidades de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.....	60

CAPÍTULO 3 - MAXIMIZAÇÃO AGROECONÔMICA EM PROPRIEDADES IRRIGADAS UTILIZANDO A METODOLOGIA ORDI

Tabela 1. Volume de água fornecido nas épocas de cultivo.....	76
Tabela 2. Anos meteorológicos típicos de Albacete e Minaya.....	80
Tabela 3. Parâmetros para a simulação de alho, cevada, milho e cebola na região de Castilla-La Mancha utilizando o modelo MOPECO.....	81
Tabela 4. Dados econômicos para o cálculo da distribuição ótima teórica dos cultivos.....	83
Tabela 5. Área máxima recomendada (rotação) ou permitida (PAC) para as áreas.....	84
Tabela 6. Dados econômicos para os tratamentos selecionados.....	91
Tabela 7. Cenários de preço de colheita (€ ha ⁻¹).....	93
Tabela 8. Distribuição teórica ideal para os cultivos de alho e cevada, e renda líquida esperada em condições meteorológicas típicas, preços médios de colheita e custos.....	96

Tabela 9. Produção, renda líquida e lâmina bruta real aplicada nos cultivos de alho e cevada de acordo com a água disponível, distribuição teórica ideal das culturas e estratégia aplicada.....	97
Tabela 10. Produtividades da água em termos de rendimento dos cultivos de alho e cevada de acordo com a estratégia aplicada.....	98
Tabela 11. Distribuição teórica ideal para as estratégias de cultivos, preços médios de colheita e custos.....	99
Tabela 12. Produtividades, lâminas brutas e produtividades da lâmina aplicada e total para as estratégias.....	101
Tabela 13. Renda líquida de cevada, milho e cebola de acordo com a água disponível, estratégia aplicada e distribuição teórica ideal das culturas.....	102
Tabela 14. Renda líquida de cevada e milho de acordo com a água disponível, estratégia aplicada e distribuição teórica ideal das culturas.....	104
Tabela 15. Renda líquida de cevada e cebola de acordo com a água disponível, estratégia aplicada e distribuição teórica ideal das culturas.....	105
Tabela 16. Renda líquida de milho e cebola de acordo com a água disponível, estratégia aplicada e distribuição teórica ideal das culturas.....	107

LISTA DE TABELAS DO APÊNCICE

Tabela 1. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	115
Tabela 2. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	117
Tabela 3. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	119
Tabela 4. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	121
Tabela 5. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	123
Tabela 6. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	125
Tabela 7. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	127
Tabela 8. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	129
Tabela 9. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	131
Tabela 10. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	133

Tabela 11. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	135
Tabela 12. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.....	137
Tabela 13. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	139
Tabela 14. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	141
Tabela 15. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	143
Tabela 16. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	145
Tabela 17. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	147
Tabela 18. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	149
Tabela 19. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	151
Tabela 20. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	153
Tabela 21. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	155

Tabela 22. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	157
Tabela 23. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	159
Tabela 24. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha ⁻¹ de <i>C. procera</i> incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.....	161

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIAS.....	3
CAPÍTULO 1 - RESPONSABILIDADE AGROECONÔMICA DE ASSOCIAÇÕES DE RABANETE COM CAUPI-HORTALIÇA EM DIFERENTES QUANTIDADES DE FLOR-DE-SEDA, ARRANJOS ESPACIAIS E ÉPOCAS DE CULTIVO.....	
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4. CONCLUSÕES.....	28
5. AGRADECIMENTOS	28
6. REFERÊNCIAS.....	28
CAPÍTULO 2 - INDICADORES DE EFICIÊNCIA BIO-AGROECONÔMICA PARA SUSTENTABILIDADE EM ASSOCIAÇÕES DE RABANETE E CAUPI-HORTALIÇA EM REGIÃO SEMIÁRIDA	
1. INTRODUÇÃO	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4. CONCLUSÕES.....	63
5. AGRADECIMENTOS	63
6. REFERÊNCIAS.....	63
CAPÍTULO 3 - MAXIMIZAÇÃO AGROECONÔMICA EM PROPRIEDADES IRRIGADAS UTILIZANDO A METODOLOGIA ORDI.....	
1. INTRODUÇÃO	71
2. MATERIAL E MÉTODOS	74
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
4. CONCLUSÕES.....	109
5. AGRADECIMENTOS	110
6. REFERÊNCIAS.....	110
APÊNDICE	115

1. INTRODUÇÃO GERAL

Modernamente, tornou-se indispensável na política agrícola a criação de alternativas para sistemas de produção agrícola com eficiência agroeconômica dos recursos naturais obtidos no meio ambiente. Os motivos relevantes da necessidade do setor produtivo estão relacionados, em parte, ao aumento do consumo global, a ineficiência na produção de bens e produto de qualidade e ao tamanho da população existente.

Diante disso, pesquisadores da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA/BRASIL) e do *Centro Regional de Estudios del Agua* (CREA) da Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM/ESPAÑA) aperfeiçoam e desenvolvem métodos de eficiência agroeconômica em sistemas de produção de cultivos consorciados com a adubação verde e manejo no arranjo de produção das culturas e com o uso eficiente da água utilizando o modelo MOPECO de cultivo. Sistemas de cultivos vêm sendo realizado com êxito nas regiões semiáridas do Brasil e da Espanha, obtendo-se como vantagens o uso mais intensivo e eficiente dos recursos naturais.

No semiárido do Nordeste, de acordo com o site [G1-INTER TV, RIO GRANDE DO NORTE \(2017\)](#), pesquisadores vem realizando estudos sobre a associação de culturas integradas com a adubação verde, com alguns exemplos sendo citados a seguir. Segundo [Sousa et al. \(2018\)](#), analisando o efeito de diferentes quantidades de *Calotropis procera* incorporadas ao solo na associação de beterraba e caupi-hortaliça, obtiveram a maior eficiência agroeconômica com a incorporação de 55 t ha⁻¹ do adubo verde. [Ribeiro et al. \(2018\)](#), avaliando o desempenho produtivo na associação de cenoura e caupi-hortaliça sob diferentes densidades populacionais, observaram maior eficiência agroeconômica com 42% da densidade de caupi-hortaliça.

Já na região semiárida da Espanha, ensaios em campo começaram a ser executados utilizando o modelo MOPECO, através da ferramenta de irrigação deficitária controlada e otimizada (metodologia ORDI) para volumes limitados de água. Estudos realizados em campo avaliando a metodologia ORDI nos cultivos de alho e cevada, verificaram aumentos de 30 e 42% na produtividade econômica de água de irrigação para essas culturas nos tratamentos utilizando 70 e 80% das necessidades de irrigação da cultura em relação ao ano meteorológico típico (Léllis, 2017; Pardo 2018).

Como pode-se observar, há uma série de fatores de produção como escolha das culturas, tipo de adubação, definição das melhores densidades populacionais e arranjos espaciais, lâminas de água aplicada, entre outros, que podem ser estudados para que se alcance um sistema mais eficiente agroeconomicamente.

Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agroeconômica em sistemas de produção de hortaliças consorciadas e em cultivos solteiros de culturas gramíneas em ambiente semiárido.

2. REFERÊNCIAS

G1-INTER TV, RIO GRANDE DO NORTE. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/inter-tv-rural/videos/t/todos-os-videos/v/flor-de-seda-e-utilizada-como-adubo-em-plantacoes-de-hortalicas-no-interior-do-rn/6197452/>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

LELLIS, B.C. **Efecto del riego deficitario controlado optimizado por etapas, para volúmenes limitados de agua, en el rendimiento y la calidad del ajo morado de las pedroñeras.** 2017. 176 p. Tesis (Doctorado en Riegos) - Universidad Castilla-La Mancha, Albacete, 2017. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=150017>> Acesso em: 20 nov. 2018.

PARDO, J.J. **Efecto del riego deficitario controlado optimizado por etapas, para volúmenes limitados de agua, en el rendimiento y la calidad del cebada.** 2018. 216 p. Tesis (Doctorado en Riegos) - Universidad Castilla-La Mancha, Albacete, 2017. Disponível em: <<https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/41155>> Acesso em: 20 nov. 2018.

RIBEIRO, G. M. et al. Productive performance of carrot and cowpea intercropping system under different spatial arrangements and population densities. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 19 – 27, jan./mar. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n103rc>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

SOUSA, D. M. et al. Agro-economic performance of the association of beet with green cowpea in different amounts of hairy woodrose. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 3, p. 194 – 199, jan. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n3p194-199>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

CAPÍTULO 1 - RESPONSABILIDADE AGROECONÔMICA DE ASSOCIAÇÕES DE RABANETE COM CAUPI-HORTALIÇA EM DIFERENTES QUANTIDADES DE FLOR-DE-SEDA, ARRANJOS ESPACIAIS E ÉPOCAS DE CULTIVO

RESUMO

A integração de pesquisas enfatizando o desenvolvimento sustentável, a geração de emprego e renda e a segurança alimentar vêm sendo destaque nos meios de divulgação. Com intuito de contribuir com a sustentabilidade de sistemas de produção de culturas associadas, a pesquisa teve como objetivo avaliar a responsividade agroeconômica de associações de rabanete com caupi-hortaliça em diferentes quantidades de flor-de-seda (*Calotropis procera*), arranjos espaciais e épocas de cultivo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 4x3, onde o primeiro fator consistiu de quatro quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo (20; 35; 50 e 65 t ha⁻¹ em base seca) e o segundo de três arranjos espaciais (2:2; 3:3 e 4:4) em duas épocas de cultivo. Avaliou-se no rabanete, altura de plantas, massa seca da parte aérea, produtividade total e comercial de raízes, produtividade de raízes refugo e massa seca de raízes, e no caupi-hortaliça, comprimento de vagem verde, número de vagens por m², produtividade e massa seca de vagens verdes, número de grãos verdes por vagem, peso de 100 grãos verdes, produtividade e massa seca de grãos verdes. Os indicadores econômicos vantagem monetária e monetária corrigida foram utilizados na avaliação da eficiência da associação de rabanete e caupi-hortaliça. A maior responsividade agroeconômica do consórcio de rabanete e caupi-hortaliça foi obtida com a incorporação de 56,06 t ha⁻¹ de *C. procera*. Os arranjos espaciais 3:3 e 4:4 apresentaram melhor responsividade agrônômica e econômica. A associação é viável quando fertilizada com *C. procera*.

Palavras-chave: *Raphanus sativus*; *Vigna unguiculata*; Consorciação de culturas; *Calotropis procera*

CAPÍTULO 1 - RESPUESTA AGROECONÓMICA DE ASOCIACIONES DE RÁBANO CON ALUBIA EN DIFERENTES CANTIDADES DE FLOR-DE-SEDA, DISTRIBUCIÓN ESPACIALES Y CAMPAÑAS

RESUMEN

La integración de las investigaciones enfatizando el desarrollo sostenible, la generación de empleo y renta, y la seguridad alimentaria se destacan en los medios de divulgación. Con el fin de contribuir con la sostenibilidad de sistemas de producción asociados, la investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta agroeconómica de asociaciones de rábano con alubia en diferentes cantidades de Manzano de Sodoma (*Calotropis procera*), distribuciones espaciales y campañas. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, con esquema factorial 4x3, donde el primer factor consistió en cuatro cantidades de *C. procera* incorporadas al suelo (20; 35; 50 y 65 t ha⁻¹ en base seca) y el segundo en tres distribuciones espaciales (2:2; 3:3 y 4:4) en dos campañas de cultivo (2015 y 2017). En el cultivo de rábano se evaluaron: altura de plantas, masa seca de la parte aérea, rendimiento total y comercial de raíces, rendimiento de raíces rechazadas y masa seca de raíces, y en el caupi-hortalizas, longitud de balla verde, número de vainas por m², productividad y masa seca de vainas verdes, número de granos verdes por vaina, peso de 100 granos verdes, productividad y masa seca de granos verdes. Los indicadores económicos monetarios y monetarios corregidos se utilizaron en la evaluación de la eficiencia de la asociación de rábano y alubias. La mayor respuesta agroeconómica del consorcio de rábano y caupi-hortalizas fue obtenida con la incorporación de 56,06 t ha⁻¹ de *C. procera*. Las distribuciones espaciales 3:3 y 4:4 presentaron una mejor respuesta agronómica y económica. La asociación es viable cuando se fertiliza con *C. procera*.

Palabras clave: *Raphanus sativus*; *Vigna unguiculata*; Consorciación de cultivos; *Calotropis procera*

CHAPTER 1 - AGRO-ECONOMIC RESPONSIVENESS OF ASSOCIATIONS OF RADISH WITH COWPEA-VEGETABLE IN DIFFERENT AMOUNTS OF ROOSTERTREE, SPATIAL ARRANGEMENTS AND CROPING SEASONS

ABSTRACT

The integration of researches emphasizing sustainable development, employment and income generation and the food security has been highlighted in the media. Thus, the objective of this research was to evaluate the agro-economic responsiveness of the association of radish with cowpea-vegetable in different amounts of *Calotropis procera*, spatial arrangements and cropping seasons. The experimental design was a randomized block design with four replications, with the treatments arranged in a 4 x 3 factorial scheme, where the first factor consisted of four amounts of *C. procera* incorporated in the soil (20; 35; 50 and 65 t ha⁻¹ on a dry basis) and the second one of three spatial arrangements (2:2; 3:3 and 4:4) in two cropping seasons. In the radish was evaluated plant height, dry mass of shoots, total and commercial productivity of roots, productivity of scrap root and dry mass of roots, while in the cowpea-vegetable crop was assessed the length of green pods, number of pods per m², productivity and dry mass of green pods, number of green grains per pod, weight of 100 green grains, yield and dry mass of green grains. The economic indicators of monetary advantage and modified monetary advantage were used in the evaluation of the association of radish and cowpea-vegetable. The greater agro-economic responsiveness of the intercropping of radish and cowpea-vegetable was obtained with the incorporation of 56.06 t ha⁻¹ of *C. procera*. The spatial arrangements 3:3 and 4:4 had better agronomic and economic responsiveness. The association of radish with cowpea-vegetable is feasible when fertilized with *C. procera*.

Keywords: *Raphanus sativus*; *Vigna unguiculata*; intercropping; *Calotropis procera*.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil a utilização de diferentes métodos de produção agrícola na agricultura familiar vem ganhando força, devido, principalmente, a modernização das pesquisas enfatizando o desenvolvimento sustentável, a geração de emprego e renda e a segurança alimentar.

Dentre os métodos de produção existentes, podemos citar a associação de culturas, como um dos principais, já que apresenta como vantagens o uso mais intensivo da área, redução do risco de insucesso cultural, aumento da proteção vegetativa do solo contra a erosão, melhor controle de plantas daninhas devido a maior velocidade de cobertura vegetativa do solo e o uso mais eficiente da mão-de-obra (Vieira et al., 2006).

Na consorciação, A utilização de plantas de ciclo curto, como as hortaliças, apresentam-se como uma alternativa viável para geração de renda com rápido retorno econômico na propriedade rural (Oliveira et al., 2015). Dentre essas hortaliças está o rabanete (*Raphanus sativus* L.), pertencente à família Brassicaceae, com ciclo curto e pouca exigência em fertilidade do solo, (Silva et al., 2015), e o caupi-hortaliça (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), pertencente à família Fabaceae que possui a característica de poder estabelecer no solo uma relação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio no solo, favorecendo a melhoria da fertilidade do solo e o uso dos recursos ambientais quando em associação.

Nesses sistemas de cultivos, uma das alternativas viáveis para suprimento da demanda de nutrientes em hortaliças é a adubação verde, caracterizada pela incorporação ao solo de massa vegetal não decomposta de plantas cultivadas no local ou fora dele, com a finalidade de preservar e restaurar os teores de matéria orgânica e nutrientes dos solos (Calegari et al., 1993). No bioma Caatinga, encontram-se disseminadas várias espécies espontâneas com potencial de uso na adubação verde de hortaliças, entre elas, a jitirana (*Merremia aegyptia* L.), o mata-pasto

(*Senna obtusifolia* L. Irwin & Barneby) e a flor-de-seda (*Calotropis procera* (Ait.) R. Br.) (Batista et al., 2013).

A *C. procera*, despertou interesse dos pesquisadores da região, devido sua adaptação, produção de biomassa, rebrota, e disponibilidade de nutrientes presente, que em decomposição poderão ficar disponíveis para as culturas na associação. A espécie espontânea pode ser utilizada como estratégia na adubação verde para diversos tipos de sistemas consorciados. Pesquisas têm demonstrado a viabilidade agrônômica de seu emprego como adubo verde em cultivo consorciado, uma vez que promoveu incremento nas produtividades de raízes comerciáveis de rabanete e caupi-hortaliça (Pereira et al., 2016).

Integrado aos métodos do cultivo consorciado e adubação verde, o aumento da produtividade neste sistema depende, entre outros fatores, da gestão relacionada a distribuição de plantas em campo das culturas envolvidas. A busca de um arranjo espacial entre as culturas componentes que proporcione uma distribuição mais uniforme das plantas por área, permite um melhor uso de luz, água e nutrientes (Argenta et al., 2001), que contribua para que diferentes combinações de espécies possam aumentar os rendimentos das culturas em relação às monoculturas (Favacho et al., 2017). Vale ressaltar que os arranjos espaciais também podem afetar as características de produção e a produtividade de muitas culturas (Bezerra et al., 2014). Todavia, estudos desenvolvidos na região semiárida nordestina relatam que na associação cenoura com caupi-hortaliça, a tuberosa, apresentou o melhor uso dos recursos ambientais no arranjo 2:2 para raízes comerciais (Ribeiro et al., 2018).

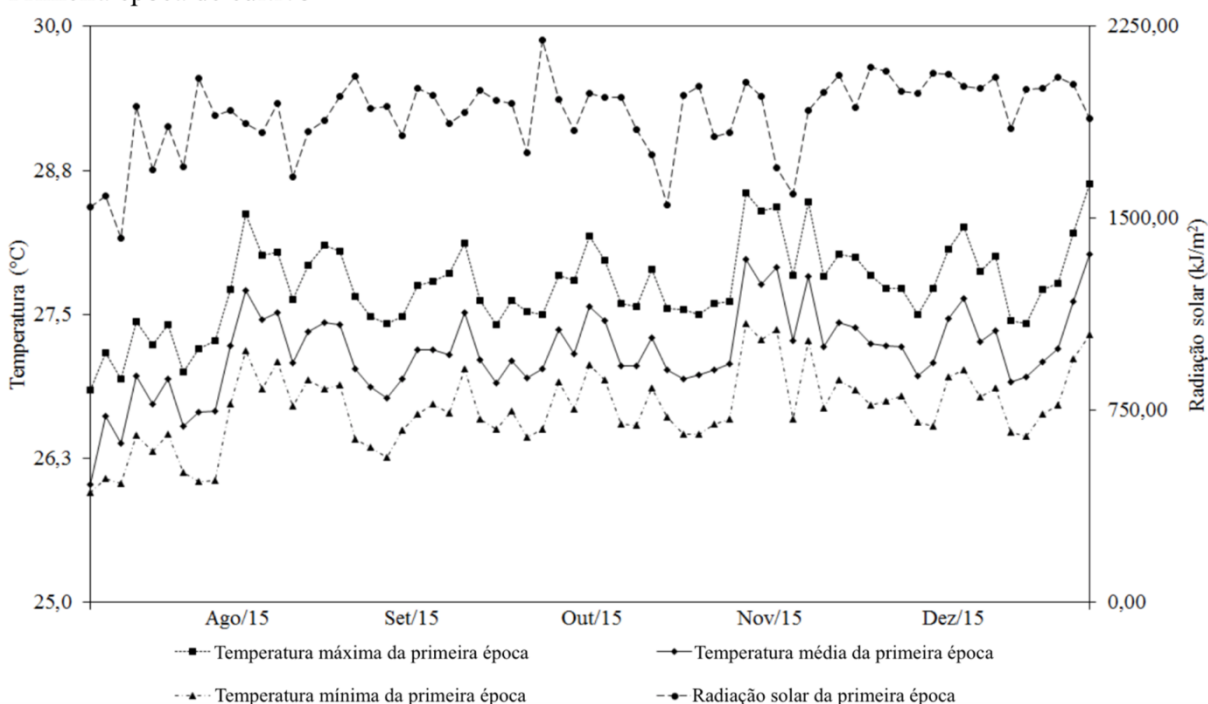
Com base no exposto, ainda existem vários desafios relacionados ao sucesso do cultivo consorciado com adubação verde, e com um adequado arranjo espacial entre as culturas de rabanete e caupi-hortaliça, que venha melhorar a complementaridade, ou até mesmo minimizar as competições intra ou interespecíficas.

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a responsividade agroeconômica de associações de rabanete com caupi-hortaliça em diferentes quantidades de *C. procera*, arranjos espaciais e épocas de cultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram desenvolvidos entre agosto e novembro de 2015 e 2017 na Fazenda Experimental Rafael Fernandes pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Lagoinha, Mossoró-RN (5 ° 11' 31'' S e 37 ° 20' 40'' W, 18 m altitude). O clima nessa região, pela classificação de Köppen, é BsWh, ou seja, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão, atingindo temperatura média máxima entre 32,1 e 34,5 °C e média mínima entre 21,3 e 23,7 °C. A precipitação média anual é de 685,3 mm. Na Figura 1 são apresentados os valores de temperaturas máximas, médias e mínimas, e a radiação solar de cada época de cultivo da associação de rabanete e caupi-hortaliça nos verões de 2015 e 2017.

Primeira época de cultivo



Segunda época de cultivo

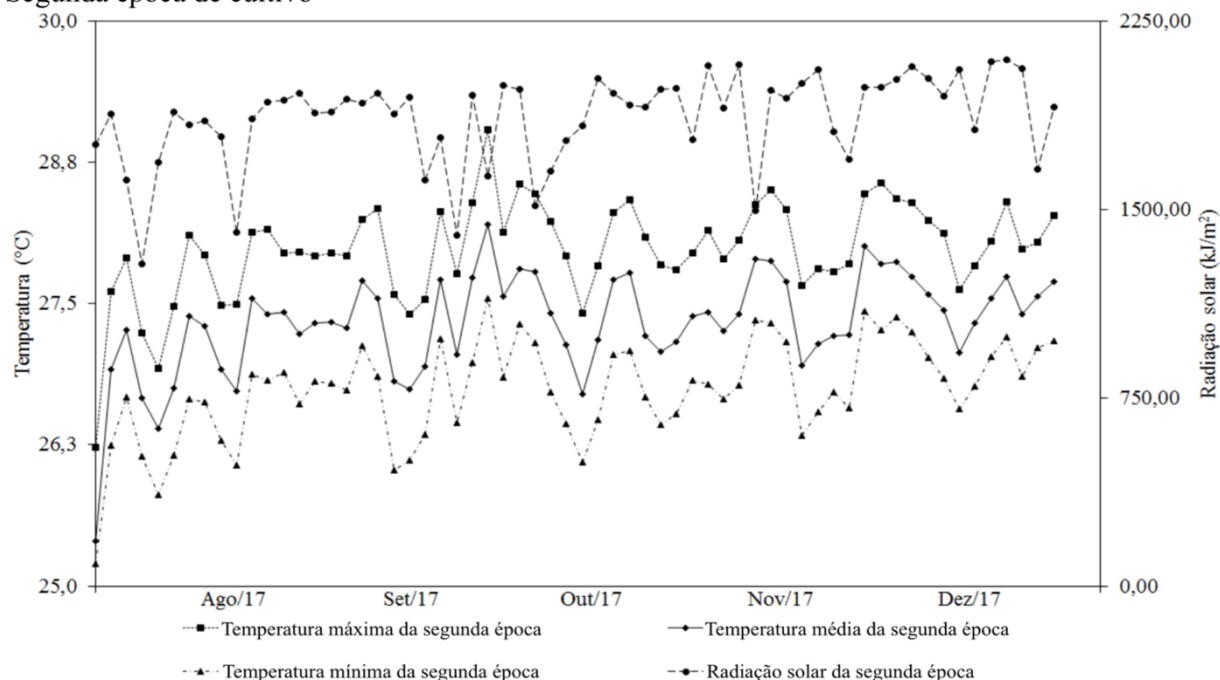


Figura 1. Dados climáticos, fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), referentes as épocas de plantio relacionadas nos verões de 2015 e 2017 em Mossoró-RN.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4x3, onde o primeiro fator consistiu de quatro quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo (20; 35; 50 e 65 t ha⁻¹ em base seca) e o segundo de três arranjos espaciais (2:2; 3:3 e 4:4) em duas épocas cultivo.

As cultivares semeadas foram: rabanete cv. Crimson Gigante e caupi-hortaliça cv. BRS Itaim, recomendadas para o cultivo no semiárido do Nordeste brasileiro. O cultivo consorciado foi estabelecido em faixas alternadas das culturas componentes na proporção de 50% da área para o rabanete e 50% da área para o caupi-hortaliça, onde cada parcela foi constituída pelo número de fileiras de rabanete alternadas com o número de fileiras de caupi-hortaliça, de acordo com o arranjo espacial estudado, ladeadas por duas fileiras-bordaduras de rabanete por um lado e por duas fileiras de caupi-hortaliça pelo outro lado, constituindo assim as bordaduras laterais. A área total e útil de cada parcela foi estabelecida de acordo com os arranjos espaciais estudados (2:2; 3:3 e 4:4). Para o rabanete e caupi-hortaliça, a área total utilizada nesses arranjos foram

de 2,4; 3,0 e 3,6 m² e a área útil de 1,0; 1,5 e 2,0 m² respectivamente. O número de plantas avaliadas de cada cultura também foi estabelecido de acordo com os arranjos espaciais estudados, sendo de 50; 75 e 100 plantas de rabanete no espaçamento de 0,25 m x 0,04 m e de 20; 30 e 40 plantas de caupi-hortaliça no espaçamento de 0,25 m x 0,10 m.

Em cada bloco, uma única parcela das culturas componentes foi plantada para calcular os indicadores de eficiência agroeconômica da associação, em sua densidade populacional, considerada ótima para o cultivo solteiro. A área total da parcela solteira para rabanete e caupi-hortaliça foi de 1,44 e 3,60 m², com área útil de 0,80 e 2,0 m², respectivamente. Em cultivo solteiro, o rabanete foi plantado no espaçamento de 0,20 entre fileiras e 0,10 m entre plantas, com uma densidade de 500.000 plantas por hectare (Batista et al., 2013) e o caupi-hortaliça no espaçamento de 0,50 m x 0,10 m, com uma densidade populacional de 200.000 plantas por hectare (Freire Filho, 2011).

De acordo com Rêgo et al. (2016), o solo da área experimental foi classificado como argissolo vermelho distrófico típico, contendo os seguintes teores de areia, silte e argila (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos físicos do perfil do solo da Fazenda Experimental "Rafael Fernandes" em Mossoró.

Horizontes/ Profundidade (cm)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
	-----g kg ⁻¹ -----			
	Perfil 1 - Argissolo vermelho distrófico típico			
A (0-22)	729	192	20	59
AB (22-47)	580	262	27	131
BA (47-107)	502	238	42	219
Bt1(107-183)	487	239	48	226
Bt2(183-233+)	419	165	48	369

* Horizontes: A (0 - 22 cm); AB (22 - 47 cm); BA (47-107 cm); Bt1 (107 - 183 cm) e Bt2 (183 - 233 cm).

O preparo do solo das áreas experimentais consistiu de uma aração e uma gradagem, seguida do levantamento dos canteiros. Antes da instalação dos trabalhos em campo, foi

realizada uma solarização de 45 dias dos canteiros de cultivo, cuja finalidade foi reduzir a população de fitopatógenos do solo, que viessem a prejudicar a produtividade das culturas avaliadas.

Antes da instalação dos experimentos de campo, amostras de solo da área experimental foram coletadas e enviadas para análise no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFERSA, cujo os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Análise química do solo antes da incorporação de *C. procera* na primeira e segunda época de cultivo.

Antes da incorporação da <i>C. procera</i>													
Épocas de cultivo	N	pH	CE	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/kg	(água)	ds/m	g/kg	mg/dm ³			cmolc/dm ³		mg/dm ³			
1	0,51	7,46	1,77	3,64	63,3	60,0	17,0	2,09	0,58	0,19	2,03	10,43	6,21
2	0,42	6,60	0,10	3,65	34,2	69,2	19,0	3,10	0,80	0,29	2,86	11,40	7,35

N- Nitrogênio; pH- Potencial Hidrogeniônico; CE- Condutividade elétrica; M.O- Matéria orgânica; P- Fósforo; K⁺- Potássio; Na⁺- Sódio; Ca²⁺- Cálcio; Mg²⁺- Magnésio; Cu- Cobre; Fe- Ferro; Mn- Manganês e Zn- Zinco.

A quantidade de N total foi determinada pelo método de Kjeldahl. A análise de pH e CE foram realizados utilizando um pHmetro e um condutivímetro, respectivamente. O carbono foi determinada por dicromatometria. Para os teores de P e K, foi utilizado o extrator Mehlich (HCl 0,05 mol L⁻¹ H₂SO₄ + 0,025 mol L⁻¹) determinados por calorimetria e fotometria de chama, respectivamente. O Na⁺ foi determinado por solução diluída de ácido clorídrico e foi, subsequentemente, determinado utilizando um aparelho espectrofotométrico de chama. Os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ foram obtidos por extração com KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica e por titulação com NaOH 0,01 mol L⁻¹, respectivamente. Os teores de Cu, Fe, Mn e Zn foram quantificados pelo método de espectrometria de absorção atômica (Embrapa, 2009).

A *C. procera* foi coletada em localidades próximas à Mossoró e depois triturada em máquina forrageira convencional, obtendo-se fragmentos entre dois e três centímetros

colocados para secar até atingir condição de feno (10% de umidade). A partir de amostras desse material, foram determinados os teores de nutrientes na matéria seca conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Teores de macronutrientes de *C. procera* na primeira e segunda época de cultivo nas áreas experimentais.

Épocas de cultivo	Teor de macronutrientes no adubo verde (g kg ⁻¹)					Teores de micronutrientes e sódio no adubo verde (mg kg ⁻¹)					Relação C/N
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Na	
1	18,40	3,10	14,50	16,30	13,50	100,50	21,75	37,88	3,85	608,5	25:1
2	15,30	0,66	25,60	8,60	4,32	94,30	16,24	29,77	3,04	207,3	25:1

N- Nitrogênio; P- Fósforo; K- Potássio; Ca- Cálcio; Mg- Magnésio; Fe- Ferro; Mn- Manganês; Zn- Zinco; Cu- Cobre; Na- Sódio e C/N- Relação carbono nitrogênio.

As análises químicas para a determinação do teor de nutrientes presentes em cada fração de *C. procera* foram realizadas utilizando extratos obtidos via digestão com enxofre. O N total também foi quantificado pelo método de Kjeldahl; P pelo método de espectrometria com amarelo vanádio, e K e Na usando o método de espectrometria de chama de emissão. Os teores de Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu foram quantificados pelo método de espectrometria de absorção atômica; enxofre pelo método de turbidimetria; e boro pelo método azimétrico (Embrapa, 2009). O teor total de carbono foi determinado pelo método de queima em mufla a uma temperatura de 550 °C (Silva; Queiroz, 2002). A relação C/N foi obtida dividindo-se o conteúdo total de carbono pelo conteúdo total de N em cada amostra do adubo verde.

A planta *C. procera* é adaptada às condições edafoclimáticas do bioma Caatinga, apresentando geralmente alta produção de biomassa e relação C/N inferior a 30/1, o que favorece o processo de mineralização em detrimento da imobilização (Linhares et al., 2011). A composição química de toda a planta é de 73,8% de umidade, 40,3% de carbono, 6,19 de hidrogênio, 2,06 de nitrogênio e 0,92% de cinza (Costa et al., 2009).

O adubo foi incorporado aos 20 dias antes da semeadura das culturas componentes na camada de 0-20 cm do solo. A incorporação do adubo verde nos cultivos solteiros de rabanete

e caupi-hortaliça foram realizadas nas doses 18 e 59 t ha⁻¹, respectivamente, conforme quantidades otimizadas obtidas em pesquisas anteriores (Batista et al., 2013; Vieira et al., 2018).

Após a incorporação da *C. procera* ao solo, irrigações diárias foram realizadas em dois turnos com a finalidade de favorecer a atividade microbiana do solo no processo de mineralização da matéria orgânica. O plantio das culturas componentes foi realizado no dia 28 de agosto de 2015 e 18 de agosto de 2017, em semeadura direta a dois centímetros de profundidade. Após a emergência das culturas, ocorreu o desbaste aos 7 e 10 dias para rabanete e caupi-hortaliça, respectivamente, deixando-se uma planta por cova. As capinas manuais foram efetuadas sempre que necessárias.

Durante a condução dos experimentos, irrigações diárias foram realizadas pelo sistema de microaspersão. A quantidade de água fornecida foi determinada pelos valores do coeficiente de cultivo do caupi-hortaliça (inicial $K_{ch} = 0,5$, meio $K_{ch} = 1,05$ e final $K_{ch} = 0,90$) (Allen et al., 1998), com uma lâmina diária de irrigação aproximada entre 14 e 16 mm (Lima et al., 2010). A colheita do rabanete ocorreu aos 30 dias após a semeadura. No caupi-hortaliça, quatro colheitas foram feitas no intervalo de 51 a 65 dias na primeira época e de 50 a 62 dias após a semeadura na segunda época.

As características avaliadas no rabanete foram: altura de plantas, massa seca da parte aérea, produtividade total e comercial de raízes, produtividade de raízes refugo e massa seca de raízes. Para o caupi-hortaliça foram determinados: comprimento de vagem verde, número de vagens por m², produtividade e massa seca de vagens verdes, número de grãos verdes por vagem, peso de 100 grãos verdes, produtividade e massa seca de grãos verdes.

A renda bruta, os custos de produção total por hectare de cada parcela e a renda líquida foram quantificados (Tabela 4). Com base nesses valores foram determinados os indicadores de eficiência agroeconômica para a avaliação da associação por meio da vantagem monetária e da vantagem monetária corrigida (Oliveira et al., 2015).

Tabela 4. Valores de renda bruta, custos totais de produção e renda líquida referentes a associações de rabanete e caupi-hortaliça provenientes de diferentes quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo e de arranjos espaciais em duas épocas de cultivo.

ÉPOCA 1														
Quantidades de <i>C. procera</i>	Arranjos espaciais	(RB) R\$ ha ⁻¹	(CV) R\$ ha ⁻¹				(CF) R\$ ha ⁻¹				(CO) R\$ ha ⁻¹		(CT) R\$ ha ⁻¹	(RL) R\$ ha ⁻¹
			(I)	(MO)	(E)	(OD)	(MC)	(D)	(IT)	(MOF)	(RS)	(RCF)		
20 t ha ⁻¹	2:2	25,373.95	2,903.60	7,781.00	230.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	15,301.92	10,072.03
	3:3	25,511.18	2,903.60	7,939.40	230.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	15,460.32	10,050.86
	4:4	22,196.34	2,903.60	7,631.40	230.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	15,152.32	7,044.03
35 t ha ⁻¹	2:2	30,851.47	2,903.60	11,558.50	241.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	19,090.42	11,761.06
	3:3	37,114.88	2,903.60	11,651.30	241.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	19,183.22	17,931.66
	4:4	33,541.31	2,903.60	11,462.10	241.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	18,994.02	14,547.30
50 t ha ⁻¹	2:2	36,297.91	2,903.60	15,049.35	252.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	22,592.27	13,706.64
	3:3	38,246.29	2,903.60	14,919.35	252.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	22,462.27	15,784.02
	4:4	39,002.12	2,903.60	14,782.55	252.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	22,325.47	16,676.66
65 t ha ⁻¹	2:2	38,579.26	2,903.60	18,007.10	263.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	25,553.01	13,026.24
	3:3	41,338.31	2,903.60	18,039.50	263.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	25,585.41	15,752.90
	4:4	44,861.29	2,903.60	18,057.50	263.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,364.00	300.00	999.84	25,603.41	19,257.88
ÉPOCA 2														
		(RB) R\$ ha ⁻¹	(CV) R\$ ha ⁻¹				(CF) R\$ ha ⁻¹				(CO) R\$ ha ⁻¹		(CT) R\$ ha ⁻¹	(RL) R\$ ha ⁻¹
			(I)	(MO)	(E)	(OD)	(MC)	(D)	(IT)	(MOF)	(RS)	(RCF)		
20 t ha ⁻¹	2:2	29,833.67	2,943.60	7,407.00	230.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	15,414.92	14,418.75
	3:3	32,148.40	2,943.60	7,462.60	230.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	15,470.52	16,677.88
	4:4	33,269.36	2,943.60	7,317.40	230.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	15,325.32	17,944.04
35 t ha ⁻¹	2:2	34,973.51	2,943.60	10,979.30	241.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	18,998.22	15,975.30
	3:3	36,328.94	2,943.60	10,881.70	241.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	18,900.62	17,428.32
	4:4	35,393.69	2,943.60	10,791.30	241.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	18,810.22	16,583.47
50 t ha ⁻¹	2:2	42,447.93	2,943.60	14,588.55	252.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	22,618.47	19,829.46
	3:3	38,212.01	2,943.60	14,198.95	252.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	22,228.87	15,983.15
	4:4	38,486.67	2,943.60	14,138.55	252.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	22,168.47	16,318.21
65 t ha ⁻¹	2:2	35,307.50	2,943.60	17,434.70	263.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	25,467.61	9,839.88
	3:3	38,558.24	2,943.60	17,215.10	263.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	25,248.01	13,310.23
	4:4	39,268.29	2,943.60	17,137.10	263.70	120.60	220.17	372.00	10.00	2,811.00	300.00	999.84	25,170.01	14,098.28

RB - Renda Bruta, CV - Custos variáveis, I - Insumos, MO - Mão de obra, E - Energia, OD - Outras despesas, MC - Manutenção e conservação, CF - Custos fixos, D - Depreciação, IT - Impostos e taxas, MOF - Mão de obra fixa, CO - Custos de oportunidade, RS - Remuneração do solo, RCF - Remuneração do capital fixo, CT - Custos totais e RL - Renda líquida.

A vantagem monetária foi expressa pela equação 1 (Dhima et al., 2007):

$$VM = RB \times \frac{UET - 1}{UET} \quad (1),$$

Onde, (VM) é a vantagem monetária (R\$ ha⁻¹), (RB) é a renda bruta por hectare (R\$ ha⁻¹) e (UET) o índice de uso eficiente da terra. A vantagem monetária corrigida foi expressa pela

equação 2:

$$VMc = RL \times \frac{UET - 1}{UET} \quad (2),$$

Sendo, (VMc) a vantagem monetária corrigida (R\$ ha⁻¹) e (RL) a renda líquida por hectare (R\$ ha⁻¹).

Análises univariadas de variância para o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial foi utilizada para avaliar as variáveis coletadas (Pimentel Gomes, 1985). O procedimento de ajustamento de curvas de regressão foi determinado através do software Table curve com o intuito de estimar o comportamento de cada variável em função das quantidades de *C. procera* (Jandel Scientific, 1991). Uma análise conjunta das duas épocas de cultivo foi realizada. O teste de Tukey foi usado para comparar as médias entre os arranjos espaciais e as épocas de cultivo através do software SISVAR (Ferreira, 1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância das características avaliadas no rabanete estão apresentados na Tabela 5. Foram observadas interações significativas entre épocas e quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo para as variáveis produtividade total e comercial de raízes e entre quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo e arranjos espaciais para a variável massa seca de raízes (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de F para altura de plantas (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade total (PTR) e comercial de raízes (PCR), produtividade de raízes refugo (PRR) e massa seca de raízes (MSR) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo, nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.

FV	GL	AP	MSPA	PTR	PCR	PRR	MSR
Blocos (Épocas)	6	7,28**	4,50**	3,06**	3,78**	2,09 ^{ns}	0,67 ^{ns}
Épocas (E)	1	22,05**	142,20**	321,48**	204,64**	18,89**	157,63**
Quantidades (Q)	3	18,23**	13,19**	17,06**	14,45**	0,35 ^{ns}	10,69**
Arranjos (A)	2	0,19 ^{ns}	14,60**	15,60**	8,27**	6,07**	11,08**
E x Q	3	1,13 ^{ns}	0,43 ^{ns}	3,25*	3,71*	2,47 ^{ns}	2,47 ^{ns}
E x A	2	2,18 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,75 ^{ns}	2,23 ^{ns}

Q x A	6	1,23 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,48 ^{ns}	2,69 [*]
E x Q x A	6	1,27 ^{ns}	1,94 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,93 ^{ns}
CV (%)	-	11,11	19,82	13,80	18,04	42,21	17,46

** = $P < 0,01$; * = $P < 0,05$; ns = $P \geq 0,05$

Desdobrando-se as quantidades de *C. procera* dentro de cada época, observou-se respostas ascendentes das produtividades total e comercial de raízes em função das quantidades de *C. procera*, com valores máximos de 5,70 e 5,08 t ha⁻¹ nas quantidades de 62,70 e 65 t ha⁻¹ na primeira época e até os valores máximos de 8,56 e 7,60 nas quantidades 49,56 e 46,69 t ha⁻¹ na segunda época, decrescendo em seguida até a última quantidade adicionada (Figura 2C).

Estas diminuições nas produtividades de rabanete após pontos máximos podem ser explicadas pela Lei do Máximo, onde o excesso de um nutriente no solo pode causar efeito tóxico e/ou diminuir a eficácia de outros, reduzindo assim a produção agrícola (Almeida et al., 2015). Pereira et al. (2016) estudando a associação de rabanete com caupi-hortaliça na mesma região desta pesquisa, também observaram uma diminuição na produtividade total e comercial do rabanete até a adição da última dose de *C. procera* incorporada no solo após atingir os valores máximos na quantidade de adubação verde de 47,97 e 49,86 t ha⁻¹. Almeida et al. (2015) obtiveram também o mesmo comportamento decrescente da produtividade de alface e do rendimento de massa fresca de rúcula em cultivo consorciado adubado com *C. procera*.

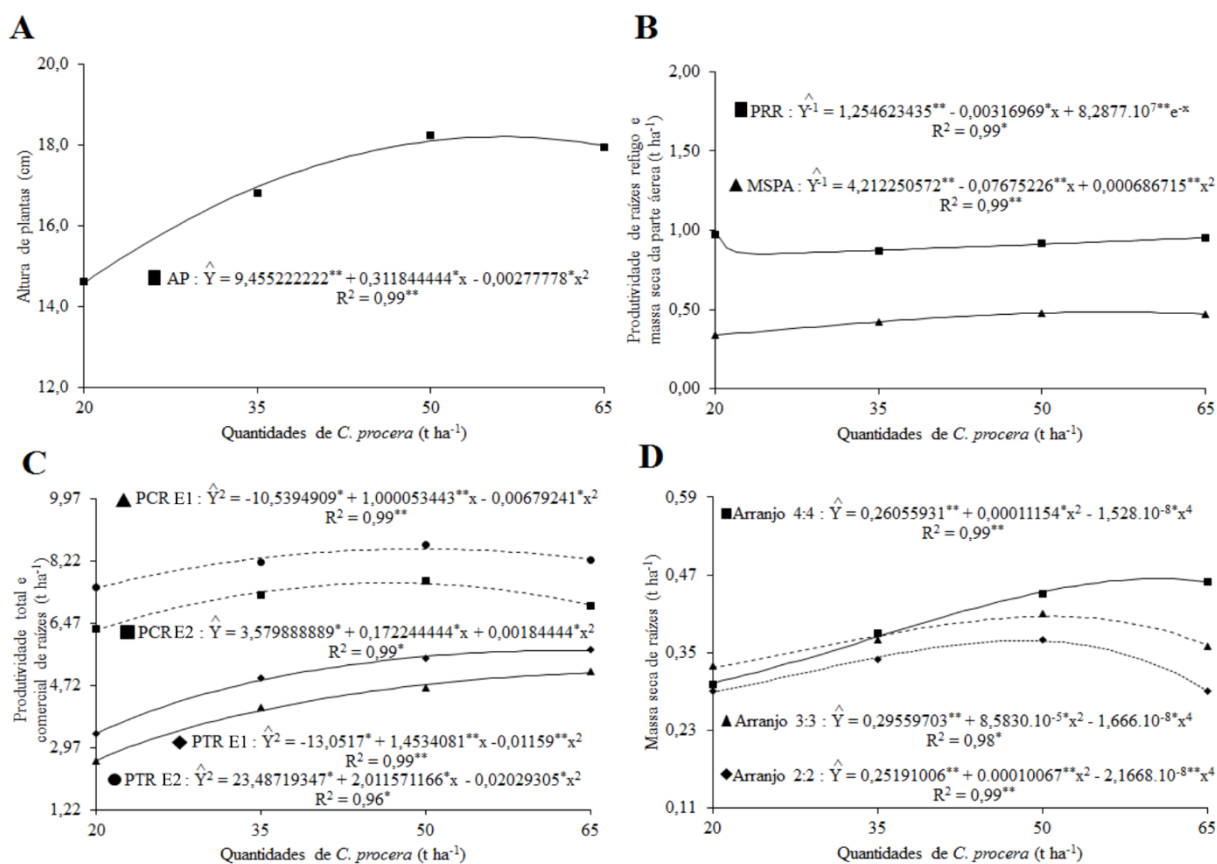


Figura 2. Altura de plantas (A), produtividade de raízes refugio e massa seca da parte aérea (B), produtividade total e comercial de raízes (C), e massa seca de raízes (D) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo e nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo.

Por outro lado, esse aumento se deve, em parte, à maior disponibilidade de nutrientes liberados pelo adubo verde, como também, pela sincronia na qual esses elementos são liberados e absorvidos pela planta durante o ciclo das culturas componentes (Bezerra Neto et al., 2014). Batista et al. (2013), estudando a adubação de rabanete em cultivo solteiro com *C. procera*, observaram uma produtividade total e comercial de raízes de 8,27 e 7,01 t ha⁻¹ superior à primeira época e inferior a segunda época observados neste trabalho. A partir disto, independentemente dos anos de cultivo, podemos inferir que essa hortaliça tuberosa respondeu bem à adubação verde com o uso de *C. procera*.

Desdobrando-se as quantidades de *C. procera* dentro de cada arranjo espacial de plantio, observou-se também um aumento da massa seca de raízes em função das quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo, com valores máximos de 0,37, 0,41 e 0,46 t ha⁻¹ nas quantidades

de 46,75, 49,61 e 61,42 t ha⁻¹ para os arranjos 2:2, 3:3 e 4:4, respectivamente, diminuindo então, até a última quantidade adicionada (Figura 2D). Estas diminuições após os valores otimizados se devem à aplicação adequada de nutrientes ao solo que promove um aumento no rendimento da planta até um ponto máximo, a partir do qual a resposta se torna negativa, produzindo assim uma diminuição no rendimento da variável, comportamento explicado pela lei do máximo relatada por [Almeida et al. \(2015\)](#).

As variáveis altura de plantas e massa seca da parte aérea, aumentaram em função das quantidades de *C. procera*, obtendo valores máximos de 18,21 cm e 0,48 t ha⁻¹ nas quantidades de 56,13 e 55,88 t ha⁻¹, respectivamente, decrescendo em seguida até a última quantidade adicionada ao solo (Figuras 2A e 2B). A produtividade de raízes refugo apresentou um comportamento estável (0,90 t ha⁻¹) até a última quantidade incorporada ao solo de 65 t ha⁻¹ (Figura 2B).

Na Tabela 6, observa-se o desdobramento das épocas e dos arranjos espaciais de plantio dentro de cada quantidade de *C. procera* incorporadas ao solo para as variáveis: produtividade total, comercial e massa seca de raízes do rabanete, e dos arranjos espaciais dentro das quantidades de *C. procera* para massa seca de raízes de rabanete. Diferenças significativas foram registradas entre as produtividades e épocas com as médias da segunda época se sobressaindo da primeira época. Essa diferença pode estar relacionada com o comportamento competitivo e produtivo do caupi-hortaliça entre as épocas, já que o seu desempenho foi inferior na segunda época, favorecendo positivamente o desempenho do rabanete neste mesmo cultivo. Para a massa seca de raízes foi registrada diferença significativa entre os arranjos espaciais na quantidade 65 t ha⁻¹ de *C. procera*, com o arranjo 4:4 superando os demais. Esse desempenho pode ser atribuído, à influência da maior competição intraespecífica pelos recursos ambientais. Com isso, apesar de uma maior competição intraespecífica entre as plantas de rabanete da área útil no arranjo 4:4 comparado com os outros arranjos espaciais, as mesmas conseguiram, ao

final do ciclo, apresentar uma quantidade da variável MSR superior em relação aos demais arranjos.

Tabela 6. Produtividade total (PTR) e comercial (PCR) de raízes de rabanete nas épocas de cultivo em diferentes quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo e massa seca de raízes de rabanete (DMR) nos arranjos espaciais dentro das quantidades de *C. procera*.

Quantidades incorporadas	PTR (t ha ⁻¹)		PCR (t ha ⁻¹)		MSR (t ha ⁻¹)		
	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	2:2	3:3	4:4
20	3,36 b	7,49 a	2,58 b	6,31 a	0,29 a	0,33 a	0,30 a
35	4,92 b	8,20 a	4,10 b	7,28 a	0,34 a	0,37 a	0,38 a
50	5,47 b	8,68 a	4,65 b	7,65 a	0,37 a	0,41 a	0,44 a
65	5,72 b	8,24 a	5,11 b	6,96 a	0,29 b	0,36 b	0,46 a

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Diferenças significativas nas variáveis altura de plantas, massa seca da parte aérea, produtividade de raízes refugo e massa seca de raízes nas épocas foram observadas, com a segunda época se destacando em relação a primeira época (Tabela 7). Esta diferença, pode estar relacionado ao comportamento morfológico de crescimento do caupi-hortaliça, possivelmente, causando um menor sombreamento sobre as plantas de rabanete, tendo como consequência um comportamento positivo no rendimento de raízes de rabanete. Diferenças significativas entre os arranjos espaciais do rabanete consorciado com caupi-hortaliça foram observadas na massa seca da parte aérea, produtividade total e comercial de raízes, com os arranjos 3:3 e 4:4 se sobressaindo do arranjo 2:2.

Tabela 7. Altura de plantas (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade total e (PTR) comercial de raízes (PCR), produtividade de raízes refugo (PRR) e massa seca de raízes (MSR), de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nos arranjos espaciais e épocas de cultivo.

Arranjos espaciais	AP (cm)	MSPA (t ha ⁻¹)	PTR (t ha ⁻¹)	PCR (t ha ⁻¹)	PRR (t ha ⁻¹)	MSR (t ha ⁻¹)
2:2	16,78 A	0,37 B	5,80 B	4,99 B	0,81 B	-
3:3	17,07 A	0,44 A	6,74 A	5,89 A	0,85 B	-
4:4	16,88 A	0,48 A	6,99 A	5,86 A	1,12 A	-
Épocas de cultivo						
1	16,01 B	0,32 B	-	-	0,76 B	0,28 B

2 17,81 A 0,53 A - - 1,10 A 0,45 A

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a cultura do caupi-hortaliça, foi observada interação significativa entre Épocas e quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo nas variáveis comprimento de vagem verde, produtividade de vagens verdes e de grãos verdes (Tabela 8).

Tabela 8. Valores de F do comprimento de vagem verde (CVV), número de vagens por m² (NV), produtividade de vagens verdes (PVV), massa seca de vagens verdes (MSVV), número de grãos verdes por vagem (NGVV), peso de 100 grãos verdes (P100), produtividade (PGV) e massa seca de grãos verdes (MSGV) de caupi-hortaliça consorciado com rabanete nas épocas de cultivo, nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.

FV	GL	CVV	NV	PVV	MSVV	NGVV	P100	PGV	MSGV
Blocos (Épocas)	6	0,57 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,61 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,96 ^{ns}
Épocas (E)	1	31,55**	401,01**	977,24**	30,47**	34,73**	6,02*	347,12**	24,04**
Quantidades (Q)	3	26,26**	44,33**	43,28**	50,19**	16,12**	1,53 ^{ns}	55,16**	56,48**
Arranjos (A)	2	1,82 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,43 ^{ns}	2,37 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,35 ^{ns}
E x Q	3	4,12**	2,38 ^{ns}	11,33**	0,70 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,36 ^{ns}	3,30*	0,90 ^{ns}
E x A	2	2,12 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,54 ^{ns}	2,43 ^{ns}	0,78 ^{ns}
Q x A	6	1,08 ^{ns}	1,39 ^{ns}	2,01 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,50 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,26 ^{ns}
E x Q x A	6	0,72 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,59 ^{ns}
CV (%)	-	4,32	18,39	19,70	22,27	9,20	7,46	20,77	22,62

** = P < 0,01; * = P < 0,05; ns = P ≥ 0,05

Desdobrando-se as variáveis comprimento de vagem verde, produtividade de vagens verdes e grãos verdes do caupi-hortaliça nas quantidades de *C. procera* dentro de cada época, observaram-se comportamento ascendente dessas variáveis em função das quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo, obtendo-se valores máximos de 17,14 cm, 7,45 e 3,66 t ha⁻¹, na quantidade de 65 t ha⁻¹ para a primeira época e 16,47 cm, 1,84 e 1,78 t ha⁻¹, nas quantidades de 65, 60,46 e 60,33 t ha⁻¹ referentes a segunda época (Figuras 3A, 3C e 3F). Esse comportamento do caupi-hortaliça na segunda época deve-se, em parte, a baixa quantidade de fósforo presente no solo e o menor teor de nutrientes determinado no adubo verde, que foi incorporado ao solo na segunda época (Tabelas 2 e 3).

De acordo com [Graham e Miller \(2005\)](#), baixa solubilidade e translocação de P na solução do solo, ação de enzimas microbianas e associações micorrízicas podem estar relacionadas aos microrganismos decompositores que colonizam a rizosfera da planta. No entanto, segundo [Rincón e Gutiérrez \(2012\)](#), esses processos são influenciados por uma combinação de fatores como espécies de plantas, tipo de solo e fatores ambientais. Este cenário pode, em parte, ser justificado pelas condições ambientais apresentadas nos períodos de pré-floração, floração e maturação, com uma diferença de temperatura média entre a primeira e segunda época de 1,09; 0,71 e 0,64 °C, (Figura 1), resultando em uma menor eficiência das plantas em relação aos recursos naturais disponíveis, influenciando de forma considerável essas variáveis produtivas da segunda época.

De acordo com [Craufurd et al. \(1998\)](#), a diminuição da produtividade de grãos devido às temperaturas elevadas é comum na cultura do feijão caupi. A produção agrícola está diretamente ligada às condições climáticas podendo, desde a época do plantio até a colheita, ser substancialmente afetada por elas ([Wutke et al., 2000](#)).

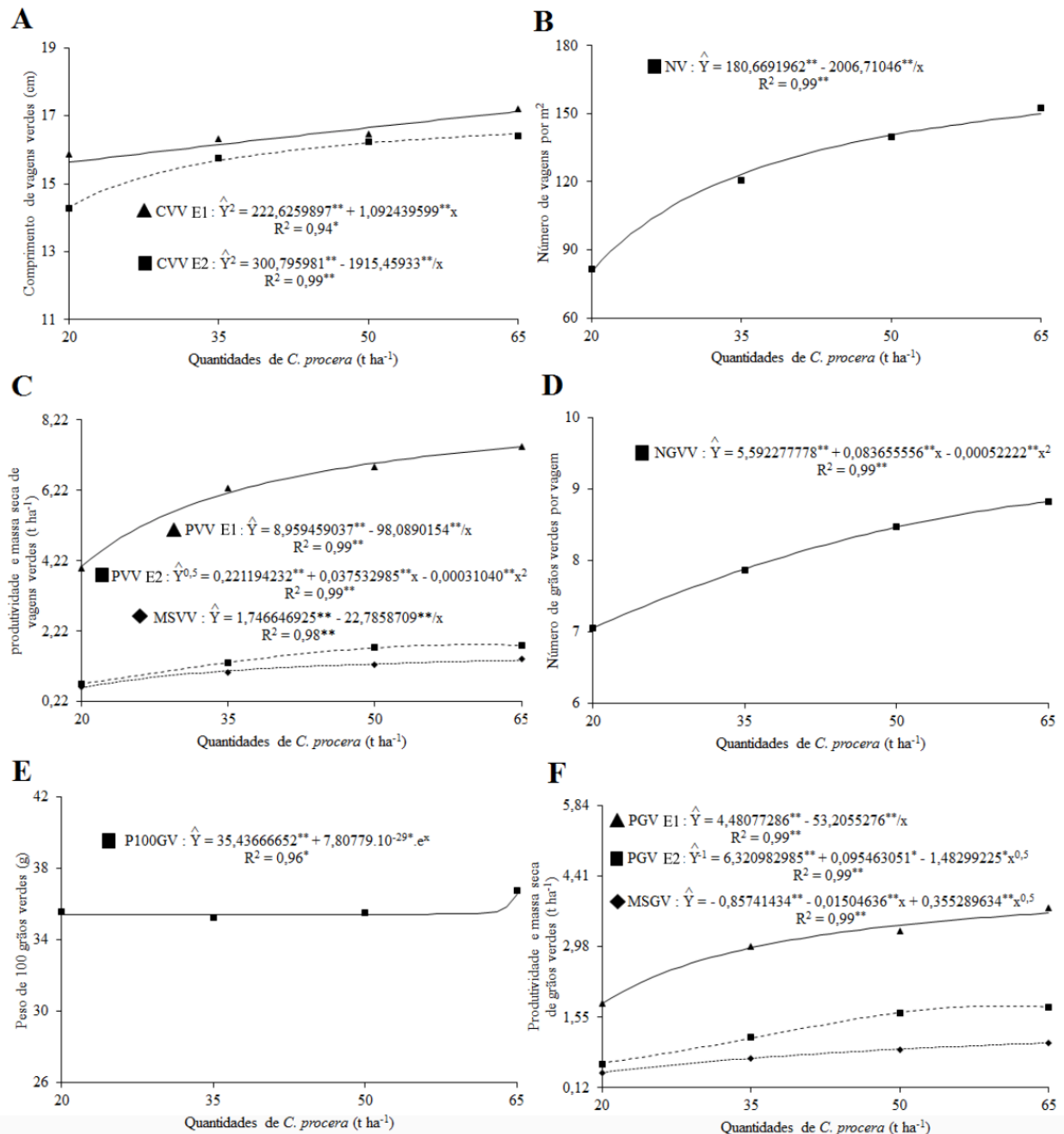


Figura 3. Comprimento de vagens verdes (A), número de vagens por m² (B), produtividade e massa seca de vagens verdes (C) número de grãos verdes por vagem (D) peso de 100 grãos verdes (E), produtividade e massa seca de grãos verdes (F) de caupi-hortaliça consorciado com rabanete nas épocas de cultivo e nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo.

Comportamento crescente também foi observado nas características número de vagens por m², massa seca de vagens verdes, número de grãos verdes por vagem, peso de 100 grãos verdes e massa seca de grãos verdes do caupi-hortaliça com o aumento das quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo, obtendo-se um máximo de 149,80 m², 1,40 t ha⁻¹, 8,82; 36,76 g

e 1,03 t ha⁻¹, respectivamente, na quantidade de 65 t ha⁻¹ de *C. procera* (Figuras 3B, 3C, 3D, 3E e 3F).

Desdobrando as épocas dentro de cada quantidade de *C. procera* incorporada ao solo para as variáveis de caupi-hortaliça, podemos observar que o rendimento do mesmo na primeira época foi superior a segunda época, com exceção do comprimento de vagens verdes na quantidade de 50 t ha⁻¹ (Tabela 9). Verifica-se que as plantas de caupi-hortaliça na primeira época foram mais eficientes no uso dos recursos naturais disponíveis para as variáveis produtivas comprimento de vagem verde, produtividade de vagens verdes, produtividade de grãos verdes.

Tabela 9. Comprimento de vagem verde (CVV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV) de caupi-hortaliça consorciado com rabanete nas épocas de cultivo e nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo.

Quantidades incorporadas	CVV (cm)		PVV (t ha ⁻¹)		PGV (t ha ⁻¹)	
	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época
20	15,88 a	14,29 b	4,02 a	0,72 b	1,83 a	0,60 b
35	16,33 a	15,76 b	6,29 a	1,33 b	2,98 a	1,15 b
50	16,47 a	16,23 a	6,88 a	1,75 b	3,29 a	1,63 b
65	17,20 a	16,40 b	7,47 a	1,82 b	3,76 a	1,76 b

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 10, observa-se a diferença significativa entre as épocas. Com exceção do peso de 100 grãos verdes, as variáveis número de vagens por m², massa seca de vagens verdes, número de grãos verdes por vagem e massa seca de grãos verdes na primeira época foi superior a segunda época. Este resultado pode estar relacionado as condições ambientais que as plantas foram expostas no primeiro cultivo, onde as plantas atingiram um equilíbrio na translocação de fotoassimilados e conversão destes, não apenas em variáveis produtivas, mas também em características de crescimento.

Tabela 10. Comprimento de vagem verde (CVV), número de vagens por m² (NV), produtividade (PVV), e massa seca de vagens verdes (MSVV), número de grãos verdes por vagem (NGVV), peso de 100 grãos verdes (P100), produtividade de grãos verdes (PGV), massa seca de grãos verdes (MSGV) de caupi-hortaliça consorciado com rabanete nas épocas de cultivo.

Épocas de cultivo	NV (m ²)	MSVV (t ha ⁻¹)	NGVV	P100 (g)	MSGV (t ha ⁻¹)
1	170,02 A	1,24 A	8,50 A	35,10 B	0,86 A
2	77,14 B	0,96 B	7,61 B	36,43 A	0,68 B

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na eficiência do consórcio, medida através da vantagem monetária e vantagem monetária corrigida, não foi constatada interação significativa entre os fatores épocas e quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo e arranjos espaciais entre as culturas componentes (Tabela 11).

Tabela 11. Valores de F da vantagem monetária (VM) e vantagem monetária corrigida (VMc) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo, nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.

FV	GL	VM	VMC
Blocos (Épocas)	6	2,22 ^{ns}	2,18 [*]
Épocas (E)	1	1,26 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Quantidades (Q)	3	47,84 ^{**}	21,18 ^{**}
Arranjos (A)	2	0,70 ^{ns}	0,96 ^{ns}
E x Q	3	1,82 ^{ns}	2,27 ^{ns}
E x A	2	2,89 ^{ns}	1,87 ^{ns}
Q x A	6	0,83 ^{ns}	0,93 ^{ns}
E x Q x A	6	1,29 ^{ns}	1,14 ^{ns}
CV (%)	-	40,77	56,44

** = P < 0,01; * = P < 0,05; ns = P ≥ 0,05

Comportamento ascendente em função das crescentes quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo foi registrado na vantagem monetária e vantagem corrigida, onde foi constatado valores máximos de 16.803,24 e 6.902,13 R\$ ha⁻¹ nas quantidades de 62,85 e 56,06 t ha⁻¹, decrescendo até a última quantidade adicionada. Esses resultados evidenciam vantagem do consórcio adubado com adubo verde em termos monetários, sinalizando vantagens economicamente viáveis (Figura 4).

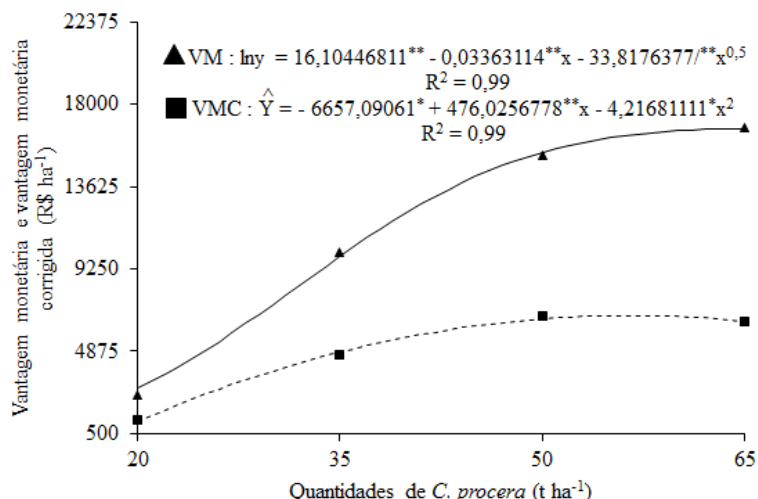


Figura 4. Vantagem monetária e vantagem monetária corrigida nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo.

Comparando-se as médias das vantagens monetárias e as vantagens monetárias corrigidas nos arranjos espaciais de plantio e nas épocas entre as culturas componentes, não foi observada diferença significativa entre elas (Tabela 12). Esses resultados evidenciaram que, independentemente dos arranjos espaciais e épocas, os desempenhos agrônômicos nas culturas foram complementares, e economicamente positivos.

Tabela 12. Vantagem monetária (VM) e vantagem monetária corrigida (VMc) do consórcio rabanete com caupi-hortaliça nos arranjos espaciais e épocas de cultivo.

Arranjos espaciais	VM	VMc
2:2	10391,04 A	4244,13 A
3:3	11510,16 A	4936,34 A
4:4	11594,08 A	5133,76 A
Épocas de cultivo		
1	11686,40 A	4927,94 A
2	10643,79 A	4614,88 A

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Entre os fatores de produção avaliados, o que foi responsável em maior escala pela eficiência agroeconômica foi a adubação verde sem dúvida, devido à otimização da dose de *C. procera* que expressa a eficiência agrônômica (medida pela VM) deste insumo quanto à eficiência econômica (medida pelo VMc).

Sabe-se que o adubo verde quando em quantidade adequada melhora a fertilidade, aumenta o teor de matéria orgânica, diminui as taxas de erosão, aumenta a retenção de água no solo, aumenta a disponibilidade de nutrientes e reduz a quantidade de plantas invasoras (Graham; Haynes, 2006).

Além disso, sabe-se também que o nitrogênio e o potássio são responsáveis pela formação de raízes de rabanete (Inam et al., 2011) e são considerados elementos essenciais para o bom desenvolvimento das plantas, participando de compostos estruturais ou funções no metabolismo (Lima et al., 2001). Os números desses dois elementos na *C. procera* estão em bons níveis, como observado na Tabela 3.

Silva et al. (2018) estudando a eficiência do consórcio de cenoura e alface em ambiente semi-árido, em diferentes quantidades de biomassa de *C. procera* incorporadas ao solo e em diferentes arranjos espaciais, registraram influência similar dos arranjos espaciais na eficiência de consórcio e maior eficiência agronômica do consórcio na dose otimizada de biomassa de *C. procera* de 46,36 t ha⁻¹. Esse comportamento do consórcio foi exatamente semelhante ao observado nesta pesquisa, onde dentre os fatores de produção testados, a adubação verde foi responsável pela maior eficiência do consórcio.

Por outro lado, Silva et al. (2018) avaliando os efeitos de diferentes doses de *Merremia Aegyptia* como adubo verde, sobre os indicadores de sustentabilidade agroeconômica do consórcio de beterraba e alface, em diferentes arranjos espaciais e em duas épocas sucessivas, não registraram influência dos arranjos espaciais, porém verificaram uma maior otimização no desempenho agroeconômico do consórcio de alface-beterraba com a incorporação de aproximadamente 35,30 t ha⁻¹ de biomassa de *M. Aegyptia*, com efeito semelhante do adubo verde ao observado nesta pesquisa.

4. CONCLUSÕES

Recomenda-se o consórcio de rabanete e caupi-hortaliça com a incorporação de 56,44 t ha⁻¹ de *C. procera*. Os arranjos espaciais 3:3 e 4:4 foram os que tiveram melhor desempenho produtivo no consórcio. O consórcio de rabanete com caupi-hortaliça é viável quando adubado com a espécie espontânea *C. procera* do bioma Caatinga.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e ao grupo de pesquisa do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestal da Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA) pelo desenvolvimento de tecnologias de cultivo de hortaliças em fazendas familiares.

6. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56, 1998. 300 p.
- ALMEIDA, A. E. S. et al. Eficiência agronômica do consórcio alface-rúcula fertilizado com flor-de-seda. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 79 - 85, jul./set. 2015. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n309rc>>. Acesso em: 19 jul. 2018.
- ARGENTA, G. S. et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 1 - 8, jan. 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000100009>>. Acesso em: 29 jan. 2018.
- BATISTA, M. A. V. et al. Atributos microbiológicos do solo e produtividade de rabanete influenciados pelo uso de espécies espontâneas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 587 - 594, out./dez. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362013000400013>>. Acesso em: 29 jan. 2018.
- BEZERRA, F. T. C. et al. Comportamento vegetativo e produtividade de girassol em função do arranjo espacial das plantas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 335 -

343, abr./jun. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000200015>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

BEZERRA NETO, F. et al. Otimização agroeconômica da cenoura fertilizada com diferentes doses de jirirana. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 305 - 311, abr./jun. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000200011>>. Acesso em: 29 jan. 2018

CALEGARI, A. et al. **Aspectos gerais da adubação verde**. In: COSTA, MBB. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. 56 p.

COSTA, R. G. et al. Perspectivas de utilização da flor-de-seda (*Calotropis procera*) na produção animal. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 1 - 9, jan./mar. 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117625001>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

CRAUFURD, P. Q. et al. Heat tolerance in cowpea: effect of timing and duration of heat stress. **Annals of Applied Biology**, v. 133, n. 2, p. 257 - 267, jul. 1998. Disponível em: <[doi: 10.1111/j.1744-7348.1998.tb05826.x](https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1998.tb05826.x)>. Acesso em: 29 jan. 2018.

DHIMA, K. V. et al. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. **Field Crops Research**, v. 100, n. 2 - 3, p. 249 - 256, fev. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.008>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

FAVACHO, F. S. et al. Productive and economic efficiency of carrot intercropped with cowpea-vegetable resulting from green manure and different spatial arrangements. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 337 - 346, abr./jun. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170039>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

FERREIRA, D. F. **Sisvar** - sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 1998. 19 p.

FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

GRAHAM, M. H.; HAYNES, R. J. Organic matter status and the size, activity and metabolic diversity of the soil microbial community in the row and inter-row of sugar cane under burning a trash retention. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 38, n. 1, p. 21 - 31, jan. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.04.011>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

GRAHAM, J.; MILLER R. Mycorrhizas: gene to function. **Plant and Soil**, v. 274, n. 4, p. 79 - 100, jul. 2005. Disponível em: <[10.1007/s11104-004-1419-5](https://doi.org/10.1007/s11104-004-1419-5)>. Acesso em: 17 jul. 2018.

INAM, A. et al. Studies on Potassium content in two root crops under nitrogen fertilization. **International Journal of Environmental Sciences**, v. 2, n. 2, p. 1030 - 1038, nov. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.6088/ijes.00202020060>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 08 jan. 2019.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve:** curve fitting software. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, 1991. 280 p.

LIMA, E. V. et al. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, São Paulo, v. 58, n. 1, p. 125 - 129, jan./mar. 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000100019>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

LIMA, J. S. S. et al. Productive performance of carrot and rocket cultivars in strip-intercropping system and sole crops. **Agrociência**, v. 44, n. 4, p. 561 - 574, oct. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v44n5/v44n5a6.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2018.

LINHARES, P. C. F. et al. Quantidades e tempos de decomposição da flor-de-seda no desempenho agrônomo do rabanete. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 6, n. 1, p. 168 - 173, jan./mar. 2011. Disponível em: <<https://gvaa.com.br/gvaa/index.php/RVADS/article/view/631/538>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

OLIVEIRA, K. J. B. et al. Produção agroeconômica da rúcula fertilizada com diferentes quantidades de Calotropis Procera. **Revista Terceiro Incluído**, Goiânia, v. 5, n. 2, p. 373 - 384, jul./dez. 2015. Disponível em: <[doi: 10.5216/teri.v5i2.38791](https://doi.org/10.5216/teri.v5i2.38791)>. Acesso em: 29 jan. 2018.

OLIVEIRA, L. A. A. et al. Viabilidade agrônômica de policultivos de rúcula/cenoura/alface sob quantidades de flor-de-seda e densidades populacionais. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 116 - 126, out./dez. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n413rc>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

OLIVEIRA, L. C. et al. Influência de adubações e manejo de adubo verde nos atributos biológicos de solo cultivado com alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema de cultivo orgânico. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 4, p. 557 - 565, out./dez. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aib/v79n4/a13v79n4.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

PEREIRA, M. F. S. et al. Productive performance of cowpea-radish intercropping under different amounts of rooster tree biomass incorporated into the soil. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 965 - 971, set. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p965-971>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

RÊGO, L. G. S. et al. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, state of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 1036 - 1042, out./dez. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n430rc>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

RIBEIRO, G. M. et al. Productive performance of carrot and cowpea intercropping system under different spatial arrangements and population densities. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 19 - 27, jan./mar. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

RINCÓN, L. E. C.; GUTIÉRREZ, F. A. A. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. **Revista Colombiana de Biotecnología**, Bogotá, v. 14, n. 1, p. 285 - 295, jul. 2012. Disponível em: <10.15446/rev.colomb.biote> Acesso em: 17 jul. 2018.

SILVA, A. F. A. et al. Rentabilidade do rabanete adubado com flor-de-seda em duas épocas de cultivo no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 58, n. 2, p. 198 - 207, abr./jun. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajae/article/view/1761>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, I. N. et al. Green manure and spatial arrangement in the sustainability improvement of lettuce-beet intercrops. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 7, p. 451 - 457, jan. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n7.p451-457>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

SILVA, R. C. P. et al. Effect of rooster tree green manure on carrot and lettuce intercropping system. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 3, p. 551 - 559, jul./set. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n303rc>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

VIEIRA, C. **O feijão em cultivos consorciados**. In: VIEIRA, C.; PAULA JR, T.J. de, BORÉM, A. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 493-528.

VIEIRA, F. A. et al. Technical-economic efficiency of the yield of green grains of cowpea fertilized with roostertree. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, p. 504 - 510, abr./jun. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

WUTKE, E. B. et al. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 621 - 633, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832000000300015>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

CAPÍTULO 2 - INDICADORES DE EFICIÊNCIA BIO-AGROECONÔMICA PARA SUSTENTABILIDADE EM ASSOCIAÇÕES DE RABANETE E CAUPI-HORTALIÇA EM REGIÃO SEMIÁRIDA

RESUMO

Para se obter alto rendimento em consorciação de culturas com baixo custo de produção agrícola, associado a produtos de qualidade, estudos sobre a habilidade de competição e de eficiência bio-agroeconômica devem ser empreendidos como forma de garantir ou não o sucesso do investimento. O objetivo deste trabalho foi estimar índices de competição e de eficiência bio-agroeconômica em consórcios de rabanete e caupi-hortaliça adubados com quantidades de biomassa de flor-de-seda (*Calotropis procera*), em diferentes arranjos espaciais e épocas de cultivos em condições semiárida. Experimentos foram conduzidos em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4x3, onde o primeiro fator consistiu-se de quatro quantidades de biomassa de *C. procera* incorporadas ao solo (20; 35 50 e 65 t ha⁻¹ em base seca) e o segundo de três arranjos espaciais (2:2, 3:3 e 4:4) em duas épocas de cultivo. Avaliaram-se o índice de superação, taxa de competição das culturas, o índice de uso eficiente da terra, a relação de área equivalente no tempo, perda de rendimento real das culturas, vantagem do consórcio das culturas, índice de produtividade do sistema, índice de eficiência produtiva, índice de produtividade equivalente do rabanete, renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade. O rabanete foi a cultura dominante e o caupi-hortaliça a dominada. As maiores eficiências agrônômica e econômica do consórcio de rabanete e caupi-hortaliça foram alcançadas nas quantidades de 59,97 e 45,91 t ha⁻¹ de biomassa de *C. procera* adicionada ao solo. Não se observou influência dos arranjos espaciais entre as culturas componentes na eficiência econômica de associações de rabanete com caupi-hortaliça. O uso de *C. procera* como adubo verde em associações de rabanete e caupi-hortaliça é economicamente viável.

Palavras-chave: Índices de Competição, Índices agronômicos, Indicadores econômicos, *Raphanus sativus*, *Vigna unguiculata*

CAPÍTULO 2. INDICADORES DE EFICIENCIA BIO-AGROECONÓMICA PARA SOSTENIBILIDAD EN ASOCIACIONES DE RÁBANO Y ALUBIA EN REGIÓN SEMIÁRIDA

RESUMEN

Para obtener un alto rendimiento en la asociación de cultivos con bajo costo de producción agrícola, asociado a productos de calidad, se deben llevar a cabo estudios sobre la habilidad de competencia y de eficiencia bio-agroeconómica con el fin de evaluar la rentabilidad de la inversión. El objetivo de este ensayo fue estimar índices de competencia y de eficiencia bio-agroeconómica en asociaciones de rábano y alubia abonados con cantidades de biomasa de Manzano de Sodoma (*Calotropis procera*), en diferentes distribuciones espaciales y campañas de cultivos en condiciones semiáridas. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones con los tratamientos dispuestos en esquema factorial 4x3, donde el primer factor consistió en cuatro cantidades de biomasa de *C. procera* incorporadas al suelo (20, 35 50 y 65 t ha⁻¹ en base seca) y el segundo de tres distribuciones espaciales (2:2, 3:3 y 4:4) en dos campañas de cultivo (2015 y 2017). Durante el ensayo se evaluó el índice de superación, tasa de competencia de las culturas, el índice de uso eficiente de la tierra, la relación de área equivalente en el tiempo, la pérdida de rendimiento real de los cultivos, la ventaja agronómica y biológica del consorcio de las culturas, índice de productividad del sistema, índice de eficiencia productiva, índice de productividad equivalente del rábano, renta bruta, renta neta, tasa de retorno e índice de rentabilidad. El rábano fue la cultura dominante y la alubia la dominada. Las mayores eficiencias agronómicas y económicas de la asociación de rábano y alubia se alcanzaron en las cantidades de 59,97 y 45,91 t ha⁻¹ de biomasa de *C. procera* agregada al suelo. No se observó influencia de las distribuciones espaciales entre los cultivos

componentes en la eficiencia económica de asociaciones de rábano con alubia. El uso de *C. procera* como abono verde en asociaciones de rábano y alubia es económicamente viable.

Palabras clave: Índices de Competición, Índices agronómicos, Indicadores económicos, *Raphanus sativus*, *Vigna unguiculata*

CHAPTER 1 – INDICATORS OF BIO-AGROECONOMIC EFFICIENCY FOR SUSTAINABILITY IN RADISH AND COWPEA-VEGETABLE ASSOCIATIONS IN SEMI-ARID REGION

ABSTRACT

To obtain high yield in intercropping with low cost of agricultural production, associated with quality products, a study on the ability of competition and agricultural economic efficiency should be undertaken as a form of guarantee or not successful investment. The objective of this work was to estimate competition and bio-agroeconomic efficiency indexes in radish intercropped with cowpea-vegetable fertilized with amounts of *C. procera* biomass in different spatial arrangements and crop yields in semi-arid conditions. Experiments were conducted in experimental design of randomized block design with four replications, with the treatments arranged in a 4 x 3 factorial scheme, where the first factor consisted of four amounts of *C. procera* incorporated in the soil (20, 35, 50, and 65 t ha⁻¹ on a dry basis) and the second one of three spatial arrangements (2: 2, 3: 3, and 4: 4) in two crop seasons. Were evaluated aggressivity index, competitive ratio for crops, partial land equivalent ratios, area time equivalent ratio, actual yield loss for crops, intercropping advantage for crops, system productivity index, productive efficiency index, radish equivalent productivity, Gross and net incomes, rate of return and net profit margin. The radish was the dominant culture and the cowpea-vegetable dominated. The highest agronomic and economic efficiencies of the radish intercropped with cowpea-vegetable was achieved in the amounts of 59.97 and 45.91 t ha⁻¹ of *C. procera* biomass incorporated in the soil. There was no influence of the spatial arrangements between the component cultures on the economic efficiency of associations of radish with cowpea-vegetable. The use of *C. procera* biomass with green adubation in associations of radish and cowpea-vegetable is economically viable.

Keywords: Competition indexes, Agronomic indexes, Economic indicators, *Raphanus sativus*,
Vigna unguiculata

1. INTRODUÇÃO

A consorciação de culturas quando realizada de maneira adequada proporciona aumento de produtividade das culturas em maior ou menor grau a depender de suas complementaridades. Essa complementaridade minimiza a sobreposição de nichos entre as espécies associadas, reduzindo assim a competição no agrossistema. Quando o período de maior demanda por recursos ambientais pelas culturas componentes não é coincidente, essa competição entre as culturas pode ser minimizada. Diante disso, a eficiência agrônomo-biológica dos agrossistemas fica diretamente associada à escolha das culturas envolvidas e de fatores de produção tais como adubação verde, arranjos espaciais entre outros (Bezerra Neto et al., 2010; Favacho et al., 2017; Ribeiro et al., 2018).

Sabe-se que, a prática da adubação verde pode proporcionar uma série de benefícios para a melhoria da eficiência biológica e agroeconômica dos agrossistemas consorciados. Entre esses benefícios estão o aumento do teor de matéria orgânica; maior disponibilidade de nutrientes; maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo; o favorecimento da produção de ácidos orgânicos, fundamentais para a solubilização de minerais; diminuição dos teores de Al trocável pela sua complexação; e o incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam nas camadas mais profundas do perfil (Calegari et al., 1993).

Pesquisas com o cultivo de tuberosas e caupi-hortaliça adubado com a espécie *C. procera* do bioma Caatinga em sistemas consorciados têm sido realizadas com sucesso na região semiárida do Nordeste do Brasil. Entre essas, estão o cultivo de cenoura (Favacho et al., 2017; Costa et al., 2017) e beterraba com caupi-hortaliça (Bezerra Neto et al., 2013; Chaves, 2017; Ribeiro et al., 2018).

Por outro lado, sabe-se também que os arranjos espaciais de plantio entre as culturas componentes em cultivo consorciado, pode influenciar o padrão de distribuição das plantas em relação ao solo, determinando assim a forma da área disponível para cada planta individual, consequentemente, a sua forma para a utilização da luz, nutrientes, água e temperatura, dentre outros fatores ambientais (Jauer et al., 2006). Com uma melhor interceptação de luz e uma utilização mais eficiente da água e dos nutrientes disponíveis, a produtividade do sistema associado pode ser aumentada, maximizando assim a complementaridade entre as culturas componentes. Steiner (1982) reporta que a eficiência com que a radiação solar é utilizada pelas culturas componentes no consórcio depende fortemente do padrão de plantio. Assim, arranjo em fileiras de culturas com diferentes alturas pode ser vantajoso porque mais luz solar estará disponível para a cultura mais baixa (Waghmare et al., 1982). Fernandes (2012), por exemplo, estudando o consórcio de cenoura com coentro sob diferentes quantidades de biomassa de *Merremia aegyptia* e arranjos espaciais, observou viabilidade agroeconômica dessa associação quando utilizou o arranjo espacial 4:4.

Para a quantificação e avaliação de efeitos de fatores de produção em sistemas de consorciação, investigadores têm desenvolvido e proposto vários índices e indicadores de sustentabilidade bem como técnicas de análises de dados. Para quantificar a habilidade competitiva e a eficiência agrônomo/biológica, os seguintes índices têm sido propostos: índices de superação (McGilchrist, 1965), taxa de competição (Willey; Rao, 1980), índice de uso eficiente da terra (Willey; Osiru, 1972), razão equivalente de área tempo (Hiebsch; McCollum, 1987), perda de rendimento real (Banik, 1996), vantagem do consórcio (Banik et al., 2000), índice de produtividade do sistema (Odo, 1991), índice de eficiência produtiva (Gomes; Souza, 2005) e índice de produtividade equivalente (Ramalho et al., 1983). Em termos de avaliação da eficiência econômica, os indicadores renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade (Beltrão et al., 1984) têm sido usados.

Sendo assim, com o intuito de fornecer maiores subsídios científicos a consorciação de rabanete com caupi-hortaliça nas condições semiáridas do nordeste brasileiro, o presente trabalho teve como objetivo estimar índices de competição e de eficiência agroeconômica em consórcios de rabanete e caupi-hortaliça adubados com diferentes quantidades de biomassa de *C. procera* em diferentes arranjos espaciais e épocas de cultivos, em condição semiárida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na área experimental da Fazenda Rafael Fernandes da Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN (5 ° 11' 31'' S e 37 ° 20' 40'' W, 18 m altitude), semiárido do nordeste do Brasil, no segundo semestre dos anos de 2015 e 2017. O clima da região é semiárido e, de acordo com o esquema de classificação climática de Köppen, designado como 'BShw', seco e muito quente, com duas estações: uma estação seca, que geralmente vai de junho a janeiro, e outra estação chuvosa, de fevereiro a maio (Almeida et al., 2015), atingindo temperatura média máxima entre 32,1 e 34,5 °C e média mínima entre 21,3 e 23,7 °C, sendo junho e julho os meses mais frios e a precipitação média anual em torno de 685,3 mm.

O solo desta área foi classificado como um Argisolo vermelho distrófico típico (Rêgo et al., 2016) e uma análise de suas amostras resultaram nos seguintes resultados: Primeira época: pH = 7,46, N = 0,51 g kg⁻¹, M.O. = 3,64 g kg⁻¹, P = 63,3 mg dm⁻³, K⁺ = 60,0 mg dm⁻³, Ca²⁺ = 2,09 cmol^c dm⁻³, Mg²⁺ = 0,58 cmol^c dm⁻³, Na⁺ = 17,0 mg dm⁻³, CE = 1.77 ds m⁻¹, Cu = 0,19 mg dm⁻³, Fe = 2,03 mg dm⁻³, Mn = 10,43 mg dm⁻³ e Zn = 6,21 mg dm⁻³ e na segunda época de cultivo: pH = 6,60, N = 0,42 g kg⁻¹, M.O. = 3,65 g kg⁻¹, P = 34,2 mg dm⁻³, K⁺ = 69,2 mg dm⁻³, Ca²⁺ = 3,10 cmol^c dm⁻³, Mg²⁺ = 0,80 cmol^c dm⁻³, Na⁺ = 19,0 mg dm⁻³, CE = 0.10 ds m⁻¹, Cu = 0,29 mg dm⁻³, Fe = 2,86 mg dm⁻³, Mn = 11,40 mg dm⁻³ e Zn = 7,35 mg dm⁻³.

O procedimento experimental usado foi o delineamento em blocos completos casualizados com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial 4x3 com quatro repetições, onde o primeiro fator consistiu de quatro quantidades de biomassa de *C. procera* incorporadas ao solo (20; 35; 50 e 65 t ha⁻¹ em base seca) e o segundo de três arranjos espaciais formados de fileiras de rabanete alternadas com fileiras de caupi-hortaliça (2:2; 3:3 e 4:4), em duas épocas de cultivo.

O cultivo consorciado foi estabelecido em faixas alternadas das culturas componentes na proporção de 50% da área para o rabanete e 50% da área para o caupi-hortaliça, onde cada parcela foi constituída pelo número de fileiras de rabanete alternadas com o número de fileiras de caupi-hortaliça, de acordo com o arranjo espacial a ser estudado, ladeadas por duas fileiras-bordaduras de rabanete por um lado e por duas fileiras de caupi-hortaliça pelo outro lado, constituindo-se assim as bordaduras laterais.

A área total e útil de cada parcela foi estabelecida de acordo com os arranjos espaciais estudados (2:2; 3:3 e 4:4). Para o rabanete e caupi-hortaliça, a área total foi de 2,4; 3,0 e 3,6 m². A área útil da parcela foi de 1,0; 1,5 e 2,0 m². O número de plantas avaliadas de cada cultura também foi estabelecido de acordo com os arranjos espaciais estudados, sendo 50; 75 e 100 plantas de rabanete com espaçamento de 0,25 m x 0,04 m e de 20; 30 e 40 plantas de caupi-hortaliça no espaçamento de 0,25 m x 0,10 m.

Em cada bloco, apenas uma parcela das culturas componentes foi plantada para calcular os índices e indicadores de eficiência agroeconômica da associação, em sua densidade populacional ótima recomendada pela pesquisa na região para o cultivo solteiro. As áreas totais da parcela solteira para rabanete e caupi-hortaliça foi de 1,44 e 3,60 m², com área úteis de 0,80 e 2,0 m², respectivamente.

No cultivo solteiro, o rabanete foi plantado no espaçamento de 0,20 entre fileiras e 0,10 m entre plantas, com uma densidade de 500.000 plantas por hectare (Batista et al., 2013) e o

caupi-hortaliça no espaçamento de 0,50 x 0,10 m, com uma densidade populacional de 200.000 plantas por hectare ([Freire Filho, 2011](#)), não incluindo os 30% da área reservada para corredores e estradas. Essas densidades também foram utilizadas nos sistemas de consorciação testados neste estudo.

A cultivar de rabanete semeada foi a Crimson Gigante e de caupi-hortaliça BRS Itaim, ambas recomendadas para o cultivo no semiárido do Nordeste brasileiro.

O preparo do solo das áreas experimentais consistiu de uma aração e uma gradagem, seguida do levantamento dos canteiros. Antes da instalação dos experimentos em campo, foi realizada uma solarização de 45 dias dos canteiros de plantio, cuja finalidade foi reduzir a população de fitopatógenos do solo, que viessem a prejudicar a produtividade das culturas avaliadas.

A *C. procera* para a adubação das parcelas experimentais foi coletada em localidades próximas à Mossoró e depois trituradas em máquina forrageira convencional, obtendo-se fragmentos entre dois e três centímetros colocados para secar até atingir condição de feno (10% de umidade).

Esse adubo foi incorporado aos 20 dias antes da semeadura das culturas componentes consorciadas na camada de 0-20 cm do solo. A incorporação do adubo verde para os cultivos solteiros de rabanete e caupi-hortaliça foi realizada nas doses 18 e 59 t ha⁻¹, respectivamente, conforme quantidades otimizadas em pesquisas anteriores conduzidas ([Batista et al., 2013](#); [Vieira et al., 2018](#)).

Após a incorporação da *C. procera* ao solo, irrigações diárias foram realizadas em dois turnos com a finalidade de favorecer a atividade microbiana do solo no processo de mineralização da matéria orgânica. O plantio das culturas componentes foi realizado no dia 28 de agosto de 2015 e 18 de agosto de 2017, em semeadura direta a dois centímetros de profundidade.

Após a emergência das culturas, ocorreu o desbaste aos 7 e 10 dias para rabanete e caupi-hortaliça, respectivamente, deixando-se uma planta por cova. As capinas manuais foram efetuadas sempre que necessárias.

Durante a condução dos experimentos, as irrigações diárias foram realizadas pelo sistema de microaspersão. A quantidade de água fornecida foi determinada pelos valores do coeficiente de cultivo do caupi-hortaliça (inicial $K_{ch} = 0,5$, meio $K_{ch} = 1,05$ e final $K_{ch} = 0,90$) (Allen et al., 1998), com uma lâmina diária de irrigação aproximada entre 14 e 16 mm (Lima et al., 2010). As irrigações foram realizadas por um sistema de microaspersão, sendo parceladas em duas aplicações (manhã e tarde). A colheita do rabanete ocorreu aos 30 dias após a semeadura. No caupi-hortaliça, quatro repasses foram realizados no intervalo de 51 a 65 dias na primeira época e de 50 a 62 dias após a semeadura na segunda época.

As produtividades das culturas e os custos de produção total por hectare de cada parcela foram quantificados (Tabela 1). Com base nos valores obtidos foram determinados os índices de superação e as taxas de competição das culturas, os índices de uso eficiente da terra parciais e total, a relação de área equivalente no tempo, a perda de rendimento real das culturas, a vantagem do consórcio das culturas, o índice de produtividade do sistema, o índice de produtividade equivalente do rabanete, o índice de eficiência produtiva e os indicadores econômicos de renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade.

Tabela 1. Valores de custos totais de produção referentes a associações de rabanete e caupi-hortaliça provenientes de diferentes quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo e de arranjos espaciais em duas épocas de cultivo.

ÉPOCA DE CULTIVO 1												
Quantidades de <i>C. procera</i>	Arranjos espaciais	(CV) R\$ ha ⁻¹				(CF) R\$ ha ⁻¹				(CO) R\$ ha ⁻¹		(CT) R\$ ha ⁻¹
		(I)	(MOV)	(E)	(OD)	(MC)	(D)	(IT)	(MOF)	(RT)	(RCF)	
20 t ha ⁻¹	2:2	2.903,60	7.781,00	230,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	15.301,92
	3:3	2.903,60	7.939,40	230,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	15.460,32
	4:4	2.903,60	7.631,40	230,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	15.152,32
35 t ha ⁻¹	2:2	2.903,60	11.558,50	241,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	19.090,42
	3:3	2.903,60	11.651,30	241,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	19.183,22
	4:4	2.903,60	11.462,10	241,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	18.994,02
50 t ha ⁻¹	2:2	2.903,60	15.049,35	252,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	22.592,27
	3:3	2.903,60	14.919,35	252,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	22.462,27
	4:4	2.903,60	14.782,55	252,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	22.325,47
65 t ha ⁻¹	2:2	2.903,60	18.007,10	263,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	25.553,01

	3:3	2.903,60	18.039,50	263,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	25.585,41
	4:4	2.903,60	18.057,50	263,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.364,00	300,00	999,84	25.603,41
ÉPOCA DE CULTIVO 2												
		(CV) R\$ ha ⁻¹				(CF) R\$ ha ⁻¹				(CO) R\$ ha ⁻¹		(CT)
		(I)	(MOV)	(E)	(OD)	(MC)	(D)	(IT)	(MOF)	(RT)	(RCF)	R\$ ha ⁻¹
20 t ha ⁻¹	2:2	2.943,60	7.407,00	230,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	15.414,92
	3:3	2.943,60	7.462,60	230,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	15.470,52
	4:4	2.943,60	7.317,40	230,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	15.325,32
35 t ha ⁻¹	2:2	2.943,60	10.979,30	241,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	18.998,22
	3:3	2.943,60	10.881,70	241,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	18.900,62
	4:4	2.943,60	10.791,30	241,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	18.810,22
50 t ha ⁻¹	2:2	2.943,60	14.588,55	252,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	22.618,47
	3:3	2.943,60	14.198,95	252,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	22.228,87
	4:4	2.943,60	14.138,55	252,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	22.168,47
65 t ha ⁻¹	2:2	2.943,60	17.434,70	263,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	25.467,61
	3:3	2.943,60	17.215,10	263,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	25.248,01
	4:4	2.943,60	17.137,10	263,70	120,60	220,17	372,00	10,00	2.811,00	300,00	999,84	25.170,01

CV - Custos variáveis, I - Insumos, MOV - Mão-de-obra, E - Energia, OD – Outras despesas, MC - Manutenção e conservação, CF - Custos fixos, D - Depreciação, IT - Impostos e taxas, MOF - Mão-de-obra fixa, CO - Custos de oportunidade, RT - Remuneração da terra, RCF - Remuneração do capital fixo e CT - Custos Totais.

O índice de superação foi determinado através da relação de produtividade das duas culturas componentes de acordo com a metodologia de (McGilchrist, 1965), a partir das expressões: $A_r = (Y_{rch}/Y_r * Z_{rch}) - (Y_{chr}/Y_{ch} * Z_{chr})$ e $A_{ch} = (Y_{chr}/Y_{ch} * Z_{chr}) - (Y_{rch}/Y_r * Z_{rch})$, onde: A_r é o índice de superação do rabanete sobre o caupi-hortaliça; A_{ch} , o índice de superação do caupi-hortaliça sobre o rabanete; Y_{rch} , a produtividade de raízes comerciais do rabanete em consórcio com caupi-hortaliça; Y_{chr} , a produtividade de grãos verdes de caupi-hortaliça em consórcio com o rabanete; Y_r , a produtividade de raízes comerciais do rabanete em cultivo solteiro; Y_{ch} , a produtividade de grãos verdes de caupi-hortaliça em cultivo solteiro; Z_{rch} , a proporção de plantio do rabanete em consórcio com o caupi-hortaliça e Z_{chr} , a proporção de plantio do caupi-hortaliça em consórcio com o rabanete. Quando A_{rch} é maior que zero, a habilidade da cultura ‘r’ supera a habilidade da cultura ‘ch’ no consórcio e vice-versa.

As taxas de competição do rabanete (TC_r), do caupi-hortaliça (TC_{ch}), e do sistema consorciado (TC) foram determinadas a partir do índice de superação proposto por Willey e Rao (1980), pelas seguintes expressões: $TC_r = [(Y_{rch}/Y_r)/(Y_{chr}/Y_{ch})]*(Z_{chr}/Z_{rch})$; $TC_{ch} = [(Y_{chr}/Y_{ch})/(Y_{rch}/Y_r)]*(Z_{rch}/Z_{chr})$ e $TC = TC_r + TC_{ch}$, sendo $[(Y_{rch}/Y_r)/(Y_{chr}/Y_{ch})]*(Z_{chr}/Z_{rch}) +$

$[(Y_{chr}/Y_{ch})/(Y_{rch}/Y_r)]*(Z_{rch}/Z_{chr})$. Esta taxa indica o número de vezes em que uma componente é mais competitiva que outra.

O índice de uso eficiente da terra do sistema foi definido por [Willey e Osiru \(1972\)](#), como a área relativa de terra sob condições de plantios isolados, que é requerida para proporcionar as produtividades das culturas alcançadas no consórcio. Os índices parciais das culturas e do sistema são representados pelas seguintes expressões: $UET_r = (Y_{rch}/Y_r)$; $UET_{ch} = (Y_{chr}/Y_{ch})$ e a $UET = (Y_{rch}/Y_r) + (Y_{chr}/Y_{ch})$. Se o $UET > 1$ então ocorre vantagem produtiva, se $UET=1$ não ocorre vantagem produtiva, se $UET < 1$, então ocorre desvantagem produtiva.

A relação de área equivalente no tempo em relação às culturas e ao sistema foram obtidas conforme metodologia proposta por [\(Hiebsch; McCollum, 1978\)](#), de acordo com as expressões: $REAT_r = (UET_r \times T_r)/T$; $REAT_{ch} = (UET_{ch} \times T_{ch})/T$ e a $REAT = [(UET_r \times T_r) + (UET_{ch} \times T_{ch})]/T$, onde: “ T_r ” representa o número de dias do plantio até a colheita da espécie ‘r’ e “ T_{ch} ” representa o número de dias do plantio até a colheita da espécie ‘ch’. O “ T ” representa o tempo total do sistema de consorciação entre a espécie ‘r’ e ‘ch’. Se $REAT > 1$ então ocorre vantagem produtiva, se $REAT=1$ não ocorre vantagem produtiva, se $REAT < 1$ então ocorre desvantagem produtiva.

As perdas de rendimento real das culturas e do sistema, segundo [Banik \(1996\)](#) foram definidas pelas seguintes expressões: $PRR_r = [\{(Y_{rch}/Z_{rch})/(Y_r/Z_r)\} - 1]$; $PRR_{ch} = [\{(Y_{chr}/Z_{chr})/(Y_{ch}/Z_{ch})\} - 1]$ e $PRR = [\{(Y_{rch}/Z_{rch})/(Y_r/Z_r)\} - 1] + [\{(Y_{chr}/Z_{chr})/(Y_{ch}/Z_{ch})\} - 1]$, onde: Z_{ch} = proporção de plantio do caupi-hortaliça no cultivo solteiro e Z_r = proporção de plantio do rabanete no cultivo solteiro. Se $PRR_{rch} > 0$ indica vantagem acumulada do consórcio em relação ao monocultivo, se $PRR_{rch} < 0$ indica desvantagem do sistema de consorciação.

A vantagem do consórcio das culturas e do sistema, de acordo com [Banik et al. \(2000\)](#), foram definidas pelas seguintes expressões: $VC_r = PRR_r \times P_r$; $V_{ch} = PRR_{ch} \times P_{ch}$ e $VC = VC_r + V_{ch}$, onde: P_r é o preço do rabanete em R\$ kg⁻¹ e P_{ch} é o preço do caupi-hortaliça em R\$ kg⁻¹,

referentes a novembro de 2015 e outubro de 2017. Os preços pagos pelo rabanete e caupi-hortaliça foram de 3,20 R\$ kg⁻¹; 7,00 R\$ kg⁻¹ em 2015 e de 4,00 R\$ kg⁻¹ e 5,60 R\$ kg⁻¹ em 2017, respectivamente.

O índice de produtividade do sistema (IPS) foi obtido conforme metodologia proposta por Odo (1991). É expresso pela seguinte fórmula: $IPS = [(Y_r/Y_{ch}) \times Y_{chr}] + Y_r$. A principal vantagem do IPS é que esse índice uniformiza a produtividade da cultura secundária (caupi-hortaliça) em termos da cultura principal ou base (rabanete). Esse índice também identifica a combinação que utiliza os recursos de crescimento de forma mais efetiva e também caracteriza a performance de estabilidade produtiva.

Para o índice de eficiência produtiva, utilizou-se o modelo com retornos constantes à escala (Gomes; Souza, 2005) para calcular a eficiência produtiva de cada tratamento, já que não há evidências de diferenças de escala significativas. Esse modelo tem a formulação geral matemática apresentada em, na qual x_{ik} : valor do input i ($i=1...s$), para o tratamento k ($k=1...n$); y_{jk} : valor do output j ($j=1...r$), para o tratamento k ; v_i e u_j : pesos atribuídos a inputs e outputs, respectivamente; 0: tratamento em análise.

$$\text{Max} \sum_{j=1}^r (u_j y_{jo})$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^s (v_i x_{ik}) = 1$$

$$\sum_{j=1}^r (u_j y_{jo}) - \sum_{i=1}^s (v_i x_{ik}) \leq 0, k = 1 \dots n \quad (v_i u_j) \geq 0, i = 1 \dots s, j = 1 \dots r;$$

O índice de produção equivalente do rabanete, é uma variável de produção combinada para duas culturas que foi determinado através da seguinte equação de transformação de acordo

com [Ramalho et al. \(1983\)](#): $IP_{Er} = Y_{chr} + r Y_{rch}$, onde: “r” é a relação entre os preços do caupi-hortaliça e do rabanete referentes a primeira e segunda época.

De acordo com [Beltrão et al. \(1984\)](#), a renda bruta foi determinada através da multiplicação do valor da produção obtida por hectare pelo preço pago ao produtor em nível de mercado na região, nos meses de novembro de 2015 e outubro de 2017. A renda líquida de cada tratamento foi obtida subtraindo-se da renda bruta (RB) por hectare, os custos totais (CT) de produção envolvidos na obtenção do mesmo. A taxa de retorno foi expressa pela relação entre a renda bruta (RB) e os custos totais (CT), ou seja, $TR = RB/CT$, correspondendo a quantos reais são obtidos por cada real investido no cultivo consorciado de rabanete e caupi-hortaliça em função dos tratamentos aplicados. Somado a isto, o índice de lucratividade, consistiu na relação entre a renda líquida (RL) e a renda bruta (RB), expresso em porcentagem.

Análises univariada de variância para o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial foi utilizada para avaliar as variáveis determinadas ([Pimentel Gomes, 1985](#)). Procedimento de ajustamento de curvas de regressão foi desenvolvido utilizando o software Table curve para estimar o comportamento de cada variável em função das quantidades de biomassa de *C. procera* ([Jandel Scientific, 1991](#)). Uma análise conjunta para as épocas de cultivo foi realizada. O teste de Tukey foi usado para comparar as médias entre os arranjos espaciais e entre as épocas através do software SISVAR ([Ferreira, 1998](#)).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índices de competição

Os resultados da análise de variância das características avaliadas para os índices de competição estão apresentados na Tabela 2A. Foram observadas interações significativas entre

épocas e quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo para as variáveis índice de superação e taxa de competição para a cultura do rabanete e do caupi-hortaliça e entre épocas e arranjos espaciais para a taxa de competição do caupi-hortaliça (Tabela 2A).

Tabela 2. Valores de F, desdobramentos e quadro de média para o índice de superação do rabanete (A_r), e do caupi-hortaliça (A_{ch}), para taxa de competição do rabanete (TC_r), do caupi-hortaliça (TC_{ch}) e do sistema (TC) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo, nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.

A. Análise de variância								
FV	GL	A _r	A _{ch}	TC _r	TC _{ch}	TC		
Blocos (Épocas)	6	3,12**	3,12**	3,10**	2,04 ^{ns}	1,15 ^{ns}		
Épocas (E)	1	88,37**	88,37**	37,28**	65,48**	1,68 ^{ns}		
Quantidades (Q)	3	4,99**	4,99**	9,64**	38,53**	0,80 ^{ns}		
Arranjos (A)	2	20,87**	20,87**	12,88**	5,49**	3,94*		
E x Q	3	20,50**	20,50**	10,48**	18,31**	2,02 ^{ns}		
E x A	2	0,84 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,35 ^{ns}	4,28*	2,62 ^{ns}		
Q x A	6	1,97 ^{ns}	1,97 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,27 ^{ns}	2,55 ^{ns}		
E x Q x A	6	2,16 ^{ns}	2,16 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,20 ^{ns}	1,55 ^{ns}		
CV (%)	-	83,56	83,56	22,13	20,41	9,27		
B. Desdobramento das épocas dentro de cada quantidade de <i>C. procera</i> incorporada ao solo								
Quant.	A _r		A _{ch}		TC _r		TC _{ch}	
	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época
20	0,47 a	-0,02 a	- 0,47 a	0,02 a	1,58 a	1,00 b	0,65 a	0,61 a
35	0,66 a	-0,08 b	- 0,66 b	0,08 a	1,60 a	1,33 b	0,74 a	0,84 a
50	0,83 a	-0,13 b	- 0,83 b	0,13 a	1,69 a	1,62 b	0,86 b	1,45 a
65	0,80 a	-0,42 b	- 0,80 b	0,42 a	1,56 a	0,80 b	0,70 b	1,26 a
C. Desdobramento das épocas dentro de cada arranjo espacial								
Arranjos espaciais	TC _{ch}							
	1ª Época			2ª Época				
2:2	0,76 bA			1,19 aA				
3:3	0,76 bA			0,92 aB				
4:4	0,70 bA			1,00 aB				
D. Valores médios nos arranjos espaciais								
Arranjos espaciais	A _r	A _{ch}	TC _r	TC				
2:2	0,09 B	- 0,09 A	1,19 B	2,17 B				
3:3	0,48 A	- 0,48 B	1,45 A	2,20 AB				
4:4	0,58 A	- 0,58 B	1,58 A	2,30 A				

** = $P < 0,01$; * = $P < 0,05$; ns = $P \geq 0,05$. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Desdobrando-se as quantidades de *C. procera* dentro de cada época, observou-se um aumento do índice de superação do rabanete com as crescentes quantidades de *C. procera*

incorporadas até o valor máximo de 0,85 na quantidade 56,52 t ha⁻¹, na primeira época, decrescendo em seguida até a última quantidade adicionada (Figura 1A). Por outro lado, registrou-se um aumento de 0,40 no índice de superação do caupi-hortaliça entre a menor e a maior quantidade de *C. procera* adicionada ao solo na segunda época. Comportamento inverso para esses índices foi registrado, onde o índice de superação do caupi-hortaliça decresceu -0,38 na primeira época e o de rabanete decresceu -0,40 na segunda época entre a menor e a maior quantidade de *C. procera* (Figura 1A).

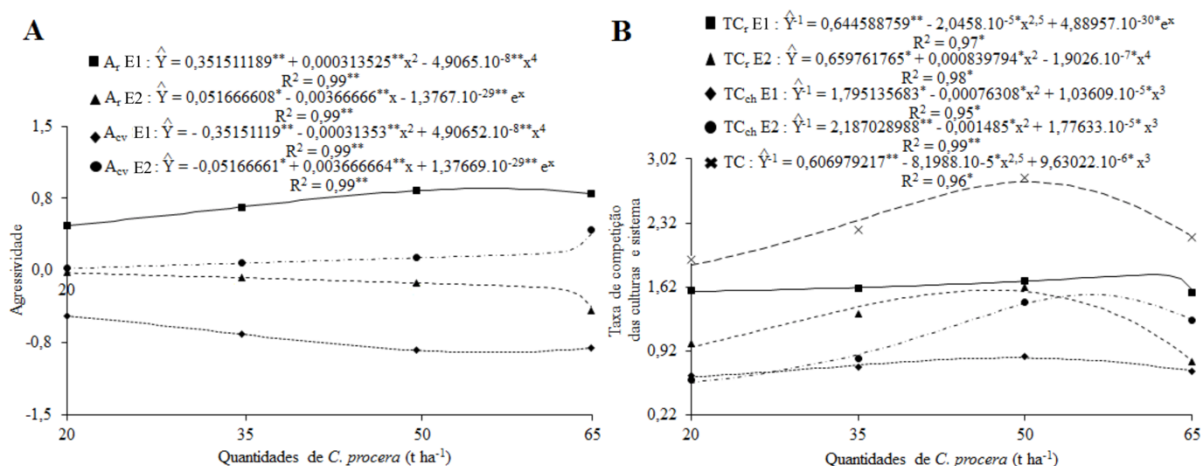


Figura 1. Índice de superação do rabanete e caupi-hortaliça (A), taxa de competição do rabanete, do caupi-hortaliça e do sistema (B) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo e nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo.

Um aumento também foi observado na taxa de competição do rabanete e do caupi-hortaliça na primeira e segunda época e na do sistema com a crescente quantidade de *C. procera* incorporada ao solo, alcançando os valores máximos de 1,76; 0,85; 1,59; 1,54 e 2,77 nas quantidades de 61,50; 49,10; 46,98; 53,73 e 50,33 t ha⁻¹ do adubo verde, decrescendo em seguida até a última quantidade adicionada (Figura 1B). A taxa de competição constatou que a cultura do rabanete independente das épocas expressou dominância na associação (Figura 1B). Os pontos máximos encontrados nas respectivas quantidades representam o uso dos recursos ambientais, como água, luz solar e nutrientes com a máxima eficiência. De acordo com [Eskandari e Ghanbari \(2010\)](#), o ponto ótimo expressa o grau exato de competitividade entre as

espécies ao indicar o número de vezes que as espécies dominantes são mais competitivas do que as espécies dominadas.

Desdobrando as épocas dentro de cada quantidade de *C. procera* incorporada ao solo, observou-se que o índice de superação do rabanete na primeira época foi superior ao da segunda época, com exceção de seu valor na quantidade de 20 t ha⁻¹, onde foi semelhante em ambas as épocas. Para o índice de superação do caupi-hortaliça foi registrado comportamento inverso ao índice do rabanete (Tabela 2B).

O comportamento relacionado ao índice de superação do rabanete e do caupi-hortaliça na regressão e no desdobramento pode representar a complementaridade interespecífica existente entre as culturas componentes da associação de acordo com os rendimentos e os padrões de desenvolvimento das épocas (McGilchrist, 1965) (Figura 1A e Tabela 2B).

A taxa de competição do rabanete foi superior na primeira época enquanto a do caupi-hortaliça foi superior na segunda época nas quantidades de 50 e 65 t ha⁻¹ (Tabela 2B).

Desdobrando as épocas dentro de cada arranjo espacial de plantio observou-se diferenças significativas na taxa de competição do caupi-hortaliça, com a segunda época se sobressaindo da primeira. Por outro lado, desdobrando-se arranjos espaciais dentro de cada época, registrou-se diferença significativa na taxa de competição do caupi-hortaliça apenas na segunda época, com o arranjo 2:2 se destacando em relação aos demais (Tabela 2C).

Na Tabela 2C as plantas de caupi-hortaliça na segunda época foram mais competitivas quanto ao uso dos recursos ambientais comparado ao da primeira época. A superioridade, principalmente, no arranjo 2:2 pode estar relacionada ao número de plantas presentes na parcela, juntamente com a velocidade de liberação de nutrientes pelo adubo verde disponíveis para as plantas, acarretando uma maior eficiência dos recursos naturais (Tabela 2C).

No índice de superação do caupi-hortaliça foi observada diferença significativa entre os arranjos espaciais, com o arranjo 2:2 sobressaindo-se dos demais. Situação inversa fora

registrada no índice de superação e na taxa de competição do rabanete e do sistema onde os arranjos 3:3 e 4:4 destacaram-se do 2:2 (Tabela 2D).

Na cultura do rabanete apesar de possuir um ciclo curto e, possivelmente, uma maior competição intraespecífica nos arranjos 3:3 e 4:4, a superioridade nestes arranjos se deve em parte aos recursos naturais disponíveis que conseguiram suprir a demanda nutricional das plantas de rabanete, proporcionando alta eficiência no uso dos recursos naturais nestes arranjos (Tabela 2D).

Índices de eficiência agronômica/biológica

Para os índices de eficiência agronômica foram observadas interações significativas entre épocas e quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo para as variáveis índice de uso eficiente da terra do rabanete e do caupi-hortaliça, para a relação de área equivalente no tempo do rabanete e do caupi-hortaliça, na perda de rendimento real do rabanete e do caupi-hortaliça, na vantagem do consórcio do rabanete, no índice de produtividade do sistema, no índice de eficiência produtiva e no índice de produtividade equivalente do rabanete.

Interações significativas também foram registradas entre épocas e arranjos espaciais no índice de uso eficiente da terra do rabanete, do caupi-hortaliça e do sistema, na relação de área equivalente no tempo do caupi-hortaliça e do sistema, na perda de rendimento real do caupi-hortaliça e do sistema, na vantagem do consórcio do caupi-hortaliça e do sistema e no índice de produtividade do sistema (Tabela 3A).

Tabela 3. Valores de F para o índice de uso eficiente da terra do rabanete (UET_r), do caupi-hortaliça (UET_{ch}) e do sistema (UET), relação de área equivalente no tempo do rabanete ($REAT_r$), do caupi-hortaliça ($REAT_{ch}$) e do sistema ($REAT$), perda de rendimento real do rabanete (PRR_r), caupi-hortaliça (PRR_{ch}) e do sistema (PRR), vantagem do consórcio do rabanete (VC_r), do caupi-hortaliça (VC_{ch}) e do sistema (VC), índice de produtividade do sistema (IPS), índice de eficiência produtiva (IEP) e índice de produtividade equivalente do rabanete

(IPE_r) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo, nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.

A. Análise de variância							
FV	GL	UET _r	UET _{ch}	UET	REAT _r	REAT _{ch}	REAT
Blocos (Épocas)	6	4,20**	0,88 ^{ns}	1,97 ^{ns}	3,38**	0,88 ^{ns}	1,25 ^{ns}
Épocas (E)	1	74,52**	18,00**	3,86 ^{ns}	60,09**	18,00**	1,58 ^{ns}
Quantidades (Q)	3	11,26**	43,99**	48,31**	13,63**	43,99**	51,10**
Arranjos (A)	2	13,55**	5,69**	0,26 ^{ns}	11,64**	5,69**	0,55 ^{ns}
E x Q	3	7,31**	4,88**	1,60 ^{ns}	9,15**	4,88**	0,92 ^{ns}
E x A	2	3,33**	5,15**	5,44**	2,84 ^{ns}	5,15**	5,73**
Q x A	6	0,90 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,99 ^{ns}
E x Q x A	6	2,02 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,81 ^{ns}	2,01 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,60 ^{ns}
CV (%)	-	14,99	20,22	15,29	15,71	20,22	15,06
FV	GL	PRR _r	PRR _{ch}	PRR	VC _r	VC _{ch}	VC
Blocos (Épocas)	6	3,81**	0,88 ^{ns}	1,98 ^{ns}	4,34**	0,91 ^{ns}	1,49 ^{ns}
Épocas (E)	1	75,41**	17,74**	3,86 ^{ns}	21,91**	10,48**	0,14 ^{ns}
Quantidades (Q)	3	11,77**	43,87**	48,18**	16,39**	47,03**	51,13**
Arranjos (A)	2	12,04**	5,70**	0,28 ^{ns}	10,01**	5,28**	0,13 ^{ns}
E x Q	3	7,64**	4,74**	1,65 ^{ns}	10,42**	2,69 ^{ns}	1,00 ^{ns}
E x A	2	2,68 ^{ns}	5,34**	5,43**	1,16 ^{ns}	4,79*	4,70*
Q x A	6	0,92 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,97 ^{ns}
E x Q x A	6	1,87 ^{ns}	1,50 ^{ns}	1,82 ^{ns}	2,21 ^{ns}	1,51 ^{ns}	1,51 ^{ns}
CV (%)	-	36,51	91,31	42,56	38,71	88,97	48,55
FV	GL	IPS		IEP		IPE _r	
Blocos (Épocas)	6	0,83 ^{ns}		2,74 ^{ns}		3,07*	
Épocas (E)	1	1598,79**		2,92 ^{ns}		43,46**	
Quantidades (Q)	3	34,01**		5,38**		35,91**	
Arranjos (A)	2	6,45**		1,81 ^{ns}		1,58 ^{ns}	
E x Q	3	13,12**		5,39**		9,49**	
E x A	2	6,22**		0,10 ^{ns}		0,61 ^{ns}	
Q x A	6	1,39 ^{ns}		1,08 ^{ns}		1,02 ^{ns}	
E x Q x A	6	1,48 ^{ns}		0,71 ^{ns}		0,99 ^{ns}	
CV (%)	-	9,95		14,31		12,81	

** = P < 0,01; * = P < 0,05; ns = P ≥ 0,05.

Desdobrando-se as quantidades de *C. procera* dentro de cada época, observou-se um aumento com as crescentes quantidades do adubo verde no índice de uso eficiente da terra do rabanete na primeira e segunda época, no índice de uso eficiente da terra do caupi-hortaliça na segunda época e na do sistema até os valores máximos de 1,12; 0,78; 0,96 e 1,75, nas quantidades de 62,78; 46,20; 59,80 e 59,97 t ha⁻¹ do adubo verde, decrescendo em seguida até aplicação da última quantidade de *C. procera* (Figura 2A). No entanto, para o índice de uso

eficiente da terra do caupi-hortaliça na primeira época, registrou-se um aumento de 0,28 entre a menor e a maior quantidade do adubo.

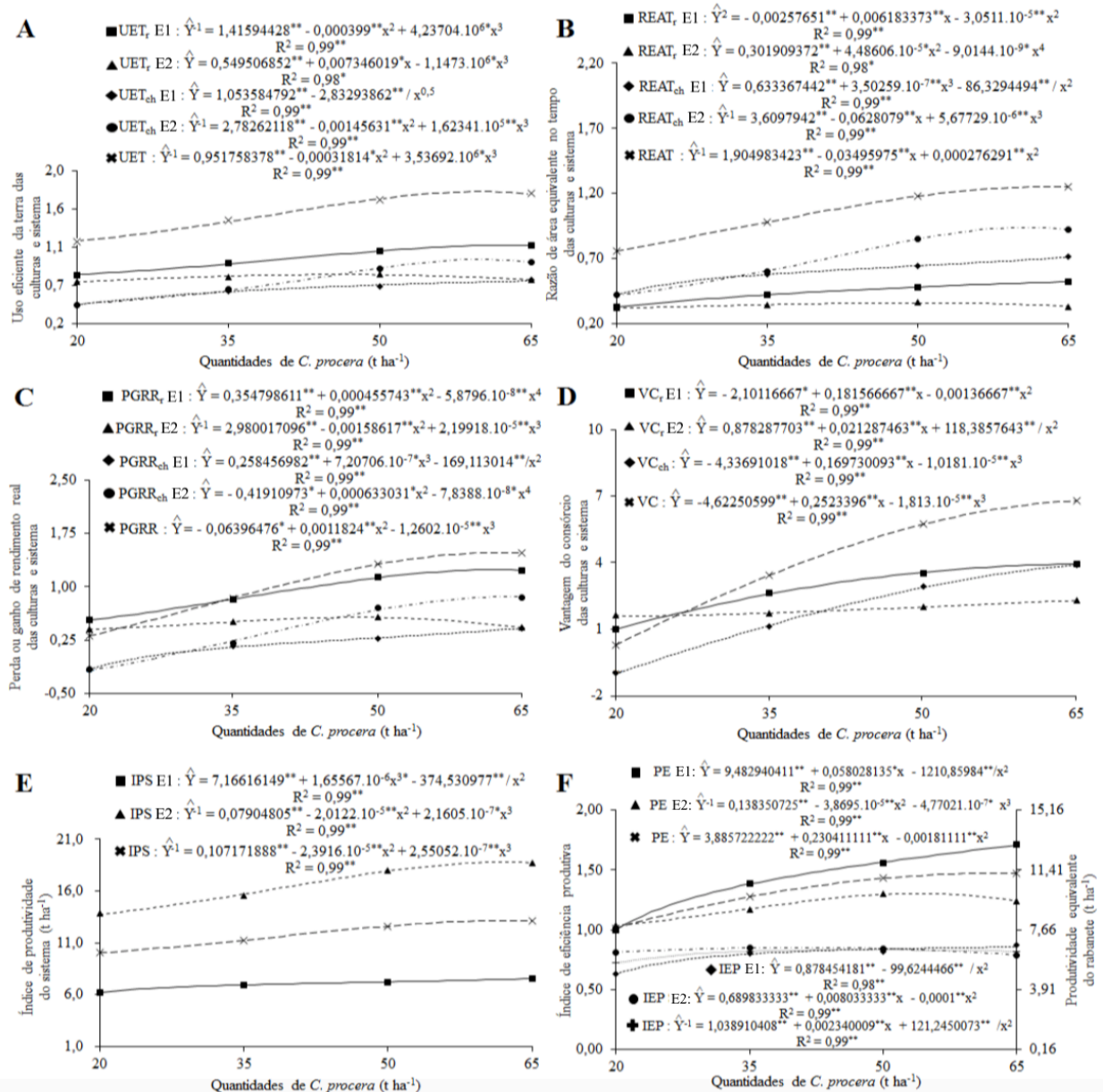


Figura 2. Índice de uso eficiente da terra do rabanete, do caupi-hortaliça e do sistema (A), relação de área equivalente no tempo do rabanete, do caupi-hortaliça e do sistema (B), perda ou ganho de rendimento real do rabanete, do caupi-hortaliça e do sistema (C), vantagem do consórcio do rabanete, do caupi-hortaliça e do sistema (D), índice de produtividade do sistema (E) e índice de eficiência produtiva e produtividade equivalente do rabanete (F) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo e nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo.

De acordo com Willey e Osiru (1972), levando em consideração o índice de uso eficiente da terra do sistema, podemos considerar que o cultivo solteiro precisaria de 75% a mais de área

para produzir o equivalente no sistema consorciado adubado com *C. procera* em um hectare (Figura 2A).

Para a relação de área equivalente no tempo do rabanete e do caupi-hortaliça na segunda época e na do sistema registrou-se um aumento nessas características com a crescente quantidade de *C. procera* incorporada ao solo, alcançando os valores máximos de 0,36; 0,94 e 1,25 nas quantidades de 49,88; 60,73 e 63,27 t ha⁻¹, diminuindo em seguida até a mais alta quantidade de *C. procera* adicionada (Figura 2B). Por outro lado, observou-se apenas um aumento nas relações de área equivalente no tempo do rabanete e do caupi-hortaliça na primeira época, da ordem de 0,20 e 0,29 entre a menor e a maior quantidade de adubo aplicada.

A relação de área equivalente no tempo com valor máximo de 1,25 obtido no consórcio demonstra que houve uma vantagem produtiva na associação de rabanete com caupi-hortaliça, de 25% (Hiebsch; McCollum, 1987) (Figura 2B).

A perda ou ganho de rendimento real do rabanete na primeira e segunda época e a do caupi-hortaliça na segunda época e do sistema ascenderam com as quantidades crescentes de *C. procera* até os valores máximos de 1,24; 0,57; 0,86 e 1,48 nas quantidades de adubo de 62,25; 48,08; 63,54 e 62,55 t ha⁻¹, decrescendo então até a última dose adicionada ao solo (Figura 2C). A perda ou ganho de rendimento real do caupi-hortaliça na primeira época cresceu 0,57 entre a menor e a maior quantidade do adubo verde aplicada.

A perda ou ganho de rendimento real permitiu observar que tanto o rabanete, na primeira época, e o caupi-hortaliça na segunda época apresentaram maiores ganhos de rendimentos quando cultivada em cultivo consorciado. De acordo com Banik (1996), o valor positivo existente para a perda ou ganho de rendimento real do sistema indica a vantagem do consórcio e determina a complementariedade entre e dentro das culturas componentes em diferentes épocas (Figura 2C).

A vantagem do consórcio do rabanete na primeira e segunda época, do caupi-hortaliça e do sistema tiveram um aumento de 2,95; 0,70; 4,92 e 6,53 entre a menor e maior quantidade de *C. procera* incorporada ao solo (Figura 2D). O aumento na vantagem do consórcio do rabanete na primeira e segunda época, do caupi-hortaliça e do sistema determina que o adubo verde *C. procera* pode ser um fator na viabilidade econômica de sistemas consorciados (Banik, 2000) (Figura 2D).

O índice de produtividade do sistema na segunda época e o do sistema tiveram um aumento em função das quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo até os valores máximos de 18,80 e 13,15 t ha⁻¹ nas quantidades 62,09 e 62,51 t ha⁻¹ de adubo verde, diminuindo então até a aplicação da última dose (Figura 2E). O índice de produtividade do sistema na primeira época apenas teve um aumento de apenas 1,29 entre a menor e a maior quantidade do adubo verde aplicada. Os valores médios na segunda época para a variável índice de produtividade do sistema, se deve, em parte, a produtividade de rabanete em cultivo solteiro na segunda época que atingiu maiores valores (Figura 2E).

Para os índices de eficiência produtiva e de produtividade equivalente de rabanete na segunda época e do sistema, registrou-se um aumento nessas características com a crescente quantidade de *C. procera* incorporada ao solo, alcançando os valores máximos de 0,85; 9,94 t ha⁻¹; 0,85 e 11,21 t ha⁻¹ nas quantidades de 40,17; 54,08; 46,97 e 63,61 t ha⁻¹ do adubo verde, diminuindo em seguida até a mais alta quantidade de *C. procera* adicionada (Figura 2F). Por outro lado, observou-se apenas um aumento nos índices de eficiência produtiva e de produtividade equivalente de rabanete na primeira época, da ordem de 0,22 e 5,35 t ha⁻¹ entre a menor e a maior quantidade de adubo aplicada.

Ao compararem-se os resultados do IEP e do UET, índices que fornecem indicação de vantagem relativa da produção combinada, verifica-se que ambos foram coincidentes ao identificar que o adubo *C. procera* proporcionou bom desempenho a consorciação. Os valores

médios do índice de produção equivalente do rabanete referente as quantidades de adubo verde incorporadas na primeira época, se deve ao desempenho dos valores relacionados a produtividade de grãos verdes de caupi-hortaliça em consórcio com o rabanete, a relação entre os preços do caupi-hortaliça e rabanete referentes a primeira época e a produtividade de raízes comerciais do rabanete em consórcio com caupi-hortaliça apresentados na fórmula, proporcionando uma maior vantagem produtiva do consórcio em relação a segunda época (Ramalho et al., 1983) (Figura 2F).

Na Tabela 4A, registraram-se diferenças significativas no desdobramento das épocas dentro de cada quantidade de *C. procera* incorporada ao solo. Para o índice de uso eficiente da terra do rabanete, para a relação de área equivalente no tempo do rabanete, para perda de rendimento real do rabanete e para índice de produtividade equivalente do rabanete, com exceção da quantidade de 20 t ha⁻¹, as médias da primeira época se sobressaíram da segunda época.

Tabela 4. Índice de uso eficiente da terra do rabanete (UET_r), do caupi-hortaliça (UET_{ch}) e do sistema (UET), relação de área equivalente no tempo do rabanete (REAT_r), do caupi-hortaliça (REAT_{ch}) e do sistema (REAT), perda de rendimento real do rabanete (PRR_r), do caupi-hortaliça (PRR_{ch}) e do sistema (PRR), vantagem do consórcio do rabanete (VC_r), do caupi-hortaliça (VC_{ch}) e do sistema (VC), índice de produtividade do sistema (IPS), índice de eficiência produtiva (IEP) e índice de produtividade equivalente do rabanete (IPE_r) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo, nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo, e nos arranjos espaciais.

A. Desdobramento das épocas dentro de cada quantidade de <i>C. procera</i> incorporada ao solo										
Quant.	UET _r		UET _{ch}		REAT _r		REAT _{ch}		PRR _r	
	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época
20	0,77 a	0,69 a	0,42 a	0,42 a	0,33 a	0,32 a	0,42 a	0,42 a	0,53 a	0,40 a
35	0,91 a	0,75 b	0,58 a	0,60 a	0,42 a	0,34 b	0,58 a	0,60 a	0,82 a	0,50 b
50	1,05 a	0,78 b	0,64 b	0,85 a	0,48 a	0,36 b	0,64 b	0,85 a	1,13 a	0,57 b
65	1,12 a	0,71 b	0,71 b	0,92 a	0,52 a	0,33 b	0,71 b	0,92 a	1,23 a	0,43 b
Quant.	PRR _{ch}		VC _r		IPS		IEP		IPE _r	
	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época
20	-0,16 a	-0,16 a	0,97 a	1,60 a	6,24 b	13,82 a	0,63 b	0,81 a	7,61 a	7,94 a
35	0,16 a	0,20 a	2,62 a	1,72 a	6,95 b	15,58 a	0,80 a	0,85 a	10,57 a	8,89 b
50	0,27 b	0,70 a	3,52 a	1,99 b	7,20 b	18,01 a	0,82 a	0,84 a	11,83 a	9,93 b
65	0,42 b	0,85 a	3,94 a	2,29 b	7,54 b	18,72 a	0,87 a	0,79 a	13,00 a	9,43 b
B. Desdobramento das épocas dentro de cada arranjo espacial										
Arranjos espaciais	UET _r		UET _{ch}		UET		REAT _{ch}		REAT	
	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época

2:2	0,82 aB	0,69 bA	0,59 bA	0,82 aA	1,41 aB	1,51 aA	0,59 bA	0,82 aA	0,96 bA	1,16 aA
3:3	1,02 aA	0,76 bA	0,60 aA	0,64 aB	1,62 aA	1,40 bA	0,60 aA	0,64 aB	1,05 aA	1,01 aB
4:4	1,05 aA	0,77 bA	0,57 aA	0,63 aB	1,62 aA	1,40 bA	0,57 aA	0,63 aB	1,03 aA	1,00 aB
Arranjos espaciais	PRR _{ch}		PRR		VC _{ch}		VC		IPS	
	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época
2:2	0,18 bA	0,64 aA	0,80 aB	1,02 aA	1,24 bA	3,61 aA	3,24 bA	5,13 aA	6,99 bA	17,74 aA
3:3	0,21 aA	0,28 aB	1,15 aA	0,80 bA	1,46 aA	1,61 aB	4,46 aA	3,66 aB	7,06 bA	16,00 aB
4:4	0,14 aA	0,26 aB	1,16 aA	0,80 bA	0,96 aA	1,48 aB	4,25 aA	3,61 aB	6,90 bA	15,88 aB

C. Valores médios nos arranjos espaciais

Arranjos espaciais	REAT _r	PRR _r	VC _r	IEP	IPE _r
2:2	0,35 B	0,52 B	1,75 B	0,77 A	9,58 A
3:3	0,40 A	0,77 A	2,52 A	0,82 A	10,09 A
4:4	0,41 A	0,81 A	2,71 A	0,80 A	10,03 A

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula na linha e coluna, respectivamente, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para o índice de uso eficiente da terra do caupi-hortaliça, para a relação de área equivalente no tempo do caupi-hortaliça e para perda de rendimento real do caupi-hortaliça, com exceção das quantidades de 20 e 35 t ha⁻¹, as médias da segunda época se sobressaíram da primeira época.

De acordo com Willey e Osiru (1972), para o índice de uso eficiente da terra do rabanete, a primeira época apresentou médias superiores a segunda época nas quantidades 35; 50 e 65 t ha⁻¹ devido a uma maior diferença entre as produtividades em consórcio e monocultivo da cultura. Esta justificativa também pode ser usada para o índice de uso eficiente da terra do caupi-hortaliça nas quantidades 50 e 65 t ha⁻¹, onde a diferença entre produtividades na segunda época foi superior a primeira época (Tabela 4A).

Para a relação de área equivalente no tempo do rabanete, a superioridade da primeira época em relação a segunda época nas quantidades 35, 50 e 65 t ha⁻¹ se deve a UET_r, pois apresentou melhores resultados e está presente na fórmula para o cálculo de REAT_r (Hiebsch; McCollum, 1987). A relação de área equivalente no tempo do caupi-hortaliça, onde as médias na segunda época foram superiores nas quantidades 50 e 65 t ha⁻¹ estão associada aos valores de UET_{ch} (Tabela 4A).

Para a perda de rendimento real do rabanete, [Banik \(1996\)](#), afirma que a superioridade da primeira época em relação a segunda época pode estar relacionada as produtividades em consórcio e monocultivo da cultura. Esta mesma inferência também é válida para a perda de rendimento real do caupi-hortaliça que obteve valores médios na segunda época superiores a primeira época nas quantidades de 50 e 65 t ha⁻¹ (Tabela 4A).

A vantagem do consórcio do rabanete na primeira época foi superior ao da segunda época, com exceção de seus valores nas quantidades de 20 e 35 t ha⁻¹, onde foram semelhantes em ambas as épocas. O índice de produtividade do sistema foi superior na segunda época, diferentemente do índice de eficiência produtiva que obteve essa superioridade apenas na segunda época na quantidade de 20 t ha⁻¹ (Tabela 4A). Para a vantagem do consórcio do rabanete, apesar do preço por kg a 3,20 R\$ na primeira época em novembro de 2015, a diferença estatística em relação a segunda época nas quantidades 50 e 65 t ha⁻¹ foi diretamente influenciada pelos valores de perda de rendimento real do rabanete nas mesmas quantidades (Tabela 4A).

Os valores médios do índice de produção equivalente do rabanete referente as quantidades incorporadas apresentado na primeira época, se deve ao desempenho dos valores relacionados a produtividade de grãos verdes de caupi-hortaliça em consórcio com o rabanete, a relação entre os preços do caupi-hortaliça e do rabanete referentes a primeira época e a produtividade de raízes comerciais do rabanete em consórcio com caupi-hortaliça apresentados na fórmula, proporcionando uma maior vantagem produtiva do consórcio em relação a segunda época ([Ramalho et al., 1983](#)) (Tabela 4A).

A superioridade na segunda época sobre a primeira época na quantidade de 20 t ha⁻¹ para o índice de eficiência produtiva está relacionada com os valores das produtividades e taxa de retorno das culturas em ambas as épocas ([Gomes; Souza, 2005](#)) (Tabela 4A).

De modo geral, observou-se na associação rabanete com caupi-hortaliça o crescimento da performance produtiva do sistema à medida que se aumentou as quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo.

Desdobrando-se as épocas dentro de cada arranjo espacial de plantio observaram-se diferenças significativas no índice de uso eficiente da terra do rabanete, com a primeira época se sobressaindo da segunda, enquanto para o índice de produtividade do sistema foi registrado situação inversa (Tabela 4B).

O índice de uso eficiente da terra do caupi-hortaliça, a relação de área equivalente no tempo do caupi-hortaliça e do sistema, a perda de rendimento real do caupi-hortaliça e as vantagens do consórcio do caupi-hortaliça e do sistema tiveram seus valores médios no arranjo espacial 2:2 superiores aos 3:3 e 4:4 na segunda época. Os valores médios do índice de uso eficiente da terra do sistema e da perda de rendimento real do sistema nos arranjos 3:3 e 4:4 foram superiores na primeira época, com exceção do arranjo 2:2 que teve valor médio semelhante em ambas às épocas (Tabela 4B).

Na relação de área equivalente no tempo do rabanete, na perda de rendimento real do rabanete e na vantagem do consórcio do rabanete foi observada diferença significativa entre os arranjos espaciais, com o arranjo 3:3 e 4:4 destacando-se do arranjo 2:2. Não se observou diferença significativa entre os valores médios do índice de eficiência produtiva e do índice de produtividade equivalente do rabanete nos arranjos espaciais de plantio (Tabela 4C).

A coincidência na superioridade do arranjo 2:2 sobre o 3:3 e 4:4 na segunda época para o uso eficiente da terra do caupi-hortaliça, a relação de área equivalente no tempo do caupi-hortaliça e do sistema, a perda de rendimento real do caupi-hortaliça e as vantagens do consórcio do caupi-hortaliça e do sistema em relação a taxa de competição do caupi hortaliça (Tabela 2C), comprovam que a semelhança destas variáveis são relacionadas, em parte, as produtividades e proporções de plantio (Tabela 4B).

Arranjos espaciais	RB (R\$)	RL (R\$)	TR (R\$)	IL
2:2	34208,15 A	13578,54 A	1,68 A	38,77 A
3:3	35932,28 A	15364,88 A	1,77 A	42,39 A
4:4	35752,39 A	15308,73 A	1,76 A	41,26 A

** = $P < 0,01$; * = $P < 0,05$; ns = $P \geq 0,05$. Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula na linha e coluna, respectivamente, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Desdobrando-se as quantidades de *C. procera* dentro de cada época, observou-se um aumento na renda bruta e na renda líquida na segunda época e na do sistema com as crescentes quantidades de *C. procera* incorporadas até os valores máximos de 39.442,54; 17.663,57; 39.812,78 e 16.521,28 R\$ ha⁻¹ nas quantidades 54,05; 61,28; 60,66 e 45,91 t ha⁻¹ do adubo verde, decrescendo em seguida até a última quantidade do adubo verde aplicada (Figura 3A). Por outro lado, a renda bruta e líquida na primeira época apenas aumentaram cerca 17.106,61 e 6.968,72 R\$ ha⁻¹ entre a menor e a maior quantidade de adubo adicionado ao solo.

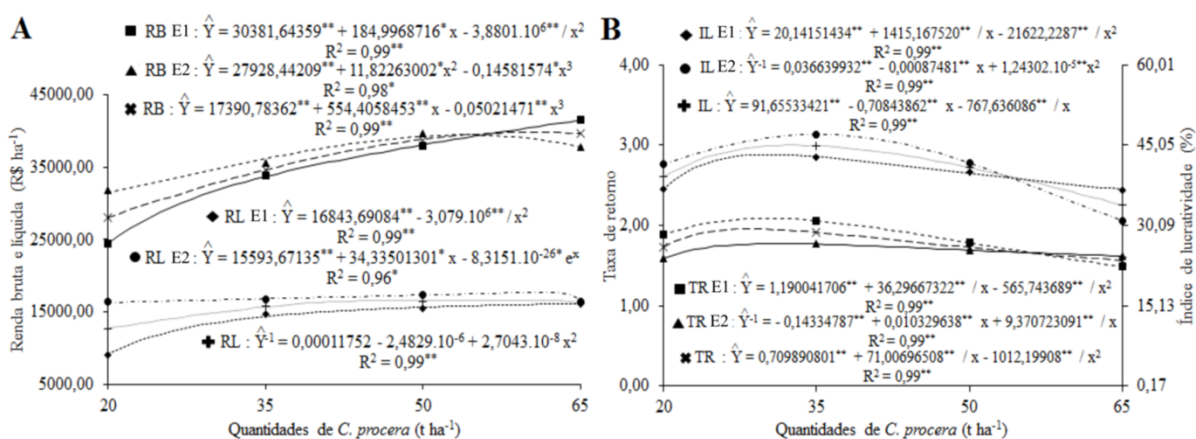


Figura 3. Renda bruta e líquida (A) e taxa de retorno e índice de lucratividade (B) de rabanete consorciado com caupi-hortaliça nas épocas de cultivo e nas quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo.

A taxa de retorno e índice de lucratividade na primeira e segunda época e no sistema tiveram um aumento com as crescentes quantidades de *C. procera* incorporadas ao solo até os valores máximos de 1,77 e 43,29 %; 2,09 e 47,06 % e de 1,96 e 45,01 % nas quantidades de 31,17; 30,56; 30,11; 35,19; 28,51 e 32,92 t ha⁻¹ do adubo verde, decrescendo em seguida até a última quantidade adicionada (Figura 3B).

O aumento em relação aos resultados dos indicadores econômicos é atribuído ao rendimento das culturas, o que possibilitou um uso mais eficiente dos recursos ambientais, como foi visto anteriormente nos índices de competitividade e eficiência agronômica.

Na Tabela 5B, desdobrando as épocas dentro de cada quantidade de *C. procera* incorporada ao solo, observou-se que a renda bruta registrou diferença significativa na quantidade de 20 t ha⁻¹, com a segunda época superior a primeira época e na quantidade 65 t ha⁻¹ com a primeira época superior a segunda. Na renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade observou-se diferença significativa apenas entre os valores médios na quantidade de 20 t ha⁻¹, onde a segunda época foi superior a primeira. Nas demais quantidades os valores médios foram semelhantes em ambas as épocas (Tabela 5B). Não houve diferença significativa entre os valores médios dos indicadores econômicos nos arranjos espaciais de plantio das culturas componentes (Tabela 5C).

A diferença significativa nas quantidades de 20 e 65 t ha⁻¹ para renda bruta está associada a disparidade produtiva em ambas as quantidades de *C. procera* e épocas. A superioridade na segunda época na quantidade de 20 t ha⁻¹ para a renda líquida e taxa de retorno está associada a uma maior diferença entre os valores de renda bruta e custos totais, entretanto nesta mesma quantidade o resultado do índice de lucratividade está relacionado a uma maior diferença entre valores para a renda líquida e a renda bruta (Beltrão et al., 1984) (Tabela 5B).

Para os valores médios, a semelhança econômica associada aos diferentes rendimentos das culturas componentes da associação sugere que o rabanete e o caupi-hortaliça possuem um comportamento econômico compensatório nos arranjos espaciais (Tabela 5C).

4. CONCLUSÕES

Na consorciação, o rabanete foi à cultura dominante e o caupi-hortaliça a dominada. As maiores eficiência agrônômica e econômica do consórcio de rabanete e caupi-hortaliça foram alcançadas nas quantidades de 59,97 e 45,91 t ha⁻¹ de biomassa de *C. procera* adicionada ao solo. Não se observou influência dos arranjos espaciais entre as culturas componentes na eficiência econômica da associação rabanete e caupi-hortaliça. O uso de *C. procera* como adubo verde na consorciação de rabanete e caupi-hortaliça é economicamente viável. Os indicadores determinados demonstram a complementariedade e a sustentabilidade na associação de rabanete e caupi-hortaliça.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e ao grupo de pesquisa do Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestal da Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA) pelo desenvolvimento de tecnologias de cultivo de hortaliças em fazendas familiares.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. E. S. et al. Eficiência agrônômica do consórcio alface-rúcula fertilizado com flor-de-seda. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 79 – 85, set. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n309re>>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- BANIK, P. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 e 2:1 row-replacement series system. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 176, n. 5, p. 289 - 294, jul. 1996. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1996.tb00473.x>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

BANIK, P. et al. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series systems. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 185, n. 1, p. 9 – 14, out. 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2000.00388.x>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

BATISTA, M. A. V. et al. Atributos microbiológicos do solo e produtividade de rabanete influenciados pelo uso de espécies espontâneas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 587 - 594, out./dez. 2013. Disponível em: <[doi:10.1590/S0102-05362013000400013](https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000400013)>. Acesso em: 15 jan. 2017.

BELTRÃO, N. E. M. et al. Comparação entre indicadores agroeconômicos de avaliação de agroecossistemas consorciados e solteiros envolvendo algodão “upland” e feijão “caupi”. **Boletim de pesquisa**, Brasília, n. 15, p. 0 – 15, abr. 1984. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33324/1/COMPARACAO.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

BEZERRA NETO, F. et al. Evaluation of yield advantage indexes in carrot-lettuce intercropping systems. **Interciencia**, Caracas, v. 35, n. 1, p. 59 - 64, jan. 2010. Disponível em: <<https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/059-c-ACEVEDO-6.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

BEZERRA NETO, F. et al. Consórcio de beterraba com caupi-hortaliça adubado com diferentes quantidades de flor-de-seda. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, 3., 2013, Recife. **Anais Eletrônicos...** Recife, CONAC, 2013. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/28846142-Consorcio-de-beterraba-com-caupi-hortaliça-adubado-com-diferentes-quantidades-de-flor-de-seda.html>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

CALEGARI, A. et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Assessoria e serviços a projetos em agricultura alternativa, 1993. 346 p.

CHAVES, A. P. **Densidades populacionais de caupi-hortaliça consorciadas com beterraba em diferentes arranjos espaciais**. 2017. 88 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017. Disponível em: <<https://ppgfito.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/04/Tese-2017-ARIDENIA-PEIXOTO-CHAVES.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2018.

COSTA, A. P. et al. Intercropping of carrot x cowpea-vegetables: evaluation of cultivar combinations fertilized with roostertree. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 633 – 641, jul./set. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n311rc>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

ESKANDARI, H.; GHANBARI, A. Environmental resource consumption in wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) intercropping: comparison of nutrient uptake and light interception. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 2, n. 3, p. 100 – 103, ago. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15835/nsb234787>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

FERREIRA, D. F. **Sisvar** - sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 1998. 19 p.

FAVACHO, F. S. et al. Productive and economic efficiency of carrot intercropped with cowpeavegetable resulting from green manure and different spatial arrangements. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 337 - 346, abr./jun. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170039>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

FERNANDES, Y. T. D. **Viabilidade agroecônômica do cultivo consorciado de cenoura e coentro em função de quantidades de jitirana e arranjos espaciais**. 2012. 87 p. Dissertação (Mestre em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/82/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20YKESAKY%20TERSON%20DANTAS%20FERNANDES_1.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2018.

FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. 1ª ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 80 p.

GOMES, E. G.; SOUZA, G. S. Avaliação de ensaios experimentais com o uso da análise de envoltória de dados: uma aplicação a consórcios. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA E SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 50., 2005; Londrina. **Anais Eletrônicos...** Londrina, SEAGRO, 2005. Acesso em: 26 jan. 2018.

HIEBSCH, C. K.; MCCOLLUM, R. E. Area x Time equivalency ratio: A method for evaluating the productivity of intercrops. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 1, p. 15 - 22, jan. 1987. Disponível em: <[doi:10.2134/agronj1987.00021962007900010004x](https://doi.org/10.2134/agronj1987.00021962007900010004x)>. Acesso em: 23 jan. 2018.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve: curve fitting software**. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, 1991. 280 p.

JAUER A. et al. Comportamento de cultivar pérola de feijoeiro comum (*Phaseolus Vulgaris* L.) em quatro densidades de semeadura na safrinha em Santa Maria – RS. **Revista da faculdade de zootecnia, veterinária e agronomia**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 12 - 23, jan. 2006. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2335/1822>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

MCGILCHRIST C. A. Analysis of competition experiments. **Biometrics**, Washington, v. 21, n. 4, p. 975 - 985, dez. 1965. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2528258>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

ODO, P. E. Evaluation of Short and Tall Sorghum Varieties in Mixtures with Cowpea in the Sudan Savanna of Nigeria: Land Equivalent Ratio, Grain Yield and System Productivity Index. **Experimental Agriculture**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 435 - 441, out. 1991. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0014479700019426>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

RAMALHO, M. A. P.; OLIVEIRA, A. C.; GARCIA JC. **Recomendações para o planejamento e análise de experimentos com as culturas de milho e feijão consorciadas**. 1ª ed. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 1983. 74 p.

RIBEIRO, G. M. et al. Productive performance of carrot and cowpea intercropping system under different spatial arrangements and population densities. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 19 – 27, jan./mar. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n103rc>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

RÊGO, L. G. S. et al. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, state of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 1036 - 1042, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n430rc>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

STEINER, K. G. **Intercropping in tropical smallholder agriculture with special reference to West**. 2^a ed. Nova York: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1982. 303 p.

VIEIRA, F. A. et al. Technical-economic efficiency of the yield of green grains of cowpea fertilized with roostertree. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 2, p. 18 – 26, abr./jun. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n227rc>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

WAGHMARE, A. B.; KRISHNAN, T. K.; SINGH, S. P. Crop compatibility and spatial arrangement in sorghum-based intercropping systems. **The Journal of Agricultural Science**, v. 99, n. 3, p. 621 - 629, mar. 1982. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0021859600031300>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. **The Journal of Agricultural Science**, v. 79, n. 3, p. 517-529, dez. 1972. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0021859600025909>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

WILLEY, R. W.; RAO, M. R. A competitive ratio for quantifying completion between intercrops. **Experimental Agriculture**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 117-125, jun. 1980. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S0014479700010802>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

CAPÍTULO 3 - MAXIMIZAÇÃO AGROECONÔMICA EM PROPRIEDADES IRRIGADAS UTILIZANDO A METODOLOGIA ORDI

RESUMO

A diminuição da disponibilidade de água para a agricultura e o impacto da irrigação nos aquíferos dos quais esse recurso é extraído exigem que ele seja usado de maneira mais eficiente possível. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi determinar em quanto seria maximizado agroeconomicamente propriedades irrigadas utilizando a metodologia ORDI para volumes limitados de água. Análises utilizando o modelo MOPECO foram realizadas para duas propriedades irrigadas hipotéticas. A primeira análise foi realizada com dados experimentais de alho e cevada provenientes dos anos 2015, 2016 e 2017 em Aguas Nuevas (Albacete) e a segunda, com dados coletados de uma propriedade agrícola envolvendo os cultivos de cevada, milho e cebola nos anos 2014 e 2015 em Minaya (Albacete). Em ambas análises se comparou a metodologia ORDI e a irrigação tradicional das culturas (T) para uma propriedade agrícola hipotética de 100 ha com diferentes volumes totais de disponibilidade de água de irrigação. Para realizar as análises econômicas foram utilizados o modelo MOPECO, os dados climáticos da estação do “Servicio Integral de Asesoramiento al Regante”, os dados econômicos publicados pelo “Anuario de Estadística Agroalimentaria” e os resultados obtidos nas parcelas experimentais. O software LINGO foi utilizado para determinar a distribuição das culturas na propriedade com o intuito de maximizar a renda líquida. A metodologia ORDI foi mais rentável agroeconomicamente do que aquela da irrigação tradicional caso a propriedade agrícola dispusesse de baixos volumes de água para irrigação. Igualmente, esta metodologia foi mais apropriada quando usada com culturas de baixo rendimento, como cevada e milho, não sendo adequada para as culturas de alho e cebola.

Palavras-chave: *Allium sativum* L.; *Hordeum vulgare* L.; *Zea mays*; *Allium cepa*; irrigação deficitária controlada e otimizada (ORDI)

CAPÍTULO 3 - MAXIMIZACIÓN AGROECONÓMICA EN EXPLOTACIONES UTILIZANDO LA METODOLOGIA ORDI

RESUMEN

La disminución de la disponibilidad de agua para la agricultura y el impacto del riego en las masas de agua de las que se extrae este recurso exigen que se utilice de la manera más eficiente posible. Este trabajo tuvo como objetivo determinar en cuánto se podrían haber mejorado la rentabilidad de una explotación de 100 ha de regadío, en la que el volumen total de agua de riego disponible está administrativamente limitado, en la que se hubiera utilizado la metodología ORDI para volúmenes limitados de agua (O) en lugar del manejo tradicional no deficitario (T). Para lograrlo se consideraron dos explotaciones teóricas. En la primera se utilizaron datos experimentales de ajo y cebada referentes a los años 2015, 2016 y 2017 en Aguas Nuevas (Albacete). Para la segunda, los datos utilizados fueron los obtenidos en un ensayo realizado en una explotación real con cebada, maíz y cebolla durante los años 2014 y 2015 en Minaya (Albacete). En ambos análisis se consideraron diferentes volúmenes totales de disponibilidad de agua de riego y diferentes escenarios de precios de venta de las cosechas. Para realizar las simulaciones y análisis económicos se utilizó el modelo MOPECO, los datos climáticos de la red de estaciones del Servicio de Información Agroclimática al Regadío, los datos económicos publicados por el "Anuario de Estadística Agroalimentaria" y los resultados obtenidos en las parcelas experimentales. El software LINGO ha sido utilizado para determinar la distribución de los cultivos en la finca con el fin de maximizar el margen bruto. En relación al modelo MOPECO de cultivo, la metodología ORDI ha sido más rentable agroeconómicamente que la tradicional para bajos volúmenes de agua de riego disponible. En este sentido, ORDI fue más apropiada cuando se utilizó con cultivos de baja rentabilidad, como la cebada y el maíz, no siendo adecuada para los cultivos de ajo y cebolla.

Palabras clave: *Allium sativum* L.; *Hordeum vulgare* L.; *Zea mays*; *Allium cepa*; riego deficitario controlado y optimizado (ORDI)

CHAPTER 3 - AGROECONOMIC MAXIMIZATION IN IRRIGATED PROPERTIES USING THE ORDI METHODOLOGY

ABSTRACT

The decrease in the availability of water for agriculture and the impact of irrigation on the water bodies from which this resource is extracted require that it be used in the most efficient way possible. The research had as objective to determine how much we would have maximized agroeconomically irrigated properties using the ORDI methodology for limited volumes of water. Two scenarios (simulations) were performed for two hypothetical irrigated properties. The first simulation was performed with experimental data of garlic and barley for years 2015, 2016 and 2017 in Aguas Nuevas (Albacete). For the second simulation, the data used were collected from an agricultural property involving barley, corn and onion crops for the years 2014 and 2015 in Minaya (Albacete). In both simulations the ORDI methodology and the traditional irrigation of the crops (T) were compared for a hypothetical 100 hectare agricultural property with different total volumes of irrigation water availability. In order to carry out the simulations and economic analyzes, the MOPECO model was used, the climatic data of the station of the "Integral Advisory Service", the economic data published by the "Anuario de Estadística Agroalimentaria" and the results obtained in the experimental plots. LINGO software was used to determine the distribution of crops on the property in order to maximize net income. The ORDI methodology was more profitable agroeconomically than the traditional one if the agricultural property had low volumes of water for irrigation. Also, this methodology was more appropriate when used with low yield crops, such as barley and corn, and it is not suitable for garlic and onion crops.

Keywords: *Allium sativum* L.; *Hordeum vulgare* L.; *Zea mays*; *Allium cepa*; controlled and optimized deficit irrigation (ORDI)

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água em regiões áridas e semiáridas, devido, em parte, a superexploração dos aquíferos, tornou-se uma problemática de ordem global. Isto porque, a perfuração de poços exploratória intensifica, progressivamente, a perda da capacidade produtiva dos ecossistemas, além da diminuição do volume de água nos reservatórios, limitando os recursos hídricos, a área irrigada ou até mesmo a estratégia de irrigação utilizada pelo produtor.

Em Castilla-La Mancha, a irrigação situada para as Unidades Hidrogeológicas Mancha Occidental, Mancha Oriental e Campo de Montiel (Espanha) (Figura 1) são exemplos que caracterizam estas condições. Esta região é constituída por áreas com escassez de água onde muitas propriedades tem um volume limitado de irrigação total que possam utilizar durante a safra com o fim de garantir a sustentabilidade dos aquíferos. Os agricultores, apesar de possuírem recursos hídricos limitados, podem, respeitando o limite de consumo, realizar a semeadura de diferentes culturas buscando uma maior produtividade e rentabilidade para a propriedade (Leite et al., 2017).

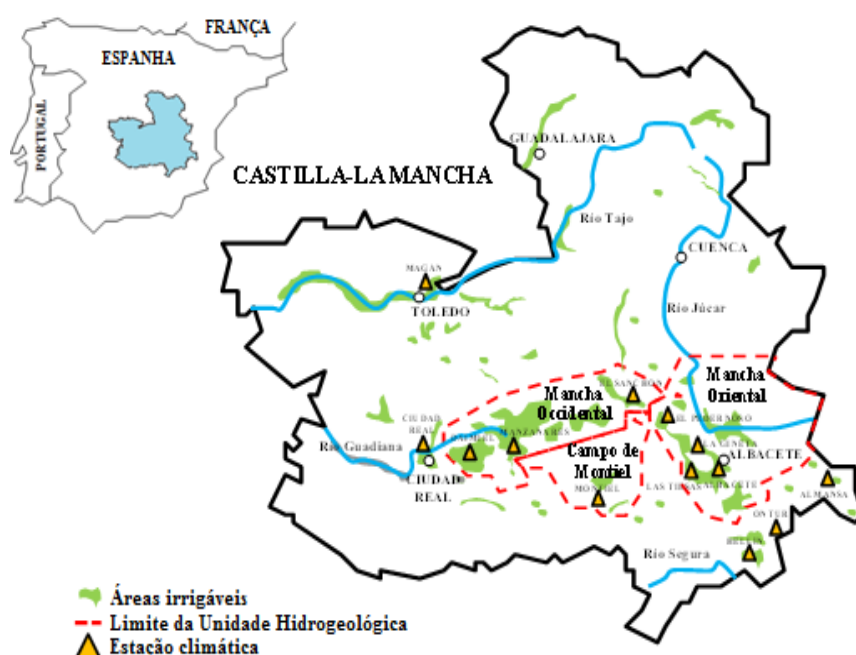


Figura 1. Distribuição das áreas irrigadas em Castilla-La Mancha.

Dentre as culturas extensivas em destaque em Castilla-La Mancha, está o alho (*Allium sativum* L.) e a cebola (*Allium cepa*), pertencentes à família Amaryllidaceae, e a cevada (*Hordeum vulgare* L.) e o milho (*Zea mays*), pertencentes à família Poaceae. A superfície que ocupam estes cultivos são 20.859; 14.488; 84.4087 e 22.812 ha, respectivamente, que representam cerca de 62,15 e 62,78% da superfície total para as áreas de hortaliças e grãos desta região (Magrama, 2017).

Entretanto, de acordo com Gonçalves (2006) e López-Bellido (2016) o desenvolvimento dessas culturas é influenciado, em parte, por vários elementos climáticos, como as variações sazonais do fotoperíodo, temperatura do ar e precipitação. Outros fatores que requerem atenção, é o aumento dos custos de produção relacionado a energia elétrica de sistemas pressurizados de irrigação e a limitação da disponibilidade de água em geral. Diante disso, ocorre uma necessidade de desenvolver e aplicar técnicas que melhorem a eficiência dos recursos naturais e uso da água de irrigação, a fim de garantir uma rentabilidade satisfatória nas propriedades.

Observando a carência de uma metodologia adequada para esta situação, Ortega et al. (2004) propôs o modelo MOPECO capaz de otimizar a renda líquida de propriedades irrigadas, especialmente em áreas áridas ou semiáridas com escassez de água e/ou altos custos de produção. Essa modelagem envolve informações sobre a submissão de culturas a estresses até um certo nível de déficit hídrico e a rentabilidade das propriedades irrigadas, envolvendo custos econômicos, políticos, sociais, fatores técnicos e ambientais.

A princípio, o modelo MOPECO é utilizado fornecendo técnicas distintas, porém complementares, que são essenciais para o fornecimento de dados. A primeira técnica, o ano meteorológico típico (TMY) (Hall et al., 1978), baseado em condições consideradas “típicas” por um longo período de tempo, adaptado por Domínguez et al. (2013) para a previsão de cronogramas de irrigação. E a segunda técnica, a estratégia de irrigação deficitária controlada e otimizada por etapas (ORDI) (Domínguez et al., 2012a) com a capacidade de maximizar o

rendimento para um determinado déficit hídrico, determinando a relação entre as taxas ET_a e ET_m a serem aplicadas em cada fase de crescimento. Por fim, dependendo da disponibilidade de área irrigável, do volume de água para a irrigação, dos custos e preços de venda dos cultivos e das restrições impostas pelo usuário (por exemplo, limitar a superfície máxima por cultivo para permitir uma adequada rotação), o modelo também determina a área e a quantidade de água a ser dedicada a cada cultura (López-Mata et al., 2016).

Atualmente, o modelo MOPECO encontra-se calibrado e validado para algumas culturas como cevada, milho, cebola, cenoura, alho e melão (Domínguez et al., 2012a; Domínguez et al., 2012c; Carvalho et al., 2015; Leite et al., 2015; Lellis, 2017; Pardo, 2018).

A metodologia ORDI foi aplicada em vários ensaios experimentais. Durante os anos 2014 e 2015, onde comparou-se o manejo tradicional de irrigação com a aplicação de ORDI em uma propriedade agrícola situada em Minaya (Albacete) onde foi cultivado cevada, milho e cebola (Domínguez et al., 2017; Martínez-Romero et al., 2017). Esta pesquisa mostrou que era necessário estabelecer uma metodologia capaz de alcançar uma produtividade adequada dos cultivos quando o volume de água de irrigação fosse limitado, uma vez que os volumes utilizados nas duas estratégias foram superiores aos esperados no início da safra, em virtude dos anos mais secos comparando-os com a média histórica. Esta pesquisa foi a precursora da metodologia ORDI para volumes limitados de água (Leite et al., 2015). Com isso, esta metodologia foi utilizada para determinar seu efeito sobre a produtividade e a qualidade pós-colheita de dois cultivos, o alho (Léllis, 2017) e a cevada (Pardo, 2018), quando estes receberam 90, 80 e 70% das necessidades hídricas. Estes ensaios foram realizados em Aguas Nuevas (Albacete) durante as safras 2015, 2016 e 2017.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi determinar, utilizando os resultados obtidos por Domínguez et al. (2017), Léllis (2017) e Pardo (2018), em quanto foi melhorada a rentabilidade de duas propriedades agrícolas teóricas, uma vez cultivando alho e cevada e outra

cevada, milho e cebola, utilizando a metodologia ORDI para volumes limitados de água em relação ao manejo tradicional que consiste em suprir as necessidades dos cultivos (T), quando a quantidade de água de irrigação disponível para a propriedade estiver limitada administrativamente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área

A área agrícola da região de Castilla-La Mancha está caracterizada como semiárida (Domínguez; de Juan, 2008), com uma superfície de 3.764.930 ha, onde apenas 13,5% são áreas irrigadas (Magrama, 2015). Atualmente, cerca de dois terços das áreas irrigadas estão localizadas sobre aquíferos subterrâneos (Figura 1), capazes de propiciar diversos cultivos na região como uvas, cereais (milho, cevada e trigo), alho, cebola, melão, melancia, pimenta e outras culturas, como girassol, batata e alfafa.

Historicamente, as principais áreas irrigadas desta região apresentam uma precipitação anual média de 400 mm ano⁻¹, distribuída de setembro a junho, e uma evapotranspiração de referência (ET_o) acima de 1100 mm ano⁻¹ (Ces, 2006). Apesar desses fenômenos climáticos adversos, a irrigação desempenha uma importante contribuição socioeconômica gerando cerca de 40% da renda agrária regional (Jccm, 2008), mostrando assim o alcance de uma alta produtividade com a utilização da água no setor agrícola.

Experimentos de campo

1ª Área experimental

Para a realização da primeira análise, os dados utilizados foram provenientes de experimentos desenvolvidos com as culturas de alho (Léllis, 2017) e cevada (Pardo, 2018) durante os anos de 2015, 2016 e 2017 na fazenda experimental do Centro Integrado de Formação Profissional de Aguas Nuevas, localizado na província de Castilla-La Mancha, Albacete (UTM X: 595368, Y: 4311310, 695 m altitude). Esta área é caracterizada por uma acentuada variação sazonal, onde a temperatura média anual do mês mais frio é de 4,4 °C (janeiro) e nos meses mais quentes varia entre 20,9 e 24,2 °C. A temperatura média mínima no mês mais frio é de -1,0 °C e a média máxima no mês mais quente (julho) é de 33,0 °C (Montoya, 2013). Os solos das parcelas experimentais são característicos da região, classificados como Calcixerollic-Petrocalcic-Xerochrepts (Usda-Ncrs, 2006), com uma textura franco-argilosa nos primeiros 50 cm do perfil do solo. A profundidade efetiva da raiz é limitada pelo desenvolvimento de horizontes petrocálcicos, que são identificados com 50 cm de profundidade (Camargo, 2013). No solo das parcelas onde os experimentos foram realizados verificou-se um pH muito básico e com características ligeiramente salinas.

As culturas selecionadas para este experimento foram: cevada (cv. “Shakira”) e alho (cv. “Morado de Las Pedroñeras”). A determinação climática durante os anos experimentais entre 2015 e 2017 permitiu determinar o cronograma de irrigação utilizando os dados registrados pela estação meteorológica completa “Albacete”. Atualmente, a estação pertence a rede SIAR “Sistema de Información Agroclimática al Regadío” gerenciada pelo MAGRAMA “Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente” (<http://eportal.magrama.gob.es>), na qual está situada a aproximadamente 100 m da parcela experimental.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada utilizando a metodologia de FAO-Penman Monteith (Allen et al., 1998), e a precipitação foi registrada por um pluviômetro instalado na área experimental. A precipitação efetiva (Pe) foi estimada usando o USDA “curve number 2 methodology” (Nrcs, 2004).

Em ambas as culturas foram aplicados 5 volumes distintos de água de irrigação (sem déficit, 100% das necessidades de irrigação da cultura para o ano meteorológico típico (T100) (TMY) (Domínguez et al., 2013), 90% = T90, 80% = T80 e 70% = T70). Estes valores foram obtidos através da calibração dos dados requeridos pelo modelo MOPECO para o alho (Domínguez et al., 2013) e cevada (Pardo, 2018), referente as condições de Castilla-La Mancha. Abaixo seguem os valores reais fornecidos as culturas envolvidas (Tabela 1).

Tabela 1. Volume de água fornecido nas épocas de cultivo.

Água fornecida aos cultivos	Safr de alho				Safr de cevada			
	(2015)				(2015)			
	T100	T90	T80	T70	T100	T90	T80	T70
Irrigação aplicada (mm)	267,2	200,7	179,7	159,4	250,6	225,1	200,2	175,3
Irrigação aplicada + Prec. (mm)	392,2	325,7	304,7	284,4	356,6	331,1	306,2	281,3
	(2016)				(2016)			
Irrigação aplicada (mm)	274,8	250,2	222,4	187,1	258,9	225,0	200,4	175,5
Irrigação aplicada + Prec. (mm)	379,5	354,9	327,1	291,8	362,8	328,9	304,3	279,4
	(2017)				(2017)			
Irrigação aplicada (mm)	278,5	256,1	230,1	201,2	250,0	225,1	201,7	174,8
Irrigação aplicada + Prec. (mm)	420,9	398,5	372,5	343,6	392,4	367,5	344,1	317,2
Prec.: Precipitação								

A semeadura do alho e cevada foram realizadas manualmente com um espaçamento de 0,08 metros entre plantas e 0,50 m entre linhas de cultivo para o alho e 210 kg ha⁻¹ de sementes para a cevada com aproximadamente 0,10 m entre linhas de cultivo. Cada um dos experimentos possuíram uma área experimental total de 918 m². Realizaram-se quatro repetições de cada tratamento em parcelas de 2,5 m x 18 m, com exceção do tratamento sem déficit e T100 onde foram três repetições. Nestas parcelas, foram instalados sensores para monitorar o teor de umidade do solo durante os experimentos: tensiômetros Watermark © a 20 e 40 cm de profundidade, e sensores volumétricos: Enviroscan © a 10, 20, 30 e 40 cm de profundidade. A água foi aplicada mediante um sistema de gotejamento por metro quadrado 0,5 m x 0,5 m de separação entre ramais e emissores autocompensantes com vazão nominal de 3,8 L h⁻¹.

2ª Área experimental

Na segunda análise, os dados utilizados foram oriundos de um experimento realizado entre os anos de 2014 e 2015 na fazenda “Balsillas” (coordenadas UTM: X 561.095; Y 4.344.568), em Minaya, província de Albacete (Figura 1). A área irrigável é constituída de 240 ha, equipada com sistemas permanentes de pivô central, que fornecem água subterrânea a partir do aquífero Mancha Oriental. Na propriedade agrícola, há um reservatório com capacidade de 15.000 m³ e quatro poços que fornecem um fluxo de água instantâneo de até 350 L s⁻¹. Os solos não são profundos (<40 cm) e a textura é franco-argilo-arenosa. A condutividade elétrica da água de irrigação na área foi verificada em 0,8 dS m⁻¹.

As três culturas selecionadas para este experimento foram: cevada (cv. Scarlett), milho (cv. LG 30.681) e cebola (cv. Valero). Nos dois anos, foi utilizado o sistema de irrigação por aspersão convencional. Cada cultura foi manejada seguindo duas estratégias de irrigação:

- i) irrigação sem déficit para um ano intermédio típico (T100), que é a irrigação tradicional das culturas; e
- ii) irrigação por déficit (O) (70% das necessidades do cultivo em cevada e 90% em milho e cebola) ([Domínguez et al., 2017](#)) utilizando a estratégia de irrigação por déficit regulado otimizado (ORDI) proposta por [Domínguez et al. \(2012b\)](#), ou seja, não foi utilizada a estratégia (ORDI) por etapas.

A baixa variabilidade climática na área ([Domínguez et al., 2013](#)) permitiu determinar o cronograma de irrigação utilizando os dados registrados pela estação meteorológica “El Sanchón” da rede SIAR, localizada a 12,1 km da fazenda e um pluviômetro instalado na propriedade. A evapotranspiração de referência (ET_o), a precipitação e a precipitação efetiva (Pe) também foram calculadas utilizando as metodologias descritas na primeira área experimental.

Cada cultura ocupou pelo menos dois setores de irrigação, um por tratamento. Dentro de cada setor de irrigação, um conjunto de quatro aspersores com espaçamento 18×18 m representou as condições médias do setor para monitorar a área experimental. Dentro da área selecionada, quatro parcelas de monitoramento ($5,5 \text{ m} \times 5,5 \text{ m}$) foram nomeadas aleatoriamente, evitando a área ao redor dos aspersores (16 m^2) e a área central (25 m^2). Nestas parcelas, também foram instalados sensores para monitorar o teor de umidade do solo durante os experimentos: tensiômetros Watermark © a 20 e 40 cm de profundidade, e sensores volumétricos: Enviroscan © a 10, 20, 30 e 40 cm de profundidade. Antes da semeadura, os sistemas de irrigação foram avaliados para garantir a uniformidade adequada da água de irrigação e determinada a quantidade real de água fornecida pelos aspersores nas áreas experimentais. Para o sistema de irrigação usado neste experimento e para as condições climáticas na área, as perdas médias de desvio e evaporação foram estabelecidas em 12% (calculadas como a diferença entre a água que provém dos aspersores e a água coletada pelos pluviômetros).

Descrição do modelo MOPECO

Para ambas análises, o objetivo da utilização do modelo MOPECO foi maximizar a renda líquida através do uso eficiente da água de irrigação. O procedimento utilizado pelo modelo MOPECO para obtenção da distribuição dos cultivos (em superfície e volume de água para irrigação) que maximiza a renda líquida sobre as condições climáticas do ano “x” está ilustrado de acordo com a Figura 2.

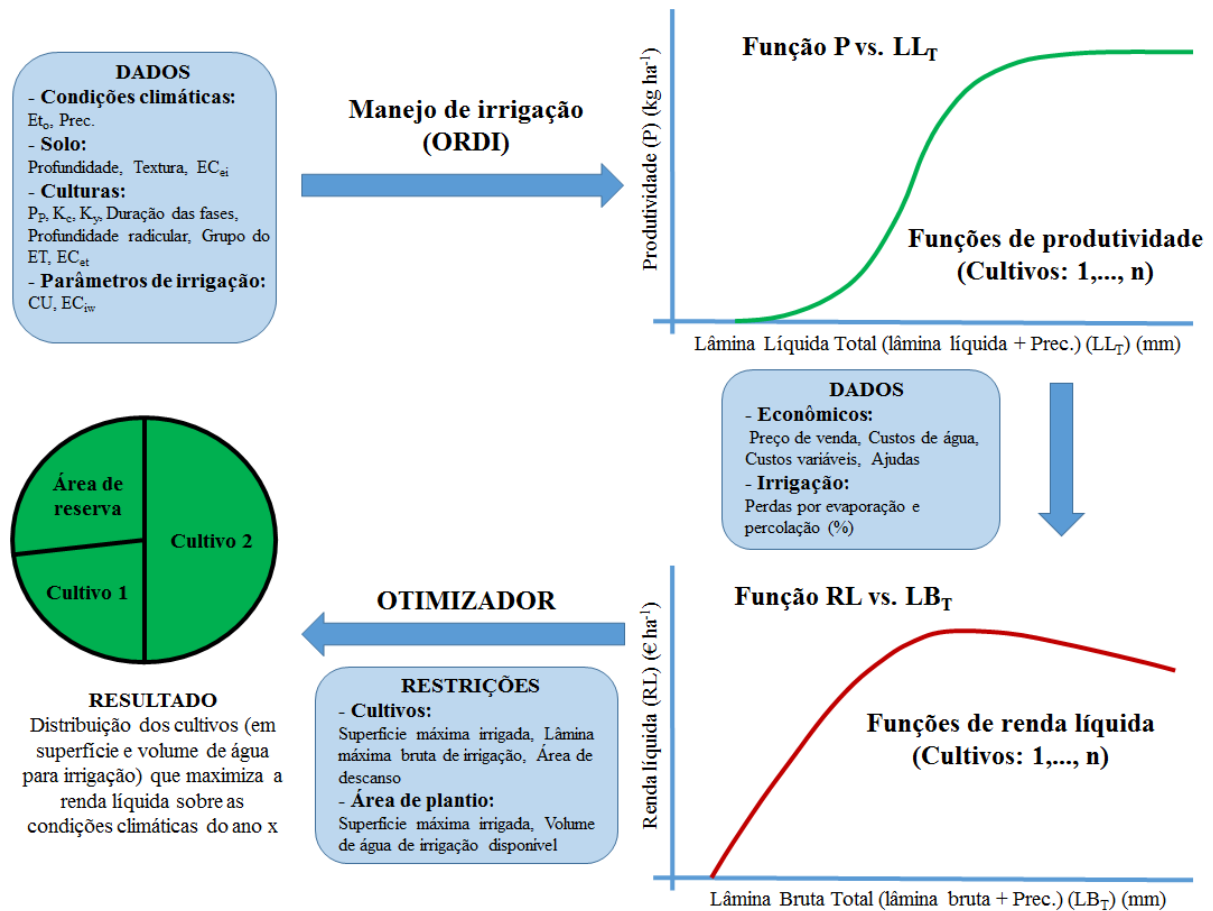


Figura 2. Fluxograma do modelo MOPECO. E_{to} : evapotranspiração de referência diária (mm); Prec.: precipitação diária efetiva (mm); EC_{ei} : condutividade elétrica da água do extrato saturado de solo no início da irrigação ($dS\ m^{-1}$); P_p : potencial de produtividade da cultura na área ($kg\ ha^{-1}$); K_c : coeficiente de cultivo (Allen et al., 1998); K_y : fator de resposta da cultura ao estresse (Doorenbos; Kassam, 1979); Grupo ET: condiciona o valor diário da fração de água total disponível (TAW) que a cultura pode extrair sem sofrer estresse hídrico (Danuso et al., 1995); EC_{et} : condutividade elétrica da água do extrato saturado de solo que diminui a capacidade de evapotranspiração da cultura ($dS\ m^{-1}$); CU: coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação; EC_{iw} : condutividade elétrica da água de irrigação ($dS\ m^{-1}$).

Um conjunto de dados é necessário para a simulação da função ótima “Produtividade x Lâmina Líquida Total” (P vs. LL_T) de cada cultura sob as condições climáticas de um determinado ano (Figura 2), onde $LL_T = \text{Lâmina Líquida (L}_L) + \text{Precipitação Efetiva (P}_e)$. Para obter P vs. LL_T , o modelo simula uma série de cronogramas de irrigação com déficit usando a metodologia de irrigação deficitária controlada e otimizada por etapas (ORDI), considerando os efeitos da uniformidade de irrigação e da condutividade elétrica da água no rendimento. A função P vs. LL_T é traduzida em “Produtividade vs. Lâmina Bruta Total” (P vs. LB_T), onde LB_T

= Lâmina Bruta (L_B) + P_e , acrescentando a eficiência de aplicação do sistema de irrigação. A função RL vs. LB_T é então calculada usando dados econômicos da cultura. Finalmente, o modelo calcula a distribuição ideal das culturas que cumprem as restrições impostas pelo usuário (culturas, área irrigável e quantidade disponível de água para irrigação) (Figura 2).

Distribuição ideal de culturas

A representatividade adequada da função “Produtividade x Lâmina Líquida Total” (P vs. LL_T), deve ser obtida sob as condições climáticas típicas da área. Um ano meteorológico típico (TMY) (Hall et al., 1978) representa as condições consideradas “comuns” durante um longo período de tempo. Neste caso, o ano meteorológico típico (TMY) foi adaptado por Domínguez et al. (2013) para previsão de cronogramas de irrigação. Assim, foram selecionados 12 meses correspondente a anos individuais, ou não, e concatenados para formar um ano completo com valores diários para as respectivas áreas experimentais. Os índices selecionados para o modelo de irrigação em ambas as simulações foram: temperatura mínima (T_{min}) e temperatura máxima (T_{max}), evapotranspiração de referência (ET_o) e precipitação (P). O ano meteorológico típico (TMY) de ambas as áreas de estudo foram calculados por Lélis (2017), Pardo (2018) e Domínguez et al. (2013) (Tabela 2).

Tabela 2. Anos meteorológicos típicos de Albacete e Minaya

Mês	Albacete				
	$T_{média}$ (°C)	$Média T_{máx}$ (°C)	$Média T_{min}$ (°C)	ET_o (mm)	Prec. (mm)
Janeiro	5,69	10,60	0,77	33,65	19,50
Fevereiro	6,30	11,20	1,40	41,02	32,60
Março	8,73	14,98	2,48	75,78	23,10
Abril	10,78	17,57	3,99	102,78	24,40
Maio	15,17	21,91	8,44	139,71	51,30
Junho	19,89	27,86	11,92	176,10	18,50
Julho	24,34	32,51	16,16	200,72	0,00
Agosto	23,02	31,62	14,41	179,50	21,30

Setembro	19,76	27,11	12,41	121,11	8,70
Outubro	13,90	19,99	7,84	73,30	38,40
Novembro	8,45	13,83	3,07	40,55	22,30
Dezembro	5,99	10,41	1,58	28,56	29,00
Total	13,50	19,97	7,04	1212,77	289,10
Minaya					
Mês	Tmédia (°C)	Média Tmáx (°C)	Média Tmin (°C)	ET _o (mm)	Prec. (mm)
Janeiro	4,58	10,71	-1,55	37,70	46,00
Fevereiro	6,05	13,82	-1,71	52,30	19,20
Março	9,56	16,23	2,89	89,04	39,40
Abril	12,34	18,29	6,40	109,63	66,40
Maio	14,71	22,13	7,30	149,34	57,20
Junho	22,04	30,67	13,41	204,01	12,80
Julho	23,53	31,85	15,21	227,11	0,30
Agosto	23,35	30,98	15,72	205,70	17,40
Setembro	19,56	26,72	12,40	136,30	21,00
Outubro	13,27	20,15	6,39	84,57	46,00
Novembro	7,31	13,24	1,39	43,86	22,20
Dezembro	5,74	11,69	-0,21	34,17	33,40
Média/Total	13,50	20,54	6,47	1373,72	381,30

T: temperatura; ET_o: evapotranspiração de referência; Prec.: precipitação.

Os valores dos parâmetros necessários para simular a produtividade e os requisitos de irrigação para as culturas selecionadas foram previamente calibrados e validados: alho (Domínguez et al., 2013), cevada (Pardo, 2018), milho (Domínguez et al., 2012a) e cebola (Domínguez et al., 2012c) (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros para a simulação de alho, cevada, milho e cebola na região de Castilla-La Mancha utilizando o modelo MOPECO.

Fases	K _c	GDD (°C)	Fases	K _y	GDD (°C)	Outros parâmetros	Valor
Alho							
I	0,4	468,50 ± 50,4	i	0,45	468,50 ± 50,4	Grupo ET	3
II	0,4-1,0	1.021,50 ± 82,0	ii	0,45	1.021,50 ± 82,0	P (kg ha⁻¹)	11,200
III	1,0	1.615,20 ± 112,3	iii	0,75	1.615,20 ± 112,3	T_i (°C)	0
IV	1,0-0,6	2.044,00 ± 137,9	iv	0,30	2.044,00 ± 137,9	T_s (°C)	45
Cevada							
I	0,3	290,28	i	0,20	645,28	Grupo ET	3
II	0,3-1,15	744,48	ii	0,55	981,22	P (kg ha⁻¹)	9.000
III	1,15	1.087,18	iii	0,30	1.186,09	T_i (°C)	2
IV	1,15-0,45	1.449,51	iv	0,15	1.449,51	T_s (°C)	28
Milho							
I	0,30	353,4	i	0,35	789,3	Grupo ET	4
II	0,30-1,10	902,3	ii	1,05	1.206,6	P (kg ha⁻¹)	19,500
III	1,10	1.381,2	iii	0,40	1.519,3	T_i (°C)	8

IV	1,10–0,55	1,802.8	iv	0,20	1,802.8	T_s (°C)	30
Cebola							
I	0,65	458,5	i	0,45	926,5	Grupo ET	1
II	0,65–1,20	926,5	ii	-	-	P (kg ha⁻¹)	95,000
III	1,20	1,805.2	iii	0,80	1,805.2	T_l (°C)	5
IV	1,20–0,75	2,283.4	iv	0,20	2,283.4	T_s (°C)	45

K_c: coeficiente de cultura; K_c (I): inicial; K_c (II): desenvolvimento da cultura; K_c (III): fase intermediária; K_c (IV): fase final; GDD: graus-dia de desenvolvimento; K_y: fator de resposta do rendimento das culturas; K_y (i): período vegetativo. Esta etapa é dividida em duas subestações: K_y (i') "estabelecimento" que coincide com K_c (I) e K_y (i'') "desenvolvimento vegetativo" fase final de K_c (I) até o início da próxima fase K_y; K_y (ii): fase de floração; K_y (iii): fase de formação de rendimento; K_y (iv): fase amadurecimento; Grupo ET: condiciona o valor diário da fração do total de água disponível que uma cultura pode extrair sem sofrer estresse hídrico (Danuso et al., 1995); P: potencial produtivo de culturas adaptadas às cultivares utilizadas neste estudo; T_l é a menor temperatura limite de desenvolvimento ou a temperatura abaixo da qual o desenvolvimento é interrompido; T_s é a temperatura limiar de desenvolvimento superior ou a temperatura em que a taxa de desenvolvimento começa a diminuir.

Para obter as funções teóricas P vs. LB_T referente a primeira área experimental, quatro pontos de cada função foram simulados com ORDI: 1; 0,9; 0,8 e 0,7 da evapotranspiração máxima (ET_m). Para as simulações com déficit, foi utilizada a metodologia ORDI (Domínguez et al., 2012b) por fases de crescimento. Essa metodologia determina as relações da evapotranspiração real e máxima (ET_a/ET_m) por fase de crescimento com diferentes sensibilidades ao déficit hídrico, maximizando a produtividade para um determinado déficit global no final da fase de crescimento (neste caso: 0,9, 0,8 e 0,7). Essa otimização é baseada no valor do fator de resposta do rendimento da cultura (K_y), que indica o nível de sensibilidade ao déficit hídrico nas diferentes fases de crescimento definidos por Doorenbos e Kassam (1979) (Tabela 3).

Para o cálculo da RL, os custos financeiros de água estão relacionados com a quantidade total de água aplicada pelo sistema de irrigação. Portanto, é necessário traduzir P vs. LB_T em RL vs. LB_T, considerando as perdas por evaporação, deriva (efeito do vento na uniformidade de aplicação) do sistema de irrigação, e o efeito da uniformidade de irrigação. Uma vez que P vs. LB_T é atingido, RL vs. LB_T é obtido pela Equação 1:

$$RL = (P \times P_V) - C_V - (L_B \times C_A) + \text{Subs.} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde RL: Renda líquida (€ ha⁻¹); P: produtividade (kg ha⁻¹); P_V: preço de venda da colheita (€ kg ha⁻¹); C_V: custos variáveis (€ ha⁻¹); L_B: lâmina bruta aplicada pelo sistema de irrigação (m³ ha⁻¹); C_A: custo da água de irrigação (€ m⁻³); Subs.: subsídios para os agricultores (€ ha⁻¹).

Os preços utilizados no modelo para as áreas experimentais foram calculados a partir da média de cinco anos anteriores, considerando o alho, a cevada, o milho e a cebola (Boletín-agrario, 2016; Magrama, 2016a). Com a alta variabilidade dos preços, não é aconselhável a utilização dos valores de um determinado ano como preço base. Os custos atribuídos a cada cultura foram calculados usando dados reais das áreas experimentais onde o estudo foi realizado (Domínguez et al., 2017; Léllis, 2017; Pardo, 2018). Além disso, foi necessário considerar os custos da área não cultivada (Tabela 4). De acordo com a Política Agrícola Comum (PAC) da União Europeia, a área de reserva é considerada uma cultura (Ec, 2013).

Tabela 4. Dados econômicos para o cálculo da distribuição ótima teórica dos cultivos.

Objetivo Global ET _a /ET _m	P _p (kg ha ⁻¹)	L _B (m ³ ha ⁻¹)	P _V (€ kg ⁻¹)	C _T (€ ha ⁻¹)	C _A (€ m ⁻³)	Subs (€ ha ⁻¹)	RL (€ ha ⁻¹)
Alho							
1,0	11200	3080	2,100	6566,20	0,12	200,00	16784,20
0,9	10481	2772	2,000	6551,73	0,12	200,00	14277,73
0,8	9622	2464	1,680	6418,64	0,12	200,00	9650,64
0,7	8861	2156	1,360	6303,53	0,12	200,00	5688,71
Cevada							
1,0	9000/9100*	2800/2636*	0,178/0,164*	1021,31/1017,03*	0,12	200,00	480,69/358,99*
0,9	8433/8498*	2520/2103*	0,178/0,164*	991,08/980,74*	0,12	200,00	443,59/360,53*
0,8	8071/7218*	2240/1510*	0,178/0,164*	971,62/903,59*	0,12	200,00	432,22/298,99*
0,7	7697/6055*	1960/858*	0,178/0,164*	951,52/833,48*	0,12	200,00	419,35/256,58*
Cevada de sequeiro							
-	888	0	0,183	50,30	0	0	112,20
Milho							
1,0	19500	6270	0,173	1948,97	0,12	200,00	872,09
0,9	18155	5516	0,173	1853,52	0,12	200,00	825,42
0,8	15499	4682	0,173	1665,00	0,12	200,00	654,46
0,7	13186	4120	0,173	1500,84	0,12	200,00	485,89
Cebola							
1,0	95000	9328	0,115	7665,00	0,12	200,00	2340,70
0,9	85981	7720	0,115	7112,42	0,12	200,00	2049,05
0,8	75967	6492	0,115	6498,89	0,12	200,00	1658,26

0,7	65647	5622	0,115	5866,56	0,12	200,00	1208,19
Área de reserva							
-	0	0	0,000	175,00	0	200,00	25,00

P_P: potencial de produtividade da cultura na área (kg ha⁻¹); L_B: Lâmina bruta de irrigação aplicada pelo sistema de irrigação em condições meteorológicas típicas; P_V: preço de venda da safra; C_T: custos totais; C_A: custo da água de irrigação; Subs.: subsídios para agricultores; RL: renda líquida; *: Valores referentes a cevada para a segunda área experimental.

Os subsídios da PAC estão condicionados por uma série de fatores determinantes relacionados com a área máxima por cultura que pode ser cultivada (Ec, 2013). Por outro lado, o manejo adequado da propriedade implica definir uma rotação de culturas para evitar o surgimento de doenças e deficiência de nutrientes no solo, além de limitar o risco associado às flutuações de preço das culturas hortícolas, tal como o alho e a cebola (Tabela 5).

Tabela 5. Área máxima recomendada (rotação) ou permitida (PAC) para as áreas.

Cultivos	Rotação (%)	PAC > 30 ha (%)
Alho	20	75
Cebola	25	75
Milho	50	75
Cevada (irrigada + sequeiro)	50	75
Área de reserva	100	75
Duas culturas	-	95

PAC: Política Agrícola Comum

Com base nas funções (RL vs. LB_T) de cada cultura (Tabela 4) e nas restrições de disponibilidade de área e água introduzidas no modelo, o mesmo determina a área a ser cultivada em cada cultura, bem como a relação global ET_a/ET_m por cultura, maximizando a rentabilidade da área através do algoritmo de otimização desenvolvido por López-Mata et al. (2016). Este algoritmo calcula os pontos de referência de acordo com as linhas tangentes que conectam cada função RL vs. LB_T, apresentando a inclinação máxima. Essas linhas tangenciais, em combinação com as funções RL vs. LB_T, representam a RL máxima para cada lâmina de irrigação fornecida à cultura. Vale ressaltar, que nesta linha é impossível beneficiar uma variável que afeta o RL sem danificar a outra. Entretanto, neste trabalho foi utilizado o

programa de otimização LINGO (Lindo, 2010) para determinar as distribuições ótimas dos cultivos, visto que em vez das funções RL vs. LB_T foram utilizados pontos específicos obtidos nos testes experimentais (ver parágrafo "Cenários de simulação").

Estratégia de irrigação deficitária controlada otimizada (ORDI) por fases de crescimento

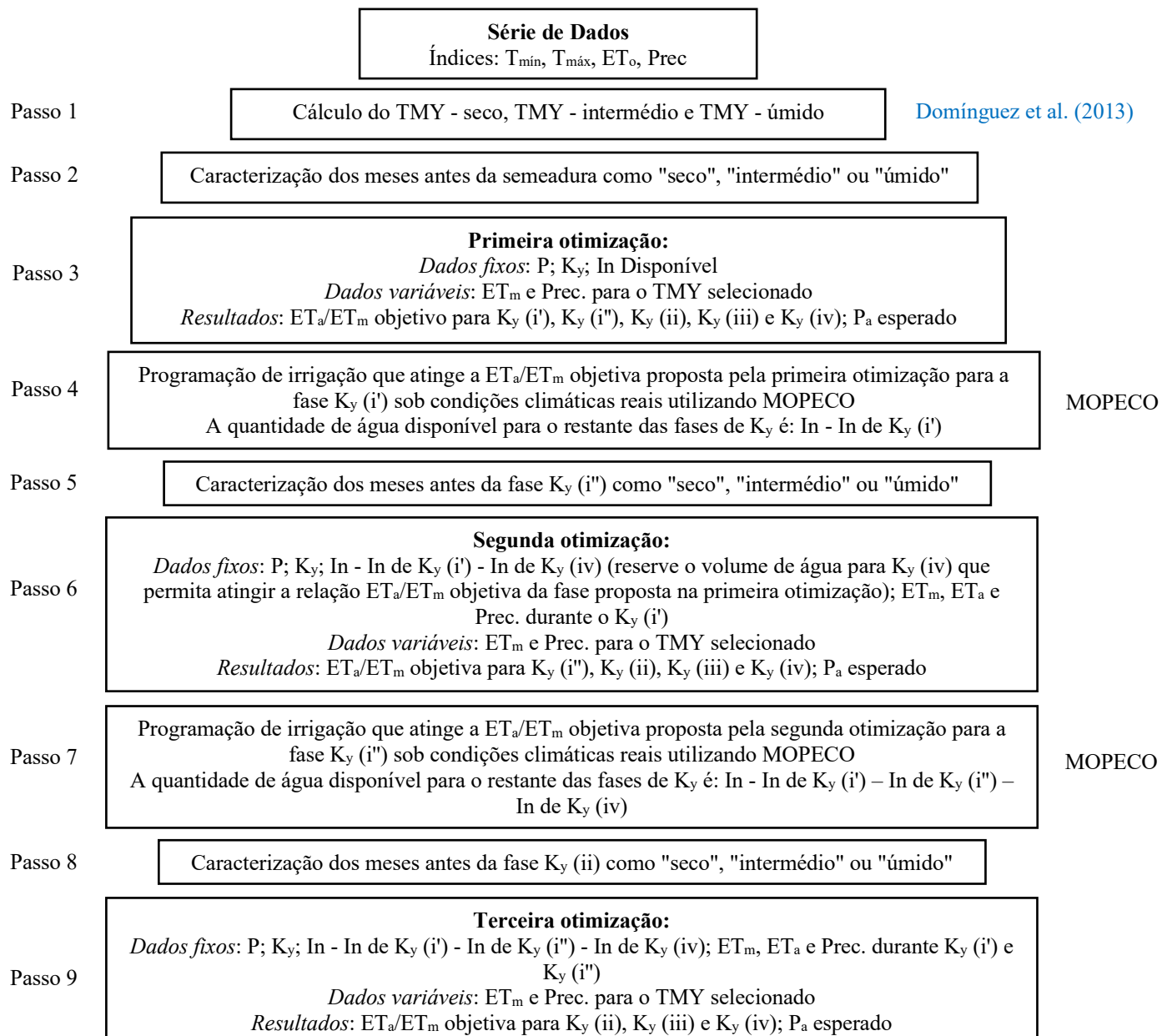
A estratégia ORDI pode determinar a relação ET_a/ET_m para cada fase de crescimento. Com isso, produz a maior produtividade para um determinado déficit global objetivo (ET_a/ET_m global) utilizando um software de otimização não linear como a ferramenta Solver do Excel) (Microsoft, 2010) ou LINGO (Lindo, 2010). Os dados necessários para atingir este objetivo são: a relação ET_a/ET_m objetiva, o potencial de produtividade da cultura na área (P_p), a evapotranspiração acumulada teórica (ET_m) em cada uma das fases de diferente sensibilidade ao déficit (K_y) consideradas (por exemplo em cereais: estabelecimento (i'), desenvolvimento vegetativo (i''), floração (ii), formação do grão (iii) e maturação (iv)), e os valores de K_y de cada estágio. Assim, tentou-se atingir através dos cronogramas de irrigação os níveis de déficit definidos para as simulações destinadas a metodologia ORDI por fases de crescimento.

Entretanto, essa metodologia requer um conjunto de restrições para evitar resultados inaceitáveis, desde uma perspectiva fisiológica e ou superestimativas de desempenho. Dentre as restrições foram:

- i) limitar a 0,5 o valor mínimo que a relação ET_a/ET_m objetiva poderia alcançar em cada etapa (Doorenbos; Kassam, 1979),
- ii) limitar a 0,8 para a fase de estabelecimento com intuito de garantir uma germinação adequada (Domínguez et al., 2012b), e

iii) estabelecer a diferença máxima aceitável de déficit entre as fases consecutivas entre 0,25 a 0,4, dependendo da cultura, para evitar que o déficit excessivo de uma fase possa condicionar o desenvolvimento da cultura na próxima fase (Domínguez et al., 2012b).

Esta metodologia utiliza um volume diferente de água de irrigação para atingir a mesma relação ET_a/ET_m objetiva, dependendo das condições climáticas de cada ano. Para solucionar este problema e adaptar esta metodologia às condições reais de disponibilidade de água em propriedades agrícolas, Leite et al. (2015) desenvolveu a metodologia ORDI para volumes limitados de água, que é descrita na Figura 3.



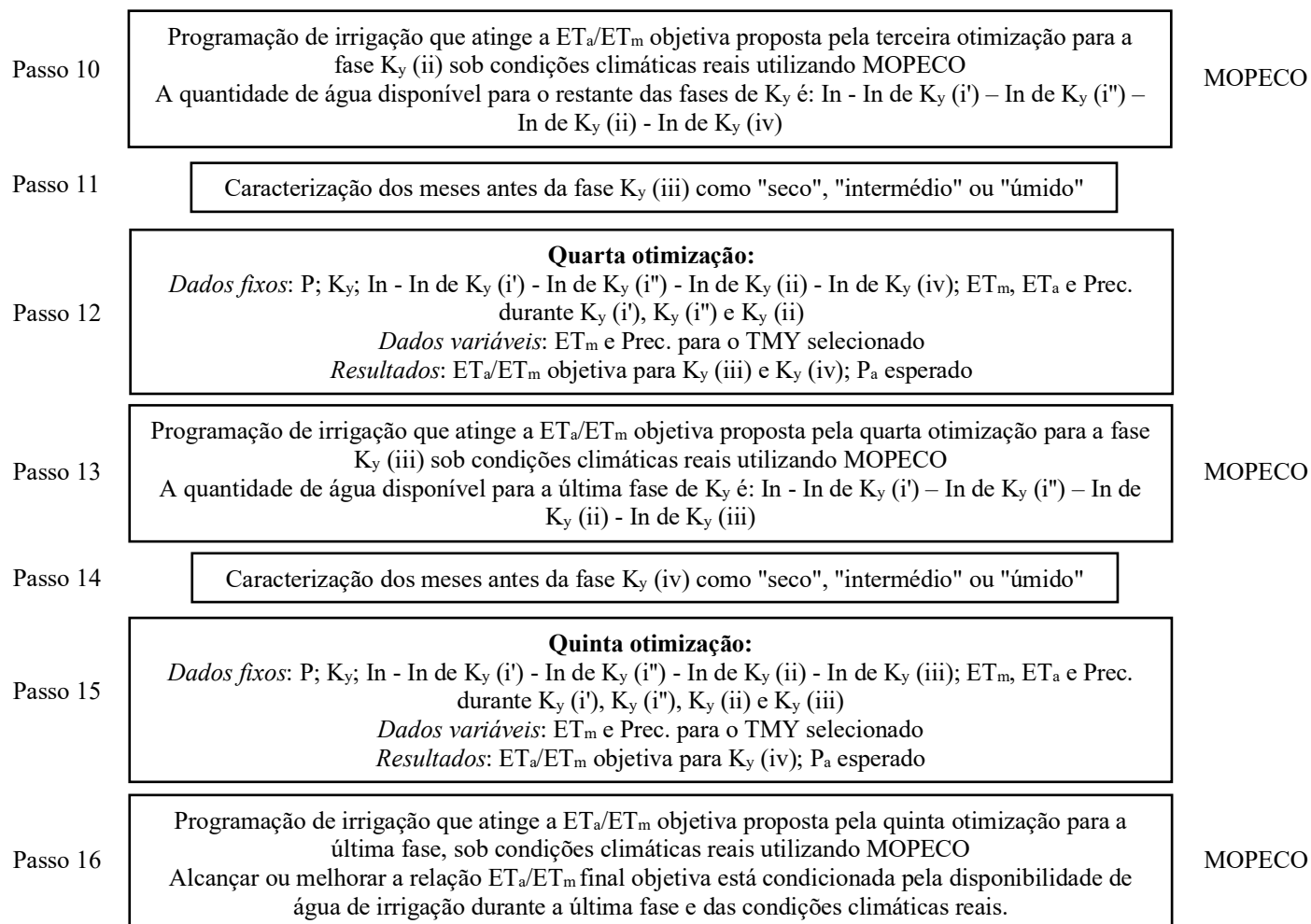


Figura 3. Procedimento para estabelecer o cronograma de irrigação otimizado para um volume limitado de água de irrigação.

Análise comercial dos cultivos

Na atualidade, dependendo da cultura, os preços determinados por quilo podem ser variáveis de acordo com os preços no mercado (local, regional, nacional o internacional, dependendo do cultivo) o padrão de qualidade final do produto, podendo afetar a rentabilidade final da propriedade agrícola.

No cultivo do alho o parâmetro comercial “tamanho do bulbo” é o principal indicador de qualidade que afeta o preço da colheita (Léllis, 2017). As categorias podem ser relevantes ao determinar a lucratividade dos diferentes tratamentos, uma vez que esta categoria (55-60 mm)

é a mais desejável do ponto de vista comercial, sendo a mais procurada para o consumo in natura e com o maior preço de venda. Por outro lado, outros tamanhos de bulbos como "Primeiro A" (41-45 mm) ou "Jumbo" (> 60 mm) são utilizados para outros fins, como a produção de compostos farmacêuticos e conservas (Coopaman, 2016). Caso contrário, o preço é penalizado de acordo com a porcentagem de bulbos pequenos.

Na cultura da cevada, os grãos que cumprem os requisitos impostos pela indústria de malte, considerando a “qualidade da maltagem”, têm preço mais alto do que os grãos destinados à alimentação animal. Somente sob determinadas condições climáticas e de gerenciamento é possível atingir os requisitos de qualidade exigidos pela indústria: a) Calibre de grãos: a porcentagem mínima de peso total de grãos com calibre superior a 2,5 mm deve ser de 65%, a porcentagem máxima de peso total de grãos com calibre inferior a 2,2 mm deve ser 10% e a porcentagem de peso total de grãos quebrados deve ser menor que 4%; b) Teor de proteína: o valor deve estar entre 9,5 e 12% (Aetcm, 2016).

Diferente do alho e cevada onde o preço da colheita pode ser modificado pela qualidade do produto final, o preço do grão de milho não é afetado por nenhum parâmetro de qualidade. No entanto, os requisitos de secagem podem afetar o lucro final, pois os grãos devem ser vendidos com um teor de umidade igual a 14%.

Com relação aos produtores de cebola, os mesmos podem optar por vender os bulbos a preço de colheita ou assinar um contrato de venda no início da temporada com um preço fixo. Devido à alta variabilidade dos preços interanuais da cebola, muitos agricultores preferem esta opção. O tamanho do bulbo da cebola, semelhante ao alho, também é o principal parâmetro de qualidade que afeta o preço da colheita. Atualmente, o tamanho de bulbo mais exigido pela indústria de distribuição agro-alimentar está entre 40 e 90 mm, porém caso o diâmetro venha a ser superior a 90 mm, o mercado consumidor será a indústria de processamento agro-alimentar.

Cenários de simulação

Utilizando os dados de campo obtidos nas duas áreas experimentais, os dados econômicos associados aos cultivos e as metodologias integradas no modelo MOPECO, analisou-se o efeito sobre a rentabilidade e a eficiência no uso da água em duas propriedades agrícolas teóricas, onde comparou-se a possibilidade de manejar cultivos estabelecendo calendários de irrigação sem déficit ou seguindo a metodologia ORDI para volumes limitados de água. Em ambas as propriedades, a superfície total limitou-se a 100 ha, definindo-se diferentes volumes de água de irrigação disponível, não sendo possível ultrapassá-los. Na primeira e segunda análise foram utilizados como base os dados obtidos nas áreas experimentais 1 e 2.

A distribuição de cultivos, ou seja, a superfície definida para cada cultivo na propriedade agrícola, foi obtida pelo programa de otimização LINGO ([Lindo, 2010](#)) em função da rentabilidade média de cada cultivo para cada nível de relação ET_a/ET_m objetiva considerada (Tabela 4), da quantidade de água de irrigação atribuída a cada cultivo (Tabela 4) e o total da propriedade agrícola.

O volume de água de irrigação definido a cada cultivo não deveria exceder durante as safras de irrigação, pois isso implicaria reduzir a quantidade de água de irrigação disponível para outros cultivos. Entretanto, na prática, o agricultor em determinado momento, pode estar obrigado a aplicar uma quantidade de água de irrigação superior a estabelecida inicialmente, com a finalidade de evitar a morte da área de cultivo antes de alcançar a fase de maturação, devido, principalmente, a consequência de alguma condição atípica de seca em comparação com a média histórica durante a safra.

A fim de tentar simular um manejo de irrigação que um agricultor realizaria sob condições reais de exploração, os seguintes critérios de gestão foram estabelecidos:

- No caso de anos secos, em que a quantidade de água de irrigação atribuída ao cultivo seja suficiente, os cultivos devem alcançar pelo menos uma relação $ET_a/ET_m = 0,5$ em todas as etapas de desenvolvimento com a finalidade de evitar déficits que possam comprometer a viabilidade das colheitas.

- No caso de uma aplicação de uma quantidade de água superior àquela estabelecida para um cultivo, chamado de volume extra, este será reduzido do volume disponível para os demais cultivos que serão semeados futuramente, começando com os cultivos que geram menor rentabilidade. Ordem de rentabilidade: alho > cebola > milho > cevada.

- Tratou-se de utilizar os resultados reais obtidos pelos ensaios, mas em caso de aplicar diferentes volumes de água em relação aos mesmos, realizou-se simulações com MOPECO no intuito de estabelecer os volumes de irrigação aplicados e os rendimentos ou produtividades esperadas.

A seguir, estão descritos os cenários de análises propostos para cada tipo de propriedade agrícola.

Propriedade 1:

Estabeleceram-se as distribuições ótimas para uma combinação de alho e cevada sob distintos critérios de manejo:

Estratégia 1: Na primeira opção, foi considerado um volume de água de irrigação para cada cultivo igual as suas necessidades típicas, evitando o déficit sobre as condições climáticas médias ou úmidas (T100). Entretanto, sob condições climáticas secas, o cultivo poderá sofrer um certo nível de estresse, afetando a sua produtividade final, pois não haverá água suficiente para finalizar o ciclo do cultivo. Nos ensaios de alho e cevada, o tratamento T100 foi o que seguiu esta metodologia.

Estratégia 2: Na segunda opção, o alho permanecerá sendo o tratamento T100, enquanto que para a cevada considerou-se o volume relacionado ao tratamento T80 (80% das

necessidades de irrigação do cultivo para as condições climáticas). A justificativa em combinar os tratamentos T100 em alho e T80 em cevada estão embasados nos resultados obtidos por [Léllis \(2017\)](#) e [Pardo \(2018\)](#). Assim, a cultura do alho demonstrou-se que apesar de incrementar a produtividade da água com os tratamentos deficitários, a rentabilidade destes tratamentos diminuía drasticamente por conta da redução no tamanho dos bulbos, que afetava o preço final do produto.

Portanto, sobre os padrões atuais de qualidade e preço de colheita, não interessa aplicar irrigação deficitária no cultivo do alho. No caso da cevada, o tratamento T80 foi o que obteve maior produtividade em termos de renda líquida com relação aos demais tratamentos, e por esse motivo foi selecionado para este cenário.

Para as análises de sensibilidade econômica dos resultados foram estabelecidos cinco volumes de água de irrigação disponíveis (de 500; 900; 1300; 1700 e 2100 m³ ha⁻¹) e as rendas líquidas obtidas por cada tratamento durante os ensaios (Tabela 6).

Tabela 6. Dados econômicos para os tratamentos selecionados.

Cultivos	Preços (€ kg ⁻¹)	
	(T80)	(T100)
Alho	-	2,100
Cevada	0,178	0,178

RL: renda líquida estimada [Léllis \(2017\)](#) e [Pardo \(2018\)](#).

Propriedade 2:

Estabeleceram-se as distribuições ótimas para uma combinação entre três ou dois cultivos relacionando cevada, milho e cebola sob distintos critérios de manejo:

Estratégia 1: Na primeira opção, a mesma foi realizada conforme definida para a estratégia 1 da primeira área experimental, ou seja, os ensaios de cevada, milho e cebola da área experimental 2, o tratamento T100 foi o que seguiu esta metodologia.

Estratégia 2: Na segunda opção, o volume considerado para a cevada está relacionado ao tratamento T80 (Pardo, 2018), enquanto que para o milho e cebola foi estabelecido o volume referente ao tratamento T90 (Domínguez et al., 2017).

Estratégia 3: Na terceira opção, a cevada e o milho permanecerão com os tratamentos T80 e T90, respectivamente, enquanto que para a cebola considerou-se o volume relacionado ao tratamento T100. A justificativa em combinar estes tratamentos está embasada nos resultados obtidos por (Pardo, 2018) e (Domínguez et al., 2017).

Estratégia 4: Na quarta opção, apenas foi considerado os cultivos de cevada e milho com os volumes relacionados aos tratamentos T100.

Estratégia 5: Na quinta opção, os cultivos de cevada e milho respeitaram os volumes referentes aos tratamentos T80 e T90, respectivamente.

Estratégia 6: Na sexta opção, apenas foi considerado os cultivos de cevada e cebola com os volumes relacionados aos tratamentos T100.

Estratégia 7: Na sétima opção, os cultivos de cevada e cebola respeitaram os volumes relacionados aos tratamentos T80 e T90, respectivamente.

Estratégia 8: Na oitava opção, para os cultivos de cevada e cebola respeitaram os volumes relacionados aos tratamentos T80 e T100, respectivamente.

Estratégia 9: Na nona opção, apenas foi considerado os cultivos de milho e cebola com os volumes relacionados aos tratamentos T100.

Estratégia 10: Na décima opção, os cultivos de milho e cebola respeitaram os volumes relacionados aos tratamentos T90 e T90, respectivamente.

Estratégia 11: Na décima primeira opção, os cultivos de milho e cebola respeitaram os volumes relacionados aos tratamentos T90 e T100, respectivamente.

No caso da cevada, Pardo (2018) observou que o tratamento T80 obteve maior produtividade em termos de renda líquida com relação aos demais tratamentos, e por esse

motivo foi selecionado para estes cenários. Entretanto, para o cultivo de milho e cebola serão definidos teoricamente se os padrões atuais de qualidade e preço de colheita, interessaria ou não aplicar irrigação deficitária com volumes limitados.

Para as análises de sensibilidade econômica dos resultados foram estabelecidos seis volumes de água de irrigação disponíveis (de 1000; 2000; 3000; 4000; 5000 e 6000 m³ ha⁻¹) e os cenários de preços obtidos por cada tratamento durante os ensaios (Tabela 7).

Tabela 7. Cenários de preço de colheita (€ kg⁻¹).

Cultivos	2014 C1	2014 C2	2014 C3	2014 C4	2015 C1	2015 C2	2015 C3	2015 C4
Cevada	0,1843	0,2120	0,1843	0,2120	0,1753	0,2000	0,1753	0,2000
Milho	0,1698	0,1698	0,1698	0,1698	0,1798	0,1798	0,1798	0,1798
Cebola	0,0840	0,0840	0,1100	0,1100	0,2333	0,2333	0,1100	0,1100

C: cenário; Preços médios de colheita, considerando 1: grãos de cevada para forragem e venda de cebolas a preço de mercado; 2: grãos de cevada válido para malte e venda de cebolas a preço de mercado; 3: grãos de cevada para forragem e venda de cebolas a preço de contrato; 4: grão de cevada válido para malte e venda de cebolas a preço de contrato. No ano de 2014 também foi possível vender a palha de cevada (incluída no preço). Normalmente, este subproduto é incorporado ao solo devido a preços baixos. Os preços da cevada e do milho foram obtidos a partir do [Magrama \(2016\)](#), enquanto os preços de cebola foram obtidos a partir do [Boletín-agrario \(2016\)](#).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1ª Análise

Distribuição ideal de culturas

As funções “Produtividade x Lâmina Líquida Total” (P vs. LL_T) geradas pelo MOPECO para as duas culturas nas condições climáticas do ano meteorológico típico mostram os rendimentos teóricos que seriam alcançados para cada volume de água de irrigação fornecida as culturas (Figura 4). Diante disso, observou-se um aumento no rendimento de 2362,80 e 1281,30 kg ha⁻¹ de alho e cevada, respectivamente, entre a menor e a maior lâmina líquida total aplicada.

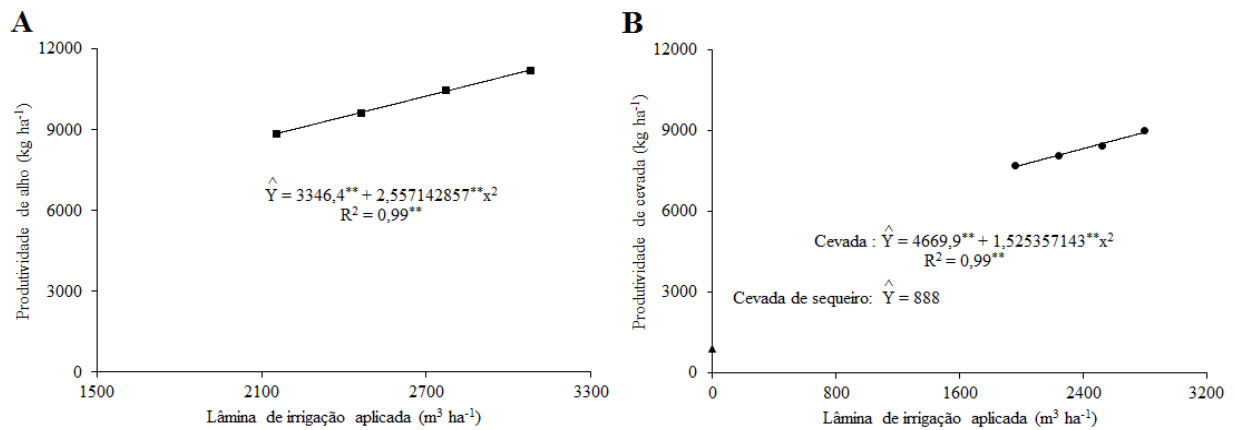


Figura 4. Produtividade de alho (A) e cevada (B) em função de cada lâmina de irrigação aplicada representados pelos pontos 1,0 (rendimento máximo); 0,9; 0,8 e 0,7 ET_m.

As equações obtidas nas Figuras 4A e 4B foram traduzidas em funções “Renda Líquida vs. Lâmina Bruta Total” (RL vs. LB_T) (Figura 5) usando a Eq. (1), os dados apresentados na Tabela 4, e a eficiência da irrigação. Com isso, verificou-se um aumento de 11374,10 e 59,31 € ha⁻¹ de alho e cevada, respectivamente, entre a menor e a maior lâmina bruta total aplicada. Apesar de uma maior rentabilidade apresentada na cultura do alho, verificou-se que a cevada demonstrou uma menor sensibilidade ao estresse hídrico, demonstrada através de uma menor inclinação da função (Figura 4). Esse comportamento na cultura da cevada foi semelhante ao observado por [Domínguez et al. \(2017\)](#), nos anos 2014 e 2015, onde o fator de sensibilidade também foi demonstrado por uma menor inclinação.

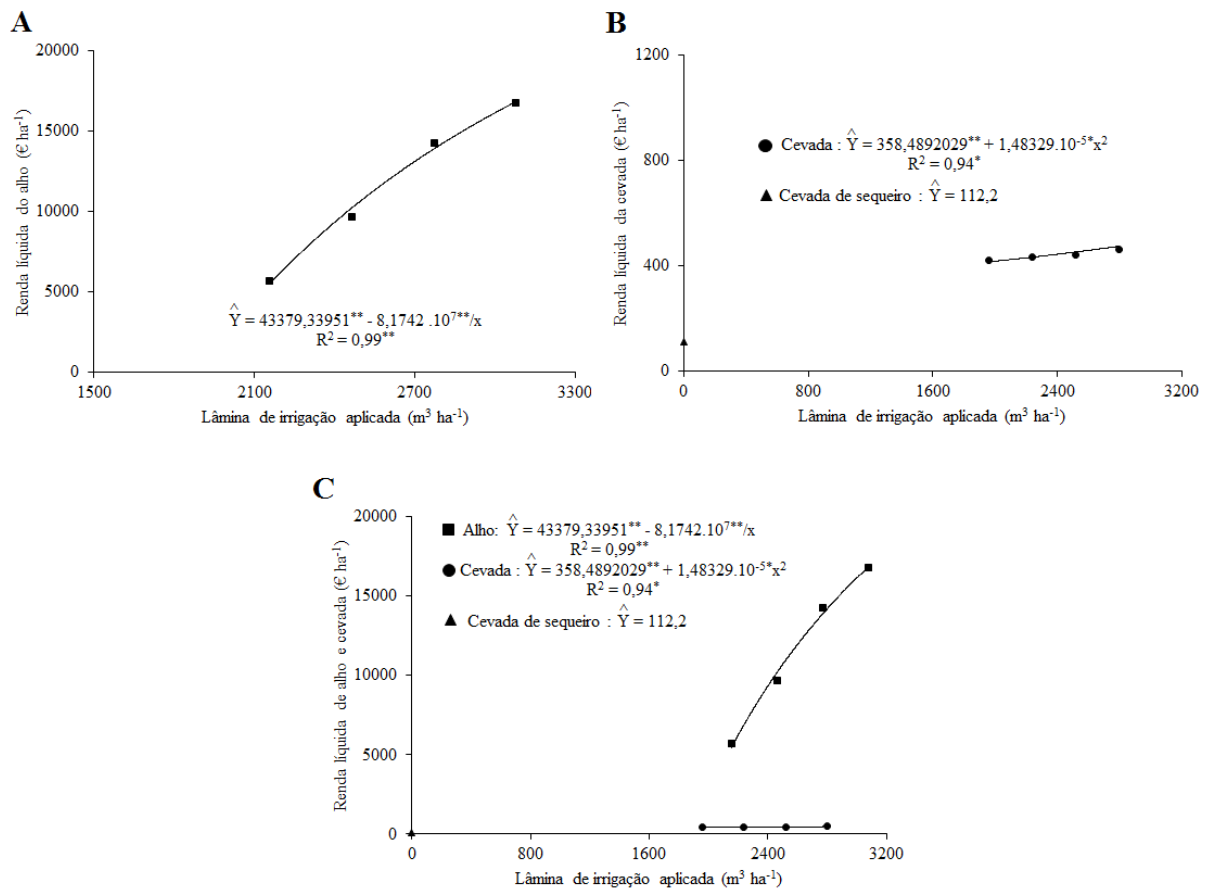


Figura 5. Renda líquida de alho (A), cevada (B) e alho + cevada (C) em função de cada lâmina de irrigação aplicada representados pelos pontos 1,0 (rendimento máximo); 0,9; 0,8 e 0,7 ET_m.

Na função “RL vs. LB_T” de alho, o ponto de referência utilizado pelo LINGO para determinar a distribuição ótima de cultivos foi de 1,0 ET_m (Léllis, 2017), que é referente as necessidades típicas de irrigação de 3080 m³ ha⁻¹, enquanto que para a cevada foi de 0,8 ET_m com uma necessidade típica de 2240 m³ ha⁻¹ (Pardo, 2018). Portanto, as diferenças de produção e rentabilidade para os dois manejos de irrigação, foram condicionados apenas pela cevada, pois o alho será tratado da mesma forma nos dois cenários.

Como o alho é a cultura mais lucrativa (Figura 5A) e que apresenta as maiores limitações em termos de área (Tabela 5), o otimizador procedera assinalando para este cultivo a maior quantidade de água disponível, alcançando, portanto, com antecedência a área máxima permitida. A partir desse momento, o otimizador incluirá a cultura da cevada.

Se as condições climáticas usadas para obter as funções “RL vs. LB_T” fossem constantes com o tempo, as áreas ótimas a serem atribuídas a cada cultura, de acordo com a disponibilidade de área irrigável, água de irrigação, restrições na Tabela 5, bem como a renda líquida obtida nos dados econômicos médios da Figura 5, os valores seriam representados através da Tabela 8. Esta informação poderia ser utilizada pelo produtor objetivando determinar a distribuição de cultivos estabelecida em sua propriedade para a seguinte safra agrícola, utilizando os valores disponíveis até esse momento, sem conhecer as condições climáticas e possíveis preços nos próximos meses.

Tabela 8. Distribuição teórica ideal para os cultivos de alho e cevada, e renda líquida esperada em condições meteorológicas típicas, preços médios de colheita e custos.

Água disponível (m ³ ha ⁻¹)	Alho (ha)	Cevada (ha)	Cevada de Sequeiro (ha)	Área de reserva	RL (€ ha ⁻¹)	RL (€)	Δ RL (€)
500 (T)	16,2	0,0	50,0	33,8	2792,13	279212,54	0
500 (O)	16,2	0,0	50,0	33,8	2792,13	279212,54	
900 (T)	20,0	10,1	39,9	30,0	3461,26	346126,34	31,81
900 (O)	20,0	12,7	37,3	30,0	3461,58	346158,15	
1300 (T)	20,0	24,4	25,6	30,0	3513,77	351377,05	547,38
1300 (O)	20,0	30,5	19,5	30,0	3519,24	351924,43	
1700 (T)	20,0	38,7	11,3	30,0	3566,28	356627,77	1095,35
1700 (O)	20,0	48,4	1,6	30,0	3577,23	357723,11	
2100 (T)	20,0	50,0	0,0	30,0	3607,76	360775,83	0
2100 (O=T)	20,0	50,0	0,0	30,0	3607,76	360775,83	

(T): as culturas foram geridas em condições do ano típico meteorológico; (O) ORDI: estratégia de irrigação deficitária controlada e otimizada por fases de crescimento; (O=T): a quantidade de água de irrigação disponível é suficiente para os dois cultivos em condições sem déficit, não sendo economicamente aconselhável aplicar ORDI; RL: renda líquida; Δ: incremento de MOPECO/ORDI em relação à estratégia (T);

Apesar dos baixos requisitos de irrigação envolvendo os cultivos de alho e cevada para a estratégia ORDI, é interessante designar parte da área cultivada como área de reserva. Esta estratégia é adequada em todos os volumes de água de irrigação disponível, devido a rotação e limite das áreas de cultivo estabelecidas inicialmente. Entretanto, caso este volume de água disponível da propriedade seja superior a lâmina de 2100 m³ ha⁻¹ é mais rentável manejar os

cultivos sob condições de não-déficit (Tabela 8), ou seja, com base nesse volume de água disponível na exploração, não é interessante aplicar o déficit de irrigação na cevada.

Análise produtiva e financeira

Aplicando os valores de renda líquida e a quantidade de água fornecida aos cultivos referente aos anos 2015, 2016 e 2017 de alho e cevada (Tabela 6) para a distribuição teórica ideal das culturas (Tabela 9). O produtor, caso houvesse aplicado a estratégia ORDI, haveria obtido uma quantidade extra na produção e renda líquida de cevada entre os volumes de água disponível de 900 a 1700 m³ ha⁻¹, atingindo as maiores diferenças em relação a estratégia (T) (Tabela 9A e 9B).

Tabela 9. Produção, renda líquida e lâmina bruta real aplicada nos cultivos de alho e cevada de acordo com a água disponível, distribuição teórica ideal das culturas e estratégia aplicada.

Água disponível (m ³ ha ⁻¹)	A. Produção								
	2015			2016			2017		
	Alho (kg)	Cevada (kg)	Δ P _{CEV} (kg)	Alho (kg)	Cevada (kg)	Δ P _{CEV} (kg)	Alho (kg)	Cevada (kg)	Δ P _{CEV} (kg)
500 (T)	160834	-	-	146869	-	-	109042	-	-
500 (O)	160834	-		146869	-		109042	-	
900 (T)	198560	87001	6496	181320	80527	11218	134620	81083	11767
900 (O)	198560	93497		181320	91745		134620	92850	
1300 (T)	198560	210182	14359	181320	194541	25791	134620	195883	27102
1300 (O)	198560	224541		181320	220332		134620	222986	
1700 (T)	198560	333362	22959	181320	308555	41087	134620	310684	43167
1700 (O)	198560	356321		181320	349642		134620	353852	
2100 (T)	198560	430700	0	181320	398650	0	134620	401400	0
2100 (O=T)	198560	430700		181320	398650		134620	401400	
Água disponível (m ³ ha ⁻¹)	B. Renda líquida total								
	2015		2016		2017				
	RL (€)	Δ RL (€)	RL (€)	Δ RL (€)	RL (€)	Δ RL (€)			
500 (T)	162028	0	127727	0	47252	0			
500 (O)	162028		127727		47252				
900 (T)	202569	329	159341	514	60124	487			
900 (O)	202898		159855		60611				
1300 (T)	208441	730	163965	1187	64939	1121			
1300 (O)	209171		165152		66060				
1700 (T)	214312	1167	168588	1890	69754	1785			
1700 (O)	215479		170478		71540				
2100 (T)	218952	0	172242	0	73559	0			
2100 (O=T)	218952		172242		73559				

(T): as culturas foram geridas em condições do ano típico meteorológico; (O) ORDI: estratégia de irrigação deficitária controlada e otimizada por fases de crescimento; (O=T): a quantidade de água de irrigação disponível é suficiente para os dois cultivos em condições sem déficit, não sendo economicamente aconselhável aplicar ORDI; P_{CEV} : produção de cevada; RL: renda líquida total; L_B : Lâmina bruta real aplicada pelo sistema de irrigação; Δ : incremento de MOPECO/ORDI em relação à estratégia (T).

Para a produtividade da lâmina bruta aplicada em termos de rendimento na cevada, o produtor, caso houvesse utilizado a estratégia ORDI, haveria obtido um rendimento superior entre os volumes de água disponível de 900 a 1700 m³ ha⁻¹, atingindo as maiores diferenças em relação a estratégia (T) (Tabela 9A).

Com exceção do ano de 2015, o mesmo haveria ocorrido para a produtividade da lâmina total aplicada em termos de rendimento na cevada entre os volumes de água disponível de 900 a 1700 m³ ha⁻¹. Vale ressaltar, que as precipitações acumuladas durante os invernos e as primaveras foram inferiores à média anual da região, ou seja, mesmo com esse cenário climático atípico, haveria a possibilidade do produtor maximizar o uso eficiente da água na cultura da cevada (Tabela 10A e 10B).

Tabela 10. Produtividades da água em termos de rendimento dos cultivos de alho e cevada de acordo com a estratégia aplicada.

Estratégia	2015		2016		2017	
	PLBR _{CEV} (kg m ³)	Δ PLBR _{CEV} (%)	PLBR _{CEV} (kg m ³)	Δ PLBR _{CEV} (%)	PLBR _{CEV} (kg m ³)	Δ PLBR _{CEV} (%)
(T)	3,07	6,53	2,75	14,57	2,87	11,41
(O)	3,28		3,22		3,24	
Estratégia	PLT _{CEV} (kg m ³)	Δ PLT _{CEV} (%)	PLT _{CEV} (kg m ³)	Δ PLT _{CEV} (%)	PLT _{CEV} (kg m ³)	Δ PLT _{CEV} (%)
(T)	2,23	0,00	2,03	8,01	1,90	4,26
(O)	2,23		2,20		1,99	
Precipitação (m ³)	1060		1034		1424	

(T): as culturas foram geridas em condições do ano típico meteorológico; (O) ORDI: estratégia de irrigação deficitária controlada e otimizada por fases de crescimento; PLBR_{CEV}: Produtividade da lâmina bruta real aplicada em termos de rendimento; PLT_{CEV}: Produtividade da lâmina total ($P_e + L_B$) real aplicada em termos de rendimento; P_e : chuva efetiva; L_B : lâmina bruta; Δ : incremento de MOPECO/ORDI em relação à estratégia (T).

2ª Análise

Distribuição ideal de culturas

As áreas ótimas a serem atribuídas a cada cultura, levando em consideração a combinação de cultivos, de acordo com a disponibilidade de área irrigável, água de irrigação, restrições na Tabela 5 para a segunda área experimental e a renda líquida média estabelecida por Domínguez et al. (2017), os valores são representados através da Tabela 11.

Neste caso, para os tratamentos sem déficit a quantidade de água de irrigação aplicada a cada cultivo foi 9328 m³ ha⁻¹ para a cebola, 6270 m³ ha⁻¹ para o milho e 2636 m³ ha⁻¹ para a cevada. No caso dos tratamentos ORDI, para a cebola se aplicaram 8395 m³ ha⁻¹, 5643 m³ ha⁻¹ ao milho e 2108 m³ ha⁻¹ a cevada que corresponde a 0,9; 0,9 e 0,8 ET_m das necessidades típicas, respectivamente.

Semelhante ao caso anterior, acima de 6000 m³ ha⁻¹ de disponibilidade de água de irrigação, não interessa aplicar irrigação deficitária, visto que pode ser possível o manejo dos cultivos sem déficit.

Tabela 11. Distribuição teórica ideal para as estratégias de cultivos, preços médios de colheita e custos.

Água disponível (m ³ ha ⁻¹)	Estratégia	Cevada (ha)	Milho (ha)	Cebola (ha)	Área de reserva
1000 (T)	1	19,90	0,00	5,10	75,00
1000 (O)	2	17,48	0,00	7,52	75,00
1000 (O/T)	3	18,45	0,00	6,55	75,00
2000 (T)	1	5,00	0,00	20,03	74,97
2000 (O)	2	5,00	0,00	22,57	72,43
2000 (O/T)	3	5,00	0,00	20,31	74,69
3000 (T)	1	0,00	10,65	25,00	64,35
3000 (O)	2	0,00	15,97	25,00	59,03
3000 (O/T)	3	0,00	11,84	25,00	63,16
4000 (T)	1	0,00	26,60	25,00	48,40
4000 (O)	2	0,00	33,69	25,00	41,31
4000 (O/T)	3	0,00	29,56	25,00	45,44
5000 (T)	1	0,00	42,60	25,00	32,40
5000 (O)	2	25,00	50,00	25,00	0,00
5000 (O/T)	3	0,00	47,28	25,00	27,72
6000 (T)	1	20,22	50,00	25,00	4,78
6000 (O)	2	25,00	50,00	25,00	0,00
6000 (O/T)	3	25,00	50,00	25,00	0,00
Água disponível (m ³ ha ⁻¹)	Estratégia	Cevada (ha)	Milho (ha)	Área de reserva	
1000 (T)	4	15,6	9,4	75,0	
1000 (O)	5	34,0	5,0	61,0	

2000 (T)	4	5,0	29,8	65,2
2000 (O)	5	50,0	16,8	33,2
3000 (T)	4	5,0	45,7	49,3
3000 (O)	5	50,0	34,5	15,5
4000 (T)	4	32,8	50,0	17,2
4000 (O)	5	45,0	50,0	5,0
5000 (T)	4	45,0	50,0	5,0
5000 (O)	5	45,0	50,0	5,0
6000 (T)	4	45,0	50,0	5,0
6000 (O)	5	45,0	50,0	5,0
Água disponível (m ³ ha ⁻¹)	Estratégia	Cevada (ha)	Cebola (ha)	Área de reserva
1000 (T)	6	19,9	5,1	75,0
1000 (O)	7	17,5	7,5	75,0
1000 (O/T)	8	18,5	6,5	75,0
2000 (T)	6	5,0	20,0	75,0
2000 (O)	7	5,0	22,6	72,4
2000 (O/T)	8	5,0	20,3	74,7
3000 (T)	6	25,3	25,0	49,7
3000 (O)	7	42,7	25,0	32,3
3000 (O/T)	8	31,7	25,0	43,3
4000 (T)	6	50,0	25,0	25,0
4000 (O)	7	50,0	25,0	25,0
4000 (O/T)	8	50,0	25,0	25,0
5000 (T)	6	50,0	25,0	25,0
5000 (O)	7	50,0	25,0	25,0
5000 (O/T)	8	50,0	25,0	25,0
6000 (T)	6	50,0	25,0	25,0
6000 (O)	7	50,0	25,0	25,0
6000 (O/T)	8	50,0	25,0	25,0
Água disponível (m ³ ha ⁻¹)	Estratégia	Milho (ha)	Cebola (ha)	Área de reserva
1000 (T)	9	0,0	11,2	75,0
1000 (O)	10	0,0	11,7	75,0
1000 (O/T)	11	0,0	11,2	75,0
2000 (T)	9	10,9	14,1	75,0
2000 (O)	10	5,0	20,5	74,5
2000 (O/T)	11	9,0	16,0	75,0
3000 (T)	9	10,7	25,0	64,3
3000 (O)	10	16,0	25,0	59,0
3000 (O/T)	11	11,8	25,0	63,2
4000 (T)	9	26,6	25,0	48,4
4000 (O)	10	33,7	25,0	41,3
4000 (O/T)	11	29,6	25,0	45,4
5000 (T)	9	42,6	25,0	32,4
5000 (O)	10	50,0	25,0	25,0
5000 (O/T)	11	47,3	25,0	27,7
6000 (T)	9	50,0	25,0	25,0
6000 (O)	10	50,0	25,0	25,0
6000 (O/T)	11	50,0	25,0	25,0

Neste caso, as distribuições ótimas das culturas foram determinadas pelo Lingo (Lindo, 2010) (T): as culturas foram geridas em condições do ano típico meteorológico; (O) ORDI: estratégia de irrigação deficitária controlada e otimizada por fases de crescimento; (O/T): estratégias combinando manejos “O” e “T”.

Análise produtiva e financeira

Como esperado, os tratamentos “T” (irrigação tradicional) atingiram produtividades superiores aos tratamentos “O” (ORDI) (Tabela 12). No entanto, com exceção do milho (O) 2014, as porcentagens de perdas em produtividade foram menores do que as diferenças da lâmina bruta de água fornecida às culturas. Consequentemente, as culturas com tratamento “O” alcançaram melhores resultados em termos de produtividade da lâmina bruta aplicada (PLBA). Para a produtividade da lâmina total, considerando a precipitação, os melhores resultados alcançados no tratamento “O” com relação aos tratamentos “T” foram a cevada e a cebola em 2014 e para milho e cebola em 2015 (Tabela 12).

Tabela 12. Produtividades, lâminas brutas e produtividades da lâmina aplicada e total para as estratégias.

Cultivos	Produt. (kg ha ⁻¹)	Δ Produt. (%)	(L _B) (m ³ ha ⁻¹)	Δ (L _B) (%)	PLBA (kg m ³)	Δ PLBA (%)	Pe (mm)	PLT (kg m ³)	Δ PLT (%)
Cevada (T) 2014	4857,37		2959,00		1,64		33,0	1,48	
Cevada (O) 2014	3724,06	-23,33	1882,86	-36,37	1,98	17,00	33,0	1,68	12,24
Milho (T) 2014	18055,50		5630,00		3,21		31,8	3,04	
Milho (O) 2014	15425,70	-14,57	5038,39	-10,51	3,06	-4,53	31,8	2,88	-5,13
Cebola (T) 2014	95475,00		7880,00		12,12		36,8	11,58	
Cebola (O) 2014	91933,84	-3,71	7495,71	-4,88	12,26	1,21	36,8	11,69	0,99
Cevada (T) 2015	8077,31		2656,00		3,04		148,4	1,95	
Cevada (O) 2015	6384,47	-20,96	1882,86	-29,11	3,39	10,31	148,4	1,90	-2,89
Milho (T) 2015	16173,50		5905,00		2,74		129,0	2,25	
Milho (O) 2015	15155,53	-6,29	5038,39	-14,68	3,01	8,94	129,0	2,39	6,14
Cebola (T) 2015	65682,50		7880,00		8,34		120,1	7,23	
Cebola (O) 2015	64158,85	-2,32	7495,71	-4,88	8,56	2,62	120,1	7,38	1,96

(T): as culturas foram geridas em condições do ano típico meteorológico; (O) ORDI: estratégia de irrigação deficitária controlada e otimizada por fases de crescimento; Produt.: produtividade; L_B: lâmina bruta aplicada pelo sistema de irrigação; PLBA: produtividade da lâmina bruta aplicada; Pe: chuvas efetivas; PLT: produtividade da lâmina total (L_B + P_e); Δ: incremento de MOPECO/ORDI em relação à estratégia (T).

O aumento com relação as necessidades de irrigação na cevada, especialmente em 2014, devem-se as chuvas acumuladas referentes ao inverno e primavera que foram inferiores à média. Para os cultivos de milho e cebola, a ocorrência de algumas precipitações no final da primavera, mostrou que os requisitos médios de irrigação nos dois anos experimentais (Tabela

12) seriam inferiores as áreas típicas (Tabela 4). Estas inferências foram semelhantes aos resultados encontrados por [Domínguez et al. \(2017\)](#). Com isso, o produtor necessitaria aplicar um lâmina bruta superior ao cultivo da cevada em comparação a estabelecida na Tabela 4.

Estimando o índice de renda líquida para as diferentes combinações entre os cultivos de cevada, milho e cebola para os anos 2014 e 2015, referente a distribuição teórica ideal das culturas (Tabela 11). Observa-se que o produtor haveria obtido uma maior porcentagem (Δ RL (%)), em relação a irrigação tradicional (T), caso houvesse aplicado a estratégia ORDI na cevada, em combinação com a irrigação tradicional (T) no cultivo de cebola com os volumes disponíveis de 1000 e 2000 m³ ha⁻¹, diante os cenários três e quatro no ano de 2014 (Tabela 13). Neste ano, os resultados relacionados as estratégias combinadas podem ser explicados, principalmente, pelo aumento das áreas destinadas a cebola e as diferenças produtivas estimadas para a irrigação tradicional (T) em relação a estratégia ORDI (Tabelas 11 e 12), associada a possível venda da cebola a preço de contrato (Tabela 7).

Tabela 13. Renda líquida de cevada, milho e cebola de acordo com a água disponível, estratégia aplicada e distribuição teórica ideal das culturas.

Cultivos	Água disponível (m ³ ha ⁻¹) / Estratégia	2014 C1 (€)	Δ RL (%)	2014 C2 (€)	Δ RL (%)	2014 C3 (€)	Δ RL (%)	2014 C4 (€)	Δ RL (%)
Cevada + Milho + Cebola	1000 (T)	-8705,08		-6026,96		2843,50		5521,62	
	1000 (O)	-6287,85	-27,77	-4484,75	-25,59	11688,68	311,07	13491,78	144,34
	1000 (O/T)	-4480,00	-48,54	-2576,63	-57,25	11776,15	314,14	13679,52	147,74
	2000 (T)	-7335,07		-6662,33		42381,11		43053,86	
	2000 (O)	-12920,59	76,15	-12404,81	86,19	41022,29	-3,21	41538,07	-3,52
	2000 (O/T)	-7096,78	-3,25	-6581,00	-1,22	43320,64	2,22	43836,42	1,82
	3000 (T)	-1326,99		-1326,99		60731,76		60731,76	
	3000 (O)	-6776,15	410,64	-6776,15	410,64	52980,85	-12,76	52980,85	-12,76
	3000 (O/T)	-3108,78	134,11	-3108,78	134,11	58949,97	-2,93	58949,97	-2,93
	4000 (T)	8501,62		8501,62		70560,37		70560,37	
	4000 (O)	467,56	-94,50	467,56	-94,50	60224,56	-14,65	60224,56	-14,65
	4000 (O/T)	4052,48	-52,32	4052,48	-52,32	66111,23	-6,30	66111,23	-6,30
	5000 (T)	18359,92		18359,92		80418,67		80418,67	
	5000 (O)	1364,75	-92,57	3943,66	-78,52	61121,74	-24,00	63700,65	-20,79
	5000 (O/T)	11213,74	-38,91	11213,74	-38,91	73272,49	-8,88	73272,49	-8,88
	6000 (T)	16815,82		19536,41		78874,57		81595,16	
	6000 (O)	1364,75	-91,88	3943,66	-79,81	61121,74	-22,51	63700,65	-21,93
	6000 (O/T)	6544,15	-61,07	9123,06	-53,29	68602,90	-13,02	71181,81	-12,76

	Água disponível (m ³ ha ⁻¹) / Estratégia	2015 C1 (€)	Δ RL (%)	2015 C2 (€)	Δ RL (%)	2015 C3 (€)	Δ RL (%)	2015 C4 (€)	Δ RL (%)
Cevada + Milho + Cebola	1000 (T)	42679,04		46650,15		1411,25		5382,36	
	1000 (O)	55417,17	29,85	58173,59	24,70	-4077,33	-388,92	-1320,91	-124,54
	1000 (O/T)	50048,12	17,27	52957,83	13,52	-2987,45	-311,69	-77,74	-101,44
	2000 (T)	141730,53		142728,08		-20468,22		-19470,68	
	2000 (O)	155015,94	9,37	155804,42	9,16	-23511,52	14,87	-22723,04	16,70
	2000 (O/T)	143061,52	0,94	143850,00	0,79	-21425,02	4,67	-20636,54	5,99
	3000 (T)	179235,62		179235,62		-23230,68		-23230,68	
	3000 (O)	178909,98	-0,18	178909,98	-0,18	-18859,68	-18,82	-18859,68	-18,82
	3000 (O/T)	179540,94	0,17	179540,94	0,17	-22925,36	-1,31	-22925,36	-1,31
	4000 (T)	186020,72		186020,72		-16445,59		-16445,59	
	4000 (O)	187995,00	1,06	187995,00	1,06	-9774,65	-40,56	-9774,65	-40,56
	4000 (O/T)	186783,11	0,41	186783,11	0,41	-15683,20	-4,64	-15683,20	-4,64
	5000 (T)	192826,30		192826,30		-9640,01		-9640,01	
	5000 (O)	196855,53	2,09	197451,85	2,40	-914,12	-90,52	-317,81	-96,70
	5000 (O/T)	194391,78	0,81	194391,78	0,81	-8074,53	-16,24	-8074,53	-16,24
	6000 (T)	201134,65		205168,74		-1331,66		2702,43	
	6000 (O)	199661,37	-0,73	203603,78	-0,76	1891,71	-242,06	5834,12	115,88
	6000 (O/T)	198442,81	-1,34	202385,22	-1,36	-4023,50	202,14	-81,09	-103,00

C: cenário; 1; 2; 3 e 4: Preços médios de colheita, considerando a Tabela 7; RL: renda líquida; (T): as culturas foram geridas em condições do ano típico meteorológico; (O) ORDI: estratégia de irrigação deficitária controlada e otimizada por fases de crescimento; (O/T): estratégias combinadas considerando o cultivo de cebola a 1,0 ET_m. Δ: incremento das estratégias combinadas em relação à estratégia (T).

Entretanto, no ano 2015, com exceção ao volume disponível de 3000 m³ ha⁻¹, os volumes disponíveis 1000, 2000, 4000 e 5000 m³ ha⁻¹ referente aos cenários um e dois, a maior porcentagem haveria sido registrada, caso o produtor houvesse aplicado somente a estratégia ORDI envolvendo os cultivos de cevada, milho e cebola. Estes resultados, podem estar relacionados, a uma menor diferença entre valores produtivos estimados da cebola para a estratégia ORDI em relação a irrigação tradicional (T), associada a venda da cebola a preço de mercado. Isto porque, no ano de 2015, as condições climáticas não foram favoráveis a cultura da cebola, ocorrendo assim, uma redução na produção em Castilla-La Mancha e, conseqüentemente, o aumento dos preços (Domínguez et al., 2017). Estas inferências são semelhantes aos resultados estimados por Domínguez et al. (2012c), onde os mesmos atribuem a alta rentabilidade da cebola como um fator influenciador na comparação de estratégias.

Para a combinação entre cultivos de cevada e milho (Tabela 14), observa-se que o produtor haveria obtido uma maior porcentagem em relação a irrigação tradicional (T), caso houvesse aplicado a estratégia ORDI para cevada e milho, com volumes disponíveis entre 1000 a 4000 m³ ha⁻¹, diante dos cenários um e dois no ano de 2014. Esse mesmo comportamento foi verificado para o ano 2015, com exceção do volume disponível de 1000 m³ ha⁻¹ para o cenário um. Estes resultados estimados podem estar relacionados a menor diferença da renda líquida por hectare para a estratégia ORDI em relação a irrigação tradicional (T), em ambos os cultivos, associado ao ganho de área proposto na estratégia ORDI pela distribuição teórica ideal (Tabela 12).

Tabela 14. Renda líquida de cevada e milho de acordo com a água disponível, estratégia aplicada e distribuição teórica ideal das culturas.

Cultivos	Água disponível (m ³ ha ⁻¹) / Estratégia	2014 C1 (€)	Δ RL (%)	2014 C2 (€)	Δ RL (%)	2014 C3 = C1 (€)	2014 C4 = C2 (€)
Cevada + Milho	1000 (T)	2529,72		4630,89		---	---
	1000 (O)	5286,09	108,96	6485,06	40,04	---	---
	2000 (T)	13523,17		14195,92		---	---
	2000 (O)	15069,80	11,44	15585,58	9,79	---	---
	3000 (T)	20579,76		21252,51		---	---
	3000 (O)	20985,09	1,97	21858,18	2,85	---	---
	4000 (T)	10541,26		14956,47		---	---
	4000 (O)	12554,22	19,10	17196,25	14,98	---	---
	5000 (T)	19727,32		25782,02		---	---
	5000 (O)	12554,22	-36,36	17196,25	-33,30	---	---
	6000 (T)	19727,32		25782,02		---	---
	6000 (O)	12554,22	-36,36	17196,25	-33,30	---	---
Cultivos	Água disponível (m ³ ha ⁻¹) / Estratégia	2015 C1 (€)	Δ RL (%)	2015 C2 (€)	Δ RL (%)	2015 C3 = C1 (€)	2015 C4 = C2 (€)
Cevada + Milho	1000 (T)	10516,23		13631,85		---	---
	1000 (O)	9564,28	-9,05	14931,86	9,54	---	---
	2000 (T)	16906,97		17904,52		---	---
	2000 (O)	17701,63	4,70	25586,45	42,91	---	---
	3000 (T)	24063,23		25060,77		---	---
	3000 (O)	26786,66	11,32	34671,48	38,35	---	---
	4000 (T)	32809,03		39355,91		---	---
	4000 (O)	34083,96	3,89	41180,30	4,64	---	---
	5000 (T)	35255,38		44233,31		---	---
	5000 (O)	34083,96	-3,32	41180,30	-6,90	---	---
	6000 (T)	35255,38		44233,31		---	---
	6000 (O)	34083,96	-3,32	41180,30	-6,90	---	---

C: cenário; 1; 2; 3 e 4: Preços médios de colheita, considerando a Tabela 7; RL: renda líquida; (T): as culturas foram geridas em condições do ano típico meteorológico; (O) ORDI: estratégia

de irrigação deficitária controlada e otimizada por fases de crescimento; Δ : incremento das estratégias combinadas em relação à estratégia (T).

Esta combinação de cultivos fundamenta os resultados encontrados no cultivo do milho por Domínguez et al. (2012b), no qual a alteração no manejo da cultura para estratégias de irrigação deficitária pode diminuir o consumo de água, podendo a mesma ser redistribuída para outras culturas, obtendo assim uma maior renda líquida. Este comportamento pode ser observado até o volume disponível $3000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Para maiores volumes disponíveis, ou seja, acima de $4000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, e sob as condições desta combinação de cultivos, não é economicamente justificável o uso de estratégias de irrigação deficitária.

A terceira combinação é representada pelos cultivos de cevada e cebola (Tabela 15). Verificou-se que o produtor haveria obtido uma maior porcentagem para a renda líquida em relação a irrigação tradicional (T), caso houvesse aplicado a estratégia ORDI na cevada e a irrigação tradicional (T) na cebola, com volumes disponíveis entre 1000 a $6000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e diante dos cenários três e quatro no ano de 2014. Por outro lado, para o ano 2015, o produtor haveria obtido uma maior porcentagem somente se houvesse aplicado a estratégia ORDI para a cevada e cebola, com volumes disponíveis entre 1000 e $2000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e diante os cenários um e dois.

Tabela 15. Renda líquida de cevada e cebola de acordo com a água disponível, estratégia aplicada e distribuição teórica ideal das culturas.

Cultivos	Água disponível ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) / Estratégia	2014 C1 (€)	Δ RL (%)	2014 C2 (€)	Δ RL (%)	2014 C3 (€)	Δ RL (%)	2014 C4 (€)	Δ RL (%)
Cevada + Cebola	1000 (T)	-8705,08		-6026,96		2843,50		5521,62	
	1000 (O)	-6287,86	-27,77	-4484,76	-25,59	11688,67	311,07	13491,77	144,34
	1000 (O/T)	-4480,00	-48,54	-2576,63	-57,25	11776,15	314,14	13679,52	147,74
	2000 (T)	-7335,07		-6662,33		42381,11		43053,86	
	2000 (O)	-12920,63	76,15	-12404,85	86,19	41022,25	-3,21	41538,03	-3,52
	2000 (O/T)	-7096,78	-3,25	-6581,00	-1,22	43320,64	2,22	43836,42	1,82
	3000 (T)	-15543,01		-12133,34		46515,74		49925,41	
	3000 (O)	-23165,49	49,04	-18757,26	54,59	36591,50	-21,34	40999,74	-17,88
	3000 (O/T)	-15201,34	-2,20	-11933,99	-1,64	46857,41	0,73	50124,76	0,40
	4000 (T)	-22987,36		-16259,91		39071,39		45798,84	
	4000 (O)	-24842,26	8,07	-19684,44	21,06	34914,74	-10,64	40072,55	-12,50

	4000 (O/T)	-19430,18	-15,47	-14272,36	-12,22	42628,57	9,10	47786,39	4,34
	5000 (T)	-22987,36		-16259,91		39071,39		45798,84	
	5000 (O)	-24842,26	8,07	-19684,44	21,06	34914,74	-10,64	40072,55	-12,50
	5000 (O/T)	-19430,18	-15,47	-14272,36	-12,22	42628,57	9,10	47786,39	4,34
	6000 (T)	-22987,36		-16259,91		39071,39		45798,84	
	6000 (O)	-24842,26	8,07	-19684,44	21,06	34914,74	-10,64	40072,55	-12,50
	6000 (O/T)	-19430,18	-15,47	-14272,36	-12,22	42628,57	9,10	47786,39	4,34
Cultivos	Água disponível (m ³ ha ⁻¹) / Estratégia	2015 C1 (€)	Δ RL (%)	2015 C2 (€)	Δ RL (%)	2015 C3 (€)	Δ RL (%)	2015 C4 (€)	Δ RL (%)
Cevada + Cebola	1000 (T)	42679,04		46650,15		1411,25		5382,36	
	1000 (O)	55417,17	29,85	58173,59	24,70	-4077,33	-388,92	-1320,91	-124,54
	1000 (O/T)	50048,12	17,27	52957,83	13,52	-2987,45	-311,69	-77,74	-101,44
	2000 (T)	141730,53		142728,08		-20468,22		-19470,68	
	2000 (O)	155015,94	9,37	155804,42	9,16	-23511,52	14,87	-22723,04	16,70
	2000 (O/T)	143061,52	0,94	143850,00	0,79	-21425,02	4,67	-20636,54	5,99
	3000 (T)	181170,38		186226,24		-21295,93		-16240,07	
	3000 (O)	176372,96	-2,65	183111,88	-1,67	-21396,69	0,47	-14657,77	-9,74
	3000 (O/T)	178891,56	-1,26	183886,40	-1,26	-23574,75	10,70	-18579,91	14,41
	4000 (T)	187463,31		197438,79		-15003,00		-5027,52	
	4000 (O)	177333,84	-5,40	185218,66	-6,19	-20435,81	36,21	-12550,99	149,65
	4000 (O/T)	181314,92	-3,28	189199,75	-4,17	-21151,38	40,98	-13266,56	163,88
	5000 (T)	187463,31		197438,79		-15003,00		-5027,52	
	5000 (O)	177333,84	-5,40	185218,66	-6,19	-20435,81	36,21	-12550,99	149,65
	5000 (O/T)	181314,92	-3,28	189199,75	-4,17	-21151,38	40,98	-13266,56	163,88
	6000 (T)	187463,31		197438,79		-15003,00		-5027,52	
	6000 (O)	177333,84	-5,40	185218,66	-6,19	-20435,81	36,21	-12550,99	149,65
	6000 (O/T)	181314,92	-3,28	189199,75	-4,17	-21151,38	40,98	-13266,56	163,88

C: cenário; 1; 2; 3 e 4: Preços médios de colheita, considerando a Tabela 7; RL: renda líquida; (T): as culturas foram geridas em condições do ano típico meteorológico; (O) ORDI: estratégia de irrigação deficitária controlada e otimizada por fases de crescimento; (O/T): estratégias combinadas considerando o cultivo de cebola a 1,0 ET_m. Δ: incremento das estratégias combinadas em relação à estratégia (T).

Para o ano de 2014, diante os cenários três e quatro, estes resultados foram possíveis, em virtude da análise de uma menor lâmina bruta aplicada, através da estratégia ORDI no cultivo da cevada, visto que para o cultivo da cebola a estratégia utilizada foi a mesma. Ou seja, o produtor haveria utilizado uma menor quantidade de água no cultivo da cevada e consequentemente haveria obtido uma maior produtividade da água em termos de rendimento, além de reduzir o custo referente ao valor pago por metro cúbico para a área cultivada (Tabela 15). No ano 2015, os resultados estimados podem estar relacionado, as menores diferenças da renda líquida associado a área proposta pela distribuição teórica ideal para a estratégia ORDI em relação a irrigação tradicional (T) (Tabelas 11), em ambos os cultivos.

A quarta, e última combinação, é representada pelos cultivos de milho e cebola (Tabela 16). Verificou-se que o produtor haveria obtido uma maior porcentagem em renda líquida em relação a irrigação tradicional (T), caso houvesse aplicado a estratégia ORDI no milho e cebola, com o volume disponível de 2000 m³ ha⁻¹ e diante dos cenários três e quatro no ano de 2014. Para o ano 2015, o produtor haveria obtido uma maior porcentagem caso houvesse aplicado a estratégia ORDI para a cevada e cebola, em relação a irrigação tradicional (T), com volumes disponíveis entre 1000 e 2000 m³ ha⁻¹ e diante dos cenários um e dois. Todavia, a partir do volume de 3000 m³ ha⁻¹ a maior diferença em porcentagem de renda líquida ocorreria caso o produtor houvesse aplicado a estratégia ORDI no milho e a irrigação tradicional (T) na cebola em relação a irrigação tradicional (T). Para o ano de 2014, estes resultados foram possíveis, principalmente, por causa da diferença proposta para a área de cebola pela distribuição teórica ideal para a estratégia ORDI em relação a irrigação tradicional (T). A mesma situação foi observada no ano de 2015 para os volumes disponíveis 1000 e 2000 m³ ha⁻¹, apesar da rentabilidade maior, caso o produtor vendesse a preço de mercado.

Tabela 16. Renda líquida de milho e cebola de acordo com a água disponível, estratégia aplicada e distribuição teórica ideal das culturas.

Cultivos	Água disponível (m ³ ha ⁻¹) / Estratégia	2014 C1 (€)	Δ RL (%)	2014 C2 = C1 (€)	2014 C3 (€)	Δ RL (%)	2014 C4 = C3 (€)
Milho + Cebola	1000 (T)	-2488,15		---	25233,49		---
	1000 (O)	-5254,00	111,16	---	22810,51	-9,60	---
	1000 (O/T)	-2488,14	0,00	---	25233,49	0,00	---
	2000 (T)	3311,19		---	38419,63		---
	2000 (O)	-8392,41	-353,46	---	40519,35	5,47	---
	2000 (O/T)	-464,51	-114,03	---	39229,51	2,11	---
	3000 (T)	-1326,99		---	60731,76		---
	3000 (O)	-6776,19	410,65	---	52980,80	-12,76	---
	3000 (O/T)	-3053,70	130,12	---	59005,05	-2,84	---
	4000 (T)	8501,62		---	70560,37		---
	4000 (O)	467,52	-94,50	---	60224,52	-14,65	---
	4000 (O/T)	4190,01	-50,72	---	66248,76	-6,11	---
	5000 (T)	18330,23		---	80388,98		---
	5000 (O)	7133,54	-61,08	---	66890,54	-16,79	---
	5000 (O/T)	11433,72	-37,62	---	73492,47	-8,58	---
	6000 (T)	22920,20		---	84978,95		---
	6000 (O)	7133,54	-68,88	---	66890,54	-21,29	---
	6000 (O/T)	12545,62	-45,26	---	74604,37	-12,21	---

Cultivos	Água disponível (m ³ ha ⁻¹) / Estratégia	2015 C1 (€)	Δ RL (%)	2015 C2 = C1 (€)	2015 C3 (€)	Δ RL (%)	2015 C4 = C3 (€)
Milho + Cebola	1000 (T)	79077,34		---	-11364,36		---
	1000 (O)	81173,03	2,65	---	-11708,30	3,03	---
	1000 (O/T)	79077,35	0,00	---	-11364,35	0,00	---
	2000 (T)	104539,11		---	-10001,99		---
	2000 (O)	142754,01	36,56	---	-19122,67	91,19	---
	2000 (O/T)	117261,68	12,17	---	-12239,82	22,37	---
	3000 (T)	179235,62		---	-23230,68		---
	3000 (O)	178906,78	-0,18	---	-18862,87	-18,80	---
	3000 (O/T)	180769,61	0,86	---	-21696,70	-6,60	---
	4000 (T)	186020,72		---	-16445,59		---
	4000 (O)	187988,27	1,06	---	-9781,39	-40,52	---
	4000 (O/T)	189851,09	2,06	---	-12615,21	-23,29	---
	5000 (T)	192805,81		---	-9660,50		---
	5000 (O)	196345,50	1,84	---	-1424,16	-85,26	---
	5000 (O/T)	198932,57	3,18	---	-3533,73	-63,42	---
	6000 (T)	195974,45		---	-6491,86		---
	6000 (O)	196345,50	0,19	---	-1424,16	-78,06	---
	6000 (O/T)	200326,58	2,22	---	-2139,73	-67,04	---

C: cenário; 1; 2; 3 e 4: Preços médios de colheita, considerando a Tabela 7; RL: renda líquida; (T): as culturas foram geridas em condições do ano típico meteorológico; (O) ORDÍ: estratégia de irrigação deficitária controlada e otimizada por fases de crescimento; (O/T): estratégias combinadas considerando o cultivo de cebola a 1,0 ET_m. Δ: incremento das estratégias combinadas em relação à estratégia (T).

De acordo com [English et al. \(2002\)](#) a otimização de cultivos envolvendo volumes de água disponíveis eram temas de pesquisa há pelo menos quatro décadas, porém não havia procedimentos de otimização rigorosos e sistemáticos sendo usados na agricultura de produção. Passados quase duas décadas, técnicas de irrigação otimizadas utilizando diferentes metodologias estão sendo encontradas por outros autores, constatando ganhos em renda líquida. [Carrión et al. \(2003\)](#), utilizando algoritmos genéticos, obtiveram valores superiores à média em Castilla-La Mancha de 1835 € ha⁻¹, correspondendo a uma combinação de cultivos. [Singh e Panda \(2012\)](#), desenvolvendo um modelo em Haryana (Índia) envolvendo diferentes cultivos, observaram um aumento na renda líquida anual da área de estudo de 26%. Relacionando a variação de preços, [Cai et al. \(2013\)](#), utilizando um modelo para rotação de culturas, verificaram que a partir do momento que os produtores estão propensos a variação de preços, o mesmo deve aplicar a técnica de rotação, uma vez que os benefícios rotacionais são observados a longo

prazo. [Karam et al. \(2014\)](#), utilizando o modelo MOPECO no cultivo da batata em pesquisas realizadas no Vale Central de Bekaa (Líbano), observaram um acréscimo de até 462 \$ ha⁻¹ ano⁻¹, aplicando menor quantidade de água do que o necessário para atingir os rendimentos máximos.

De acordo com os resultados estimados obtidos neste trabalho utilizando os dados econômicos médios sob as condições meteorológicas típicas das áreas de estudo (Tabela 11), a metodologia proposta pelo MOPECO é mais rentável do que a irrigação tradicional para os cenários com menor disponibilidade de água de irrigação e a limitação da água a culturas menos lucrativas.

4. CONCLUSÕES

As condições climáticas e os cenários de preços considerados podem condicionar a rentabilidade das explorações agrícolas, dificultando o estabelecimento das estratégias de manejo mais adequadas para cada área.

O modelo MOPECO pode ser uma boa ferramenta de ajuda na tomada de decisões para produtores de pequenas e grandes áreas irrigadas, embora seja necessário avançar na análise econômica das consequências, em termos de produtividade, qualidade e rentabilidade, da aplicação da metodologia ORDI aos cultivos, especialmente aos hortícolas. Mesmo assim, este trabalho mostrou que a metodologia ORDI foi mais rentável agroeconomicamente do que a tradicional caso a propriedade agrícola dispusesse de baixos volumes de água para irrigação e quando usada com culturas de baixo rendimento, como cevada e milho, não sendo adequada para as culturas de alho e cebola em monocultivos devido a estas apresentarem uma alta rentabilidade.

Do ponto de vista ambiental, exceto para o milho em 2014, a relação de produtividade e água de irrigação foi superior quando se utilizou a metodologia ORDI, o que deve ser levado em consideração em uma situação de crescimento populacional global e escassez futura de alimentos. Além disso, este trabalho mostrou que é possível limitar o volume de água a ser aplicado nas lavouras e obter produtividade e rentabilidade adequadas, independentemente das condições climáticas. Este resultado é relevante do ponto de vista da gestão de grandes áreas irrigáveis, onde a água de irrigação geralmente não é limitada aos agricultores, o que pode gerar um ganho expressivo quanto as fontes de água.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e ao grupo de pesquisa do “Centro Regional de Estudios del Agua” (CREA) da Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), pelo desenvolvimento de estratégias de irrigação em propriedades agrícolas.

6. REFERÊNCIAS

AETCM - Asociación Española de Técnicos de Cerveza y Malta. 2016. Especificaciones orientativas de calidad. Disponível em: <<http://www.aetcm.es>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

ALLEN, R. G. et al. **Crop Evapotranspiration: Guide-Lines for Computing Crop Water Requirements**. Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Italy. 1998. 15 p.

BOLETÍN-AGRARIO - Agronegocios/Observatoriodeprecios/Frutería/Verdulería/Cebolla grano de oro. 2016. Disponível em: <<http://www.boletinagrario.com/ap-39,observatorio-precios,24,0.html>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

CAI, R. et al. The impacts of crop yield and price volatility on producers' cropping patterns: A dynamic optimal crop rotation model. **Agricultural Systems**, v. 116, p. 52–59, mar. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2012.11.001>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

CAMARGO, D. C. **Crecimiento y desarrollo en patata (*Solanum tuberosum* L.) con diferentes tratamientos hídricos en sistema pivote**. 2013. 208 p. Tesis (Doctorado en Ciencias Agrarias y Ambientales), Universidad Castilla-La Mancha, Albacete, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10578/3267>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

CARRIÓN, P. et al. Optimización mediante algoritmos genéticos de la gestión del agua en el regadío. **Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería**, v. 19, n. 4, p. 447 - 462, jan. 2003. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2099/2975>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

CARVALHO, D. F. et al. Uso de transdutores de pressão no monitoramento da tensão de água no solo em cultivo orgânico de cebola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 35., Natal. **Anais Eletrônicos...** Natal, CBCS, 2015. Disponível em: <<https://eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/770.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

CES - Consejo Económico y Social de Castilla-La Mancha. La gestión del agua en Castilla-La Mancha. Toledo, Spain. 2006. 206 p. Disponível em: <<http://www.ces.es/de/administracion-autonomica>>. Acesso em: 16 jan. 2019.

COOPAMAN - Cooperativas de Ajos de la Mancha. Precios de venta del kilo del ajo morado de Las Pedroñeras. 2016. Disponível em: <<http://www.coopaman.com/>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

DANUSO, F.; GANI, M.; GIOVANARDI, R. Field water balance: hidrico 2. In: PEREIRA, L. S. et al. **Crop-Water-Simulation Models in Practice**. ICI-CIID, SC-DLO. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands. 1993. 339 p.

DOMÍNGUEZ, A.; DE JUAN, J. A. **Agricultural water management in Castilla-La Mancha (Spain)**. In: Sorensen, Magnus L. (Ed.), **Agricultural Water Management Research Trends**. Nova Science Publishers, Inc, New York, USA. 2008. 131 p.

DOMÍNGUEZ A, et al. Determination of optimal regulated deficit irrigation strategies for maize in a semi-arid environment. **Agricultural Water Management**, v. 110, p. 67 – 77, jul. 2012b. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.04.002>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

DOMÍNGUEZ A, et al. Simulation of onion crop behaviour under optimized regulated deficit irrigation using MOPECO model in a semi-arid environment. **Agricultural Water Management**, v. 113, p. 64 – 75, out. 2012c. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.06.019>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

DOMÍNGUEZ A, et al. Combination of typical meteorological year with regulated deficit irrigation to improve the profitability of garlic in central Spain. **Agricultural Water Management**, v. 130, p. 154 – 167, dez. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.08.024>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

DOMÍNGUEZ A, et al. Simulation of maize crop behaviour under deficit irrigation using MOPECO model in a semi-arid environment. **Agricultural Water Management**, v. 107, p. 42 – 53, maio 2012a. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.01.006>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

DOMÍNGUEZ A, et al. Real farm management depending on the available volume of irrigation water (part I): Financial analysis. **Agricultural Water Management**, v. 192 p. 71 – 84, out. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.06.022>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

DOMINGUEZ, A. et al. Deficit irrigation under water stress and salinity conditions: the MOPECO-salt model. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 9, 1451 - 1461, jul. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.04.015>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield Response to Water**. Irrigation and Drainage Paper n. 33, FAO, Italy. 1979. 193 p.

EC - European Commission. The Common Agricultural Policy After. 2013. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

ENGLISH, J. M. et al. A Paradigm Shift in Irrigation Management. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 122, n. 3, set. 2002, Disponível em: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2002\)128:5\(267\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2002)128:5(267))>. Acesso em: 13 fev. 2019.

GONÇALVES, C. et al. Fenologia e estimativa da duração do ciclo da zínia 'Profusion Cherry' cultivada em vasos em ambiente protegido. **Bragantia [online]**, v. 67, n. 2, p. 527 - 532, set. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000200030>>. Acesso em: 02 set. 2018.

HALL, I. J. et al. **Generation of Typical Meteorological Years**. Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM. 1978. 65 p.

JCCM - Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. **Cifras del Sector Agrario 2008**. Toledo, Spain. Disponível em: <<http://www.castillalamancha.es/gobierno/agrimedambydesrur/actuaciones/cifras-del-sector-agrario>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

KARAM, F. et al. Response of potato to full and deficit irrigation under semiarid climate: Agronomic and economic implications. **Agricultural Water Management**, v. 142, p. 144 – 151, ago. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2014.05.007>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

LEITE, K. N. et al. Distribution of limited irrigation water based on optimized regulated deficit irrigation and typical meteorological year concepts. **Agricultural Water Management**, v. 148, p. 164 – 176, jan. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.10.002>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

LELLIS, B. C. **Efecto del riego deficitario controlado optimizado por etapas, para volúmenes limitados de agua, en el rendimiento y la calidad del ajo morado de las pedroñeras**. 2017. 176 p. Tesis (Doctorado en Ciencias Agrarias y Ambientales), Universidad Castilla-La Mancha, Albacete, 2018. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=150017>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

LINDO, 2010. **Lingo User's Guide** v. 12. LINDO Systems Inc., Chicago, USA.

LOPEZ-BELLIDO, F. J. et al. New phenological growth stages of garlic (*Allium sativum*). **Annals of Applied Biology**, v. 169, n. 3, p. 423 - 439, ago. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/aab.12312>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

LÓPEZ-MATA, E. et al. Development of a direct-solution algorithm for determining the optimal crop planning of farms using deficit irrigation. **Agricultural Water Management** v. 171, p. 173 - 187, jun. 2016. Disponível em: <[DOI: 10.1016/j.agwat.2016.03.015](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.03.015)>. Acesso em: 17 jan. 2019.

MAGRAMA - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. **Anuario de estadística 2014**. Disponível em: <<http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/>> Acesso em: 16 jan. 2019.

MAGRAMA - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. 2016. Disponível em: <<http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/informe-semanal-coyuntura/>> Acesso em: 15 jan. 2019.

MAGRAMA - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. 2017. Disponível em: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2017sm_tcm30-455983.pdf> Acesso em: 15 out. 2018.

MONTOYA, F. **Calibración y validación de modelos para la simulación de patata (*Solanum tuberosum* L.) bajo diferentes tratamientos de riego con pívot en condiciones semiáridas**. 2013. 313 p. Tesis (Doctorado en Ciencias Agrarias y Ambientales), Universidad Castilla-La Mancha, Albacete, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10578/3815>> Acesso em: 15 set. 2018.

MARTÍNEZ-ROMERO, et al. Real farm management depending on the available volume of irrigation water (Part II): Analysis of crop parameters and harvest quality. **Agricultural Water Management**, v. 192, p. 58 - 70, out. 2017. Disponível em: <[DOI: 10.1016/j.agwat.2017.06.021](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.06.021)>. Acesso em: 15 set. 2018.

NRCS - Natural Resources Conservation Service. **Part 630 Hydrology National Engineering Handbook**. Chapter 10 Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall. United States Department of Agriculture. 2004. 79p.

ORTEGA, J. F. et al. MOPECO: aneconomic optimization model for irrigation water management. **Irrigation Science**, v. 23, n. 2, p. 61 - 75, mai. 2004. Disponível em: <[DOI 10.1007/s00271-004-0094-x](https://doi.org/10.1007/s00271-004-0094-x)>. Acesso em: 14 ago. 2018.

PARDO, J. J. **Efecto del riego deficitario controlado optimizado por etapas, para volúmenes limitados de agua, en el rendimiento y la calidad del cebada**. 2018. 216 p. Tesis (Doctorado en Ciencias Agrarias y Ambientales), Universidad Castilla-La Mancha, Albacete, 2018. Disponível em: <<https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/41155>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

SIAR - Servicio de Información Agroclimática para el Regadío. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponível em: <<http://eportal.magrama.gob.es/websiar/Inicio.aspx>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

SINGH, A.; PANDA, S. N. Development and application of an optimization model for the maximization of net agricultural return. **Agricultural Water Management**, v. 115, p. 267 – 275, dez. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2012.09.014>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

MICROSOFT, 2010. **Microsoft Excel 2010**. Product Guide. Microsoft Corp., USA.
USDA-NCRS. **Keys to Soil Taxonomy**. 10th ed., United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Services. Washington D.C., WA, USA. 2006. 372 p.

APÊNDICE

Tabela 1. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				11256,08	
A.1 Insumos				2903,60	18,98
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				7781,00	50,85
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				3879,80	
Corte (20 t ha ⁻¹)	d/H	60	40,00	2400,00	
Transporte	Frete	4	60,00	240,00	
Trituração	d/H	5	40,00	200,00	
Lona para secagem	m	40	3,87	154,80	
Secagem	d/H	5	40,00	200,00	
Sacos de rafia	Un.	1500	0,35	525,00	
Ensacamento	d/H	4	40,00	160,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				3901,20	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	17	40,00	680,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	16	40,00	640,00	
Colheita de rabanete arranjo 2:2	d/H	0,80	40,00	32,00	
Transporte de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,03	40,00	41,20	
Classificação de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,30	40,00	52,00	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	13,26	40,00	530,40	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	4,14	40,00	165,60	
A.3 Energia elétrica				230,70	1,51
Uso da forrageira	kWh	66,66	0,22	14,67	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,79
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	

A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,44
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	17,95
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				14002,08	
C.1 (A) e (B)				14002,08	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	8,49
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				15301,92	100,00
E.1 CV e CF e CO				15301,92	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 2. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				15044,58	
A.1 Insumos				2903,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				11558,50	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				6590,90	
Corte (35 t ha ⁻¹)	d/H	105	40,00	4200,00	
Transporte	Frete	7	60,00	420,00	
Trituração	d/H	8	40,00	320,00	
Lona para secagem	m	70	3,87	270,90	
Secagem	d/H	8	40,00	320,00	
Sacos de rafia	Un.	2600	0,30	780,00	
Ensacamento	d/H	7	40,00	280,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				4967,60	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	30	40,00	1200,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	16	40,00	640,00	
Colheita de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,02	40,00	40,80	
Transporte de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,30	40,00	52,00	
Classificação de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,64	40,00	65,60	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	23,04	40,00	921,60	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	7,19	40,00	287,60	
A.3 Energia elétrica				241,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	116,65	0,22	25,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Conexões	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				17790,58	
C.1 (A) e (B)				17790,58	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				19090,42	100,00
E.1 CV e CF e CO				19090,42	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 3. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				18546,43	
A.1 Insumos				2903,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				15049,35	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				9275,75	
Corte (50 t ha ⁻¹)	d/H	150	40,00	6000,00	
Transporte	Frete	10	60,00	600,00	
Trituração	d/H	12	40,00	480,00	
Lona para secagem	m	100	3,87	387,00	
Secagem	d/H	12	40,00	480,00	
Sacos de rafia	Un.	3715	0,25	928,75	
Ensacamento	d/H	10	40,00	400,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5773,60	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	43	40,00	1720,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	16	40,00	640,00	
Colheita de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,18	40,00	47,20	
Transporte de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,50	40,00	60,00	
Classificação de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,90	40,00	76,00	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	28,02	40,00	1120,80	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	8,74	40,00	349,60	
A.3 Energia elétrica				252,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	166,65	0,22	36,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Conexões	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				21292,43	
C.1 (A) e (B)				21078,83	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				22592,27	100,00
E.1 CV e CF e CO				22592,27	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 4. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				21507,17	
A.1 Insumos				2903,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				18007,10	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				11669,10	
Corte (65 t ha ⁻¹)	d/H	195	40,00	7800,00	
Transporte	Frete	12	60,00	720,00	
Trituração	d/H	15	40,00	600,00	
Lona para secagem	m	130	3,87	503,10	
Secagem	d/H	15	40,00	600,00	
Sacos de rafia	Un.	4830	0,20	966,00	
Ensacamento	d/H	12	40,00	480,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				6338,00	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	56	40,00	2240,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	16	40,00	640,00	
Colheita de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,31	40,00	52,40	
Transporte de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,67	40,00	66,80	
Classificação de rabanete arranjo 2:2	d/H	2,11	40,00	84,40	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	28,48	40,00	1139,20	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	8,88	40,00	355,20	
A.3 Energia elétrica				263,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	216,64	0,22	47,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				212,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	25,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. custos operacionais totais (COT)				24253,17	
C.1 (A) e (B)				24253,17	
D. custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				25553,01	100,00
E.1 CV e CF e CO				25553,01	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 5. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				11414,48	
A.1 Insumos				2903,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				7939,40	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				3879,80	
Corte (20 t ha ⁻¹)	d/H	60	40,00	2400,00	
Transporte	Frete	4	60,00	240,00	
Trituração	d/H	5	40,00	200,00	
Lona para secagem	m	40	3,87	154,80	
Secagem	d/H	5	40,00	200,00	
Sacos de rafia	Un.	1500	0,35	525,00	
Ensacamento	d/H	4	40,00	160,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				4059,60	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	17	40,00	680,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	14	40,00	560,00	
Colheita de rabanete arranjo 3:3	d/H	0,94	40,00	37,60	
Transporte de rabanete arranjo 3:3	d/H	1,20	40,00	48,00	
Classificação de rabanete arranjo 3:3	d/H	1,52	40,00	60,80	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	17,40	40,00	696,00	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	5,43	40,00	217,20	
A.3 Energia elétrica				230,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	66,66	0,22	14,67	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				14160,48	
C.1 (A) e (B)				14160,48	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				15460,32	100,00
E.1 CV e CF e CO				15460,32	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 6. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				15137,38	
A.1 Insumos				2903,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				11651,30	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				6590,90	
Corte (35 t ha ⁻¹)	d/H	105	40,00	4200,00	
Transporte	Frete	7	60,00	420,00	
Trituração	d/H	8	40,00	320,00	
Lona para secagem	m	70	3,87	270,90	
Secagem	d/H	8	40,00	320,00	
Sacos de rafia	Un.	2600	0,30	780,00	
Ensacamento	d/H	7	40,00	280,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5060,40	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	30	40,00	1200,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	14	40,00	560,00	
Colheita de rabanete arranjo 3:3	d/H	1,45	40,00	58,00	
Transporte de rabanete arranjo 3:3	d/H	1,85	40,00	74,00	
Classificação de rabanete arranjo 3:3	d/H	2,34	40,00	93,60	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	25,05	40,00	1002,00	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	7,82	40,00	312,80	
A.3 Energia elétrica				241,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	116,65	0,22	25,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Conexões	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				17883,38	
C.1 (A) e (B)				17883,38	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				19183,22	100,00
E.1 CV e CF e CO				19183,22	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 7. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				18416,43	
A.1 Insumos				2903,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				14919,35	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				9275,75	
Corte (50 t ha ⁻¹)	d/H	150	40,00	6000,00	
Transporte	Frete	10	60,00	600,00	
Trituração	d/H	12	40,00	480,00	
Lona para secagem	m	100	3,87	387,00	
Secagem	d/H	12	40,00	480,00	
Sacos de rafia	Un.	3715	0,25	928,75	
Ensacamento	d/H	10	40,00	400,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5643,60	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	43	40,00	1720,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	14	40,00	560,00	
Colheita de rabanete arranjo 3:3	d/H	1,45	40,00	58,00	
Transporte de rabanete arranjo 3:3	d/H	1,85	40,00	74,00	
Classificação de rabanete arranjo 3:3	d/H	2,34	40,00	93,60	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	26,26	40,00	1050,40	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	8,19	40,00	327,60	
A.3 Energia elétrica				252,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	166,65	0,22	36,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				21162,43	
C.1 (A) e (B)				21078,83	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				22462,27	100,00
E.1 CV e CF e CO				22462,27	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 8. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				21539,57	
A.1 Insumos				2903,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				18039,50	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				11669,10	
Corte (65 t ha ⁻¹)	d/H	195	40,00	7800,00	
Transporte	Frete	12	60,00	720,00	
Trituração	d/H	15	40,00	600,00	
Lona para secagem	m	130	3,87	503,10	
Secagem	d/H	15	40,00	600,00	
Sacos de rafia	Un.	4830	0,20	966,00	
Ensacamento	d/H	12	40,00	480,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				6370,40	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	56	40,00	2240,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	14	40,00	560,00	
Colheita de rabanete arranjo 3:3	d/H	1,49	40,00	59,60	
Transporte de rabanete arranjo 3:3	d/H	1,90	40,00	76,00	
Classificação de rabanete arranjo 3:3	d/H	2,39	40,00	95,60	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	30,09	40,00	1203,60	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	9,39	40,00	375,60	
A.3 Energia elétrica				263,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	216,64	0,22	47,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				212,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	25,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. custos operacionais totais (COT)				24285,57	
C.1 (A) e (B)				24285,57	
D. custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				25585,41	100,00
E.1 CV e CF e CO				25585,41	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 9. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				11106,48	
A.1 Insumos				2903,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				7631,40	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				3879,80	
Corte (20 t ha ⁻¹)	d/H	60	40,00	2400,00	
Transporte	Frete	4	60,00	240,00	
Trituração	d/H	5	40,00	200,00	
Lona para secagem	m	40	3,87	154,80	
Secagem	d/H	5	40,00	200,00	
Sacos de rafia	Un.	1500	0,35	525,00	
Ensacamento	d/H	4	40,00	160,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				3751,60	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	17	40,00	680,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	12	40,00	480,00	
Colheita de rabanete arranjo 4:4	d/H	0,88	40,00	35,20	
Transporte de rabanete arranjo 4:4	d/H	1,12	40,00	44,80	
Classificação de rabanete arranjo 4:4	d/H	1,42	40,00	56,80	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	13,24	40,00	529,60	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	4,13	40,00	165,20	
A.3 Energia elétrica				230,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	66,66	0,22	14,67	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				13852,48	
C.1 (A) e (B)				13852,48	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				15152,32	100,00
E.1 CV e CF e CO				15152,32	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 10. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				14948,18	
A.1 Insumos				2903,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				11462,10	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				6590,90	
Corte (35 t ha ⁻¹)	d/H	105	40,00	4200,00	
Transporte	Frete	7	60,00	420,00	
Trituração	d/H	8	40,00	320,00	
Lona para secagem	m	70	3,87	270,90	
Secagem	d/H	8	40,00	320,00	
Sacos de rafia	Un.	2600	0,30	780,00	
Ensacamento	d/H	7	40,00	280,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				4871,20	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	30	40,00	1200,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	12	40,00	480,00	
Colheita de rabanete arranjo 4:4	d/H	1,37	40,00	54,80	
Transporte de rabanete arranjo 4:4	d/H	1,75	40,00	70,00	
Classificação de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,21	40,00	88,40	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	23,21	40,00	928,40	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	7,24	40,00	289,60	
A.3 Energia elétrica				241,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	116,65	0,22	25,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				17694,18	
C.1 (A) e (B)				17694,18	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				18994,02	100,00
E.1 CV e CF e CO				18994,02	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 11. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				18279,63	
A.1 Insumos				2903,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				14782,55	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				9275,75	
Corte (50 t ha ⁻¹)	d/H	150	40,00	6000,00	
Transporte	Frete	10	60,00	600,00	
Trituração	d/H	12	40,00	480,00	
Lona para secagem	m	100	3,87	387,00	
Secagem	d/H	12	40,00	480,00	
Sacos de rafia	Un.	3715	0,25	928,75	
Ensacamento	d/H	10	40,00	400,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5506,80	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	43	40,00	1720,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	12	40,00	480,00	
Colheita de rabanete arranjo 4:4	d/H	1,64	40,00	65,60	
Transporte de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,09	40,00	83,60	
Classificação de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,65	40,00	106,00	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	24,61	40,00	984,40	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	7,68	40,00	307,20	
A.3 Energia elétrica				252,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	166,65	0,22	36,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				21025,63	
C.1 (A) e (B)				21025,63	
D. custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				22325,47	100,00
E.1 CV e CF e CO				22325,47	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 12. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2015.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				21557,57	
A.1 Insumos				2903,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	83,80	335,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,83	28,30	
Substrato	22 Kg	3	89,90	269,70	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				18057,50	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				11669,10	
Corte (65 t ha ⁻¹)	d/H	195	40,00	7800,00	
Transporte	Frete	12	60,00	720,00	
Trituração	d/H	15	40,00	600,00	
Lona para secagem	m	130	3,87	503,10	
Secagem	d/H	15	40,00	600,00	
Sacos de rafia	Un.	4830	0,20	966,00	
Ensacamento	d/H	12	40,00	480,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				6388,40	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	56	40,00	2240,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	12	40,00	480,00	
Colheita de rabanete arranjo 4:4	d/H	1,67	40,00	66,80	
Transporte de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,13	40,00	85,20	
Classificação de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,70	40,00	108,00	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	31,41	40,00	1256,40	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	9,80	40,00	392,00	
A.3 Energia elétrica				263,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	216,64	0,22	47,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				212,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	25,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				2746,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2364,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	788,00	3	2364,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				24303,57	
C.1 (A) e (B)				24303,57	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				25603,41	100,00
E.1 CV e CF e CO				25603,41	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 13. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				10922,08	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				7407,00	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				3879,80	
Corte (20 t ha ⁻¹)	d/H	60	40,00	2400,00	
Transporte	Frete	4	60,00	240,00	
Trituração	d/H	5	40,00	200,00	
Lona para secagem	m	40	3,87	154,80	
Secagem	d/H	5	40,00	200,00	
Sacos de rafia	Un.	1500	0,35	525,00	
Ensacamento	d/H	4	40,00	160,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				3527,20	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	16	40,00	640,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	16	40,00	640,00	
Colheita de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,73	40,00	69,20	
Transporte de rabanete arranjo 2:2	d/H	2,20	40,00	88,00	
Classificação de rabanete arranjo 2:2	d/H	2,79	40,00	111,60	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	4,16	40,00	166,40	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	1,30	40,00	52,00	
A.3 Energia elétrica				230,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	66,66	0,22	14,67	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				14115,08	
C.1 (A) e (B)				14115,08	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				15414,92	100,00
E.1 CV e CF e CO				15414,92	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 14. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				14505,38	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				10979,30	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				6590,90	
Corte (35 t ha ⁻¹)	d/H	105	40,00	4200,00	
Transporte	Frete	7	60,00	420,00	
Trituração	d/H	8	40,00	320,00	
Lona para secagem	m	70	3,87	270,90	
Secagem	d/H	8	40,00	320,00	
Sacos de rafia	Un.	2600	0,30	780,00	
Ensacamento	d/H	7	40,00	280,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				4388,40	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	29	40,00	1160,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	16	40,00	640,00	
Colheita de rabanete arranjo 2:2	d/H	2,01	40,00	80,40	
Transporte de rabanete arranjo 2:2	d/H	2,56	40,00	102,40	
Classificação de rabanete arranjo 2:2	d/H	3,23	40,00	129,20	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	9,84	40,00	393,60	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	3,07	40,00	122,80	
A.3 Energia elétrica				241,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	116,65	0,22	25,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Conexões	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				17698,38	
C.1 (A) e (B)				17698,38	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				18998,22	100,00
E.1 CV e CF e CO				18998,22	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 15. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				18125,63	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				14588,55	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				9275,75	
Corte (50 t ha ⁻¹)	d/H	150	40,00	6000,00	
Transporte	Frete	10	60,00	600,00	
Trituração	d/H	12	40,00	480,00	
Lona para secagem	m	100	3,87	387,00	
Secagem	d/H	12	40,00	480,00	
Sacos de rafia	Un.	3715	0,25	928,75	
Ensacamento	d/H	10	40,00	400,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5312,80	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	42	40,00	1680,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	16	40,00	640,00	
Colheita de rabanete arranjo 2:2	d/H	2,26	40,00	90,40	
Transporte de rabanete arranjo 2:2	d/H	2,88	40,00	115,20	
Classificação de rabanete arranjo 2:2	d/H	3,64	40,00	145,60	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	16,80	40,00	672,00	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	5,24	40,00	209,60	
A.3 Energia elétrica				252,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	166,65	0,22	36,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				21318,63	
C.1 (A) e (B)				21078,83	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				22618,47	100,00
E.1 CV e CF e CO				22618,47	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 16. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 2:2 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				20974,77	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				17434,70	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				11669,10	
Corte (65 t ha ⁻¹)	d/H	195	40,00	7800,00	
Transporte	Frete	12	60,00	720,00	
Trituração	d/H	15	40,00	600,00	
Lona para secagem	m	130	3,87	503,10	
Secagem	d/H	15	40,00	600,00	
Sacos de rafia	Un.	4830	0,20	966,00	
Ensacamento	d/H	12	40,00	480,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5765,60	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	55	40,00	2200,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	16	40,00	640,00	
Colheita de rabanete arranjo 2:2	d/H	1,78	40,00	71,20	
Transporte de rabanete arranjo 2:2	d/H	2,26	40,00	90,40	
Classificação de rabanete arranjo 2:2	d/H	2,86	40,00	114,40	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	16,95	40,00	678,00	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 2:2	d/H	5,29	40,00	211,60	
A.3 Energia elétrica				263,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	216,64	0,22	47,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				212,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	25,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				24167,77	
C.1 (A) e (B)				24167,77	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				25467,61	100,00
E.1 CV e CF e CO				25467,61	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 17. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				10977,68	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				7462,60	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				3879,80	
Corte (20 t ha ⁻¹)	d/H	60	40,00	2400,00	
Transporte	Frete	4	60,00	240,00	
Trituração	d/H	5	40,00	200,00	
Lona para secagem	m	40	3,87	154,80	
Secagem	d/H	5	40,00	200,00	
Sacos de rafia	Un.	1500	0,35	525,00	
Ensacamento	d/H	4	40,00	160,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				3582,80	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	16	40,00	640,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	14	40,00	560,00	
Colheita de rabanete arranjo 3:3	d/H	2,08	40,00	83,20	
Transporte de rabanete arranjo 3:3	d/H	2,65	40,00	106,00	
Classificação de rabanete arranjo 3:3	d/H	3,35	40,00	134,00	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	5,71	40,00	228,40	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	1,78	40,00	71,20	
A.3 Energia elétrica				230,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	66,66	0,22	14,67	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				14170,68	
C.1 (A) e (B)				14170,68	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				15470,52	100,00
E.1 CV e CF e CO				15470,52	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 18. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				14407,78	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				10881,70	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				6590,90	
Corte (35 t ha ⁻¹)	d/H	105	40,00	4200,00	
Transporte	Frete	7	60,00	420,00	
Trituração	d/H	8	40,00	320,00	
Lona para secagem	m	70	3,87	270,90	
Secagem	d/H	8	40,00	320,00	
Sacos de rafia	Un.	2600	0,30	780,00	
Ensacamento	d/H	7	40,00	280,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				4290,80	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	29	40,00	1160,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	14	40,00	560,00	
Colheita de rabanete arranjo 3:3	d/H	2,13	40,00	85,20	
Transporte de rabanete arranjo 3:3	d/H	2,71	40,00	108,40	
Classificação de rabanete arranjo 3:3	d/H	3,43	40,00	137,20	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	9,15	40,00	366,00	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	2,85	40,00	114,00	
A.3 Energia elétrica				241,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	116,65	0,22	25,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Conexões	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				17600,78	
C.1 (A) e (B)				17600,78	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				18900,62	100,00
E.1 CV e CF e CO				18900,62	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 19. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				17736,03	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				14198,95	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				9275,75	
Corte (50 t ha ⁻¹)	d/H	150	40,00	6000,00	
Transporte	Frete	10	60,00	600,00	
Trituração	d/H	12	40,00	480,00	
Lona para secagem	m	100	3,87	387,00	
Secagem	d/H	12	40,00	480,00	
Sacos de rafia	Un.	3715	0,25	928,75	
Ensacamento	d/H	10	40,00	400,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				4923,20	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	42	40,00	1680,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	14	40,00	560,00	
Colheita de rabanete arranjo 3:3	d/H	2,23	40,00	89,20	
Transporte de rabanete arranjo 3:3	d/H	2,84	40,00	113,60	
Classificação de rabanete arranjo 3:3	d/H	3,58	40,00	143,20	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	11,00	40,00	440,00	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	3,43	40,00	137,20	
A.3 Energia elétrica				252,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	166,65	0,22	36,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				20929,03	
C.1 (A) e (B)				21078,83	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				22228,87	100,00
E.1 CV e CF e CO				22228,87	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 20. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 3:3 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				20755,17	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				17215,10	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				11669,10	
Corte (65 t ha ⁻¹)	d/H	195	40,00	7800,00	
Transporte	Frete	12	60,00	720,00	
Trituração	d/H	15	40,00	600,00	
Lona para secagem	m	130	3,87	503,10	
Secagem	d/H	15	40,00	600,00	
Sacos de rafia	Un.	4830	0,20	966,00	
Ensacamento	d/H	12	40,00	480,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5546,00	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	55	40,00	2200,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	14	40,00	560,00	
Colheita de rabanete arranjo 3:3	d/H	2,28	40,00	91,20	
Transporte de rabanete arranjo 3:3	d/H	2,91	40,00	116,40	
Classificação de rabanete arranjo 3:3	d/H	3,68	40,00	147,20	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	12,79	40,00	511,60	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 3:3	d/H	3,99	40,00	159,60	
A.3 Energia elétrica				263,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	216,64	0,22	47,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				212,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	25,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				23948,17	
C.1 (A) e (B)				23948,17	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				25248,01	100,00
E.1 CV e CF e CO				25248,01	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 21. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 20 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				10832,48	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				7317,40	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				3879,80	
Corte (20 t ha ⁻¹)	d/H	60	40,00	2400,00	
Transporte	Frete	4	60,00	240,00	
Trituração	d/H	5	40,00	200,00	
Lona para secagem	m	40	3,87	154,80	
Secagem	d/H	5	40,00	200,00	
Sacos de rafia	Un.	1500	0,35	525,00	
Ensacamento	d/H	4	40,00	160,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				3437,60	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	16	40,00	640,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	12	40,00	480,00	
Colheita de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,04	40,00	81,60	
Transporte de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,60	40,00	104,00	
Classificação de rabanete arranjo 4:4	d/H	3,29	40,00	131,60	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	4,58	40,00	183,20	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	1,43	40,00	57,20	
A.3 Energia elétrica				230,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	66,66	0,22	14,67	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				14025,48	
C.1 (A) e (B)				14025,48	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				15325,32	100,00
E.1 CV e CF e CO				15325,32	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 22. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 35 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				14317,38	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				10791,30	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				6590,90	
Corte (35 t ha ⁻¹)	d/H	105	40,00	4200,00	
Transporte	Frete	7	60,00	420,00	
Trituração	d/H	8	40,00	320,00	
Lona para secagem	m	70	3,87	270,90	
Secagem	d/H	8	40,00	320,00	
Sacos de rafia	Un.	2600	0,30	780,00	
Ensacamento	d/H	7	40,00	280,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				4200,40	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	29	40,00	1160,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	12	40,00	480,00	
Colheita de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,27	40,00	90,80	
Transporte de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,90	40,00	116,00	
Classificação de rabanete arranjo 4:4	d/H	3,66	40,00	146,40	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	8,52	40,00	340,80	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	2,66	40,00	106,40	
A.3 Energia elétrica				241,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	116,65	0,22	25,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				17510,38	
C.1 (A) e (B)				17510,38	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				18810,22	100,00
E.1 CV e CF e CO				18810,22	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 23. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 50 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				17675,63	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				14138,55	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				9275,75	
Corte (50 t ha ⁻¹)	d/H	150	40,00	6000,00	
Transporte	Frete	10	60,00	600,00	
Trituração	d/H	12	40,00	480,00	
Lona para secagem	m	100	3,87	387,00	
Secagem	d/H	12	40,00	480,00	
Sacos de rafia	Un.	3715	0,25	928,75	
Ensacamento	d/H	10	40,00	400,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				4862,80	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	42	40,00	1680,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	12	40,00	480,00	
Colheita de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,30	40,00	92,00	
Transporte de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,93	40,00	117,20	
Classificação de rabanete arranjo 4:4	d/H	3,70	40,00	148,00	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	11,16	40,00	446,40	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	3,48	40,00	139,20	
A.3 Energia elétrica				252,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	166,65	0,22	36,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				220,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	33,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				20868,63	
C.1 (A) e (B)				20868,63	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				22168,47	100,00
E.1 CV e CF e CO				22168,47	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.

Tabela 24. Custos variáveis e fixos de produção por hectare de rabanete e caupi-hortaliça em consórcio na quantidade 65 t ha⁻¹ de *C. procera* incorporadas ao solo no arranjo espacial 4:4 em Mossoró, RN, UFERSA, 2017.

COMPONENTES	Un.	Qte.	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A-CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				20677,17	
A.1 Insumos				2943,60	15,21
Sementes de rabanete (cv. Crimson Gigante)	1 Kg	4	88,80	355,20	
Sementes de caupi-hortaliça	1 Kg	10	2,85	28,50	
Substrato	22 Kg	3	96,50	289,50	
Bobina de plástico	m	2064	1,10	2270,40	
A.2 Mão-de-obra				17137,10	60,55
A.2.1 Custos com adubo verde (Flor-de-seda)				11669,10	
Corte (65 t ha ⁻¹)	d/H	195	40,00	7800,00	
Transporte	Frete	12	60,00	720,00	
Trituração	d/H	15	40,00	600,00	
Lona para secagem	m	130	3,87	503,10	
Secagem	d/H	15	40,00	600,00	
Sacos de rafia	Un.	4830	0,20	966,00	
Ensacamento	d/H	12	40,00	480,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5468,00	
Trator	h/T	2	80,00	160,00	
Limpeza do terreno	h/T	1	120,00	120,00	
Aração	h/T	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/T	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/T	3	120,00	360,00	
Distribuição e incorporação do adubo	d/H	55	40,00	2200,00	
Plantio	d/H	10	40,00	400,00	
Desbaste	d/H	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/H	12	40,00	480,00	
Colheita de rabanete arranjo 4:4	d/H	2,38	40,00	95,20	
Transporte de rabanete arranjo 4:4	d/H	3,03	40,00	121,20	
Classificação de rabanete arranjo 4:4	d/H	3,83	40,00	153,20	
Colheita de caupi hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	12,55	40,00	502,00	
Transporte de caupi-hortaliça (4 repasses) arranjo 4:4	d/H	3,91	40,00	156,40	
A.3 Energia elétrica				263,70	1,27
Uso da forrageira	kWh	216,64	0,22	47,66	
Bombeamento de água de irrigação	kWh	981,99	0,22	216,04	
A.4 Outras despesas				120,60	0,63
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	
A.5 Manutenção e conservação				212,17	1,15

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	25,00	
5% a.a. sobre valor de máquina forrageira	%	0,05	5000,00	16,50	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	170,67	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				3193,00	14,38
B.1 Depreciação				372,00	
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Forrageira	120	5000,00	0,03	1,25	
Bomba submersa	60	2776,00	3	138,80	
Tubos 2°	120	498,00	3	12,45	
Poço	600	5000,00	3	25,00	
Microaspesores	60	2600,00	3	130,00	
Coneções	60	790,00	3	39,50	
Galpão	600	5000,00	3	25,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	
Imposto territorial rural	Hectare	1,00	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				2811,00	
Aux. Administrativo	SALÁRIO	937,00	3	2811,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				23870,17	
C.1 (A) e (B)				23870,17	
D. Custos de oportunidade (CO)				1299,84	6,81
D.1. Remuneração da terra				300,00	
Arrendamento	Hectare	100,00	3	300,00	
D.2. Remuneração do capital fixo (6% a.a.)				999,84	
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664	999,84	
E. CUSTOS TOTAIS (CT)				25170,01	100,00
E.1 CV e CF e CO				25170,01	

Un. - Unidade; Qte. - Quantidade; Kg - Quilo; m - metro; d/H - dia/homem; h/T - hora/trator e kWh - Quilowatt-hora.