

WELLINGTON JAIRO DA SILVA DINIZ

EFICIÊNCIA BIOLÓGICA, HABILIDADE COMPETITIVA E RENTABILIDADE DO
SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO PALMA-SORGO

Serra Talhada-PE

2016

WELLINGTON JAIRO DA SILVA DINIZ

EFICIÊNCIA BIOLÓGICA, HABILIDADE COMPETITIVA E RENTABILIDADE DO
SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO PALMA-SORGO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

Serra Talhada-PE

2016

Com base no disposto na **Lei Federal Nº 9.610**, de 19 de fevereiro de 1998. [...] Autorizo para fins acadêmicos e científico a UFRPE/UAST, a divulgação e reprodução total, desta dissertação “Eficiência biológica, habilidade competitiva e rentabilidade do sistema de consorciação palma-sorgo”, sem ressarcimento dos direitos autorais, da obra, a partir da data abaixo indicada ou até que manifestação em sentido contrário de minha parte determine a cessação desta autorização.

Wellington Jairo da Silva Diniz

Assinatura

19/02/2016

Data

FICHA CATALOGRÁFICA

D593e

Diniz, Wellington Jairo da Silva

Eficiência biológica, habilidade competitiva e rentabilidade do sistema de consorciação palma-sorgo / Wellington Jairo da Silva Diniz. – Serra Talhada: O autor, 2016.

61 f.: il.

Orientador: Thieres George Freire da Silva.

Coorientadores: Sérgio Zolnier e Sérvulo Mercier.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2015.

Inclui referências e apêndice.

1. Uso eficiente da terra. 2. Produtividade. 3. Irrigação. 4. Competição. 5, Indicadores econômico. I. Silva, Thieres George Freire da, orientador. II. Zolnier, Sérgio, coorientador. III. Mercier, Sérvulo, coorientador. IV Título.

CDD 631

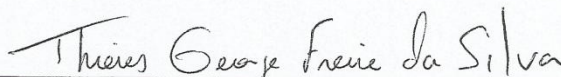
WELLINGTON JAIRO DA SILVA DINIZ

EFICIÊNCIA BIOLÓGICA, HABILIDADE COMPETITIVA E RENTABILIDADE DO
SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO PALMA-SORGO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em 19/02/2016.

Banca Examinadora



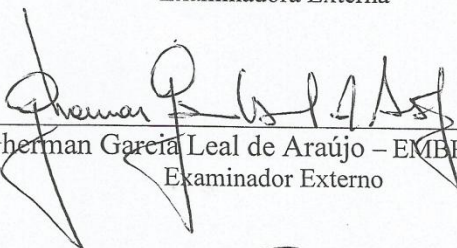
Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva – UAST/UFRPE
Orientador



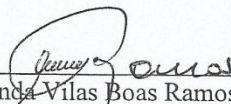
Prof.ª Dr.ª Luciana Sandra Bastos de Souza – UAST/UFRPE
Examinadora Externa



Prof.ª Dr.ª Magna Soelma Beserra de Moura – EMBRAPA SEMIÁRIDO
Examinadora Externa



Prof. Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo – EMBRAPA SEMIÁRIDO
Examinador Externo



Prof. Dr. Mario de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão – UNIVASF
Examinador Externo

A DEUS, que me concebeu a dádiva de viver e a quem, na sua fé, tenho buscado as graças e forças para continuar seguindo na vida.

A meus pais (Maria Severina da Silva e Josinaldo Antônio Diniz), a meus avós Antônio Manoel da Silva e Severina da Conceição.

Ao meu padrasto Edir Rodrigo Apolinário de Oliveira.

A meus irmãos Wellison Jarles da Silva Diniz, Williane Patrícia da Silva Diniz, Edith Baia de Oliveira Neta.

A minha namorada Camila Corolina da Silva Andrade.

A todos os demais familiares e amigos.

Com carinho

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por todas as vitórias e oportunidades concedidas com muita fé e determinação;

Ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela bolsa de estudo concedida;

À minha família, especialmente minha mãe e meu padrasto (Edir Rodrigo), pelo carinho e apoio, que me permitiram chegar a esta etapa do curso de pós-graduação e por suas palavras sensatas, que serviram de base para minhas escolhas e ações;

À minha namorada, Camila, pelo amor e afeto prestado com muito carinho, incentivo, palavras de conforto, pela companhia em minha vida e por dividir comigo sonhos;

Ao meu orientador Professor Dr. Thieres George Freire da Silva, pela oportunidade dada desde o período de graduação, pelo carinho e boa vontade em compartilhar seus conhecimentos, pela amizade e por todas as outras oportunidades que me possibilitaram um amadurecimento que tão logo será importante na esfera profissional. Agradeço;

A todos os Colegas do “GAS”, Grupo de Agrometeorologia no Semiárido, pela contribuição na execução desta pesquisa, pela extrema dedicação, cuidado, comprometimento e profissionalismo. Deixo clara a minha gratidão e amizade a todos, os quais conseguirão fazer daqueles momentos de trabalho, uma ocasião fraterna e de muita alegria. Deixo claro minha sincera gratidão;

A todos os professores do Mestrado em Produção Vegetal da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, em especial aqueles que tive a satisfação de cursar suas disciplinas: André Luiz Alves de Lima, Adriano do Nascimento Simões, Carlos Romero Ferreira de Oliveira, Eduardo Soares de Souza, Márcio Vieira da Cunha, Sérgio Luiz Ferreira da Silva, Thieres George

Freire da Silva e Vicente Imbroise Teixeira, pelos ensinamentos transmitidos durante os momentos de aula;

Aos amigos e colegas de Pós-Graduação em Produção Vegetal: Silvio André de Freitas Bezerra, Leandro Calixto Henrique, Lucivania Rodrigues Lima, José Ricardo Tavares de Albuquerque, Juliana Alves da Costa, Carlos Andre Alves de Souza, Jucilene da Silva Lima Nunes, José Edson Florentino de Moraes, Hermógenes Morreira Bezerra Cavalcante, Adao Pereira de Lima e demais colegas, pela convivência de um ambiente familiar e compartilhamento de conhecimentos;

Para não pecar por omissões, a todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para realização e conclusão deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

“As grandes ideias surgem da observação dos pequenos detalhes”

Augusto Cury

BIOGRAFIA

Wellington Jairo da Silva Diniz, filho de Maria Severina da Silva e Josinaldo Antônio Diniz, nasceu em 11 de abril de 1989, na cidade de Limoeiro, Pernambuco.

Em março de 2009 iniciou o curso de graduação em Agronomia pela Unidade Acadêmica de Serra Talhada, campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada na cidade de Serra Talhada.

Durante quatro anos participou de atividades de iniciação científica na área de Agrometeorologia. Graduando-se no segundo semestre de 2013.

Em Março de 2014, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, em nível de mestrado, submetendo-se à defesa de tese no mês de fevereiro de 2016.

RESUMO GERAL

As práticas de consorciação e irrigação são fundamentais para a estabilidade temporal da produção de forragem no Semiárido, onde os recursos hídricos, além de limitados na maioria das vezes possuem altos níveis de salinidade. Por outro lado, o uso dessas práticas depende da configuração adotada de culturas e da sua análise econômica. Com isso, objetivou-se analisar a eficiência biológica, habilidade competitiva e rentabilidade do sistema de consórcio palma-sorgo. A palma, cv. Orelha de Elefante Mexicana gênero (*Opuntia stricta*) e o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) cv. SF-15 foram distribuídos em blocos casualizados, composto por quatro repetições, em arranjo fatorial 5x3, nas quais as parcelas foram constituídas por quatro lâminas de irrigação (25%; 50%; 75% e 100% da evapotranspiração referência, ETo), a testemunha (condição de sequeiro) e as subparcelas com três sistemas de plantio (palma solteira, sorgo solteiro e palma-sorgo), com a proporção de plantio de 92% de plantas de sorgo (170.000 plantas ha⁻¹) e 8% de palma (15.625 plantas ha⁻¹). A palma foi conduzida durante um ano, compreendendo dois ciclos (planta e rebrota) do sorgo. A produtividade das culturas foi obtida na ocasião das colheitas. A eficiência biológica do consórcio foi determinada por meio dos índices de uso eficiente da terra (UET), razão área equivalente no tempo (RAET), índice de produtividade do sistema (IPS) e coeficiente equivalente de terra (CET). A habilidade do sistema de consórcio foi analisada pela razão de competição da palma (RC_a), razão de competição do sorgo (RC_b) agressividade (A) e perda ou ganho atual do rendimento (PGAR). A rentabilidade foi calculada a partir do sistema de Custo Operacional Total (COT) e de indicadores econômicos como renda bruta (RB), renda líquida (RL), vantagem monetária (VM), margem bruta (MB), relação benefício/custo (B/C) e índice de lucratividade (IL). Verificou-se que as produtividades individuais ou conjuntas de matéria seca no sistema palma solteira, sorgo solteiro, palma-sorgo, palma consorciada, e sorgo consorciado atingiram 4.626,98; 14.073,19; 12.130,00; 3.572,79; 8.557,22 kg ha⁻¹, respectivamente. Houve redução da produtividade individual de matéria seca (MS) da palma e do sorgo em função do consórcio, de 28% e 39%, nessa ordem. O sistema palma-sorgo proporcionou vantagem produtiva de 51% (UET=1,51), quando comparado ao seu monocultivo. O índice CAR, A e RC_a identificaram o sorgo como cultura dominada pela palma. Os custos para a implantação dos sistemas variaram de R\$ 1.335,00 ha⁻¹ a R\$ 10.255,33 ha⁻¹ a depender do tipo de sistema e da lâmina de irrigação aplicada. Os custos com o sistema de irrigação e insumos foram responsáveis por 84% dos custos totais. Os sistemas sorgo solteiro e palma-sorgo obtiveram os maiores valores de RB (R\$ 6.201,30 ha⁻¹ e R\$

6.007,53 ha⁻¹). No entanto, os valores de RL, MB, e IL apresentaram valores negativos no primeiro ano de implantação dos sistemas. Assim, pode-se concluir que: (i) a lâmina de irrigação a partir de 50% da ETo é a mais recomendada nos sistemas sorgo solteiro ou consórcio palma-sorgo; (ii) quando consorciadas, a cultura do sorgo possui quebra de produtividade superior à cultura da palma; e, (iii) com base nos indicadores econômicos simulados para anos subsequentes, a adoção de eventos de irrigação e do sistema consorciado palma-sorgo promoveram lucros a partir do segundo ano de implantação.

Palavras-chave: Uso eficiente da terra, produtividade, irrigação, competição, indicadores econômico.

GENERAL ABSTRACT

The intercropping and irrigation practices are essential to the forage production temporal stability in the semiarid region where water resources and limited most often have high salinity levels. Moreover, the use of these practices depends on the adopted configuration crops and their economic analysis. Thus, it aimed to analyze the biological efficiency, competitive ability and economic profitability of the cactus-sorghum intercropping system. Cactus forage cv. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*) and sorghum forage, cv. SF-15 were distributed in blocks, with four repetitions, in factorial arrangement 5 x 3, in which the plots were composed of four irrigation blades (25%; 50% 75% and 100%; based on reference evapotranspiration, ETo) plus the rainfed condition, and the subplots for three planting systems (cactus forage single, sorghum single and cactus forage-sorghum intercropping), with the planting proportions in the consortium of 92% of sorghum plants (170,000 plants ha⁻¹) and 8% of the cactus forage (15,625 plants ha⁻¹). The cactus forage was conducted during a year, comprising two cycles of sorghum (plant and ratoon). The crops yield was obtained at the time of the harvest. The biological efficiency of the intercropping was determined through the land use efficiency (LUE), land area equivalent in time (LAET), productivity index system (PIS) and land equivalent coefficient (LEC). Soon, the system ability was analyzed by competition ratio (CR), aggression (A) and yield actual loss or gains (YALG). Economic viability was calculated from the system's Total Operating cost (TOC) and of economic indicators as gross income (GI), net income (NI), monetary advantage (MA), gross margin (GM), benefit/cost ratio (B/R) and profitability index (PI). With the results, it was found that the individual or joint dry matter yield in the cactus forage single, sorghum single, intercropping cactus forage-sorgo, cactus forage of the intercropping and sorghum of the intercropping were 4,626.98; 14,073.19; 12,130.00; 3,572.79 and 8,557.22 kg ha⁻¹, respectively. There was a reduction of the individual productivity of cactus forage and sorghum on the basis of the intercropping of 72% and 61%. The cactus forage-sorghum system provided 51% productive advantage (UET = 1.51), when compared to your monoculture. The A and PGAR indexes identified as sorghum crop dominated by cactus forage. According to economic analysis, the COT between irrigation blades treatments within the same production system varied little, depending only of the expenses with electric energy. However, when compared between rainfed and irrigated systems were checked values ranging from R\$ 1,335.00 ha⁻¹ the R\$ 10255.33 ha⁻¹. The cost of irrigation system and supplies accounted for 84% of the total costs. Sorghum systems and intercropping cactus forage-

sorghum attained the highest values of RB (R\$ 6,201.30 ha⁻¹ and R\$ 6,007.53 ha⁻¹). However, the values of RL, VM, MB, B/C and IL presented negative values, indicating losses of the systems in the first year of cultivation. Thus, it was concluded: (i) irrigation blade from 50% of the ETo is the most recommended in sorghum single and cactus forage-sorghum intercropping systems; (ii) on the intercropping the sorghum has breaks in productivity higher than the cactus forage; and, (iii) based on simulated economic indicators for subsequent years, the adoption of irrigation events and cactus forage-sorghum intercropping system promoted profits from the second year of implementation.

Keywords: land use efficiency, yield, irrigation, competition, viability indicators

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1.	Temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$, °C), temperatura mínima ($T_{m\acute{i}n}$, °C), precipitação pluviométrica (P, mm), evapotranspiração de referencia (E_{To} , mm) e lâmina de irrigação mensal aplicada para os tratamentos com 25%, 50%, 75% e 100% da E_{To} , ocorrida na cidade de Serra Talhada, PE durante o período experimental.....	39
Tabela 2.	Produtividade de matéria seca (MS) e conteúdo de matéria seca (CMS) da palma forrageira (Orelha de Elefante Mexicana) e do sorgo (cv. SF-15) em sistema solteiro e do consorcio palma-sorgo em função das lâminas de irrigação (com base na evapotranspiração de referência), mais a condição de cultivo em sequeiro, no município de Serra Talhada, PE.....	39
Tabela 3.	Produtividade de matéria seca (MS) e conteúdo de matéria seca (CMS) da palma forrageira (cv. Orelha de Elefante Mexicana) e do sorgo (cv.SF-15) sob sistema solteiro e consorciado e produtividade do consórcio palma-sorgo submetidos a quatro lâminas de irrigação e sequeiro, no município de Serra Talhada, PE.....	40
Tabela 4.	Uso eficiente da terra parcial da palma (UET_a), Uso eficiente da terra parcial do sorgo (UET_b), Uso eficiente da terra total (UET), Razão de área equivalente no tempo (RAET), Coeficiente equivalente de terra (CET) e Índice de produtividade do sistema (IPS) do consórcio palma e sorgo no município de Serra Talhada, PE.....	40
Tabela 5.	Coeficiente de adensamento relativo da palma sobre o sorgo (CAR_{ab}), Coeficiente de adensamento relativo do sorgo sobre a palma (CAR_{ba}), Coeficiente de adensamento relativo (CAR); Razão de competição da palma (RC_a), Razão de competição do sorgo (RC_b), Agressividade da palma sobre o sorgo (A_{ab}), Agressividade do sorgo sobre a palma (A_{ba}), Perda ou ganho atual de rendimento da palma ($PGAR_a$), Perda ou ganho atual de rendimento do sorgo ($PGAR_b$) e Perda ou ganho atual de rendimento (PGAR) do consórcio palma e sorgo no município de Serra Talhada, PE.....	40

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1.	Produtividade de matéria verde (MV) da palma (cv. Orelha de Elefante Mexicana) e do sorgo (cv. SF15) em sistema individual e do consórcio palma-sorgo em função de lâminas de irrigação (com base na evapotranspiração de referência), mais a condição de sequeiro, no município de Serra Talhada, PE.	55
Tabela 2.	Produtividade de matéria verde (MV), da palma (Orelha de Elefante Mexicana) e do sorgo (cv. SF-15) sob sistema individual e consorciado e produtividade do consórcio palma-sorgo submetidos a quatro lâminas de irrigação e sequeiro, no município de Serra Talhada, PE	55
Tabela 3.	Descrição dos valores absolutos e percentuais dos custos de produção da Palma Forrageira (Orelha de Elefante Mexicana) em cultivo solteiro, submetido a diferentes frações de reposição da evapotranspiração de referência (25%, 50%, 75% e 100% da ETo) no município de Serra Talhada, PE.....	56
Tabela 4.	Descrição dos valores absolutos e percentuais dos custos de produção do Sorgo Forrageiro (cv. SF-15) em cultivo solteiro, submetido a diferentes frações de reposição da evapotranspiração de referência (25%, 50%, 75% e 100% da ETo) no município de Serra Talhada,PE.....	57
Tabela 5.	Descrição dos valores absolutos e percentuais dos custos de produção da Palma (Orelha de Elefante Mexicana) e Sorgo Forrageiro (cv. SF15) em cultivo consorciado, submetido a diferentes frações de reposição da evapotranspiração de referência (25%, 50%, 75% e 100% da ETo) no município de Serra Talhada,PE.....	58
Tabela 6.	Descrição dos valores absolutos e percentuais dos custos de produção da Palma (Orelha de Elefante Mexicana) e Sorgo Forrageiro (cv. SF15) em cultivo solteiro consorciado, em condições de sequeiro no município de Serra Talhada,PE.....	59
Tabela 7.	Simulação da rentabilidade da palma e do sorgo sob condições de irrigadas e com a adoção de sistema solteiro e consorciado, no município de Serra Talhada, PE. Indicadores econômicos de renda bruta (RB), renda líquida (RL), vantagem monetária (VM), margem bruta (MB), relação benefício custo (B/C) e índice de lucratividade.....	60

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

- Figura 1. Número total de cladódios da palma forrageira cv Orelha de Elefante Mexicana no sistema de plantio individual e palma-sorgo (Figura A), e número total de cladódios no sistema individual em função das lâminas de irrigação (Figura B) com base na evapotranspiração de referência (25%, 50%, 75% e 100% da ETo), aplicadas aos sistemas de plantio solteiro e consorciado, mais a condição de cultivo em sequeiro, no município de Serra Talhada, PE..... 61

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	17
CAPÍTULO 1 – EFICIÊNCIA BIOLÓGICA E HABILIDADE COMPETITIVA NO SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO PALMA E SORGO.....	19
1 INTRODUÇÃO.....	20
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4 CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS.....	34
APENDICE.....	39
CAPÍTULO 2 RENTABILIDADE DO USO DA IRRIGAÇÃO NO SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO PALMA-SORGO.....	41
1 INTRODUÇÃO.....	42
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4 CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS.....	51
APENDICE.....	55

APRESENTAÇÃO

A produção de forragem para a alimentação animal no Semiárido concentra-se na época chuvosa quando em condições de sequeiro, trazendo prejuízos aos pecuaristas durante o período de estiagem. Associado a isso, o baixo nível tecnológico induz a criação do rebanho no sistema extensivo, com a alimentação baseada em plantas da Caatinga, as quais apresentam baixa capacidade de suporte forrageiro. Assim, a utilização de culturas adaptadas ao ambiente semiárido, como palma e sorgo, é de extrema importância para o manejo sustentável da pecuária local.

A palma e o sorgo forrageiro devido aos seus, mecanismo fisiológico CAM e C4 respectivamente, apresentam elevada eficiência quanto ao uso da água além de adaptadas a condições variadas de fertilidade do solo e de sua tolerância a altas temperaturas do ar. Com isto sendo bastante utilizada no Nordeste brasileiro na alimentação animal devido a sua boa aceitabilidade, e fácil digestibilidade pelos rebanhos, além de ser fonte de energia e carboidratos. Os cladódios da palma apresentam grande reserva de água, com isto o seu fornecimento de forma isolada, ou seja, como única fonte alimentar pode proporcionar diarreia aos animais em decorrência dos baixos teores de fibras. Podendo este enalço ser sanado quando adicionado o sorgo na alimentação do rebanho devido a sua elevada concentração de fibras.

Diante da importância de ambas as culturas, o consórcio palma-sorgo parece ser uma prática interessante, logo que permite o aproveitamento da área, e é fonte de fibra e nutrientes ao rebanho no período de estiagem, em propriedades que possuem pequenas dimensões ou que a autonomia de irrigação é baixa. O sistema de consórcio de culturas agrícolas é uma prática bastante empregada pelos produtores para melhorar a eficiência de atributos agronômicos por meio da intensificação do uso da terra com mais de uma espécie plantada na mesma área, e ao mesmo tempo, no entanto o consórcio de palma com outras forrageiras ainda são raros. Por apresentar maior estabilidade da produção, o consórcio é muito usado na redução dos riscos causados pelas irregularidades climáticas, e pode ser uma técnica remediadora à produção de forragem em ambientes de água ou solos salinos característica esta comum nos solos semiáridos. Além disso, é uma prática que possibilita a redução da erosão do solo, incidência de insetos, nematóides, fungos, e aumenta a estabilidade na produção e o retorno econômico.

O sistema de consórcio palma-sorgo aliados ao uso de eventos de irrigação pode apresentar papel essencial no desenvolvimento regional, uma vez que permite a redução das

perdas e possibilita que as culturas expressem os seus máximos potenciais. Diante disso é justificável o uso de irrigação no sistema de produção da palma e do sorgo. Todavia, a irrigação no Semiárido, na maioria das vezes, está associada ao uso de água salina, de modo que se torna importante conhecer a real demanda de água das culturas nesse tipo de ambiente e as suas respostas à salinidade.

A eficiência de um sistema consorciado depende da interação e complementação entre as culturas componentes. Diversos fatores podem afetar o rendimento e a taxa de crescimento das culturas em consórcio. Entre eles estão a competição entre as culturas, o tipo de cultivar semeada e o arranjo espacial de plantio. A seleção de culturas compatíveis nos sistemas consorciados apresenta importância no que concerne ao hábito de crescimento, utilização do espaço, luz, água e de nutrientes.

A avaliação dos sistemas de consorciação pode ser feita por meio de índices de mensuração da eficiência biológica (eficiência do uso da terra, UET; razão de área equivalente no tempo, RAET; coeficiente equivalente de terra, CET e índice de produtividade do sistema, IPS) e índices de habilidade competitiva das culturas (coeficiente de adensamento relativo, CAR; razão de competitividade, RC; agressividade, A; perda ou ganho atual de rendimento, PGAR), os quais fornecem resultados quanto à configuração, densidade e época adequada de plantio. Tais informações podem subsidiar a implantação de políticas públicas de modo a fornecer melhorias socioeconômicas para os produtores das regiões semiáridas.

Não existem informações na literatura nacional e internacional com relação ao desempenho agrônomo, respostas produtivas, eficiência do uso da terra e viabilidade econômica sob a prática do consórcio entre a palma e o sorgo justificando-se com isto a extrema importância da realização do presente trabalho. Com base no exposto, objetivou-se analisar a eficiência biológica, habilidade competitiva e rentabilidade do sistema de consórcio palma-sorgo sob diferentes regimes hídricos e sistemas de plantio em ambiente Semiárido com o uso de água salina. Especificamente, pretendeu-se: (i) avaliar a eficiência biológica e habilidade competitiva do sistema de consorciação palma-sorgo; e, (ii) analisar a rentabilidade desse consórcio.

CAPÍTULO 1 - EFICIÊNCIA BIOLÓGICA E HABILIDADE COMPETITIVA NO SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO PALMA-SORGO

Resumo - O sistema de consorciação de culturas agrícolas é uma prática bastante empregada pelos produtores, uma vez que melhora o aproveitamento do uso da terra. Assim, objetivou-se analisar a eficiência biológica e habilidade competitiva do sistema de consorciação palma-sorgo. A palma cv. Orelha de Elefante Mexicana e o sorgo cv. SF-15 foram distribuídos em blocos casualizados, com 4 repetições, em arranjo fatorial 5x3, sendo as parcelas compostas por quatro lâminas de irrigação (25%; 50%; 75% e 100% da evapotranspiração referência-ET_o) mais condição de sequeiro, e as subparcelas pelos sistemas de plantio (palma solteira, sorgo solteiro e palma-sorgo). As produtividades das culturas foram obtidas na ocasião das colheitas e, em seguida, foram calculados indicadores de eficiência biológica e habilidade competitiva. Com os resultados, constatou-se que a produtividade em base seca obtido no consórcio foi 12.130,00 kg ha⁻¹, ainda que observada redução da produtividade da palma e do sorgo de 28% e 39% em relação aos seus monocultivos. O uso eficiente da terra (1,51) indicou vantagem produtiva do consórcio, e os índices de habilidade competitiva indicaram a palma como cultura dominante do sistema de consorciação. As maiores produtividades foram alcançadas quando aplicada lâminas de irrigação de com pelo menos 50% da ET_o.

Termos para indexação: eficiência do uso da terra, produtividade, irrigação, semiárido.

Introdução

O Semiárido brasileiro possui ampla variação espaço-temporal da precipitação, impactando a produção de forragem, e trazendo prejuízos aos pecuaristas da região. Associado a isso, o baixo nível tecnológico induz a criação do rebanho no sistema extensivo, sendo a vegetação nativa a base da alimentação animal, que comumente apresentam produtividade de massa de forragem reduzida (Oliveira et al., 2010). Assim, a consorciação de culturas adaptadas ao ambiente semiárido, como palma forrageira e o sorgo, é de extrema importância para o manejo sustentável da pecuária local (Costa et al., 2010; Andrade, 2012).

O sistema de consorciação de culturas agrícolas é uma prática bastante empregada pelos produtores para melhorar a eficiência de atributos agronômicos, por meio da intensificação do uso da terra com mais de uma espécie plantada na mesma área, e ao mesmo tempo. Os sistemas de produção da agricultura familiar do semiárido buscam a diversificação dos cultivos locais, onde na maioria das vezes, utiliza-se a consorciação milho e feijão com cultivos forrageiros adaptados às limitações hídricas da região (Ferreira et al., 2009; Andrade, 2012), no entanto estudos que avaliem a consorciação de palma-sorgo são raros. Em função da adaptabilidade da palma o seu cultivo é bastante comum em ambiente semiárido, mesmo em condições de seca (Corrêa et al., 2008).

Neste contexto, a integração do sorgo forrageiro aos sistemas locais da agricultura familiar por meio do consórcio com palma forrageira pode ser mais uma estratégia remediadora para a produção de forragem, além de servir como fonte adicional de renda, e complementação das atividades existentes na propriedade. A análise dos consórcios pode ser feita pela integração dos aspectos ecológicos, sociais, econômicos e agronômicos para a compreensão e avaliação do efeito das tecnologias empregadas sobre os sistemas agrícolas (Silva et al., 2013).

A eficiência da consorciação está relacionada aos tipos de culturas envolvidas, devendo existir uma complementação entre ambas para o sucesso da atividade. Outro aspecto de relevância levado em consideração pelos agricultores é a utilização de um sistema que vise amenizar os riscos de perdas por condições adversas (secas, altas temperaturas, pragas e doenças), maior aproveitamento da área, maior retorno econômico e uma alternativa viável para incrementar a oferta de alimentos (Freire, 2012; Pinto & Pinto, 2012).

Vários índices têm sido sugeridos para avaliar a eficiência agrônômica do consórcio: uso eficiente de terra, (UET) razão área equivalente no tempo, (RAET) índice de produtividade do sistema, (IPS) coeficiente equivalente de terra, (CET) razão de competitividade, (RC) agressividade, (A) perda ou ganho atual de rendimento, (PGAR) conforme utilizados por Silva et al. (2013); Sadeghpour et al. (2013) e Dutra (2012).

Trabalhos têm mostrado a importância do consórcio entre culturas. Silva et al. (2013), analisando o desempenho agrônômico de algodão orgânico e oleaginosas consorciados com palma forrageira, constataram que a configuração algodão+gergelim+palma forrageira pode ser uma alternativa eficiente na agricultura familiar, visto que apresentou resultados positivos de UET. Resultados semelhantes também foram constatados por Bezerra Neto et al. (2007), avaliando o rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo-feijão de corda e sorgo-milho, obtendo valores de UET superior a 1.

Já Sadeghpour et al. (2013), avaliando a produção de forragem, qualidade e benefício econômico da cevada em consórcio com a espécie *Medicago scutellata* L. sob condições semiáridas em duas épocas de cultivo, constataram que o rendimento total de forragem e a sua qualidade nutricional foi melhorada com o consórcio. Poucas são as informações encontradas na literatura nacional e internacional com relação ao desempenho agrônômico, respostas produtivas e eficiência do uso da terra sob a prática do consórcio palma-sorgo. Farias et al. (2000) avaliaram esse consórcio sob diferentes espaçamentos de plantio em condições de

sequeiro e constataram que a produtividade de ambas culturas dependem da densidade de plantio.

A avaliação dos sistemas de consorciação mediante o uso de índices de eficiência biológica e habilidade competitiva entre culturas possibilita tomar decisões adequadas sobre a configuração, época e densidade mais adequadas. Essas informações podem subsidiar a implantação de políticas públicas, de modo a fornecer melhorias socioeconômicas para os produtores das regiões semiáridas. Diante do exposto, objetivou-se analisar a eficiência biológica e a habilidade competitiva do sistema de consorciação palma-sorgo irrigada sob diferentes regimes hídricos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra (7°59'S, 38°15'O e altitude de 431 metros), do Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA, situado no município de Serra Talhada - PE, microrregião do Vale do Pajeú, semiárido do Nordeste brasileiro. A região apresenta clima, de acordo com a classificação de Koppen, do tipo BSw^h, com precipitação pluvial em torno de 642,1 mm, temperatura do ar variando entre 20,1 e 32,9°C e a umidade relativa do ar de 62,7%. O solo, onde foi conduzido o experimento, é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico franco Arenoso de acordo com a classificação da Embrapa (Embrapa, 1999).

Foram utilizados a palma Orelha de Elefante Mexicana gênero (*Opuntia stricta*) e o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) cv. SF-15 distribuídas em blocos casualizados, composto por quatro repetições, em arranjo fatorial 5x3, nas quais as parcelas foram compostas por quatro lâminas de irrigação (25%; 50%; 75% e 100% da evapotranspiração referência - ETo) mais a testemunha em sequeiro e as subparcelas por três sistemas de plantio (palma forrageira em sistema solteiro, sorgo forrageiro em sistema solteiro e palma-sorgo em

sistema consorciado) arrançados da seguinte forma: palma-sorgo consorciados composto por 92% de plantas de sorgo forrageiro (170.000 plantas ha⁻¹) + 8% de palma forrageira (15.625 plantas ha⁻¹) com a palma plantada em espaçamento de 1,6 x 0,4 m e intercalada com uma fileira de sorgo forrageiro distante 0,2 m; palma solteira composto por 100% de plantas de palma, com espaçamento de 1,6 x 0,4 metros, com uma densidade populacional de 15.625 plantas por ha⁻¹ e sorgo solteiro composto por 100% de plantas de sorgo, com espaçamento entre fileiras de 1,6 m e uma densidade populacional de 170.000 plantas por ha⁻¹.

O experimento foi conduzido entre os meses de novembro de 2014 e novembro de 2015. A semeadura do sorgo foi realizada no dia 08 de janeiro de 2015, sendo efetuado o desbaste após 20 dias e capinas manuais sempre que se fizeram necessárias. Durante o período experimental foram realizadas duas adubações químicas com NPK na formulação 14-00-18+16 S, sendo aplicadas 525 Kg ha⁻¹.

O monitoramento das variáveis meteorológicas ao longo do período experimental foi realizado com base nos dados observados na estação meteorológica automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizada a 1,5 km da área experimental. Os dados compreenderam medidas horárias de: temperatura média, máxima e mínima do ar (°C dia⁻¹); umidade relativa média, máxima e mínima do ar (% dia⁻¹); radiação solar global (MJ m² dia⁻¹); velocidade do vento (m s⁻¹ dia⁻¹). Os dados de precipitações foram coletados por meio de um pluviômetro automático (S-RGB-M002) instalado na área experimental. Estas variáveis serviram como base para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o), a qual foi determinada pela equação de Penman Monteith (Allen et al., 1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \left(\frac{900}{t + 273} \right) \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,3 \cdot u_2)} \quad (1)$$

em que: ET_o - evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Δ - declividade da curva da pressão de saturação do vapor d'água (kPa °C⁻¹); R_n - saldo de radiação à superfície de cultivo

(MJ m⁻² dia⁻¹); G - densidade do fluxo de calor sensível no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); t - temperatura do ar média diária (°C dia⁻¹); u₂ - velocidade média diária do vento a 2 m de altura (m s⁻¹ dia⁻¹); e_s - pressão de saturação média diária do vapor d'água (kPa dia⁻¹); e_a - pressão parcial média diária do vapor d'água (kPa dia⁻¹) e γ - constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

Na ocasião da colheita do sorgo forrageiro do primeiro ciclo (28 de maio de 2015), aos 147 dias após a semeadura, e do segundo ciclo (avaliação da rebrota), aos 102 dias após o primeiro corte (09 de setembro de 2015), coletou-se amostra de matéria fresca, de 10 plantas representativas de cada parcela, cortando-se a 0,10 m acima da superfície do solo, as quais foram pesadas após serem separadas nas frações folha, caule, e panícula. Após a obtenção de sua massa fresca, três plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar a 65°C, em uma estufa de circulação de ar forçada, até atingir massa constante.

Após um ano de ciclo produtivo, a palma forrageira foi colhida (09 de novembro de 2015), quando foram obtidos dados de massa fresca de 22 plantas de palma da área útil de cada parcela experimental, dentre as quais foram selecionados e fracionados três cladódios representativos, que foram colocados para secar em estufa a 65°C, para posterior extrapolação do conteúdo e produtividade da matéria seca.

A eficiência biológica dos sistemas de consorciação de palma e sorgo foi determinada por meio dos diversos índices.

O uso eficiente de terra (UET) expressa a quantidade de terra, em hectare, em monocultivo necessária para igualar o mesmo rendimento produzido na cultura em consórcio, ou seja, é a quantidade de terra necessária em cultivo solteiro para atingir o mesmo rendimento em cultivo consorciado (Atis et al., 2012), conforme utilizados por (Yilmaz et al., 2015; Wortan et al., 2012):

$$UET = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} \quad (2)$$

em que: Y_{ab} e Y_{ba} - representa a produtividade das culturas a (palma forrageira) e b (sorgo) no sistema consorciado, Y_{aa} e Y_{bb} - é produção do sistema solteiro. O primeiro termo da equação representa o uso eficiente parcial de terra da palma (UET_a) e o segundo o uso eficiente parcial de terra do sorgo (UET_b). Se $UET > 1$, então ocorre vantagem produtiva do sistema consorciado, se $UET=1$ não ocorre vantagem produtiva, e, se $UET < 1$, então ocorre desvantagem produtiva do sistema consorciado.

A razão de área equivalente no tempo (RAET) é necessária por que o UET não inclui o fator tempo, podendo superestimar a vantagem do consórcio, sobretudo quando as culturas do sistema consorciado apresentam grande diferença no ciclo produtivo, sugerindo-se o uso da RAET (Thobatsi, 2009):

$$RAET = \frac{UET_a \cdot t_a + UET_b \cdot t_b}{T_{ab}} \quad (3)$$

em que: UET_a e UET_b - representam o uso eficiente da terra parcial da palma e do sorgo, nessa ordem; t_a - representa duração do ciclo da palma em dias; t_b - duração do ciclo do sorgo em dias; T_{ab} - representa o tempo total do sistema de consorciação. Se $RAET > 1$ ocorre vantagem produtiva, se $RAET = 1$ não há vantagem produtiva, e se $RAET < 1$ ocorre desvantagem produtiva.

O coeficiente equivalente de terra (CET) foi calculado conforme Dutra (2012):

$$CET = UET_a \cdot UET_b \quad (4)$$

em que: UET_a - representa o uso eficiente da terra parcial da palma; UET_b - representa o uso eficiente da terra parcial do sorgo. Para duas culturas em consórcio, o coeficiente produtivo mínimo é 25%, ou seja, apresenta vantagem produtiva quando valor de CET excede 0,25.

O índice de produtividade do sistema (IPS) foi obtido conforme metodologia utilizada por Sadeghpour et al. (2013):

$$IPS = \left(\frac{Y_{aa}}{Y_{bb}} \right) \cdot Y_{ba} + Y_{ab} \quad (5)$$

em que: Y_{ab} e Y_{ba} - representam a produção das culturas 'a' e 'b' (palma e sorgo) em consórcio, Y_{aa} e Y_{bb} - é a produção dos sistemas solteiro de ambas as culturas. A principal vantagem do IPS é que esse índice padroniza o rendimento da cultura secundária (sorgo forrageiro) em relação à cultura principal (palma forrageira) (Oseni & Aliyu, 2010).

Por sua vez, a habilidade competitiva dos componentes do sistema de consorciação foi determinada por meio dos seguintes índices:

O coeficiente de adensamento relativo (CAR) é uma medida da relação de dominância de uma cultura sobre a outra em um sistema de consórcio.

$$CAR = \left[\frac{(Y_{ab} \cdot Z_{ba})}{(Y_{aa} - Y_{ab}) \cdot Z_{ab}} \right] \cdot \left[\frac{(Y_{ba} \cdot Z_{ab})}{(Y_{bb} - Y_{ba}) \cdot Z_{ba}} \right] \quad (6)$$

em que: Y_{ab} e Y_{ba} - é a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio; Y_{aa} - é produção do monocultivo; Z_{ab} - representa proporção de plantio da espécie 'a' (8%, 15.625 plantas ha⁻¹) em mistura com a espécie 'b' (92%, 170.000 plantas ha⁻¹); Z_{ba} - representa a proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'. Se $CAR > 1$ então ocorre vantagem produtiva do sistema consorciado em relação ao solteiro, se $CAR = 1$ não ocorre vantagem produtiva, se $CAR < 1$ então ocorre desvantagem produtiva do sistema consorciado em relação ao solteiro. Os coeficientes de adensamento relativo $CAR_{ab} > CAR_{ba}$ sugerem que cultura principal apresenta forte competição interespecífica.

Agressividade (A) representa a relação de mudanças de produtividade de dois componentes culturais (Sadeghpour et al., 2013), uma importante ferramenta para determinar a habilidade de culturas associadas. Este índice foi determinado conforme (Sadeghpour et al., 2013):

$$A_{ab} = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} \cdot Z_{ab}} - \frac{Y_{ba}}{Y_{ba} \cdot Z_{ba}} \quad (7)$$

$$A_{ba} = \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} \cdot Z_{ba}} - \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} \cdot Z_{ab}} \quad (8)$$

em que: Y_{ab} e Y_{ba} - é a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio; Y_{aa} e Y_{bb} - é produção do monocultivo; Z_{ab} - representa a proporção de plantio da espécie 'a' em mistura com a espécie 'b'; Z_{ba} - representa proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'. Desse modo, se $A_{ab} = 0$, ambas as culturas são igualmente competitivas; por outro lado, se A_{ab} for positivo, então a sorgo é dominante no sistema consorciados em questão e se A_{ab} for negativo, a palma é dominante no sistema de cultivo avaliado (Oseni & Aliyu, 2010). O mesmo raciocínio se aplica à A_{ba} .

A perda ou ganho atual de rendimento (PGAR) foi determinado pela seguinte equação:

$$PGAR = \left[UET_a \cdot \left(\frac{100}{Z_{ab}} \right) - 1 \right] + \left[UET_b \cdot \left(\frac{100}{Z_{ba}} \right) - 1 \right] \quad (9)$$

em que: UET_a e UET_b - representam o uso eficiente parcial de terra da cultura "a" e "b" obtida por meio da equação 2; Z_{ab} - representa a proporção de plantio da espécie 'a' em mistura com a espécie 'b'; Z_{ba} - representa proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'. Se $PGAR_{ab} > 0$ indica vantagem acumulada do consórcio em relação ao solteiro, se $PGAR_{ab} < 0$ indica desvantagem do sistema de consorciação. A perda ou ganho atual de rendimento relaciona na base do seu cálculo, o índice uso eficiente de terra - UET, como também o espaço usado no campo de cultivo nas condições de consórcio e monocultivo.

A razão de competitividade (RC) indica o número de vezes em que um componente é mais competitivo que outro. A RC foi obtida a partir do índice de agressividade utilizado por (Atis et al., 2012):

$$RC_a = \frac{UET_a}{UET_b} \cdot \frac{Z_{ba}}{Z_{ab}} \quad (10)$$

$$RC_b = \frac{UET_b}{UET_a} \cdot \frac{Z_{ab}}{Z_{ba}} \quad (11)$$

em que: UET_a e UET_b - é o uso eficiente parcial de terra da cultura 'a' (palma) e 'b' (sorgo), respectivamente; Z_{ba} - representa a proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'; Z_{ab} - representa a proporção de plantio da espécie 'a' em mistura com a espécie

'b'. A interpretação da razão de competitividade (RC) é dada por: se $RCa < 1$, ocorre um benefício positivo e a cultura pode ser cultivada em associação e se $RCa > 1$, existe efeito negativo da cultura e apresenta maior competitividade comparada à monocultura, não indicando o seu cultivo em associação. Essa interpretação é válida também para a espécie 'b' (Egbe & Baranyam, 2010). A RC mede o grau que uma cultura compete com a outra, apresentando a base do seu cálculo em função da produtividade da cultura principal e consorte em associação e isoladas como também o espaço usado no campo de cultivo por ambas.

Os dados de produtividade de massa seca e conteúdo de massa seca foram comparados entre os sistemas de plantio (palma solteira, sorgo solteiro e consórcio palma-sorgo) e as lâminas de irrigação mais a condição de sequeiro. Por outro lado, os índices de eficiência biológica e habilidade competitiva do sistema de consorciação foram comparados entre as lâminas em relação à condição sequeira. Os dados foram submetidos à análise de normalidade e homocedasticidade, a análise de variância e, quando necessário, suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Condições meteorológicas e irrigação

A média da temperatura máxima e mínima ocorrida durante o período experimental (Tabela 1) foi 32,9 °C e 21,0 °C. A precipitação durante o período experimental foi de 354,7 mm, e uma evapotranspiração de referência - E_{To} de 1500,1 mm, sendo aplicados via irrigação 208,3mm, 369,7mm, 511,8mm e 656,5 mm para as lâminas de 25%, 50%, 75% e 100% da E_{To} respectivamente, e uma tratamento testemunha com (354,7 mm).

Impacto do consórcio sobre a palma

Não houve efeito de interação entre lâminas e sistemas de plantio na produtividade individual da palma ($p > 0,05$). Os eventos de irrigação não melhoraram o desempenho produtivo da palma em termos de matéria seca – MS com um ano de ciclo produtivo (Tabela 2), independentemente do sistema. Por outro lado, os valores do conteúdo de matéria seca - CMS foram menores (entre 11% e 12%) quando comparados ao cultivo sequeiro. A adoção do sistema consorciado com o sorgo não afetou significativamente a produtividade individual de MS da palma ($3.572,79 \text{ kg ha}^{-1}$), quando comparado ao monocultivo ($4.626,98 \text{ kg ha}^{-1}$) (Tabela 3) no entanto, sendo constatada uma redução da produtividade em decorrência do consórcio de 22,8 % o que representa $1.054,20 \text{ kg ha}^{-1}$. Porém, o maior conteúdo de matéria seca (CMS) da palma foi verificado quando consorciada. Este resultado está relacionado à competição interespecífica diminuindo a disponibilidade água para ambas as culturas, e consequente a retenção pelos cladódios da palma.

Impacto do consórcio sobre o sorgo

A produtividade individual do sorgo em termos de MS (Tabela 2), independentemente dos sistemas de plantio, não diferiram entre as lâminas de irrigação ($p > 0,05$), mas foi superior à condição de sequeiro ($p < 0,05$). Já para a variável CMS, a aplicação de lâminas de irrigação proporcionou um menor valor de CMS (18% a 20%) quando comparado ao cultivo em sequeiro. No sistema consorciado, o rendimento de MS do sorgo sofreu influência da palma (Tabela 3), reduzindo o seu potencial produtivo em 39,2%, quando comparado ao sistema de sorgo solteiro (monocultivo), o que representa redução de $5.515,97 \text{ kg MS ha}^{-1}$.

No entanto, sabe-se que no consórcio entre duas culturas a busca pelos recursos do ambiente torna-se mais competitivo e escasso, o que reduz o potencial produtivo das espécies no consórcio e sobressaindo-se, em alguns casos, aquelas culturas mais agressiva. É

importante destacar que a consorciação de culturas tem como objetivo a busca de um melhor aproveitamento dos recursos naturais. Por sua vez, deve-se acrescentar que nesse sistema o ambiente torna-se competitivo, o que necessita de ajustes de modo evitar agressividade da cultura dominante (Dutra, 2012). Embora isso, não foi constatado efeito significativo sobre o CMS do sorgo devido a adoção do consórcio.

Vantagem do sistema de plantio consorciado e uso da irrigação

Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre as lâminas de irrigação e sistema de cultivo para variável matéria seca (MS, kg ha^{-1}) e conteúdo de matéria seca (CMS, %). Os rendimentos entre os tratamentos com aplicação de lâminas de irrigação não se diferenciaram entre si, independentemente do sistema de plantio (Tabela 2), a condição de 25% da E_{To} não se diferenciou do tratamento sequeiro. O CMS diminuiu com o aumento da aplicação da lâmina de irrigação (15% a 16%), sendo superior no sistema sequeiro (21%).

Analisando o sistema de plantio, o sorgo solteiro e o consórcio palma-sorgo promoveram as maiores produtividades de MS ($14.073,19 \text{ kg ha}^{-1}$ e $12.130,00 \text{ kg ha}^{-1}$) respectivamente (Tabela 3), quando comparada ao sistema de cultivo palma solteira, palma consorciada e sorgo consorciado ($4.626,98 \text{ kg ha}^{-1}$, $3.572,79 \text{ kg ha}^{-1}$, e $8.557,22 \text{ kg ha}^{-1}$). Esses resultados corroboram com Alcântara (2010), que avaliando o sistema de consórcio sorgo-soja, também constataram maiores rendimentos de matéria seca nos sistemas consorciados.

A palma é uma espécie CAM adaptada a ambientes áridos de alta intensidade de radiação solar, de modo que o sombreamento proporcionado pelo sorgo pode ter afetado parte de seu desempenho produtivo. Peixoto (2009), avaliando o efeito do sombreamento e da adubação da palma forrageira em consórcio com cajá, constatou valores de MS de $9.000,00$ e $5.380,00 \text{ kg ha}^{-1}$ no sistema solteiro e consorciado, nessa ordem, respectivamente, com redução de 40,2%

da produtividade, em decorrência do efeito do sombreamento. No presente estudo, essa redução foi de 22,8%.

Os maiores valores de conteúdo e matéria seca - CMS, foram observados no sistema de sorgo solteiro e sorgo consorciado (22% a 21%), seguidos do sistema palma-sorgo (19%). Logo, menores valores foram observados no sistema de palma solteira e palma consorciada (11%, 14%), devido o elevado conteúdo de água e baixo teor de fibras da palma, característica de plantas CAM (Almeida, 2011). Peixoto (2009) constatou valores do CMS de 21,86% quando em condições solteira e 18,34% em consórcio com a cultura do cajá. Incremento de MS em decorrência da consorciação de culturas tem sido constatado por Silva et al. (2015) e por Pequeno et al. (2006), analisando o consórcio do milho com brachiária.

Eficiência biológica do consórcio

A avaliação biológica do sistema de consorciação por meio do uso eficiente de terra - UET revelou que, devido à consorciação, a quebra da produtividade do sorgo ($UET_b = 0,65$) foi superior ao da palma ($UET_a = 0,87$). Estes resultados revelam comportamento dominante da cultura da palma (Orelha de Elefante Mexicana) quando em consórcio com o sorgo (cv. SF-15). Os seus rendimentos juntos mostraram vantagem produtiva do sistema consorciado ($UET = 1,51$), independente da condição de disponibilidade hídrica (irrigada ou sequeira), quando comparado aos sistemas solteiros (Tabela 4). Os incrementos médios foram de 51%, ou seja, para o cultivo solteiro igualar a mesma produtividade do consórcio é necessário um aumento de área de 0,51 hectares. De acordo com Wortman et al. (2012), valores de $UET > 1,0$ sugerem que o sistema de consórcio entre as culturas é mais eficiente no uso da terra.

Para Kumar & Thakur (2006), quando o uso eficiente da terra for superior a uma unidade ($UET > 1$) implica inferir que houve sustentabilidade biológica do consórcio, com vantagem produtiva superior ao sistema de cultivo solteiro. Silva (2014), avaliando o uso da

terra do consórcio de palma com diferentes populações de amendoim, constatou valores variando de 1,08 a 1,22, em condição de sequeiro. Resultados estes inferiores ao constatado por Silva et al. (2013), os quais analisando o desempenho de algodão e oleaginosas consorciada com palma forrageira, constataram valores de UET, variando entre 2,58 e 2,99.

A razão de área equivalente no tempo - RAET permite fazer uma avaliação mais acurada do sistema de consórcio do que o UET, uma vez que leva em consideração o tempo necessário que as plantas envolvidas na consorciação passam no campo até a colheita. O valor de RAET obtido no presente trabalho foi de 1,30, indicando que o consórcio palma-sorgo apresenta vantagem biológica de 30% na utilização de terra e tempo em relação ao monocultivo da cultura principal (palma) e em relação ao monocultivo do sorgo (Pinto et al. 2011).

O coeficiente equivalente de terra - CET obtido no consórcio foi de 0,58, indicando vantagem do sistema de consorciação, logo que foi superior a 0,25 ($CET > 0,25$) (Joseph & Balan, 2008; Egbe & Baranyan, 2010), indicando que o rendimento das culturas palma e sorgo quando em consórcio atingiu um rendimento, superior a 50% de suas produtividades se cultivadas em monocultivo (GONDIM, 2011).

Em relação ao índice de produtividade do sistema - IPS (6.279,02 Kg MS), percebe-se que esse indicador padronizou a produtividade da cultura do sorgo, adotando como base a cultura da palma, mostrando que, no sistema consorciado houve aumento e estabilidade na produtividade uma vez que os valores de IPS foram superiores ao monocultivo da palma (4.626,98 Kg MS ha⁻¹). É possível identificar a partir do IPS que as culturas palma e sorgo fizeram uso eficiente dos recursos naturais (água, nutrientes e luz) em seu crescimento, desenvolvimento e desempenho produtivo (Dutra, 2012).

Avaliação da habilidade competitiva no sistema de consorciação

A média do coeficiente de adensamento relativo parcial da palma - CAR_a (34,80) foi superior ao do sorgo - CAR_b (0,45), indicando que palma apresenta forte competição interespecífica, dominando assim o sorgo no sistema de consorciação (Tabela 5). Por sua vez, o produto dos valores parciais da palma e do sorgo - CAR (12,33) resultou em valor superior a uma unidade, caracterizando uma ótima compatibilidade para o sistema de cultivo empregado. Assim como o CAR , a razão de competitividade - RC também mede o grau que uma cultura compete com a outra pelos fatores de produção. A razão de competitividade da palma - RC_a , apresentou maior índice (16,27), quando comparada com sorgo - RC_b (0,09), mostrando que a palma possui 16,27 vezes mais capacidade de competir pelos fatores de produção que o sorgo.

O índice de agressividade - A , é considerado uma importante ferramenta na determinação da habilidade competitiva de culturas em associação, de modo que a dominância de um consorte sobre o outro é entendido quando esse índice for maior que zero ($A > 0$). Os valores de agressividade da palma sobre o sorgo - A_{ab} , foi positivo (9,60), caracterizando-a como a cultura dominante do sistema. Já o sorgo constituiu a cultura dominada, sendo o valor de agressividade oposto (-9,60). Vale ressaltar a equivalência do resultado constatado para o RC , o qual coincide com a A , reforçando mais uma vez que o sorgo é menos competitivo em relação à palma forrageira no sistema consorciado. Para os valores de perda ou ganho atual de rendimento da palma - $PGAR_a$ (1.029,45), e perda ou ganho atual de rendimento do sorgo - $PGAR_b$ (69,67), verificou-se valores positivos indicando com isto vantagem acumulada do consórcio em relação ao monocultivo.

Conclusões

1. A palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana e o sorgo cv. SF-15 apresentaram reduções de suas produtividades quando consorciadas;

2. Os sistemas de plantio sorgo solteiro e consórcio palma-sorgo foram os que obtiveram maior produtividade de matéria seca;
3. Lâminas de irrigação a partir de 50% da evapotranspiração de referência (ET_o) são as mais indicada para o consórcio palma-sorgo;
4. Os índices de eficiência biológica indicaram vantagem do sistema de consorciação palma-sorgo;
5. Os índices de habilidade competitiva identificaram o sorgo como cultura dominada pela palma.

Referências bibliográficas

ALCANTARA, H.P. **Consórcio sorgo-soja. Efeito de épocas de semeadura do sorgo, cultivares de sorgo e de sistemas de cortes na produção de forragem das culturas consorciadas na entrelinha e em monocultivo**, 2010, 171f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration**. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, 1998, 300p.

ALMEIDA, J. **A palma forrageira na região semiárida do estado da Bahia: diagnóstico, crescimento e produtividade**. 2011. 95f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Cruz das Almas.

ANDRADE, J.A.S. **Produção de Amendoim consorciado com palma forrageira no Agreste Meridional Pernambucano**. 2012, 67f. Dissertação (Produção Agrícola), Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns.

ATIS, I.; KOKTEN, K.; HATIPOGLU, R.; YILMAZ, S.; ATAK, M.; CAN, R. Plant density and mixture ratio effects on the competition between common vetch and wheat, **Australian Journal of Crop Science**, v.6, p.498-505, 2012.

BEZERRA NETO, F.; GOMES, E. G.; NUNES, G. H. S.; OLIVEIRA, E. Q. Desempenho de sistemas consorciados de cenoura e alface avaliados através de métodos uni e multivariados. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.500-506, 2007.

CORRÊA, M.L.P.; TÁVORA, F.J.A.F.; PITOMBEIRA, J.B.; PINTO, C.M. Rendimento e uso eficiente da terra do consórcio da mamoneira com feijão Caupi e Amendoim. In: Congresso Brasileiro de Mamona energia e ricinoquímica, 3, Salvador. **Anais. III Congresso Brasileiro de Mamona energia e ricinoquímica**, Salvador. 2008.

COSTA, D.D.; BARBOSA, R.M.; DE SÁ, M.E. Sistemas de produção e cultivares de feijoeiro em consórcio com milho. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, p.425-430, 2010.

DUTRA, A.F. **Eficiência agroeconômica do consórcio mamona e amendoim em área do Semiárido paraibano**. 2012, 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1999. 412p.

EGBE, O.M.; ALIBO, S.E.; NWUEZE, I. Evaluation of some extra-early and early maturing cowpea varieties for intercropping with maize in southern Guinea Savana of Nigeria. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 1, p. 845-858, 2010.

FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; TAVARES FILHO, J.J.; SANTOS, M.V.F.; FERNANDES, A.P.M.; SANTOS, V.F. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira em consórcio com sorgo granífero no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.341-347, 2000.

FERREIRA, M.A.; SILVA, F.M.; BISPO, S.V.; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteira no semiárido. **Revista Brasileira de Zootécnia**, Lavras. v.38, p.322-329, 2009.

FREIRE, J.L. **Avaliação de clones de Palma forrageira (Opuntia e Nopalea) sob irrigação e salinidade**, 2012, 85f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GONDIM, T. M. S. **Arranjos espaciais e sua influência no consórcio mamoneira precoce e feijão caupi**, 2011. 177p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

JOSEPH, S.; BALAN, B. Biological efficiency of ash ground based intercropping systems. **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 42, p. 86-91, 2008.

OLIVEIRA, F.T.; SOUTO, J.S.; SILVA, R.P.; ANDRADE FILHO, F.C.; PEREIRA JUNIOR, E.B. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde**, v. 5, p. 27-37, 2010.

OSENI, T.O.; ALIYU, I.G. Effect of row arrangements on sorghum-cowpea intercrops in the semi arid savannah of Nigeria. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 12, p. 137-140, 2010.

PEIXOTO, M.J.A. **Crescimento vegetativo, produção e composição químico-bromatológica da palma forrageira consorciada com cajá (*Spondias spp.*)**. 2009, 77f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza.

PEQUENO, D.N.L.; MARTINS, E.P.; AFFERRI, F.S.; FIDELIS, R.R.; SIQUEIRA, F.L.T. Efeito da época de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre caracteres agrônômicos da cultura anual e da forrageira, em Gurupi, estado do Tocantins. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, v.2, p.127- 133, 2006.

PINTO, C. M.; SIZENANDO FILHO, F. A.; CYSNE, J. R. B.; PITOMBEIRA, J. B. Produtividade e índices competição da mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi. **Revista Verde**, v. 6, n. 2, p. 75-85, 2011.

PINTO, C.M.; PINTO, O.R.O. Avaliação da eficiência biológica e habilidade competitiva nos sistemas de consorciação de plantas. **Enciclopédia Biosfera**. v.8, p. 105-122, 2012.

SADEGHPOUR, A.; JAHANZAD, E.; ESMAEILI, A.; HOSSEINI, M.B.; HASHEMI, M. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. **Field Crops Research**, v.148, p.43-48, 2013.

SILVA, A.C. **Uso de rejeito da indústria leiteira na produção de amendoim consorciado com palma forrageira**. 2014, 85f. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns.

SILVA, D.V.; PEREIRA, G.A.M.; FREITAS, M.A.M.; SILVA, A.A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, G.S.; FERREIRA, L.R.; CECON, P.R.. Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciência Rural**, v.45, p.1394-1400, 2015

SILVA, G.S.; OLIVEIRA, R.A.; QUEIROZ, N.L.; SILVA, M.N.B.; SOUSA, M.F.; SILVA, S.A. Desempenho agrônômico de algodão orgânico e oleaginosas consorciados com palma forrageira. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, p.975–981, 2013.

THOBATSI, T. J. T. **Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in an intercropping system.**, 2009. 149f. Dissertation (Magister of Science Agronomy) – University of Pretoria. Pretoria, 2009.

WORTMAN, S.E.; FRANCIS, C.A.; LINDQUIST, J.L.. Cover Crop Mixtures for the Western Corn Belt: Opportunities for Increased Productivity and Stability. **Agronomy Journal**, v.104, p.699-705, 2012.

YILMAZ, S.; ÖZEL, A.; ATAK, M. ERAYMAN, M.; Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean, **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.39: p.135-143, 2015.

Tabela 1. Temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$, °C), temperatura mínima ($T_{\text{mín}}$, °C), precipitação pluviométrica (P, mm), evapotranspiração de referência (ETo, mm) e lâmina de irrigação mensal aplicada para os tratamentos com 25%, 50%, 75% e 100% da ETo, ocorrida na cidade de Serra Talhada, PE durante o período experimental.

Mês-Ano	$T_{\text{máx}}$ °C	$T_{\text{mín}}$ °C	P (mm)	ETo (mm)	Irrigação Mensal (mm)			
					25%	50%	75%	100%
Novembro-2014	----	----	91,1	----	----	----	----	----
Dezembro-2014	----	----	11,4	----	----	----	----	----
Janeiro-2015	34,5	21,9	45,0	95,9	15,01	26,57	36,91	47,38
Fevereiro-2015	33,8	21,8	63,6	149,8	14,30	25,47	35,37	45,40
Março-2015	33,1	21,7	67,0	155,9	10,60	19,16	26,77	34,78
Abril-2015	33,2	21,7	20,6	145,4	25,50	45,28	62,89	80,73
Mai-2015	32,6	21,5	5,6	136,8	23,90	42,48	59,07	76,04
Junho-2015	30,3	19,9	47,6	110,1	18,69	33,10	45,97	59,02
Julho-2015	29,1	19,5	2,8	116,3	15,18	26,87	37,33	47,92
Agosto-2015	31,2	19,0	0,0	157,4	27,41	48,53	67,40	86,52
Setembro-2015	34,1	20,5	0,0	178,0	31,37	55,57	75,35	95,58
Outubro-2015	34,8	21,3	0,0	198,1	20,10	35,59	49,43	63,45
Novembro-2015	35,2	21,7	0,0	56,4	6,24	11,06	15,34	19,68
Soma/Média*	32,9*	21,0*	354,7	1500,1	208,3	369,7	511,8	656,5

Fonte: Estação Meteorológica Automática do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada na cidade de Serra Talhada-PE.

Tabela 2. Produtividade de matéria seca (MS) e conteúdo de matéria seca (CMS) da palma forrageira (Orelha de Elefante Mexicana) e do sorgo (cv. SF-15) em sistema solteiro e do consorcio palma-sorgo em função das lâminas de irrigação (com base na evapotranspiração de referência), mais a condição de cultivo em sequeiro, no município de Serra Talhada, PE

Lâminas (mm)	Palma		Sorgo		Palma-Sorgo	
	MS kg ha ⁻¹	CMS	MS Kg/ha ⁻¹	CMS	MS Kg ha ⁻¹	CMS
Sequeiro	3.940,28 a	18,00 a	6.436,45 b	25,00 a	6.917,82 b	21,00 a
25%	4.203,26 a	12,00 b	9.914,26 ab	20,00 cd	9.411,68 ab	16,00 bc
50%	3.890,68 a	12,00 b	12.402,99 a	22,00 b	10.862,44 a	17,00 b
75%	4.403,98 a	11,00 b	12.932,98 a	21,00 bc	11.557,98 a	16,00 bc
100%	4.061,19 a	12,00 b	14.889,36 a	18,00 d	12.633,70 a	15,00 c

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3. Produtividade de matéria seca (MS) e conteúdo de matéria seca (CMS) da palma forrageira (cv. Orelha de Elefante Mexicana) e do sorgo (cv. SF-15) sob sistema solteiro e consorciado e produtividade do consórcio palma-sorgo submetidos a quatro lâminas de irrigação e sequeiro, no município de Serra Talhada, PE

Sistema	MS Kg/ha ⁻¹	CMS
Palma Solteira	4.626,98 c	11,00 d
Palma Consorciada	3.572,79 c	14,00 c
Sorgo Solteiro	14.073,19 a	22,00 a
Sorgo Consorciado	8.557,22 b	21,00 ab
Consórcio Palma-Sorgo	12.130,00 a	19,00 b

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 4. Uso eficiente da terra parcial da palma (UET_a), Uso eficiente da terra parcial do sorgo (UET_b), Uso eficiente da terra total (UET), Razão de área equivalente no tempo (RAET), Coeficiente equivalente de terra (CET) e Índice de produtividade do sistema (IPS) do consórcio palma e sorgo no município de Serra Talhada, PE

UET _a	UET _b	UET
0,87	0,65	1,51
RAET	CET	IPS
1,30	0,58	6.279,02

Tabela 5. Coeficiente de adensamento relativo da palma sobre o sorgo (CAR_{ab}), Coeficiente de adensamento relativo do sorgo sobre a palma (CAR_{ba}), Coeficiente de adensamento relativo (CAR); Razão de competitividade da palma (RC_a), Razão de competitividade do sorgo (RC_b), Agressividade da palma sobre o sorgo (A_{ab}), Agressividade do sorgo sobre a palma (A_{ba}), Perda ou ganho atual de rendimento da palma (PGAR_a), Perda ou ganho atual de rendimento do sorgo (PGAR_b) e Perda ou ganho atual de rendimento (PGAR) do consórcio palma e sorgo no município de Serra Talhada, PE.

CAR _{ab}	CAR _{ba}	CAR	RC _a	RC _b
34,80	0,45	12,33	16,27	0,09
A _{ab}	A _{ba}	PGAR _a	PGAR _b	PGAR
9,60	-9,60	1.029,45	69,67	1.099,12

CAPÍTULO 2- RENTABILIDADE DO USO DA IRRIGAÇÃO NO SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO PALMA-SORGO

Resumo - O uso da irrigação apresenta papel essencial na ampliação econômica de uma área agrícola, permitindo a redução de perdas e possibilitando a expressão do potencial produtivo das culturas. Diante disto, objetivou-se avaliar a viabilidade econômica do uso da irrigação no sistema de consorciação palma-sorgo. O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados em arranjo fatorial 5x3, onde a parcela foi composta por quatro lâminas de irrigação (25%, 50%, 75% e 100% da ETo) mais condição de sequeiro e as subparcelas pelos sistemas de plantio (palma solteira, sorgo solteiro e palma-sorgo). Dados produtivos e econômicos das quinze diferentes condições de cultivo foram levantados. Com os resultados, constatou-se que os maiores custos para a implantação dos sistemas de cultivos em condições irrigados, deve-se a aquisição do sistema de irrigação e insumos, representando 85,3% do custo operacional efetivo (COE). Os sistemas sorgo solteiro e palma-sorgo proporcionaram as maiores produtividades de matéria verde ($62.013,05 \text{ kg ha}^{-1}$ e $60.075,36 \text{ kg ha}^{-1}$). Com base nos indicadores econômicos simulados para anos subsequentes, a adoção de eventos de irrigação e do sistema consorciado palma-sorgo promoveram lucros a partir do segundo ano de implantação.

Termos para indexação: indicadores econômicos, número total de cladódios, consórcio.

Introdução

As áreas semiáridas se caracterizam pela acentuada variabilidade espaço-temporal das chuvas, mesmo em anos chuvosos, o que eleva o risco da agricultura de sequeiro. Assim, o uso de eventos de irrigação apresenta papel de destaque, uma vez que permite a redução das perdas e possibilita que as culturas expressem os seus máximos potenciais produtivos (Silva & Rao, 2006). Outra prática importante nessas áreas é a consorciação de culturas agrícolas, que melhora o aproveitamento dos recursos disponíveis no ambiente (água, radiação, nutrientes, etc.), reduzindo os riscos de erosão do solo, incidência de pragas e doenças, aumentando a estabilidade da produção (Corrêa et al., 2008). O consórcio na maioria das vezes eleva a produtividade por unidade de área (Andrade, 2012; Costa et al., 2010), e promove retorno econômico mais expressivo ao produtor (Maia et al., 2008).

Consórcios de palma foram avaliados por Silva et al. (2013), Andrade (2012) e Farias et al. (2000) com as culturas da fava, milho, mandioca, feijão de corda e algodão, apresentando em comum a sua consorciação com culturas alimentícias em condições de sequeiro, o estudo do consórcio de palma com outras espécies forrageiras como exemplo do sorgo e pouco comum. Do ponto de vista forrageiro, a configuração palma-sorgo sob condições irrigadas é bastante interessante, uma vez que a palma é um alimento aquoso rico em minerais e o sorgo servindo como uma fonte complementar de fibras além de serem adaptadas a condições de elevada incidência de radiação, temperaturas altas, restrições hídricas (Cunha et al., 2008; Pinho et al., 2006), e redução de custos.

Embora a inserção de práticas como irrigação e consorciação pareça vantajosa aos sistemas de produção, a sua implantação depende do uso de indicadores agroeconômicos, que permitem o produtor tomar decisões quanto à adoção de medidas com base na receita obtida (Santos et al., 2009; Araújo et al., 2008). De acordo Rezende et al. (2009), estudo da

eficiência econômica é essencial para a determinação do custo de um processo produtivo, e tem como finalidade a análise de rentabilidade dos recursos empregados na atividade agrícola.

Assim, objetivou-se avaliar a rentabilidade do uso da irrigação no sistema de consorciação palma-sorgo no Semiárido Pernambucano.

Material e Métodos

O presente estudo foi conduzido no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), situado em Serra Talhada, PE (altitude: 431 m, latitude: 7°59'S e longitude: 38°15'O), microrregião do Vale do Pajeú, Semiárido brasileiro. De acordo com a classificação de Koppen, a região apresenta o clima do tipo BSw^h, com precipitação pluvial em torno de 642,1 mm, temperatura do ar variando 20,1 a 32,9°C e a umidade relativa do ar de 62,7. O solo, onde foi conduzido o experimento, é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico franco Arenoso de acordo com a classificação da Embrapa (Embrapa, 1999). O preparo da área deu-se mediante as atividades de aração, gradagem e sulcagem do solo em curva de nível para posterior plantio das raquetes de palma.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, em arranjo fatorial 5x3, nas quais as parcelas foram compostas por lâminas de irrigação (25%; 50%; 75% e 100%) da evapotranspiração de referência (E_{To}), mais a condição de sequeiro, e as subparcelas por três sistemas de plantio (palma em sistema solteiro, sorgo em sistema solteiro e palma-sorgo em sistema consorciado).

A palma forrageira, cv. Orelha de Elefante Mexicana foi espaçada em 1,6 x 0,4 m, independentemente do sistema de plantio, com quatro fileiras de 6m, e densidade populacional de 15.625 plantas ha⁻¹. A palma foi plantada no ano de 2011, para o referente estudo já se encontrava no quarto ciclo produtivo (início do ciclo produtivo novembro de 2014). Por sua vez, o sorgo forrageiro, cv. SF-15 foi plantado no dia 08 de janeiro de 2015,

em quatro fileiras de 6 m, e espaçadas em 1,6 m, resultando em densidade populacional de 170.000 plantas ha⁻¹.

Durante o período de crescimento das culturas a precipitação acumulada foi de 354,7 mm, conforme os dados coletados em um pluviômetro (S-RGB-M002) instalado na área experimental. Os eventos de irrigações foram realizados três vezes por semana por meio de sistema de gotejamento, e somados a precipitação totalizaram (563,3 mm, 724,4 mm, 866, 6 mm e 1.011,3 mm para os tratamentos de 25%, 50%, 75% e 100% da ETo). A ETo foi estimada pelo método de Penman Monteith, parametrizado no boletim 56 da FAO (Allen et al., 1998), a partir de dados meteorológicos diários obtidos na estação automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, localizada a 1,5 km da área experimental.

A colheita do sorgo forrageiro foi realizada em duas ocasiões, aos 147 dias após o plantio (sorgo planta) e aos 102 dias após o primeiro corte (sorgo rebrota). Na ocasião das colheitas foram obtidas as matérias frescas a partir da amostragem e pesagem de 10 plantas representativas de cada parcela. A produção total do sorgo em sistema solteiro e consorciado foi obtida pelo somatório de matéria verde (MV) dos dois ciclos produtivos. Já a produção de massa verde da palma forrageira foi obtida a partir de 22 plantas da área útil de cada parcela experimental e, posteriormente, feita a extrapolação da produtividade. Além disso, foi contabilizado o número de cladódios de três plantas por parcela útil e extrapolou-se para unidades por hectare.

O cálculo do custo de produção do monocultivo e consórcio foram baseados na metodologia utilizada por Dutra (2012), segundo o qual, o Custo Operacional Total (COT) é constituído por dispêndios de recursos como operações mecanizadas, manuais, equipamentos e material de consumo. Os itens que compuseram o COT foram o Custo Operacional Efetivo (COE) e os Custos e Encargos Administrativos (CEA), descritos a seguir: I - O Custo Operacional Efetivo (COE) correspondeu aos custos variáveis ou despesas diretas com

desembolso financeiro, para as atividades de preparo do solo até a colheita (aração, gradagem, semeio, plantio, adubos e capinas). Os valores dos itens foram levantados a partir de preços médios praticados na região, junto a diferentes instituições e empreendimentos, durante o período de 2015. II; - Os Custos e Encargos Administrativos (CEA) representam os custos fixos ou despesas indiretas referentes a juros, encargos sociais, taxa de administração, depreciação de equipamentos e custos com energia elétrica.

As rentabilidade da palma e do sorgo nos seus monocultivos e no consórcio sob irrigação e sequeiro foram calculadas mediante a estimativa dos custos de implantação e manutenção das culturas e do sistema de irrigação por gotejamento referente a um hectare. Para a composição do Custo Operacional Efetivo (COE), foram calculados os custos variáveis com a depreciação dos componentes do sistema de irrigação e energia elétrica.

Para o cálculo dos custos de depreciação dos equipamentos foi utilizada a metodologia sugerida por Fernandes et al. (2008).

$$DC = \frac{[(VAC) - (0,2 \cdot VAC)]}{VU} \quad (1)$$

em que: DC - depreciação do componente do sistema (R\$); VAC - valor de aquisição do componente (R\$); VAC - valor de sucata (R\$); VU - vida útil (anos). O valor de sucata foi calculado por 20% do valor de compra do componente. Os valores de vida útil dos equipamentos foram obtidos de Fernandes et al. (2008) e Frizzone & Andrade Júnior (2005), os quais consideraram 15 anos para sistema de gotejamento.

Já os custos com energia elétrica do bombeamento de água no sistema, foi obtido levando-se em consideração o preço do quilowatt-hora, potência do conjunto motobomba (5 cv) e o número de horas de funcionamento para cada tipo de sistema.

$$CE = V_{kWh} \cdot T \cdot \left(\frac{736 \cdot Pot}{1000 \cdot \eta} \right) \quad (2)$$

em que: CE - custo com energia (R\$); V_{kWh} - valor do kWh (R\$); T - tempo total de funcionamento do sistema de irrigação (h), variável para cada tipo de sistema de plantio; Pot - potência do conjunto moto-bomba (cv) e η - rendimento do conjunto motobomba (decimal).

A Vantagem Monetária (VM) é uma forma de se calcular a vantagem econômica do sistema consorciado, onde quanto maior for este índice maior será a rentabilidade do sistema de cultivo (Ghosh, 2004) e foi calculada segundo a expressão:

$$VM = RB \cdot \left(\frac{UET}{UET} - 1 \right) \quad (3)$$

em que: RB - representa a renda bruta do sistema, isto é, o valor da produção do sistema consorciado; UET - é o valor do uso eficiente da terra. Para avaliar a vantagem monetária do consórcio, foram considerados os custos dos serviços e insumos realizados durante a condução do experimento. As despesas foram baseadas levando-se em consideração o preço de venda de R\$ 100 a tonelada de matéria verde para ambas as culturas valores estes praticados por produtores da região.

O uso eficiente de terra (UET) que expressa a quantidade de terra, em hectare, em monocultivo necessária para igualar o mesmo rendimento produzido pelo consórcio (Atis et al., 2012), foi obtido conforme equação utilizadas por (Yilmaz et al., 2015; Wortan et al., 2012):

$$UET = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} \quad (4)$$

em que: Y_{ab} e Y_{ba} - representa a produtividade das culturas a (palma forrageira) e b (sorgo) no sistema consorciado, Y_{aa} e Y_{bb} - é produção do sistema solteiro. O primeiro termo da equação representa o uso eficiente parcial de terra da palma (UET_a) e o segundo o uso eficiente parcial de terra do sorgo (UET_b). Se $UET > 1$, então ocorre vantagem produtiva do sistema consorciado, se $UET=1$ não ocorre vantagem produtiva, e, se $UET < 1$, então ocorre desvantagem produtiva do sistema consorciado.

Obteve-se a rentabilidade através dos indicadores de Renda Bruta (RB), Renda Líquida (RL) e de outros índices tais como Margem Bruta (MB), que indica o que sobra de dinheiro para remunerar os custos fixos no curto prazo; relação Benefício/Custo (B/C) e o Índice de Lucratividade (IL), calculados segundo as equações abaixo:

$$RB = Y \cdot \text{valor } Y \quad (5)$$

em que: RB - receita bruta obtida pela venda da palma como forragem (R\$); Y - rendimento da cultura (ton ha⁻¹); valor Y - valor do rendimento da cultura (R\$ ton⁻¹), considerando R\$ 100,00 tonelada.

$$RL = RB - CTP \quad (6)$$

$$MB = RB - COE \quad (7)$$

$$B/C = \frac{RB}{CTP} \quad (8)$$

$$IL = \frac{RL}{RB} \cdot 100 \quad (9)$$

em que: RL - receita líquida (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) MB - margem bruta (R\$ ha⁻¹ano⁻¹); RB - renda bruta (R\$ ha⁻¹ano⁻¹); COE - custo operacional efetivo (R\$ ha⁻¹ano⁻¹); B/C - relação benefício custo; CTP - custo total de produção (R\$ ha⁻¹); IL - índice de lucratividade (%) e RL - renda líquida (R\$ ha⁻¹ano⁻¹).

Os dados de rendimento de matéria fresca da palma e do sorgo e número de cladódios da palma em ambos os sistemas sob as diferentes lâminas de irrigação e condição de sequeiro, foram submetidos á análise de normalidade, homocedasticidade e, em seguida, à variância, quando necessário suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os fatores lâminas de irrigação (25%, 50%, 75%, 100% da ETo) e condição de sequeiro com os sistemas de cultivo (palma solteira, sorgo solteiro e consórcio palma-sorgo) para a variável matéria verde (MV, kg ha⁻¹).

A aplicação de irrigação com base na evapotranspiração de referência (ET_o) durante o primeiro ano do ciclo produtivo não proporcionou incremento produtivo quando comparado ao sistema sequeiro (Tabela 1). No entanto, evidenciou-se que as lâminas acima de 50% da ET_o incrementou a produção de MV do sistema sorgo solteiro e do palma-sorgo quando comparado ao sistema sequeiro. Resultados semelhantes foram constatados por Lima (2015), o qual também não obteve incremento produtivo de matéria verde da palma forrageira solteira e em sistema consorciado com sorgo com a adição de diferentes lâminas de irrigação.

O sistema consorciado afetou a produtividade individual de matéria verde da palma, reduzindo significativamente seu rendimento em 42,3 % em relação à palma solteira (Tabela 2). A mesma tendência foi verificada para o sorgo, quando em sistema consorciado sofreu redução de 44,1 % no rendimento. Os sistemas sorgo solteiro e o consórcio palma-sorgo foram os que tiveram as maiores produtividades de MV (62.013,05 Kg ha⁻¹ e 60.075,36 Kg ha⁻¹, nessa ordem) respectivamente. Tais resultados corroboram com Alcântara (2010), que avaliando o sistema de consórcio sorgo-soja, também constatou que os maiores rendimentos de MV foram obtidos nos sistemas consorciados. Peixoto (2009), analisando a influência do sombreamento do cajá, e adubação orgânica na produtividade da palma forrageira em condições de sequeiro, constatou valores de matéria verde de 41.160,00 kg ha⁻¹ e 29.320,00 kg ha⁻¹ no sistema solteiro e consórcio, respectivamente, com ciclo da palma de dois anos.

Nas Figuras 1A e 1B, observa-se que o número total de cladódios da palma forrageira não sofreu influência dos fatores lâmina e sistema, resultando média de 159.505 unidades ha⁻¹. Tal resultado assemelha-se ao obtido por Peixoto (2009), para a palma forrageira consorciada com a cultura do cajá, em Quixadá, CE, registrando 178.000 cladódios ha⁻¹ no espaçamento de 1,0 x 0,5 m, com a duração do ciclo de dois anos.

A análise do custo de implantação dos sistemas (palma solteira, Tabela 3; sorgo solteiro, Tabela 4; consórcio palma-sorgo, Tabela 5), revela que o custo operacional total

(COT) pouco variou dentro do mesmo sistema quando comparado entre as lâminas de irrigação (25%, 50%, 75% e 100% da ETo), sendo esta pequena variação decorrente dos custos com energia elétrica. Porém, quando comparados entre os diferentes sistemas (palma solteira, Tabela 3, sorgo solteiro, Tabela 4, palma-sorgo irrigado, Tabela 5, e seus cultivos sequeiro, Tabela 6), constatou-se uma grande variação do COT (R\$1.335,00 ha⁻¹ a R\$ 10.255,33 ha⁻¹). Para a palma forrageira irrigada (Tabela 3), o maior COT foi R\$ 10.125,33 ha⁻¹, constatado na lâmina de 100%, uma vez que neste sistema, os custos com energia foram mais elevados (R\$ 410,04 ha⁻¹). Como pode ser visto o custo operacional efetivo (COE), não mudou, no entanto, os maiores gastos foram evidenciados na aquisição da sucção e conjunto motobomba, recalque, e insumos, representando 85,3% do COE. Os custos e encargos administrativos (CEA) sofreram pequena variação.

Para o sorgo forrageiro solteiro irrigado (Tabela 4), o COT variou de 8.106,50 R\$ ha⁻¹ a 8.407,83 R\$ ha⁻¹, valor este inferior ao da palma forrageira em função do menor gasto do insumo sementes, onde o custo para aquisição de cladódios é de R\$ 1.562,50 ha⁻¹, enquanto os custos para a aquisição de semente do sorgo é de R\$ 50,00 ha⁻¹ para as condições de espaçamento entre fileiras empregado no experimento. Assim, como para a palma solteira e palma-sorgo, os maiores gastos para o sistema de sorgo solteiro foram observados para os itens que compõem os COE. Os maiores COT para o consórcio (Tabela 5) variaram entre R\$ 9.954,00 ha⁻¹ e R\$ 10.255,33 ha⁻¹, sendo o COE responsável por 93% dos gastos totais. Nos sistemas solteiros e o consórcio sem o uso da irrigação (Tabela 6) foi observado os menores COT, variando de R\$ 1.335,00 ha⁻¹ a R\$ 3.022,50 ha⁻¹, uma vez que não houve gastos com o sistema de irrigação assim como custos para sua manutenção, sendo estes fatores aliados aos gastos com insumos classificados como os que mais oneram os custos de produção.

A média dos indicadores econômicos de renda bruta (RB), renda líquida (RL), vantagem monetária (VM), margem bruta (MB), relação benefício custo (B/C) e índice de

lucratividade (IL) para os tratamentos irrigados são apresentados na Tabela 7. No primeiro ano produtivo foram constatados valores negativos de RL, MB e IL, para os sistemas de palma solteira, sorgo solteiro e palma-sorgo, e a receita não superou os gastos. Tais resultados corroboram com Lima (2015), que também constatou que a RL não superou os custos de implantação e manutenção do sistema quando a produção da palma foi destinada à venda na forma de forragem, mas obteve lucro quando o produto foi vendido com destino para sementes.

No entanto, na simulação do segundo ano produtivo, os sistemas sorgo e palma-sorgo apresentaram RL e MB positivos (R\$ 3.147,09, R\$ 1.621,11; R\$ 1.945,20, R\$ 1.129,83) e valores do IL de 40,17%, 22,79%, respectivamente, com relação B/C de 2,62 e 1,76. No terceiro ano produtivo foram constatados valores positivos de renda líquida para todos os sistemas. Para a palma forrageira, o lucro obtido foi R\$ 2.727,75 ano⁻¹, enquanto para o sorgo foi R\$ 4.418,87 ano⁻¹ e para o sistema consórcio palma-sorgo R\$ 4.490,10 ano⁻¹, com B/C de 2,75, 3,39 e 3,93. A partir do segundo ciclo produtivo, a receita dos sistemas sorgo solteiro e palma-sorgo superaram os custos de implantação e do sistema de irrigação. No entanto, para o sistema palma solteira, os mesmos foram pagos apenas no terceiro ano.

Superadas essas despesas, observou-se que os maiores valores de renda líquida foi no sistema palma-sorgo, assim como a VM, B/C e IL, seguida do sorgo solteiro. De acordo com Oliveira et al. (2004), estes resultados expressam os benefícios do uso da consorciação de culturas adaptadas ao ambiente de cultivo. De modo geral, a rentabilidade econômica do sorgo solteiro e do sistema palma-sorgo, deve-se aos maiores valores de produtividade obtidos nestes sistemas. Todavia, ressalta-se que a adoção da consorciação palma-sorgo diversifica a alimentação e favorece a estacionalidade da produção de forragem para os animais.

Conclusões

1. A irrigação não incrementou a produtividade de matéria verde da palma forrageira no primeiro ano de implantação do sistema de gotejamento;
2. Adoção do sistema consorciado e de eventos de irrigação não afetou o número total de cladódios da palma forrageira;
3. O monocultivo do sorgo e o consórcio foram os sistemas com melhores desempenhos produtivos, quando irrigados com pelo menos 50% da evapotranspiração de referência;
4. Os valores médios dos custos operacionais efetivos foram àqueles que mais contribuíram na formação dos custos totais, representando 91,9%, dos quais 83,60% foram resultantes dos gastos com sistema de irrigação (sucção, recalque e motobomba);
5. De acordo com os indicadores econômicos simulados para anos subsequentes, a adoção de eventos de irrigação e do sistema consorciado palma-sorgo promoveram lucros a partir do segundo ano de implantação.

Referências

- ALLEN, R.G.; PEREIRA; L.S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration**. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, 1998, 300p.
- ANDRADE, J.A.S. **Produção de Amendoim consorciado com palma forrageira no Agreste Meridional Pernambucano**. 2012, 67f. Dissertação (Produção Agrícola)- Universidade Rural de Pernambuco- Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns.
- ARAÚJO, A.C.; BELTRÃO, N.E.M.; MORAIS, M.S.; ARAÚJO, J.L.O.; CUNHA, J.L.X.L.; PAIXÃO, S.L. Indicadores agroeconômicos na avaliação do consorcio algodão herbáceo + amendoim. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32., p.1467-1472, 2008.

ATIS, I.; KOKTEN, K.; HATIPOGLU, R.; YILMAZ, S.; ATAK, M.; CAN, R. Plant density and mixture ratio effects on the competition between common vetch and wheat, **Australian Journal of Crop Science**, v.6, p.498-505, 2012.

CORRÊA, M.L.P.; TÁVORA, F.J.A.F.; PITOMBEIRA, J.B.; PINTO, C.M. Rendimento e uso eficiente da terra do consórcio da mamoneira com feijão Caupi e Amendoim. In: Congresso Brasileiro de Mamona energia e ricinoquímica, 3, 2008. **Anais**. III Congresso Brasileiro de Mamona energia e ricinoquímica, Salvador, 2008.

COSTA, D.D.; BARBOSA, R.M.; DE SÁ, M.E. Sistemas de produção e cultivares de feijoeiro em consórcio com milho. **Scientia Agraria**, v.11, p.425-430, 2010.

CUNHA, F.F.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C.; SEDIYAMA, G.C.; PEREIRA, O.G.; ABREU, F.V.S. Produtividade do capim Tanzânia em diferentes níveis e frequências de irrigação. **Acta Sci. Agron**, v.30, p.103-108, 2008.

DUTRA, A.F. **Eficiência agroeconômica do consórcio mamona e amendoim em área do Semiárido paraibano**. 2012, 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; TAVARES FILHO, J.J.; SANTOS, M.V.F.; FERNANDES, A.P.M.; SANTOS, V.F. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira em consórcio com sorgo granífero no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.341-347, 2000.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; FERNANDES, D.R.; **Irrigação na cultura do café**. 2. Ed. Uberaba: O Lutador, 2008. 476p.

FRIZZONE, J.A.; ANDRADE JÚNIOR, A S. **Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento**. Brasília: EMBRAPA, 626 p, 2005.

GHOSH, P. K. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. **Field Crops Research**, v. 88, p.227-237, 2004.

LIMA, L.R. **Viabilidade do sistema de consorciado palma forrageira – sorgo em condições irrigadas no Semiárido pernambucano**. 2015, 56f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada-PE.

MAIA, J.T.L.S.; MARTINS, E.R; COSTA, C.A; GUILHERME, D.O; PAULINO, M.A.O; BARBOSA, F.S; FERRAZ, E.O; ALVARENGA, I.C.A. Viabilidade econômica do cultivo de alface e cenoura em sistemas consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.3, p.65-70, 2008.

OLIVEIRA, E.Q.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; BARROS JÚNIOR, A.P. Desempenho agroeconômico do bicultivo de alface em sistema solteiro e consorciado com cenoura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, p.712-717, 2004.

REZENDE, B.L.A.; BARROS JÚNIOR, A.P.; CECÍLIO FILHO, A.B.; PÔRTO, D.R.Q.; MARTINS, M.I.E.G. Custo de produção e rentabilidade das culturas de alface, rabanete, rúcula e repolho em cultivo solteiro e consorciadas com pimentão. **Ciênc. Agrotec.** v. 33, p. 305-312, 2009.

PEIXOTO, M.J.A. **Crescimento vegetativo, produção e composição químico-bromatológica da palma forrageira consorciada com cajá (*Spondias spp*)**. 2009, 77f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza.

PINHO, R.G.V.; VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D.; REZENDE, A.V. Influência da altura de corte das plantas nas características agronômicas e valor nutritivo das silagens de

milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.266-279, 2006.

SANTOS, N.C.B.; TARSITANO, M.A.A.; ARF, O.; MATEUS, G.P. Análise econômica do consórcio feijoeiro e milho-verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8, p.1-12, 2009.

SILVA, G.S.; OLIVEIRA, R.A.; QUEIROZ, N.L.; SILVA, M.N.B.; SOUSA, M.F.; SILVA, S.A. Desempenho agrônomico de algodão orgânico e oleaginosas consorciados com palma forrageira. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, p.975–981, 2013.

SILVA, L. C.; RAO, T. V. R. Avaliação de métodos para estimativa de coeficientes da cultura de amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.128-131, 2006.

WORTMAN, S.E.; FRANCIS, C.A.; LINDQUIST, J.L.. Cover Crop Mixtures for the Western Corn Belt: Opportunities for Increased Productivity and Stability. **Agronomy Journal**, v.104, p.699-705, 2012.

YILMAZ, S.; ÖZEL, A.; ATAK, M. ERAYMAN, M.; Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean, **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.39: p.135-143, 2015.

Tabela 1. Produtividade de matéria verde (MV) da palma (cv. Orelha de Elefante Mexicana) e do sorgo (cv. SF15) em sistema individual e do consórcio palma-sorgo em função de lâminas de irrigação (com base na evapotranspiração de referência), mais a condição de sequeiro, no município de Serra Talhada, PE.

Lâminas (mm)	Palma	Sorgo	Palma-Sorgo
	MV (kg ha ⁻¹)		
Sequeiro	21.902,61 a	22.746,27 b	29.765,91 b
25%	36.956,76 a	42.759,95 ab	53.144,47 a
50%	34.758,96 a	53.471,61 a	58.820,38 a
75%	42.330,05 a	57.326,33 a	66.437,59 a
100%	37.599,32 a	65.391,97 a	68.660,86 a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 2. Produtividade de matéria verde (MV), da palma (Orelha de Elefante Mexicana) e do sorgo (cv. SF-15) sob sistema individual e consorciado e produtividade do consórcio palma-sorgo submetidos a quatro lâminas de irrigação e sequeiro, no município de Serra Talhada, PE.

Sistema	MV Kg ha ⁻¹
Palma Solteira	44.009,13 bc
Palma Consorciada	25.409,96 d
Sorgo Solteiro	62.013,05 a
Sorgo Consorciado	34.665,40 cd
Consórcio Palma-Sorgo	60.075,36 ab

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3. Descrição dos valores absolutos e percentuais dos custos de produção da Palma Forrageira (Orelha de Elefante Mexicana) em cultivo solteiro, submetido a diferentes frações de reposição da evapotranspiração de referência (25%, 50%, 75% e 100% da ETo) no município de Serra Talhada, PE.

Descrição dos Custos	Palma Solteira							
	Irrigado 25%		Irrigado 50%		Irrigado 75%		Irrigado 100%	
	Valor	Percentual	Valor	Percentual	Valor	Percentual	Valor	Percentual
A- Custo Operacional Efetivo (COE) (R\$ ha⁻¹)								
Sucção e conjunto Motobomba	1.775,00	18,07	1.775,00	17,91	1.775,00	17,72	1.775,00	17,53
Recalque	4.542,40	46,24	4.542,40	45,83	4.542,40	45,35	4.542,40	44,86
Implantação da Cultura	550,00	5,60	550,00	5,55	550,00	5,49	550,00	5,43
Tratos Culturais	280,00	2,85	280,00	2,82	280,00	2,80	280,00	2,77
Insumos	2.062,50	20,99	2.062,50	20,81	2.062,50	20,59	2.062,50	20,37
Subtotal (A)	9.209,90	93,75	9.209,90	92,92	9.209,90	91,95	9.209,90	90,96
B- Custo e Enc. Administrativo (CEA) (R\$ ha⁻¹)								
Energia Elétrica	108,71	1,11	196,40	1,98	300,40	3,00	410,04	4,05
Depreciação dos Componentes	505,39	5,14	505,39	5,10	505,39	5,05	505,39	4,99
Subtotal (B)	614,10	6,25	701,79	7,08	805,79	8,05	915,43	9,04
A+B- Custo Operacional Total (COT) (R\$ ha⁻¹)	9.824,00	100,00	9.911,69	100,00	1001,69	100,00	10.125,33	100,00

Tabela 4. Descrição dos valores absolutos e percentuais dos custos de produção do Sorgo Forrageiro (cv. SF-15) em cultivo solteiro, submetido a diferentes frações de reposição da evapotranspiração de referência (25%, 50%, 75% e 100% da ET_o) no município de Serra Talhada, PE.

Descrição dos Custos	Sorgo Solteiro							
	Irrigado 25%		Irrigado 50%		Irrigado 75%		Irrigado 100%	
	Valor	Percentual	Valor	Percentual	Valor	Percentual	Valor	Percentual
A- Custo Operacional Efetivo (COE) (R\$ ha⁻¹)								
Sucção e conjunto Motobomba	1.775,00	21,90	1.775,00	21,66	1.775,00	21,39	1.775,00	21,11
Recalque	4.542,40	56,03	4.542,40	55,43	4.542,40	54,74	4.542,40	54,03
Implantação da Cultura	345,00	4,26	345,00	4,21	345,00	4,16	345,00	4,10
Tratos Culturais	280,00	3,45	280,00	3,42	280,00	3,37	280,00	3,33
Insumos	550,00	6,78	550,00	6,71	550,00	6,63	550,00	6,54
Subtotal (A)	7.492,40	92,42	7.492,40	91,44	7.492,40	90,29	7.492,40	89,11
B- Custo e Enc. Administrativo (CEA) (R\$ ha⁻¹)								
Energia Elétrica	108,71	1,34	196,40	2,40	300,40	3,62	410,04	4,88
Depreciação dos Componentes	505,39	6,23	505,39	6,17	505,39	6,09	505,39	6,01
Subtotal (B)	614,1	7,58	701,79	8,56	805,79	9,71	915,43	10,89
A+B- Custo Operacional Total (COT) (R\$ ha⁻¹)	8.106,50	100,00	8.194,19	100,00	8.298,19	100,00	8.407,83	100,00

Tabela 5. Descrição dos valores absolutos e percentuais dos custos de produção da Palma (Orelha de Elefante Mexicana) e Sorgo Forrageiro (cv. SF15) em cultivo consorciado, submetido a diferentes frações de reposição da evapotranspiração de referência (25%, 50%, 75% e 100% da ETo) no município de Serra Talhada, PE.

Descrição dos Custos	Palma-Sorgo							
	Irigado 25%		Irigado 50%		Irigado 75%		Irigado 100%	
	Valor	Percentual	Valor	Percentual	Valor	Percentual	Valor	Percentual
A- Custo Operacional Efetivo (COE) (R\$ ha⁻¹)								
Sucção e conjunto Motobomba	1.775,00	17,83	1.775,00	17,68	1.775,00	17,50	1.775,00	17,31
Recalque	4.542,40	45,63	4.542,40	45,24	4.542,40	44,77	4.542,40	44,29
Implantação da Cultura	630,00	6,33	630,00	6,27	630,00	6,21	630,00	6,14
Tratos Culturais	280,00	2,81	280,00	2,79	280,00	2,76	280,00	2,73
Insumos	2.112,5	21,22	2.112,5	21,04	2.112,5	20,82	2.112,5	20,60
Subtotal (A)	9.339,90	93,83	9.339,90	93,01	9.339,90	92,06	9.339,90	91,07
B- Custo e Enc. Administrativo (CEA) (R\$ ha⁻¹)								
Energia Elétrica	108,71	1,09	196,40	1,96	300,40	2,96	410,04	4,00
Depreciação dos Componentes	505,39	5,08	505,39	5,03	505,39	4,98	505,39	4,93
Subtotal (B)	614,1	6,17	701,79	6,99	805,79	7,94	915,43	8,93
A+B- Custo Operacional Total (COT) (R\$ ha⁻¹)	9.954,00	100,00	10.041,69	100,00	10.145,69	100,00	10.255,33	100,00

Tabela 6. Descrição dos valores absolutos e percentuais dos custos de produção da Palma (Orelha de Elefante Mexicana) e Sorgo Forrageiro (cv. SF15) em cultivo solteiro consorciado, em condições de sequeiro no município de Serra Talhada,PE.

Descrição dos Custos	Sequeiro					
	Palma		Sorgo		Palma-Sorgo	
	Valor	Percentual	Valor	Percentual	Valor	Percentual
A- Custo Operacional Efetivo (COE) (R\$ ha⁻¹)						
Implantação da Cultura	550,00	19,01	505,00	37,83	630,00	20,84
Tratos Culturais	280,00	9,68	280,00	20,97	280,00	9,26
Insumos	2.062,50	71,31	550,00	41,20	2.112,50	69,89
Custo Operacional Total (COT) (R\$ ha⁻¹)	2.892,50	100,00	1.335,00	100,00	3.022,50	100,00

Tabela 7. Simulação da rentabilidade da palma e do sorgo sob condições de irrigadas e com a adoção de sistema solteiro e consorciado, no município de Serra Talhada, PE. Indicadores econômicos de renda bruta (RB), renda líquida (RL), vantagem monetária (VM), margem bruta (MB), relação benefício custo (B/C) e índice de lucratividade.

Cenários	Sistemas	RB (R\$ ha ⁻¹)	RL (R\$ ha ⁻¹)	VM (R\$ ha ⁻¹)	MB (R\$ ha ⁻¹)	B/C	IL (%)
1° Ano	Palma	4.400,91	-4.232,93	-3.169,98	-3.545,5	0,57	-149,92
	Sorgo	6.201,3	-920,04	-5.261,36	-59,61	1,11	-16,66
	Palma-Sorgo	6.007,53	-2.676,31	1.549,76	-2.068,88	0,76	-49,84
2° Ano	Palma	4.400,91	-1.139,44	-3.169,98	-1.567,95	1,11	-58,69
	Sorgo	6.201,3	3.147,09	-5.261,36	1.945,2	2,62	40,17
	Palma-Sorgo	6.007,53	1.621,11	1.549,76	1.129,83	1,76	22,79
3° Ano	Palma	4.400,91	2.727,75	-3.169,98	2.236,47	2,75	49,98
	Sorgo	6.201,3	4.418,87	-5.261,36	3.804,77	3,39	67,33
	Palma-Sorgo	6.007,53	4.490,1	1.549,76	3.998,82	3,93	72,98
4° Ano	Palma	4.400,91	3.013,48	-3.169,98	2.522,2	3,19	59,23
	Sorgo	6.201,3	4.418,87	-5.261,36	3.927,59	3,39	67,33
	Palma-Sorgo	6.007,53	4.490,1	1.549,76	3.998,82	3,93	72,98
5° Ano	Palma	4.400,91	3.013,48	-3.169,98	2.522,2	3,19	59,23
	Sorgo	6.201,3	4.418,87	-5.261,36	3.927,59	3,39	67,33
	Palma-Sorgo	6.007,53	4.490,1	1.549,76	3.998,82	3,93	72,98

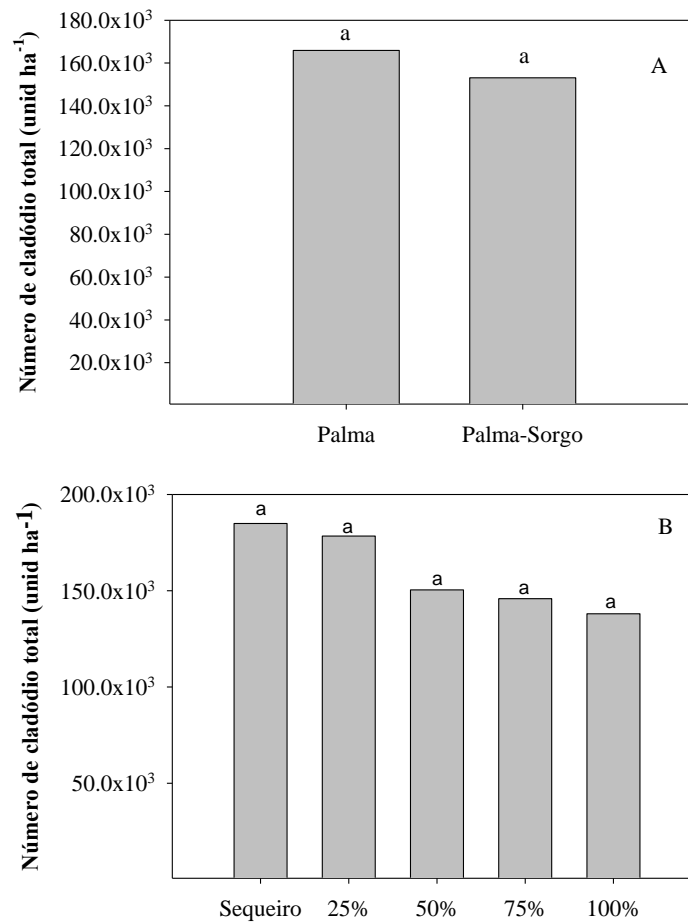


Figura 1. Número total de cladódios da palma forrageira cv Orelha de Elefante Mexicana no sistema de plantio individual e palma-sorgo (Figura A), e número total de cladódios no sistema individual em função das lâminas de irrigação (Figura B) com base na evapotranspiração de referência (25%, 50%, 75% e 100%.ET_o), aplicadas aos sistemas de plantio solteiro e consorciado, mais a condição de cultivo em sequeiro, no município de Serra Talhada, PE