

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DE SISTEMAS
AGRÍCOLAS CULTIVADOS COM USO DA PALHA DE
CARNAÚBA (*Copernicia prunifera* [Miller] H. E. Moore) NO
SEMI-ÁRIDO PIAUIENSE**

FRANCISCA NILCÉLIA ALVES MACÊDO

MARANHÃO
São Luís - Brasil
Junho – 2007

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DE SISTEMAS
AGRÍCOLAS CULTIVADOS COM USO DA PALHA DE
CARNAÚBA (*Copernicia prunifera* [Miller] H. E. Moore) NO
SEMI-ÁRIDO PIAUIENSE**

FRANCISCA NILCÉLIA ALVES MACÊDO

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. ANTÔNIO CARLOS
REIS DE FREITAS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Agroecologia da Universidade Estadual do
Maranhão – UEMA como requisito parcial à
obtenção do Grau de Mestre.

MARANHÃO
São Luís - Brasil
Junho – 2007

Macêdo, Francisca Nilcéia Alves

Avaliação da eficiência técnica de sistemas agrícolas cultivadas com uso da palha de carnaúba (*Copernicia prunifera* [Miller] H.E Moore) no semi-árido piauiense. / Francisca Nilcéia Alves Macêdo. – São Luís, 2007.

40 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Reis de Freitas.

Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, 2007.

1. Agricultura familiar 2. Agroecologia 3. Cobertura morta 4. Matéria orgânica
5. Manejo do solo I. Título

CDU 631.584.4 (812.2)

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DE SISTEMAS
AGRÍCOLAS CULTIVADOS COM USO DA PALHA DE
CARNAÚBA (*Copernicia prunifera* [Miller] H. E. Moore) NO
SEMI-ÁRIDO PIAUIENSE**

FRANCISCA NILCÉLIA ALVES MACÊDO

Aprovada em: 28/06/2007

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Antônio Carlos Reis de Freitas

Prof. Dr. Altamiro Souza de Lima Ferraz Júnior

Prof. Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos,
familiares, noivo e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado forças, sabedoria e um destino a ser cumprido.

Agradeço à minha família e ao meu noivo pelo incentivo e apoio em todos os momentos da vida.

Agradeço ao Prof. Dr. Antônio Carlos Reis de Freitas, pela orientação.

Agradeço aos professores do Curso de Mestrado em Agroecologia.

Agradeço aos amigos que conquistei durante o Mestrado.

Agradeço aos agricultores do município de Aroeiras do Itaim-PI pelas informações e confiança.

Enfim, agradeço a todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desse trabalho.

“Cada dia a natureza produz o suficiente para nossa carência. Se cada um tomasse o que lhe fosse necessário, não haveria pobreza no mundo e ninguém morreria de fome“ (Mahatma Ghandi).

LISTA DE TABELAS

1	Dados de rendimento por hectare cultivado com feijão caupi em Aroeiras do Itaim-PI (Ciclo agrícola 2004/2005).	25
2	Dados do desempenho técnico para a cultura do feijão caupi. Aroeiras do Itaim-PI (Ciclo agrícola 2004/2005).	26
3	Dados por hectare cultivado com milho. Aroeiras do Itaim-PI (Ciclo agrícola 2004/2005).	28
4	Dados do desempenho técnico para a cultura do milho. Aroeiras do Itaim-PI (Ciclo agrícola 2004/2005).	30
5	Dados por hectare cultivado com arroz. Aroeiras do Itaim-PI (Ciclo agrícola 2004/2005).	32
6	Dados do desempenho técnico para a cultura do arroz. Aroeiras do Itaim-PI, (Ciclo agrícola 2004/2005).	33

SUMÁRIO

	RESUMO	9
	ABSTRACT	10
1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Geral	13
2.2	Específicos	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	Uso de cobertura morta no manejo dos solos tropicais	14
3.2	Modelos de Análise de Envoltória de Dados	17
4	METODOLOGIA	20
4.1	Caracterização da área de estudo	20
4.2	O extrativismo da cera de carnaúba no semi-árido piauiense	20
4.3	Caracterização da amostra	22
4.4	Análise dos dados	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1	O desempenho econômico de sistemas agrícolas cultivados com uso da palha de carnaúba	24
5.1.1	Sistema de cultura do feijão caupi	24
5.1.1.1	Análise da eficiência técnica do sistema de cultivo do feijão caupi com uso da palha de carnaúba	26
5.1.2	Sistema de cultura do milho	27
5.1.2.1	Análise da eficiência técnica do sistema de cultivo do milho com uso da palha de carnaúba	29
5.1.3	Sistema de cultura do arroz	31
5.1.3.1	Análise da eficiência técnica do sistema de cultivo do arroz com uso da palha de carnaúba	33
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS	35
	ANEXOS	38

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS
CULTIVADOS COM USO DA PALHA DE CARNAÚBA (*Copernicia prunifera*
[Miller] H. E. Moore) NO SEMI-ÁRIDO PIAUIENSE

Autora: FRANCISCA NILCÉLIA ALVES MACÊDO

Orientador: Prof. Dr. ANTÔNIO CARLOS REIS DE FREITAS

RESUMO

Uma fonte importante de matéria orgânica que pode ser fornecida ao solo é a cobertura morta, como a palha de carnaúba, por exemplo. A carnaubeira é uma palmeira abundante na região semi-árida piauiense, onde se destaca o extrativismo da carnaúba para comercialização da cera. A palha oriunda dessa extração pode ser aplicada na agricultura como cobertura morta, trazendo inúmeros benefícios ao solo. Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo a avaliação da eficiência técnica de sistemas agrícolas cultivados com uso da palha de carnaúba no semi-árido piauiense. Foram aplicados questionários socioeconômicos com 17 famílias de produtores rurais no município de Aroeiras do Itaim-PI, entre agricultores que utilizaram a palha de carnaúba nos sistemas de cultivos anuais (feijão caupi, milho e arroz) e agricultores que não utilizaram a palha de carnaúba nos sistemas de cultivos anuais. A análise da eficiência técnica das unidades familiares foi feita através da aplicação de Análise de Envoltória de Dados (DEA). Constatou-se que os sistemas cultivados com uso da palha de carnaúba apresentaram maiores desempenhos econômicos e maior eficiência técnica.

Palavras-chave: agricultura familiar; agroecologia; cobertura morta; matéria orgânica; manejo do solo.

EVALUATION OF THE TECHNICAL EFFICIENCY OF AGRICULTURAL SYSTEMS CULTIVATED WITH USE OF THE STRAW OF CARNAÚBA (*Copernicia prunifera* [Miller] H. E. Moore) IN SEMI-ARID FROM PIAUÍ

Author: FRANCISCA NILCÉLIA ALVES MACÊDO

Adviser: Prof. Dr. ANTÔNIO CARLOS REIS DE FREITAS

ABSTRACT

An important source of organic matter that can be supplied to the soil is the mulching, like carnauba straw, per example. The tree of carnauba is an abundant palm tree in the semi-arid region of Piauí, where it is used to obtain wax. The straw obtained of this extraction can be used in the agriculture as mulching, bringing countless benefits to the soil. Thus, the purpose of the present work was to evaluate the technical efficiency of agricultural systems cultivated with use of carnauba straw in semi-arid of Piauí. Socioeconomics questionnaires were applied with 17 families of rural producers in Aroeiras do Itaim-PI, some of the rural producers used carnauba straw in the systems of annual cultivations (bean, corn and rice) and others did not use carnauba straw in the systems of annual cultivations. The analysis of the technical efficiency of the family units was made through the application of Data Envelopment Analysis (DEA). It was verified that the systems cultivated with use of carnauba straw improved the economic performances and obtained larger technical efficiency.

Key-words: family farming; agroecology; mulching; organic matter; soil management.

1 INTRODUÇÃO

A carnaubeira é uma palmeira abundante no semi-árido piauiense. Suas folhas são revestidas externamente por uma cobertura cerífera. A presença de cera nas folhas de algumas plantas, como ocorre com a carnaúba, é possivelmente conseqüência de sua adaptação às regiões secas. Essa cera possui importante papel na economia do Estado do Piauí.

A atividade extrativista da carnaúba tem por finalidade a utilização na construção civil, agricultura, indústria e artesanato. São exploradas, principalmente, as folhas, o tronco e os frutos da planta. A extração do pó de carnaúba no município de Aroeiras do Itaim-PI tem início após o período chuvoso, a partir de meados de junho, para facilitar a secagem da palha. Dessa extração tem-se a palha de carnaúba como resíduo que pode se acumular no solo, sem finalidade. Com o passar dos anos, essa palha passou a ser usada na agricultura como cobertura do solo. A palha aplicada é encontrada na própria área de produção, o que facilita a sua utilização, sem adicionar custos ao produtor, além de gerar renda extra, já que a área de carnaubal é arrendada aos donos das máquinas para extração do pó. A aplicação da palha de carnaúba na agricultura é realizada na região há pelo menos 50 anos, sendo passada de geração a geração, embora sem incentivos técnico-científicos que comprovem a eficácia do método.

Uma das vantagens da adição de cobertura morta é o retorno de matéria orgânica ao solo e com isso a conservação de sua bioestrutura (PRIMAVESI, 2002). A adição de matéria orgânica no solo, quando melhora a sua bioestrutura é uma medida de melhorar, ainda, a saúde vegetal, não somente porque melhora a estrutura grumosa, mas por contribuir, também para a diversificação da mesofauna e dos microrganismos presentes no solo. O solo coberto é muito mais úmido na camada superficial, o que pode ser atribuído tanto à menor evaporação como à maior infiltração da água e proteção contra o impacto das gotas de chuva, evitando a erosão. Em regiões semi-áridas, a cobertura morta é a medida mais eficaz para possibilitar o cultivo antes do início das chuvas e reter o máximo de umidade no solo, aproveitando de maneira mais eficiente a água das chuvas escassas, além de combater a erosão.

Na perspectiva agroecológica, segundo Gliessman (2005), onde se busca manter e promover todos os processos de formação e proteção do solo relacionados à matéria orgânica, um solo produtivo não é necessariamente um solo fértil. Dessa forma, fertilizantes podem ser adicionados para elevar o teor de matéria orgânica, mas a fertilidade do solo somente poderá ser mantida através da compreensão dos ciclos de nutrientes e dos processos ecológicos do solo, especialmente a dinâmica da matéria orgânica. Durante sua vida no solo, a matéria orgânica desempenha muitos papéis importantes, todos significativos para a agricultura sustentável. Além de fornecer a fonte de nutrientes para o crescimento das plantas, ela constrói, promove, protege e mantém o ecossistema do solo. A matéria orgânica do solo é um componente-chave da boa estrutura, aumenta a retenção de água e nutrientes, é a fonte de alimento para os microrganismos do solo e fornece proteção mecânica importante para a superfície. Dependendo das práticas de cultivo usadas, contudo, essas características podem ser rapidamente alteradas.

São inúmeras as vantagens da adição de matéria orgânica no solo, incluindo-se o uso de cobertura morta, pela adição de palha na implantação dos sistemas de cultivos anuais, sobretudo quando se preconiza o uso sustentável dos recursos disponíveis, tendo como enfoque os sistemas agroecológicos de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o desempenho técnico e econômico de sistemas agrícolas cultivados com uso da palha de carnaúba no semi-árido piauiense.

2.2 Específicos

- ❖ Descrever as principais características dos sistemas agrícolas cultivados com uso da palha de carnaúba;
- ❖ Estabelecer indicadores econômicos para avaliação dos sistemas agrícolas cultivados com uso da palha de carnaúba como cobertura morta;
- ❖ Comparar o desempenho econômico dos sistemas agrícolas cultivados com uso da palha de carnaúba em relação aos sistemas agrícolas cultivados sem uso da palha de carnaúba.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Uso de cobertura morta no manejo dos solos tropicais

Em solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados, a matéria orgânica tem grande importância para o fornecimento de nutrientes às culturas, a capacidade de troca de cátions do solo, a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, a estabilidade da estrutura, a infiltração e a retenção de água, a aeração e a atividade da biomassa microbiana, constituindo-se, assim, um componente fundamental da sua capacidade produtiva. Desse modo, a adoção de sistemas de uso e manejo do solo deve levar em consideração, entre outros aspectos, o seu efeito sobre os teores de matéria orgânica dos solos (BAYER; MIELNICZUK, 1999). Sob vegetação natural, o conteúdo de matéria orgânica do solo encontra-se estável. O uso agrícola altera esse conteúdo, sendo observada uma redução acentuada quando utilizados métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos vegetais. Nessa situação, é estabelecido um processo de degradação das condições químicas, físicas e biológicas do solo, além da perda da produtividade das culturas. Dessa forma, a manutenção ou recuperação dos teores de matéria orgânica e da capacidade produtiva do solo pode ser alcançada, no caso de sistemas agrícolas intensivos, pela utilização de métodos de preparo com pequeno, ou nenhum revolvimento do solo e por sistemas de cultura com alta adição de resíduos vegetais ou cobertura morta, resultando, respectivamente, em menores taxas de perda e maiores taxas de adição de matéria orgânica ao solo.

Segundo Primavesi (2002), a matéria orgânica fornece: substâncias agregantes do solo, melhorando sua estrutura; ácidos orgânicos e alcoóis, durante sua decomposição, que servem de fonte de carbono aos microorganismos de vida livre, fixadores de nitrogênio; alimento aos organismos ativos na decomposição, produzindo antibióticos que protegem as plantas de pestes, contribuindo para a sanidade vegetal; fornecem, ainda, substâncias intermediárias produzidas em sua decomposição, que podem ser absorvidas pelas plantas, favorecendo o crescimento. No caso da matéria orgânica humificada, além dos benefícios acima citados, contribui, ainda, para o aumento da capacidade de troca de cátions (CTC); aumenta o

poder tampão, isto é, a resistência contra modificação brusca do pH. Entretanto, a cobertura morta, isoladamente, não é medida para aumentar a colheita. A fertilidade do solo depende dos minerais nutritivos e seus equilíbrios (relação ou proporção), porém a capacidade de produzir colheitas satisfatórias depende da bioestrutura do solo. Ela mantém os nutrientes existentes mais disponíveis, acrescenta nutrientes ao solo, oriundos da matéria orgânica, especialmente potássio, mantém o solo superficial mais úmido e facilita a infiltração da água no solo, evitando a erosão e, finalmente, conserva a bioestrutura do solo, e com isso as condições para uma produção satisfatória.

A manutenção da estrutura grumosa do solo depende, entre outros fatores, da proteção da superfície do solo contra a insolação direta e o impacto das chuvas. Isso é possível por uma cobertura morta, proveniente da palha triturada. Quanto mais alta e densa a cobertura com palha, menor a radiação solar que incide sobre o solo. Quanto maior o calor que alcança o solo, mais prejudicial para as raízes que não conseguem se desenvolver nesta camada do solo, por falta absoluta de água, sofrendo assim, estresse hídrico. Dessa forma, a absorção de água e nutrientes é prejudicada e a parte aérea da planta acompanha a raiz, tendo crescimento reduzido (PRIMAVESI, 2002).

Segundo Altieri (1999), um ponto chave no desenho de agroecossistemas sustentáveis é compreender que existem funções no ecossistema que devem ser realizadas no campo de produção. São elas: a biodiversidade dos microrganismos, plantas e animais e a reciclagem de nutrientes e de matéria orgânica no solo. Do ponto de vista do manejo, dentre os componentes básicos de um agroecossistema sustentável que realizarão estas funções estão: a cobertura vegetal como uma medida eficaz de conservação da água e do solo mediante o uso de práticas de cultivos de cobertura ou uso de cobertura morta.

Considerando-se que são inúmeras as vantagens da adição de cobertura morta e assim, fornecimento de matéria orgânica ao solo, tem-se na presente pesquisa, o uso da palha de carnaúba como prática alternativa na agricultura familiar. Diversos estudos foram realizados com palha de carnaúba sendo empregada como cobertura morta ou como substrato.

A palha de carnaúba tem sido recomendada para a produção de mudas de cajueiro, quando preparadas em tubetes. Utiliza-se o substrato preparado com mistura de casca de arroz carbonizada, bagana de carnaúba triturada e solo hidromórfico, na proporção 3:2:2. Para a produção de mudas enxertadas de mangueira, recomenda-se as mesmas proporções do substrato (CHAVES et al., 2000).

Queiroga et al. (2002), testaram, para a produção de pimentão, cobertura morta de palha de vagens de caupi, palha de carnaúba, raspa de madeira, palha de milho, palha de sorgo e palha de capim elefante, além de manterem uma testemunha, sem cobertura. O diâmetro de frutos, número de frutos por planta, peso de frutos e a produção foram afetados pela cobertura morta, sendo que a palha de carnaúba se mostrou superior em relação aos demais tipos de cobertura.

A aplicação de palha de culturas como cobertura morta reduz a manifestação de ervas invasoras, conforme estudo feito por Correia et al. (2006), que pesquisaram a influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. Correia; Durigan (2004), utilizaram palha de cana-de-açúcar como cobertura do solo sobre a emergência de seis espécies de plantas daninhas. Foram testadas as quantidades de 0, 5, 10 e 15 toneladas de palha de cana-de-açúcar. Observou-se que o solo coberto com palha de cana nas dosagens de 5, 10 e 15 toneladas inibiu a emergência de plântulas de algumas das espécies em estudo.

Outro benefício proporcionado pela adição de cobertura morta é a manutenção da temperatura do solo. Em pesquisa realizada por Gasparim et al. (2005), com o objetivo de estudar a temperatura no perfil do solo a diferentes profundidades em solo nu e com duas densidades de cobertura morta, constataram que, quanto maior a densidade de cobertura morta sobre o solo, menor é a variação da temperatura no seu perfil.

Pereira et al., (2003), avaliaram a produção de alface irrigada com efluente de viveiro de peixes comparada com água de poço tubular, cultivadas em diferentes substratos. Os substratos utilizados foram: solo comum sem adubação (testemunha absoluta); solo comum e adubação mineral convencional (testemunha química); solo comum e esterco bovino curtido; solo comum e vermicomposto (100% esterco); solo comum e vermicomposto (25% de palha de carnaúba e 75% de esterco); solo comum

e vermicomposto (50% de palha de carnaúba e 50% de esterco). Constataram que os substratos à base de esterco e vermicomposto apresentaram valores superiores aos demais tratamentos para a maioria das características avaliadas, tais como altura e diâmetro das plantas. Segundo os pesquisadores, esse resultado mais satisfatório deveu-se ao teor de matéria orgânica contido nesses substratos. A superioridade dos substratos orgânicos sobre essas características pode ser atribuída, provavelmente, aos maiores teores de nutrientes neles contidos, além da maior retenção de umidade proporcionada.

Lima et al., (2005) avaliaram os efeitos de diferentes substratos nas variáveis de crescimento de progênies de aceroleira obtidas por estaquia, em tubetes, sob condições de nebulização intermitente em casa de vegetação. Os substratos foram formulados na proporção 1:1, com uma mistura de solo e uma mistura das seguintes fontes de matéria orgânica: húmus, casca de arroz carbonizada, pó de casca de coco seco e bagana de carnaubeira. Concluíram que o uso de mistura de solo e húmus em partes iguais propiciou condições adequadas para o enraizamento de estacas caulinares de aceroleira, bem como o crescimento da parte aérea e da raiz. Em contraponto, os substratos compostos por misturas de solo com casca de arroz carbonizada, pó de casca de coco seco e bagana de carnaúba não exerceram grandes influências sobre a rizogênese e crescimentos da muda.

3.2 Modelos de Análise de Envoltória de Dados

O cálculo da eficiência de unidades produtivas tem importância tanto para fins estratégicos (comparação entre unidades produtivas), quanto para o planejamento (avaliação dos resultados do uso de diferentes combinações de fatores) e para a tomada de decisão (como melhorar o desempenho atual, por meio da análise da distância entre a produção atual e potencial) (GOMES; MANGABEIRA, 2004). Segundo os autores, o uso de Análise de Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA) para medir a eficiência técnica de unidades produtivas tem se mostrado bastante atrativo em diversos setores de aplicação. Sendo assim, o emprego de modelos DEA em agricultura pode apoiar as decisões dos agricultores, ao indicar as fontes de ineficiência e as unidades que podem servir de referência às práticas

adotadas (benchmarks).

De acordo com Gomes et al. (2003), a Análise de Envoltória de Dados - DEA foi desenvolvida para determinar a eficiência de unidades produtivas, onde não seja relevante apenas o aspecto financeiro. Dessa forma, a eficiência de uma unidade produtiva é medida por meio da comparação entre os valores observados e os valores possíveis de seus produtos (saídas) e recursos (insumos). Esta comparação pode ser feita, em linhas gerais, pela razão entre a produção potencial máxima alcançável, dados os recursos disponíveis, ou pela razão entre a quantidade mínima necessária de recursos e a quantidade efetivamente empregada, dada a quantidade de produtos gerados. Combinações dessas razões podem igualmente fornecer informações importantes. Segundo esses autores, a mensuração dessas medidas de desempenho é feita via envelopamento dos dados, limitados por regiões (fronteiras) de máxima produção ou de mínimo custo. Essa modelagem envolve uma boa variedade de técnicas econométricas e de programação matemática (modelos de DEA). A Análise de Envoltória de Dados otimiza cada observação individual com o objetivo de calcular uma fronteira de eficiência, determinada pelas unidades que são Pareto eficientes. Uma unidade é Pareto eficiente se, e somente se, ela não consegue melhorar alguma de suas características sem piorar as demais (GOMES et al., 2003).

De acordo com Gomes et al. (2005), a abordagem por DEA, que utiliza programação linear para estimar a fronteira eficiente (linear por partes), é capaz de incorporar diversos *inputs* (entradas, recursos, insumos ou fatores de produção) e *outputs* (saídas ou produtos) para o cálculo da eficiência de unidades tomadoras de decisão, designadas por Decision Making Units (DMUs). Existem dois modelos DEA clássicos, o modelo CCR (também conhecido por CRS ou *Constant returns to scale*), que trabalha com retornos constantes de escala (CHARNES et al., 1978) e assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, e o modelo BCC (ou VRS - *Variable returns to scale*), devido a Banker et al. (1984), que considera retornos variáveis de escala, isto é, substitui o axioma da proporcionalidade pelo axioma da convexidade.

Tradicionalmente são possíveis duas orientações radiais para esses modelos: orientação a *inputs*, quando se deseja minimizar os recursos disponíveis, sem alteração do nível de produção; orientação a *outputs*, quando o objetivo é aumentar

os produtos, sem mexer nos recursos utilizados. Existem duas formulações equivalentes para DEA. De forma simplificada, pode-se dizer que uma das formulações (modelo dos Multiplicadores) trabalha com a razão de somas ponderadas de produtos e recursos, com a ponderação escolhida de forma mais favorável a cada DMU, respeitando-se determinadas condições (ou seja, cada DMU é auto-avaliada). A outra formulação (modelo do Envelope) define uma região viável de produção e trabalha com uma projeção de cada DMU na fronteira dessa região (GOMES et al., 2005).

Aplicações de DEA na agricultura foram propostas recentemente por Gomes et al. (2003) e Freitas (2004). Entretanto, segundo Gomes et al. (2003), essa ferramenta foi usada anteriormente, na agricultura, por outros pesquisadores. Os indicadores de desempenho econômico e de eficiência técnica utilizados para a discussão dos resultados desta pesquisa basearam-se na metodologia desenvolvida por Freitas; Gomes (2005), que pesquisaram sobre o desempenho econômico de sistemas agrícolas cultivados com uso de tecnologia mulch na Amazônia Oriental, onde as variáveis utilizadas foram a renda líquida por hectare cultivado e por dia trabalhado e rentabilidade por trabalhador ocupado.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Aroeiras do Itaim-PI, localizado a 340 km da capital do estado do Piauí. Pertence à região centro-sul do Piauí, microrregião de Picos. Segundo dados do IBGE (2007), a população estimada no município é de 2.620 habitantes, que têm como atividade principal a produção agropecuária.

Banhada pelo rio Itaim, daí o nome da cidade, Aroeiras do Itaim é uma cidade pequena, de população de baixo poder aquisitivo, que sobrevive basicamente do plantio de arroz, milho e feijão caupi, além da criação de bovinos, aves, suínos, caprinos, ovinos e da apicultura. Outra atividade marcante na região é o extrativismo, destacando-se a extração de pó de carnaúba para utilização industrial. A agricultura da região é caracterizada pelo baixo nível tecnológico, dependente da estação chuvosa e sem orientação técnica. A produção de arroz, milho e feijão caupi garante o sustento da família até a safra seguinte e o excedente é vendido no comércio local e regional.

O índice pluviométrico da região é irregular, aproximadamente em torno de 1000 mm anuais com chuvas ocorrendo de janeiro a maio e concentradas, principalmente, nos meses de fevereiro e março, e chuvas ocasionais ao longo do ano. A textura do solo predominante da região é o areno-argiloso e a vegetação é a caatinga.

4.2 O extrativismo da cera de carnaúba no semi-árido piauiense

A extração do pó de carnaúba no município tem início a partir de meados de junho, após o período chuvoso, para facilitar a secagem da palha. Para a obtenção do pó da carnaúba, são realizadas várias etapas até chegar ao produto final. Após arrendar a área de carnaubal, as equipes de pelo menos vinte pessoas, incluindo homens e mulheres, se estabelecem na propriedade, em acampamentos onde permanecem por um período de 15 a 30 dias. Inicialmente, as folhas das palmeiras

são cortadas com uso de foices adaptadas a cabos de madeira de mais ou menos 15 metros de comprimento. Depois de derrubadas, estas são coletadas e agrupadas em feixes para serem transportadas por animais de tração até o local da secagem. São montados agrupamentos de folhas que permanecem expostas ao sol por cerca de 15 dias para secagem ao ar livre. Esse procedimento é realizado em todas as propriedades do município onde a carnaubeira é encontrada com abundância.

Após percorrer todo o município para derrubada das folhas, o grupo retorna para as propriedades iniciais com a máquina para a extração do pó das folhas já secas. Depois de totalmente secas, as folhas são jogadas na máquina de extração, que nada mais são do que caminhões rústicos, adaptados para esta finalidade. Nessa máquina a folha é triturada em duas moendas e, a seguir, por uma navalha, onde as folhas são violentamente batidas até que toda a cera se desprenda na forma de minúsculas escamas brancas e possa ser separada da palha rasgada. A palha cortada é jogada em um botijão no qual é batida por cassetete e ventilada. Assim, é feita a separação do pó, que é lançado por ventilação para um depósito para ser ensacado posteriormente, enquanto que a palha oriunda da separação é despejada no solo.

Desse processo tem-se, então, o pó que é extraído e armazenado para ser vendido para indústrias da capital do Estado para fabricação de óleo, sabão e outros subprodutos da carnaúba e a palha triturada, que é lançada para fora por uma das extremidades da máquina, onde permanece acumulada. Com o extrativismo da carnaúba para extração do pó, a palha de carnaúba foi se acumulando ao longo dos anos na propriedade, sem finalidade alguma. Com o passar dos anos, essa palha acumulada foi sendo aplicada na agricultura como cobertura do solo. Assim, passou a ser utilizada de forma empírica na agricultura como alternativa, mas sem nenhuma orientação técnica. Atualmente essa técnica já é bastante difundida na região e é utilizada em praticamente todas as propriedades onde a carnaubeira é encontrada, sendo este o fator principal que caracteriza a sua utilização pelos agricultores da região. No presente estudo, as unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba no solo não o fazem pelo fato de não possuírem carnaubal em suas propriedades, segundo relato dos próprios agricultores.

Nos sistemas de cultivos anuais, após o preparo do solo, a palha é distribuída na área de plantio após a aração. Os agricultores que utilizam essa técnica acreditam

que a palha de carnaúba serve como adubo natural, além de manter a umidade do solo e evitar a proliferação de ervas competidoras. Na produção de hortaliças, a palha é utilizada como substrato, podendo ser misturado com terra, esterco de aves, bovinos ou caprinos. Em alguns casos, é utilizada *in natura*, curtida, sem adição de terra, sendo espalhada nos canteiros de plantio. Essa prática tem apresentado bons resultados na produção de hortaliças pelos agricultores da região.

4.3 Caracterização da amostra

Os dados das parcelas cultivadas foram obtidos por meio da aplicação de questionários junto a 17 famílias do município de Aroeiras do Itaim (ver anexo 1), sendo 3 famílias da localidade Baixa, 1 família do Oitis, 1 família da Ponta do Morro, 1 família da localidade Serra, 5 famílias do Rodeador, 1 família do Mari, 2 famílias do Tabuleiro e 3 famílias cujas propriedades situam-se nas proximidades da sede do município.

O levantamento socioeconômico foi realizado por meio da aplicação de questionário. Foram selecionadas 17 famílias para o monitoramento, tendo sido identificadas 43 parcelas de áreas cultivadas, sendo 23 parcelas cultivadas no sistema com uso de palha de carnaúba, das quais 8 parcelas foram cultivadas com feijão caupi, 9 com milho e 6 com arroz e 20 parcelas cultivadas no sistema sem uso de palha de carnaúba, dentre as quais, 7 parcelas foram cultivadas com feijão caupi, 8 com milho e 5 com arroz. No preparo do solo para o plantio, as operações agrícolas realizadas foram a roçagem e limpeza da área e a aração por tração animal.

No levantamento socioeconômico foram coletados dados gerais de cada agricultor, como número de membros da família, grau de escolaridade e participação na atividade agrícola familiar. Foram levantados dados referentes às condições de moradia, situação fundiária, área total do imóvel e área cultivada, uso da terra e operações agrícolas durante a safra, além da criação animal, receitas, gastos e uso de insumos.

No que se refere às informações relativas ao uso da terra, sistemas de cultivos e uso de insumos, buscou-se avaliar aspectos relacionados à aplicação da palha de carnaúba pelos agricultores, bem como a forma com que esta aplicação vem

sendo passada ao longo dos anos. Foram feitas observações e monitoramento dessas unidades familiares para a determinação dos benefícios da utilização da palha de carnaúba nos sistemas agrícolas.

As principais atividades agrícolas desenvolvidas são a produção de milho, feijão caupi e arroz, embora também cultivem hortaliças e fruteiras comuns na região. Quanto à criação animal, possuem, principalmente, caprinos, ovinos, bovinos, aves e suínos na propriedade. Os animais são criados à solta, com pouca ou nenhuma aplicação de tecnologia.

4.4 Análise dos dados

A avaliação do desempenho econômico baseou-se na análise comparativa da renda líquida por hectare cultivado e por dia trabalhado nos sistemas agrícolas cultivados com uso da palha de carnaúba em relação aos sistemas agrícolas cultivados sem uso da palha de carnaúba.

O modelo DEA adotado na presente pesquisa foi o BCC com orientação a *outputs*, modelo do Envelope (Benchmarks e Alvo), já que há diferenças significativas de escala entre as áreas cultivadas. Considerou-se cada parcela cultivada como uma unidade tomadora de decisão (DMU), sendo variável de entrada (*input*) a área cultivada, em hectares (ha) e variável de saída (*output*) a renda líquida, dada em R\$.

Cada unidade familiar foi considerada como tomadora de decisão, sendo 9 unidades familiares que utilizaram o sistema de cultivo anual com aplicação de palha de carnaúba (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9) e 8 unidades familiares que utilizaram o sistema de cultivo anual sem aplicação de palha de carnaúba (SP1, SP2, SP3, SP4, SP5, SP6, SP7, SP8).

O cálculo da eficiência técnica relativa foi efetivado por meio do *software* SIAD (ANGULO MEZA et al., 2005).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 O desempenho econômico de sistemas agrícolas cultivados com uso da palha de carnaúba

5.1.1 Sistema de cultura do feijão caupi

Dentre os 17 produtores rurais entrevistados, 15 destes cultivaram feijão caupi, sendo que 8 produtores utilizaram o sistema de produção com aplicação de palha de carnaúba (P) e 7 produtores utilizaram o sistema de produção sem aplicação de palha de carnaúba (SP).

A renda líquida das unidades familiares foi calculada com base nos valores de renda bruta extraindo-se os gastos com mão-de-obra nas operações agrícolas. O valor médio de um dia de trabalho na região estudada é de R\$ 10,00, sendo que o valor médio de um quilograma de feijão caupi é de R\$ 0,84. Dessa forma foi possível saber quanto cada unidade familiar obteve de rendimento econômico.

As unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba tiveram áreas cultivadas maiores e maior produção de grãos em comparação às unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba. A área cultivada das unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba variou de 0,5 a 8 ha e a produção de grãos variou de 60 a 600 kg, enquanto que a área cultivada das unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba variou de 0,5 a 2 ha e a produção de grãos variou de 60 a 240 kg (ver anexo 1).

Em relação ao rendimento econômico, a renda líquida das unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba variou de R\$ 7,50 a R\$ 680,00 e de R\$ 10,00 a R\$ 152,00 para as unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba. Os gastos com mão-de-obra variaram de R\$ 31,82 a R\$ 494,00 para as unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba, enquanto que para as unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba, essa variação foi de R\$ 18,75 a R\$ 120,00 (ver anexo 2). Esse fato se explica pelo tamanho da área cultivada das unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba ter sido superior. Dentre as operações agrícolas

realizadas, a capina e a aração foram as que mais contribuíram para a elevação dos gastos com mão-de-obra.

A tabela 1 apresenta os dados obtidos por hectare cultivado para a cultura do feijão.

Tabela 1. Dados de rendimento por hectare cultivado com feijão caupi em Aroeiras do Itaim-PI (Ciclo agrícola 2004/2005).

Produtor	Uso de palha de carnaúba (Kg/ha)	Produtividade (Kg/ha)	Renda líquida por hectare (R\$/ha)	Renda líquida por Dia trabalhado (R\$/Dia)
P4	333,25	150	170,00	97,14
P5	334,00	360	231,66	57,92
P7	200,00	160	96,00	57,60
P6	50,00	360	185,00	26,43
P3	35,00	60	38,25	9,00
P8	188,00	180	118,18	8,44
P1	50,00	240	60,00	6,00
P2	26,00	120	15,00	2,50
SP8	0	240	155,00	19,38
SP5	0	120	76,00	3,04
SP7	0	120	20,00	2,73
SP6	0	120	80,00	1,70
SP2	0	120	62,50	1,64
SP4	0	120	20,00	1,43
SP3	0	120	40,00	0,69

P: produtor que aplicou palha de carnaúba; SP: produtor que não aplicou palha de carnaúba.

O produtor P5 obteve a maior produtividade (360 kg/ha) e a maior renda líquida por hectare cultivado (R\$ 231,66/ha). Ao passo que o produtor P6 obteve produtividade igual à do produtor P5, embora tenha apresentado desempenhos inferiores em termos de renda líquida hectare cultivado e por dia trabalhado. Esta diferença de rendimento pode ser explicada pelo fato de que o produtor P6 efetivou maior gasto com capina.

O produtor P4 obteve a maior renda líquida por dia trabalhado (R\$ 97,14/dia). Por outro lado, o produtor SP3 apresentou a menor renda líquida por dia trabalhado (R\$ 0,69/dia). Já o produtor P2 obteve a menor renda líquida por hectare cultivado, enquanto que o produtor P3 obteve a menor produtividade (60 kg/ha). Constata-se que as unidades familiares que utilizaram dosagens elevadas de palha por hectare e

que tiveram gastos reduzidos com mão-de-obra obtiveram os melhores desempenhos econômicos. Essa redução nos gastos com mão-de-obra, provavelmente, se reflete no efeito da palha de carnaúba sobre a emergência de plantas invasoras, reduzindo a necessidade de capina. Segundo pesquisas feitas por Correia et al (2006) e Correia e Durigan (2004), a aplicação de palha de culturas pode afetar a emergência das plantas daninhas, interferindo na dormência, germinação e mortalidade das sementes dessas plantas.

5.1.1.1 Análise da eficiência técnica do sistema de cultivo do feijão caupi com uso da palha de carnaúba

A tabela 2 apresenta os dados do desempenho técnico atual das unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba em comparação às unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba. Ainda, apresenta estimativas para que as unidades familiares ineficientes possam se tornar eficientes apontando valores ideais de área cultivada e de renda líquida.

Tabela 2. Dados do desempenho técnico para a cultura do feijão caupi. Aroeiras do Itaim-PI (Ciclo agrícola 2004/2005).

Produtor	Área cultivada atual (ha)	Renda líquida atual (R\$)	Área cultivada ideal (ha)	Renda líquida ideal (R\$)	Eficiência Técnica (%)
P4	4,00	680,00	4,00	680,00	100,00
P5	0,50	115,83	0,50	115,83	100,00
P6	1,00	185,00	1,00	196,43	94,18
P8	1,00	118,18	1,00	196,43	60,17
P7	3,00	288,01	3,00	518,81	55,51
P3	8,00	306,00	4,00	680,00	45,00
P1	0,50	30,00	0,50	115,83	25,90
P2	0,50	8,00	0,50	115,83	6,48
SP3	0,50	20,00	0,50	115,83	17,27
SP7	1,50	30,00	1,50	277,02	10,83
SP4	0,50	10,00	0,50	115,83	8,63
SP2	0,50	31,25	0,50	115,83	26,98
SP5	2,00	152,00	2,00	357,62	42,50
SP6	1,00	80,00	1,00	196,43	40,73
SP8	0,50	77,50	0,50	115,83	66,91

P: produtor que aplicou palha de carnaúba; SP: produtor que não aplicou palha de carnaúba.

Verifica-se que o produtor P4 e o produtor P5 foram as unidades familiares mais eficientes, visto que obtiveram 100% de eficiência técnica. A unidade familiar P5 aparece como referência para a maioria das unidades familiares. A unidade familiar P4 aparece como referência somente para as unidades familiares P3 e P7. O produtor P4 aplicou uma grande quantidade de palha de carnaúba, cultivou uma área relativamente grande, obteve a maior produção de grãos e a maior renda líquida. Já o produtor P5 aplicou a maior quantidade de palha por hectare, obteve a maior produtividade e a maior renda líquida por hectare cultivado. Por outro lado, a unidade familiar P2 foi a menos eficiente, com 6,48% de eficiência técnica, aplicou a menor quantidade de palha por hectare e obteve o menor desempenho em termos de renda líquida por hectare cultivado e renda líquida por dia trabalhado.

Conforme se verifica na tabela 2, para que as unidades familiares ineficientes se tornem eficientes, estas devem aumentar a renda líquida. Por outro lado, para que o produtor P3 seja eficiente, este deve, além de aumentar a renda líquida, reduzir a área cultivada. O aumento da renda líquida pode ser alcançado com redução nos gastos com mão-de-obra, principalmente em relação à capina. No caso do produtor P3, um aumento na quantidade de palha aplicada seria uma medida eficaz, visto que a quantidade de palha aplicada por hectare foi baixa. Constata-se que o produtor P7 gastou muito com mão-de-obra, principalmente na operação de distribuição da palha de carnaúba. Esse fato indica que a quantidade de palha a ser aplicada deve ser ponderada mediante a demanda de mão-de-obra dessa operação.

Em relação às unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba, apenas um produtor apresentou índice de eficiência técnica acima de 50%. O produtor SP8 apresentou eficiência técnica de 66,91%, obteve a maior produtividade e a maior renda líquida por hectare cultivado e por dia trabalhado. No entanto, para que essa unidade familiar se torne eficiente, o ideal é que a renda líquida seja aumentada.

5.1.2 Sistema de cultura do milho

Dentre os 17 produtores rurais entrevistados todos cultivaram milho, sendo que 9 produtores utilizaram o sistema de cultivo com aplicação de palha de carnaúba

(P) e 8 produtores utilizaram o sistema de cultivo sem aplicação de palha de carnaúba (SP). A renda líquida das unidades familiares para a cultura do milho foi calculada da mesma forma já descrita anteriormente para a cultura do feijão caupi, sendo que o valor médio de um quilograma de milho na região de estudo é de R\$ 0,38. Dessa forma estimou-se o rendimento econômico de cada unidade familiar.

As unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba tiveram áreas cultivadas maiores, com maior produção de grãos e valores mais elevados de rendimento líquido em relação às unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba. A área cultivada das unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba variou de 1 a 12 hectares, a produção de grãos variou de 420 a 10200 kg e o rendimento líquido variou de R\$ 24,34 a 2506,00 (ver anexos 1 e 2). Os gastos com mão-de-obra das unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba foram superiores, visto que estas unidades familiares cultivaram áreas maiores. As atividades que implicaram em maiores gastos foram a capina e a aração. A tabela 3 apresenta a quantidade de palha aplicada por hectare e os valores obtidos por hectare cultivado para a cultura do milho.

Tabela 3. Dados por hectare cultivado com milho. Aroeiras do Itaim-PI (Ciclo agrícola 2004/2005).

Produtor	Uso de palha (Kg/ha)	Produtividade (Kg/ha)	Renda líquida por hectare (R\$/ha)	Renda líquida por Dia trabalhado (R\$/Dia)
P4	333,38	555	173,50	99,14
P3	35,00	1125	313,25	73,71
P1	50,00	1800	550,00	55,00
P2	25,00	1200	375,00	53,57
P9	100,00	600	190,00	51,82
P7	200,00	300	77,67	44,38
P8	187,50	1700	368,18	25,69
P6	50,00	600	115,00	16,43
P5	333,00	210	12,17	3,04
SP4	0	900	265,00	18,93
SP8	0	480	139,00	17,38
SP7	0	600	120,00	16,36
SP3	0	960	308,00	5,31
SP2	0	600	192,50	5,20
SP6	0	300	95,00	2,04
SP5	0	150	33,50	1,34
SP1	0	600	150,00	0,71

P: produtor que aplicou palha de carnaúba; SP: produtor que não aplicou palha de carnaúba.

Constata-se que o produtor P1 obteve a maior produtividade (1800 kg/ha) e a maior renda líquida por hectare cultivado (R\$ 550,00/ha), ao passo que o produtor SP5 obteve a menor produtividade (150 kg/ha) e o produtor SP1 apresentou a menor renda líquida por dia trabalhado (R\$ 0,71/dia). O fato de o produtor P1 ter se sobressaído em relação aos demais se explica pelo efeito da palha de carnaúba sobre a proteção do solo, pela manutenção da umidade e controle da elevação da temperatura, reduzindo o estresse hídrico das plantas.

Em relação à quantidade de palha de carnaúba aplicada, verifica-se que o produtor P1 aplicou 50 kg de palha por hectare. No entanto, dentre os gastos com mão-de-obra, a capina foi uma das operações mais onerosas para essa unidade familiar. Em contraponto a unidade familiar P4 obteve a maior renda líquida por dia trabalhado e aplicou 333,38 kg de palha por hectare cultivado. Consequentemente, os gastos com mão-de-obra foram reduzidos. O produtor P5 obteve o menor desempenho em relação à renda líquida por hectare cultivado. Aplicou uma quantidade considerável de palha, mas não obteve resposta em termos de produtividade. Esse baixo desempenho pode estar relacionado ao fato de que para a cultura do milho, a quantidade de palha necessária para que a cultura responda satisfatoriamente deve ser reduzida.

5.1.2.1 Análise da eficiência técnica do sistema de cultivo do milho com uso da palha de carnaúba

Os dados de desempenho técnico atual das unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba em comparação às unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba são descritos na tabela 4. São apresentadas, ainda, estimativas para que as unidades familiares ineficientes possam se tornar eficientes apontando valores ideais de área cultivada e de renda líquida.

Tabela 4. Dados do desempenho técnico para a cultura do milho. Aroeiras do Itaim-PI (Ciclo agrícola 2004/2005).

Produtor	Área cultivada atual (ha)	Renda líquida atual (R\$)	Área cultivada ideal (ha)	Renda líquida ideal (R\$)	Eficiência Técnica (%)
P1	1,0	550,00	1,0	550,00	100,00
P3	8,0	2506,00	8,0	2506,00	100,00
P8	6,0	2209,08	6,0	2209,08	100,00
P2	1,0	375,00	1,0	550,00	68,18
P4	8,0	1388,00	8,0	2506,00	55,39
P9	3,0	570,00	3,0	1213,63	46,97
P7	12,0	932,04	8,0	2506,00	37,19
P6	3,0	345,00	3,0	1213,63	28,43
P5	2,0	24,34	2,0	881,82	2,76
SP3	0,5	154,00	0,5	154,00	100,00
SP1	0,5	75,00	0,5	154,00	48,70
SP4	1,0	265,00	1,0	550,00	48,18
SP2	1,0	192,50	1,0	550,00	35,00
SP8	1,0	139,00	1,0	550,00	25,27
SP7	1,5	180,00	1,5	715,91	25,14
SP6	2,0	190,00	2,0	881,82	21,55
SP5	2,0	67,00	2,0	881,82	7,60

P: produtor que aplicou palha de carnaúba; SP: produtor que não aplicou palha de carnaúba.

As unidades familiares P1, P3, P8 e SP3 obtiveram os melhores desempenhos técnicos, visto que apresentaram 100% de eficiência. Estas são as unidades de referência (benchmarks) para as unidades familiares que foram ineficientes.

A unidade familiar SP3 aparece como referência para a unidade familiar SP1. Já a unidade familiar P3 aparece como referência para as unidades familiares P4 e P7. No entanto, a unidade familiar que aparece o maior número de vezes como referência para as unidades ineficientes é P1.

Observa-se que o produtor P5, obteve a menor eficiência técnica (2,76%). Constata-se que as unidades familiares ineficientes devem aumentar a renda líquida para que possam se tornar eficientes. No caso do produtor P7, para que este seja eficiente, deve, além de aumentar a renda líquida, reduzir a área cultivada. O aumento da renda líquida é possível reduzindo-se os gastos com mão-de-obra. No caso do produtor P5, a atividade que mais onerou os gastos com as operações agrícolas foi a aração. Já o produtor P7 gastou muito com a operação de distribuição da palha de carnaúba.

5.1.3 Sistema de cultura do arroz

Dentre os 17 produtores rurais entrevistados, 11 destes cultivaram arroz, sendo que 6 produtores utilizaram o sistema de produção com aplicação de palha de carnaúba (P) e 5 produtores utilizaram o sistema de produção sem aplicação de palha de carnaúba (SP). A renda líquida das unidades familiares foi calculada seguindo o mesmo princípio adotado anteriormente para as demais culturas, sendo que o valor médio de um quilograma de arroz na região em estudo é de R\$ 0,42. Dessa forma calculou-se quanto cada unidade familiar obteve de rendimento econômico.

As unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba tiveram áreas cultivadas maiores e maior produção de grãos em comparação às unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba. A área cultivada das unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba variou de 0,5 a 4 ha e a produção de grãos variou de 600 a 2400 kg, enquanto que a área cultivada das unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba variou de 0,5 a 1 ha e a produção de grãos variou de 420 a 600 kg (ver anexo 1).

Em relação ao rendimento econômico, a renda líquida das unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba variou de R\$ 115,84 a R\$ 593,18 e de R\$ 135,00 a R\$ 227,50 para as unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba (ver anexo 2). Constata-se que as unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba tiveram maiores gastos com de mão-de-obra. Isso se explica pelo fato de que a área cultivada dessas unidades familiares foi superior. A aração e a capina foram as operações agrícolas mais onerosas. A tabela 5 apresenta as quantidades de palha de carnaúba aplicada por hectare e os valores de rendimento líquido por hectare cultivado e por dia trabalhado para a cultura do arroz.

Tabela 5. Dados por hectare cultivado com arroz. Aroeiras do Itaim-PI (Ciclo agrícola 2004/2005).

Produtor	Uso de palha (Kg/ha)	Produtividade (Kg/ha)	Renda líquida por hectare (R\$/ha)	Renda líquida por Dia trabalhado (R\$/Dia)
P2	26	1200	415,00	69,17
P1	50	1800	610,00	61,00
P5	334	720	231,68	57,92
P8	188	1500	593,18	42,37
P6	50	900	260,00	37,14
P3	35	600	148,25	32,94
SP8	0	1200	455,00	56,88
SP4	0	1200	420,00	30,00
SP2	0	840	312,50	8,22
SP5	0	420	151,00	6,29
SP1	0	840	270,00	1,29

P: produtor que aplicou palha de carnaúba; SP: produtor que não aplicou palha de carnaúba.

Observa-se que o produtor P1 obteve a maior produtividade (1800 kg/ha) e a maior renda líquida por hectare cultivado (R\$ 610,00/ha) e o produtor P2 obteve a maior renda líquida por dia trabalhado (R\$ 69,17/dia), ao passo que o produtor SP5 obteve a menor produtividade (420 kg/ha) e o produtor SP1 obteve a menor remuneração por dia trabalhado (R\$ 1,29/dia). O fato de os produtores P1 e P2 terem apresentado maiores rendimentos econômicos está relacionado com o efeito da palha sobre as propriedades físicas do solo, como controle da elevação da temperatura e manutenção da umidade.

Verifica-se que a quantidade de palha de carnaúba aplicada pelos produtores que apresentaram maior desempenho econômico não foi tão elevada, o que pode ser um indicador de que a quantidade de palha de carnaúba necessária para que a cultura do arroz responda satisfatoriamente deve ser reduzida. No entanto, o produtor P8 aplicou uma quantidade relativamente grande de palha de carnaúba e teve gastos reduzidos com mão-de-obra. Em contraponto, o produtor P3, que aplicou uma quantidade de palha por hectare menor, foi o que mais teve gastos, obteve a menor produtividade e o menor desempenho em relação à renda líquida por hectare cultivado.

5.1.3.1 Análise da eficiência técnica do sistema de cultivo do arroz com uso da palha de carnaúba

A tabela 6 apresenta os dados do desempenho técnico atual das unidades familiares que aplicaram palha de carnaúba em comparação às unidades familiares que não aplicaram palha de carnaúba para a cultura do arroz. Mostra, ainda, as estimativas para que as unidades familiares ineficientes possam se tornar eficientes apontando valores ideais de área cultivada e de renda líquida.

Tabela 6. Dados do desempenho técnico para a cultura do arroz. Aroeiras do Itaim-PI, (Ciclo agrícola 2004/2005).

Produtor	Área cultivada atual (ha)	Renda líquida atual (R\$)	Área cultivada ideal (ha)	Renda líquida ideal (R\$)	Eficiência Técnica (%)
P1	0,5	305,00	0,5	305,00	100,00
P8	1,0	593,18	1,0	593,18	100,00
P3	4,0	593,00	1,0	593,18	99,97
P6	2,0	520,00	1,0	593,18	87,66
P2	0,5	207,50	0,5	305,00	68,03
P5	0,5	115,84	0,5	305,00	37,98
SP8	0,5	227,50	0,5	305,00	74,59
SP4	0,5	210,00	0,5	305,00	68,85
SP2	0,5	156,25	0,5	305,00	51,23
SP1	0,5	135,00	0,5	305,00	44,26
SP5	1,0	151,00	1,0	593,18	25,46

P: produtor que aplicou palha de carnaúba; SP: produtor que não aplicou palha de carnaúba.

Os produtores P1 e P8 obtiveram os maiores desempenhos em termos de eficiência técnica, visto que obtiveram eficiência de 100%, sendo, portanto, as unidades de referência (benchmarks) para as demais unidades familiares.

A unidade familiar que aparece com maior frequência como referência para as unidades familiares ineficientes é P1. A unidade familiar P8 serve como referência somente para P3, P6 e SP5. Para que os produtores P3 e P6 se tornem eficientes, estes devem reduzir a área cultivada, sendo que a renda líquida deve ser aumentada. Em relação às demais unidades familiares, observa-se que a área cultivada deverá ser mantida, aumentando-se a renda líquida. Isso pode ser feito reduzindo-se os gastos com mão-de-obra.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa permitiu desmistificar a idéia muito corrente entre os agricultores de Aroeiras do Itaim-PI de que o uso da palha de carnaúba “aduba o solo”. Na verdade, o principal efeito da aplicação da palha em benefício das culturas se efetiva sobre a proteção do solo dos efeitos da radiação solar, bem como pela manutenção da umidade.

A destinação da palha enquanto resíduo sólido que, a princípio não teria aplicabilidade, podendo, ainda, tornar-se um problema ambiental, para práticas alternativas na agricultura visando à sustentabilidade do agroecossistema pode ser uma maneira eficiente de minimizar a dependência de recursos externos.

Os resultados da pesquisa indicaram que os sistemas agrícolas cultivados com uso de palha de carnaúba obtiveram maior desempenho econômico do que os sistemas cultivados sem palha de carnaúba. No que se refere à avaliação da eficiência técnica relativa, constatou-se que as unidades produtivas de referência (benchmarks) da cultura do feijão caupi foram os produtores P4 e P5; na cultura do milho foram os produtores P1, P3, P8 e SP3, enquanto que na cultura do arroz foram os produtores P1 e P8.

Desse modo, a aplicação de palha de carnaúba, especialmente nos sistemas de cultivos anuais (feijão caupi, milho e arroz) na agricultura consiste numa prática promissora. Entretanto, muitas pesquisas ainda deverão ser realizadas para a comprovação dos seus reais benefícios ao solo. Assim, faz-se necessária a continuidade das pesquisas com aplicação de palha de carnaúba voltadas para a agricultura familiar, enfocando-se a sustentabilidade dos agroecossistemas.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Nordon-Comunidad, 1999. 338 p.

ANGULO MEZA, L. et al. ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for Data Envelopment Analysis model. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 493-503, set.-dez. 2005.

BANKER, R. D. et al. **Some models for estimating technical scale inefficiencies in DEA**. Management Science, v. 30, n. 9, p.1078-1092, 1984.

BAYER, Cimélio; MIELNICZUK, João. Dinâmica e função da matéria orgânica. IN: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

BNB. **Agenda do produtor rural**. Fortaleza: 2007.

CHARNES, A. et al. **Measuring the efficiency of decision-making units**. European Journal of Operational Research, v. 2, p.429-444, 1978.

CHAVES, J. C. M. et al. Normas de produção de mudas. **Documentos**, nº 41. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 37 p.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. **Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar**. Planta daninha, Viçosa-MG, v. 22, n. 1, p. 11-17. 2004.

CORREIA, N. M. et al. **Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas**. Planta daninha, Viçosa-MG, v. 24, n. 2, p. 245-253. 2006.

CSRA. **Centro de Pesquisas e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais.** Disponível em: < <http://www.iac.sp.gov.br/Centros/CSRA/AMOSTRAdeSOLO/InterpretaçãAnaliseSolo.htm> >. Acesso em: 01 set. 2005.

FREITAS, A. C. R. de. **Crise ecológica e mudança técnica da agricultura camponesa de derruba e queima da Amazônia Oriental.** Belém: Universidade Federal do Pará; Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, 2004. 169 p. Tese de Doutorado.

FREITAS, A. C. R. de; GOMES, E. G. **Avaliação do desempenho de sistemas agrícolas na Amazônia Oriental cultivados com tecnologia de trituração de capoeira.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 3, p. 713-739, set./dez. 2005.

GASPARIM, ELOI et al. **Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu.** Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá, v. 27, n. 1, p. 107-115, jan.-mar. 2005.

GLIESSMAN, Stephen. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 653 p.

GOMES, E. G. et al. **Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso.** Rev. Econ. Sociol. Rural, Brasília, v.43, n. 4, out./dez. 2005.

GOMES, E. G. et al. **Avaliação de eficiência por análise de envoltória de dados: conceitos, aplicações à agricultura e integração com sistemas de informação geográfica.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 39 p. 2003.

GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. de C. **Uso de análise de envoltória de dados em agricultura: o caso de Holambra.** ENGEVISTA, Campinas, v. 6, n. 1, p. 19-27, abr. 2004.

IBGE. **Cidades@**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php> >. Acesso em: 10 mai. 2007.

LIMA, R. de L. S. et al. **Enraizamento de estacas caulinares de acerola em função da composição do substrato**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n. 1, p. 27-32, jan.-mar. 2005.

PEREIRA, E. W. L. et al. **Utilização de efluente de viveiro de peixes na irrigação de alface cultivada em diferentes tipos de substratos**. Caatinga, Mossoró-RN, v. 16, p. 57-62, dez. 2003.

PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549 p.

QUEIROGA, R. C. F. et al. **Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão**. Horticultura brasileira, v. 20, n. 3, set. 2002.

ANEXOS

Anexo 1: Caracterização das unidades familiares entrevistadas no município de Aroeiras do Itaim-PI.

Código	Produtor	Localidade	Uso total de palha de carnaúba (kg)	Área cultivada (ha)				Produção obtida (kg)		
				Feijão caupi	Milho	Arroz	Total	Feijão caupi	Milho	Arroz
P1	Josimar de M. Carvalho	Baixa	100	0,5	1,0	0,5	2,0	120	1800	900
P2	Orlando E. de Carvalho	Baixa	50	0,5	1,0	0,5	2,0	60	1200	600
P3	Lourenço F. de Macêdo	Baixa	700	8,0	8,0	4,0	20,0	480	9000	2400
P4	Gerson M. Santos	Tabuleiro	4000	4,0	8,0	-	12,0	600	4440	-
P5	Zeferino J. de Moura	Sede do município	1000	0,5	2,0	0,5	3,0	180	420	360
P6	Ludgero F. da Silva	Sede do município	300	1,0	3,0	2,0	6,0	360	1800	1800
P7	Edivá B. L. de Carvalho	Oitis	3000	3,0	12,0	-	15,0	480	3600	-
P8	Manoel J. de Sousa	Ponta do Morro	1500	1,0	6,0	1,0	8,0	180	10200	1500
P9	José de M. Silva	Serra	300	-	3,0	-	3,0	-	1800	-
SP1	Manoel M. de Moura	Rodeador	-	-	0,5	0,5	1,0	-	300	420
SP2	Antônio M. Sobrinho	Rodeador	-	0,5	1,0	0,5	2,0	60	600	420
SP3	Francisco das C. Moura	Rodeador	-	0,5	0,5	-	1,0	60	480	-
SP4	Martim J. de Moura	Rodeador	-	0,5	1,0	0,5	2,0	60	900	600
SP5	Amadeu R. Soares	Rodeador	-	2,0	2,0	1,0	5,0	240	300	420
SP6	Fernando J. de Sousa	Mari	-	1,0	2,0	-	3,0	120	600	-
SP7	Pedro J. de Moura	Tabuleiro	-	1,5	1,5	-	3,0	180	900	-
SP8	Otaviano P. da Silva	Sede do município	-	0,5	1,0	0,5	2,0	120	480	600

P: produtor que aplicou palha de carnaúba; SP: produtor que não aplicou palha de carnaúba.

Anexo 2: Dados do desempenho econômico dos sistemas de cultivos anuais. Aroeiras do Itaim-PI (Ciclo agrícola 2004/2005).

Código	Renda bruta (R\$)			Gastos (R\$)			Renda líquida (R\$)		
	Feijão caupi	Milho	Arroz	Feijão caupi	Milho	Arroz	Feijão caupi	Milho	Arroz
P1	100,00	690,00	375,00	70,00	140,00	70,00	30,00	550,00	305,00
P2	50,00	460,00	250,00	42,50	85,00	42,50	7,50	375,00	207,50
P3	800,00	3000,00	840,00	494,00	494,00	247,00	306,00	2506,00	593,00
P4	800,00	1628,00	-	120,00	240,00	-	680,00	1388,00	-
P5	150,00	161,00	150,00	34,17	136,66	34,17	115,83	24,34	115,84
P6	300,00	690,00	750,00	115,00	345,00	230,00	185,00	345,00	520,00
P7	400,00	1380,00	-	111,99	447,96	-	288,01	932,04	-
P8	150,00	2400,00	625,00	31,82	190,92	31,82	118,18	2209,08	593,18
P9	-	690,00	-	-	120,00	-	-	570,00	-
SP1	-	115,00	175,00	-	40,00	40,00	-	75,00	135,00
SP2	50,00	230,00	175,00	18,75	37,50	18,75	31,25	192,50	156,25
SP3	50,00	184,00	-	30,00	30,00	-	20,00	154,00	-
SP4	50,00	345,00	250,00	40,00	80,00	40,00	10,00	265,00	210,00
SP5	200,00	115,00	175,00	48,00	48,00	24,00	152,00	67,00	151,00
SP6	100,00	230,00	-	20,00	40,00	-	80,00	190,00	-
SP7	150,00	300,00	-	120,00	120,00	-	30,00	180,00	-
SP8	100,00	184,00	250,00	22,50	45,00	22,50	77,50	139,00	227,50

P: produtor que aplicou palha de carnaúba; SP: produtor que não aplicou palha de carnaúba.