

**PROCESSAMENTO DE POLPA DE LICURI UTILIZANDO COCÇÃO SOLAR EM
ALTERNATIVA AOS COMBUSTÍVEIS CONVENCIONAIS**

Pedro Henrique Campello Santos^{1*}, Célio Dantas de Santana², Tiago Batista Cerqueira², Fabio del Monte Coccozza², Cristiane Domingos da Paz⁴

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE Campus Garanhuns e doutorando do PPGADT/UNEB.

² Universidade do Estado da Bahia – UNEB/Campus XXII

³ Programa de Pós Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial (PPGADT) pelo convênio entre UNEB, UNIVASF e UFRPE.

⁴ Universidade do Estado da Bahia – UNEB/Campus III / DTCS

*Autor para correspondência: pedrocampello@gmail.com

Recebido: 01.03.2023 Aceito: 23.03.2023

RESUMO: O objetivo deste é a analisar a qualidade de um alimento produzido a partir de um fruto nativo do bioma Caatinga, utilizando cocção solar, visando a adoção do método como alternativa aos combustíveis convencionais. Utilizou-se a polpa do fruto maduro do licurizeiro, o Licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari para produção de um doce em massa de licuri maduro utilizando quatro diferentes tipos de cocção: lenha, gás de cozinha, eletricidade e cocção solar através de um concentrador solar tipo Scheffler de 2,7m². Os doces foram caracterizados através das análises: microbiológica, físico-química e sensorial. Os resultados das análises foram submetidos a análises estatísticas e teste de Tukey com 5% de significância. Foram medidos também o tempo, temperatura e custos com energia térmica para produção de 1kg de doce. A cocção à lenha obteve o menor tempo 82 min, seguido da cocção elétrica 148 min, GLP 186 min e solar 212 min. Com relação à temperatura máxima em cada cocção, foram: lenha 119°C, GLP 84°C, eletricidade 92°C e solar 91°C. Os custos com energia térmica para cada tipo de cocção foram: lenha 0,19US\$, GLP 1,34US\$, elétrica 0,95US\$ e solar 0,0US\$. Com relação às análises microbiológicas todos os doces ficaram dentro do padrão exigido pela Instrução normativa da Anvisa nº 161/2022. O doce produzido com lenha obteve menor umidade (8,57%) e maior SST (63,68°Brix) em virtude da alta temperatura de cocção. A acidez total (ATT) e pH foram semelhantes entre os doces, variando entre 1,43 e 1,68% para ATT e 4,02 e 4,09 para o pH. O doce produzido com eletricidade obteve maior valor para vitamina C (4,82mg/100ml). Com relação à análise sensorial todos os doces obtiveram a maioria das respostas na região da aceitação (“gostei” e “gostei muito”) com destaque para os doces produzidos com eletricidade e gás, seguidos por lenha e solar. A formulação do doce em massa de licuri maduro produzido neste trabalho encontra-se protegida pelo nº do Processo: BR 10 2022 022582 6 do INPI.

Palavras-chave: *Syagrus coronata* L.; Caatinga; Energias Renováveis; Desenvolvimento Sustentável.

PROCESSING OF LICURI PULP USING SOLAR COOKING AS AN ALTERNATIVE TO CONVENTIONAL FUELS

ABSTRACT: The objective of this is to analyze the quality of a food produced from a native fruit of the Caatinga biome, using solar cooking, aiming the adoption of the method as an alternative to conventional fuels. It was used the pulp of the ripe fruit of licuri, the Licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari for production of a sweet in mass of ripe licuri using four different types of cooking: firewood, cooking gas, electricity and solar cooking through a solar concentrator type Scheffler of 2.7m². The sweets were characterized through microbiological, physicochemical and sensory analysis. The results of the analyses were submitted to statistical analysis and Tukey's test with 5% significance level. The time, temperature and costs for the production of 1kg were also measured. The wood-fired cooking had the shortest time of 82 min, followed by electric cooking 148 min, LPG 186 min and solar 212 min. With respect to the maximum temperature in each cooking were: firewood 119°C, LPG 84°C, electricity 92°C and solar 91°C. The thermal energy costs for each type of cooking were: firewood 0.19US\$, LPG 1.34US\$, electricity 0.95US\$ and solar 0.0US\$. Regarding the microbiological analyses, all the sweets were within the standard required by Anvisa Normative Instruction No. 161/2022. The candy produced with firewood obtained lower humidity (8.57%) and higher TSS (63.68°Brix) due to the high cooking temperature. The total acidity (TAA) and pH were similar among the sweets, varying between 1.43 and 1.68% for TAA and 4.02 and 4.09 for pH. The candy produced with electricity obtained the highest value for vitamin C (4.82mg/100ml). Regarding the sensory analysis, all the sweets obtained the majority of responses in the region of acceptance ("I liked it" and "I liked it a lot"), especially the sweets produced with electricity and gas, followed by firewood and solar. The formulation of the mature licuri mass candy produced in this work is protected by the Process number: BR 10 2022 022582 6 from INPI.

Keywords: *Syagrus coronata* L.; Caatinga; Renewable energy; Sustainable development.

PROCESAMIENTO DE PULPA DE LICURI UTILIZANDO COCINA SOLAR COMO ALTERNATIVA A LOS COMBUSTIBLES CONVENCIONALES

RESUMEN: El objetivo de este trabajo es analizar la calidad de un alimento producido a partir de un fruto nativo del bioma de la Caatinga, utilizando la cocción solar, visando la adopción del método como alternativa a los combustibles convencionales. Fue utilizada la pulpa del fruto maduro de licuri, el Licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari para producción de un dulce en masa de licuri maduro utilizando cuatro tipos diferentes de cocción: leña, gas de cocina, electricidad y cocción solar a través de un concentrador solar tipo Scheffler de 2,7m². Los dulces se caracterizaron mediante análisis microbiológicos, físicoquímicos y sensoriales. Los resultados de los análisis se sometieron a análisis estadístico y a la prueba de Tukey con un nivel de significación del 5%. También se midieron el tiempo, la temperatura y los costes de producción de 1 kg. La cocción con leña tuvo el menor tiempo de 82 min, seguida de la cocción eléctrica 148 min, GLP 186 min y solar 212 min. Con respecto a la temperatura máxima en cada cocción fueron: leña 119°C, GLP 84°C, electricidad 92°C y solar 91°C. Los costes de energía térmica para cada tipo de cocción fueron: leña 0,19US\$, GLP 1,34US\$, electricidad 0,95US\$ y solar 0,0US\$. En cuanto a los análisis microbiológicos, todos los

dulces estuvieron dentro del estándar exigido por la Instrucción Normativa Anvisa nº 161/2022. El dulce producido con leña obtuvo menor humedad (8,57%) y mayor SST (63,68°Brix) debido a la elevada temperatura de cocción. La acidez total (TAA) y el pH fueron similares entre los caramelos, variando entre 1,43 y 1,68% para la TAA y 4,02 y 4,09 para el pH. El caramelo producido con electricidad obtuvo el valor más alto de vitamina C (4,82mg/100ml). En cuanto al análisis sensorial, todos los caramelos obtuvieron la mayoría de respuestas en la región de la aceptación ("me gustó" y "me gustó mucho"), especialmente los caramelos producidos con electricidad y gas, seguidos de los producidos con leña y energía solar. La formulación del caramelo de masa de licuri maduro producido en este trabajo está protegida por el número de Proceso: BR 10 2022 022582 6 del INPI.

Palabras clave: *Syagrus coronata* L.; Caatinga; Energías renovables; Desarrollo sustentable.

INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga abriga uma palmeira nativa (**Syagrus coronata** (Martius Beccari), conhecida localmente como liculizeiro, cujo processamento é responsável por uma grande diversidade de produtos. A partir do seu fruto, o licuri, são obtidos alimentos, tais como: azeite, biscoito, cocada, paçoca, granola, licuri caramelizado, doce, licuri torrado, licor e cerveja. Estes produtos, além de possuírem elevado valor nutricional, são aliados no combate à fome, a miséria e a desnutrição (MANSO, 2009; LIMA, 2014; BARBOSA e MACHADO, 2016; COOPES, 2023). Outros produtos feitos com o licuri ou partes do licurizeiro são: sabão, artesanato, sacolas, chapéus, vassouras, cera utilizada na fabricação de papel carbono, graxa para sapatos, móveis, pintura de automóveis, cosméticos, biodiesel e aproveitamento das folhas e cascas das sementes como fonte de energia térmica em substituição à lenha (ICMBIO, 2012; CETEC, 2012; CARVALHO et al. 2014). O beneficiamento do licuri é, portanto, uma forma viável para incrementar a renda e a qualidade de vida da população do semiárido nordestino (LIMA, 2014). Além dos aspectos sociais e econômicos, o licuri é o principal alimento da Arara-Azul-de-Lear (*Anodorhynchus leari*), espécie endêmica da região do Raso da Catarina/BA no semiárido nordestino, além de ser fonte de alimento para mais 13 espécies vertebradas e 5 espécies invertebradas (MANSO, 2009; ICMBIO, 2012; CARVALHO, 2014).

Pouca inovação vem sendo observada no processamento do licuri, entre elas está o uso de uma máquina que auxilia na quebra da casca do fruto, reduzindo o trabalho manual (LIMA, 2014). Mas no que se refere ao uso de calor para torração da amêndoa, historicamente esta etapa tem sido feita utilizando energia térmica oriunda da queima da lenha. De forma geral o uso da lenha como fonte de energia contribui com a

degradação da caatinga, que vem sendo degradada devido a técnicas agrícolas inadequadas, supressão indiscriminada de vegetação nativa, sobrepastoreio e retirada de lenha para fins energéticos (MANSO, 2009; MORIMITSU, 2014). O licurizeiro também sofre com essa degradação e por isso normas federais e municipais foram elaboradas a exemplo da Instrução Normativa Ibama nº 191, de 24 de Setembro de 2008 (BRASIL, 2008) e da Lei nº 13.908 de 29 de janeiro de 2018 que estabelece como patrimônio biocultural a espécie do licuri (BAHIA, 2018), tornando-a imune ao corte.

As outras fontes energéticas, também disponíveis para torração da amêndoa, como GLP (gás liquefeito de petróleo, mais conhecido como gás de cozinha) e eletricidade representam altos custos e também têm custos ambientais. A energia solar é um recurso abundante no semiárido nordestino e tem potencial para gerar calor necessário para realização de processos industriais, entre eles a cocção de alimentos. O uso de fontes renováveis de energia está alinhado com os 17 ODS (Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável) (ODSBRASIL, 2023).

Alguns equipamentos são utilizados para gerar calor a partir da radiação solar em diferentes faixas de temperatura. Abaixo de 100°C o dessalinizador solar transforma água salobra em água potável, o secador solar desidrata alimentos, o fogão solar tipo caixa realiza a cocção lenta de alimentos e o ASBC (aquecedor solar de baixo custo) aquece água para banho; são tecnologias sociais viáveis pra o semiárido nordestino (JÚLIO e DIAS, 2022). Entre 100 e 150°C o aquecedor solar de tubo evacuado aquece fluidos para processos industriais e o fogão parabólico consegue fritar alimentos. Acima dos 150°C os concentradores solares conseguem gerar eletricidade e processar alimentos de forma mais rápida. O concentrador solar tipo Scheffler já foi utilizado para extração de óleos essenciais (Munir, Hensel e Scheffler, (2010), produção de pães (SANTOS et al. 2015), torração da farinha de mandioca (Sistema de aquecimento solar híbrido para processamento de alimentos, com o número de processo: BR 10 2018 076450 0 - INPI), destilação de água (CHANDAK et al. 2009) e possui um diferencial com relação a outros modelos de concentradores solares pelo fato de produzir um foco paralelo ao solo, permitindo que o cozinheiro(a) fique ao abrigo da sombra durante a cocção de alimentos.

Para avaliar a viabilidade técnica e financeira do uso de cocção solar em comparação com combustíveis convencionais, o objetivo deste trabalho é processar a polpa do licuri utilizando um concentrador solar tipo Scheffler em alternativa aos combustíveis convencionais. Para isso um protótipo foi construído na cidade de Paulo Afonso/BA. Um alimento obtido da polpa de licuri foi produzido com quatro fontes

distintas de calor: lenha, eletricidade, GLP e solar. Amostras foram caracterizadas a partir de análises microbiológica, físico-química e sensorial. Também foi avaliado o custo financeiro referente ao consumo de energia térmica de cada tipo de cocção.

MATERIAIS E MÉTODOS

A construção do concentrador solar tipo Scheffler foi realizada na cidade de Paulo Afonso/BA (-9.389595, -38.217266) pertencente ao território de identidade Itaparica, que é composto pelos municípios: Abaré, Chorrochó, Glória, Macururé, Paulo Afonso e Rodelas. Estes municípios possuem similaridades no que se refere à clima, solo, fauna, flora e principalmente pelo fato de terem uma forte relação com o rio São Francisco e todas as intervenções ocorridas com as obras das hidrelétricas da Chesf (Companhia Hidrelétrica do São Francisco). As atividades econômicas mais presentes neste território incluem: ecoturismo, usinas hidrelétricas e criação de tilápias. O ecoturismo é estimulado pelos belos cenários naturais inspirados pelos cânions do São Francisco; pelo fato de ter servido de cenário para o bando do cangaceiro Lampião e Maria Bonita; e pela presença de sítios arqueológicos. Os povos originários são formados por indígenas e quilombolas. Conforme o programa SunData do CRESESB, é de 5,37 kWh/m²*dia a média da radiação solar ao longo de todo ano em Paulo Afonso/BA. Especificamente para o mês de maio, período do experimento, a média é de 5,2 kWh/m²*dia.

Projeto e construção do sistema de aquecimento utilizando energia solar

O concentrador solar tipo Scheffler utilizado neste trabalho foi projetado baseado no manual da Solare-Bruecke (Solare-Bruecke, 2023), desenvolvido pelo inventor deste modelo de concentrador solar, o físico Wolfgang Scheffler e no primeiro concentrador solar deste tipo fabricado no Brasil (DIB, 2009). Este projeto foi adaptado sob medida para a latitude da cidade de Paulo Afonso/BA. Também foi projetado um refletor secundário para receber o foco produzido pelo concentrador para rebatê-lo para o fundo de uma panela. Todos os desenhos e projeções foram elaborados utilizando ferramenta gráfica computacional, o software *sketchup*®.

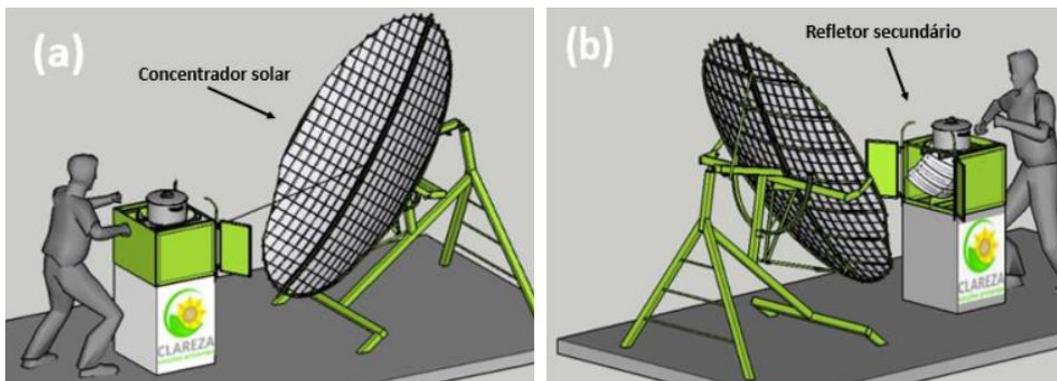


Figura 1a. Perspectiva do sistema de aquecimento com detalhe para o material reflexivo do concentrador solar. Figura 1b. Perspectiva do sistema de aquecimento com detalhe para o material reflexivo do refletor secundário.

A Figura 1a mostra o funcionamento do sistema concentrador solar/refletor secundário com foco no material reflexivo do concentrador solar enquanto que na Figura 1b o detalhe está no material reflexivo do refletor secundário. Em ambas figuras está representado o modo de operação do cozinheiro/cozinheira. Importante salientar que o operador pode ficar ao abrigo da sombra (Figura 2a) sem prejuízos para o processamento do alimento. Importante atentar para utilização de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), por exemplo: roupa com proteção UV, protetor solar, óculos escuros e luvas de pano/silicone.

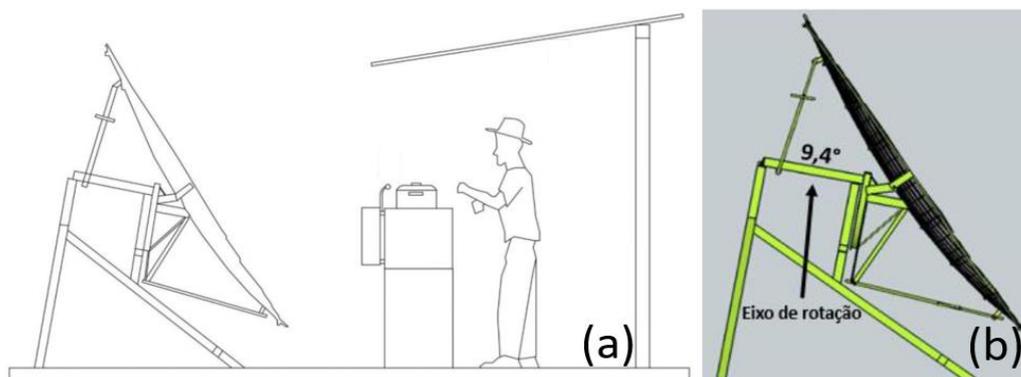


Figura 2. (a) Vista lateral do concentrador solar com cobertura e (b) eixo de rotação ajustado para latitude de Paulo Afonso/BA.

A Figura 2b mostra uma vista lateral do concentrador solar com detalhe para a inclinação de $9,4^\circ$ do eixo de rotação. Esta inclinação é idêntica à latitude do município de Paulo Afonso/BA e tem a finalidade de potencializar o aproveitamento da radiação solar. O foco produzido pela reflexão da radiação solar pelos espelhos do concentrador é projetado para um refletor secundário, mostrado na Figura 3.

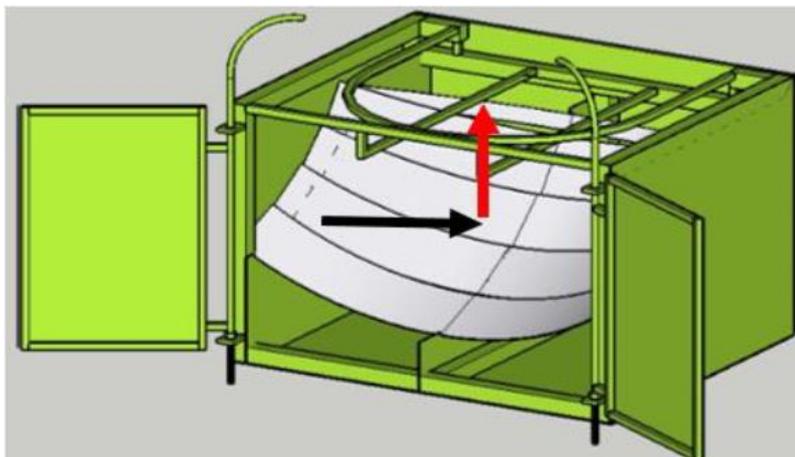


Figura 3. Projeto do refletor secundário.

A Figura 3 apresenta o projeto do refletor secundário com detalhe para seta na cor preta (horizontal) que representa o foco vindo do concentrador solar e a seta vermelha (vertical) que representa o foco sendo refletido e desviado de sua trajetória numa inclinação de 90° diretamente para o fundo de uma placa. A estrutura foi construída com estrutura metálica e foram utilizadas tiras de vidro como material reflexivo. A Figura 4 mostra o concentrador solar em fase final de montagem.



Figura 4. Processo final de fabricação do concentrador solar: instalação do material reflexivo.

Os espelhos foram fixados sobre hastas de alumínio posicionadas verticalmente e foi utilizada fita dupla face que acelera o processo de instalação dos espelhos além

de reduzir o espaçamento entre eles, aumentando a eficiência na captação da luz solar.

Processamento e caracterização do alimento

A receita do doce em massa de licuri maduro foi reproduzida com diferentes fontes de calor: lenha, GLP, eletricidade e solar. Em consonância com o delineamento em blocos casualizados (DBC), foram realizadas cinco repetições de cada tratamento para realização das análises físico-químicas e microbiológicas. A cocção com energia solar foi realizada utilizando um concentrador solar tipo Scheffler de 2,7 m² e um refletor secundário. O foco produzido pelo concentrador foi refletido por um refletor secundário diretamente para o fundo de uma panela de alumínio na cor preta com 25cm de diâmetro e 10cm de altura.

Por tratar-se de uma planta nativa do bioma do Caatinga, este trabalho foi cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen), sob o nº A0AEB9 como previsto na Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015 que “dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade” (BRASIL, 2015). A Figura 5 apresenta a coleta dos frutos e a Figura 6 os tratamentos realizados (lenha, GLP, eletricidade e solar).



Figura 5. (a) Coleta dos frutos e (b) licuri maduro utilizado nos tratamentos.



Figura 6. Tratamentos realizados: (a) lenha, (b) GLP, (c) eletricidade, e (d) solar.

Em todos os tratamentos foi utilizada a mesma panela, a mesma receita e os mesmos ingredientes, permitindo observar exclusivamente os efeitos de cada fonte da energia térmica empregada e sua influência na qualidade final do doce em massa de licuri maduro. Para o monitoramento dos quatro tratamentos foram utilizados cronômetro digital e termômetro infravermelho para alta temperatura (modelo GM-300 / Marca B-MAX). A cada 60 segundos foram realizadas leituras da temperatura na superfície do doce e na lateral da panela. A formulação do doce em massa de licuri maduro produzido neste trabalho encontra-se protegida pelo nº do Processo: BR 10 2022 022582 6 do INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial). Todo o processo de produção seguiu o fluxograma apresentado pela Figura 7.

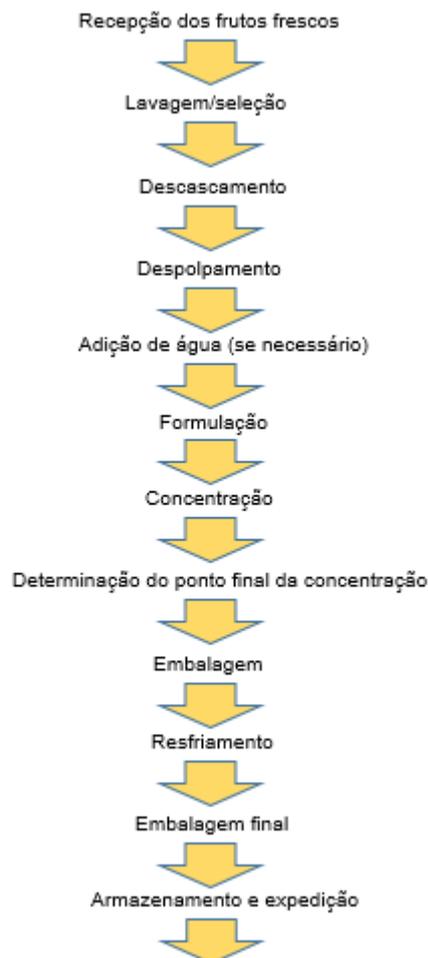


Figura 7. Fluxograma do processo utilizado neste trabalho (Fonte: TORREZAN, 2015).

As análises microbiológicas realizadas foram *Salmonella*, *Enterobacteriaceae* e Bolores e leveduras de acordo com Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022 que “estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos” (BRASIL, 2022). As análises físico-químicas realizadas foram: umidade, vitamina C, pH, acidez total e sólidos solúveis, seguindo as metodologias do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Por tratar-se de uma pesquisa que envolve seres humanos, este trabalho foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da UNEB e obteve aprovação através do parecer nº 5185600. Os participantes preencheram um TCLE (Termo de consentimento livre e esclarecido), documento que visa proteger legalmente os participantes e que informa todos os procedimentos necessários para a realização na análise sensorial.

A análise sensorial foi realizada na escola família agrícola de Itiúba/BA (10°50'47.5"S 39°43'01.9"W). Entre os 32 (trinta e dois) participantes estavam alunos de comunidades tradicionais e funcionários de acordo com os critérios de inclusão e

exclusão apresentados ao CEP. Os provadores não eram treinados e em uma sala reservada experimentaram amostras com 12g de doce que foram servidas à temperatura ambiente em copos descartáveis de 50ml codificados com três dígitos aleatórios. Foi utilizado para avaliação do doce em massa de licuri maduro, Escala Hedônica de 9 pontos (9 = gostei muitíssimo, 5 = não gostei, nem desgostei; 1 = desgostei muitíssimo), os atributos analisados foram: aceitação global, aceitação do aroma, aceitação do sabor e aceitação da textura.

Com relação à análise estatística, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) e os resultados físico-químicos e sensoriais foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre médias comparadas pelo teste de Tukey com nível de 5% de significância, utilizando o software AgroEstat (Barbosa; Maldonado, 2010). Foram calculados os custos com cada tipo de cocção (lenha, eletricidade, GLP e solar).

A análise financeira realizada neste trabalho foi restrita aos custos referentes à utilização de energia térmica para a cocção do doce em massa de licuri maduro, sem considerar, portanto, os custos com mão de obra e os valores para compra e manutenção dos equipamentos. O concentrador solar utilizado ainda não é fabricado em escala industrial e não possui normas técnicas vigentes no Brasil para sua construção. Para realizar o cálculo do custo com o GLP foi utilizada metodologia descrita por az (2023) através da Equação 1.

$$Gasto = (((T/60)*kg/h)/B)*PB \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

T = tempo de uso em minutos;

kg/h = consumo do queimador;

B = capacidade do botijão (13 ou 45 kg);

PB = preço do botijão de gás na sua cidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Construção do protótipo e produção do doce em massa de licuri maduro

A construção do concentrador solar foi concluída e o protótipo se encontra em condições de operacionalidade. A área refletora do concentrador possui 2,7 m² e foi preenchida com espelhos de 10 cm x 10 cm, totalizando cerca de 300 espelhos com

3mm de espessura cada. Toda a estrutura foi construída em aço e recebeu pintura para evitar corrosão. Este tipo de concentrador precisa acompanhar o Sol durante todo o dia. A distância focal é de 1,13 m e a altura do foco em relação ao chão é de 0,88 m. A Figura 8 faz a comparação entre o projeto e o resultado final do sistema de aquecimento utilizando concentrador solar tipo Scheffler e refletor secundário.



Figura 8. Na esquerda uma vista lateral do projeto, na direita uma foto mostrando vista lateral do protótipo construído neste trabalho.

Processamento e caracterização do doce em massa de licuri maduro

O tempo total de preparo do doce em massa de licuri maduro foi diferente para cada tipo de aquecimento (figura 8) sendo que a cocção à lenha obteve o menor tempo 82 min (1h22 min) seguido da cocção à eletricidade 148 min (2h28 min), GLP 186 min (3h06 min) e solar 212 min (3h32 min). O tempo da cocção solar é inversamente proporcional à área refletora do concentrador solar utilizada para realizar a captação da energia solar e produção do foco concentrado. Sendo assim é possível aumentar a área de captação e tornar o tempo da cocção solar compatível com a cocção utilizando combustíveis convencionais. É possível observar que nas fontes de aquecimento a lenha e eletricidade onde a temperatura de cocção foi mais alta o tempo de cocção foi menor, e nas fontes de aquecimento a GLP e solar onde as temperaturas foram menores o tempo de cocção do doce foi maior. Segundo Torrezan (2015) o tempo de cocção pode interferir em vários aspectos finais do doce como escurecimento do produto devido à caramelização do açúcar, excessiva inversão da sacarose, perda de aroma, degradação da pectina em caso de tempo muito longo de cocção e problemas de qualidade em relação a sua consistência devido à pouca ou nenhuma inversão da sacarose em caso de tempo muito curto de cocção. A Tabela 1 apresenta o tempo total, temperatura ambiente e temperatura máxima de cada tipo de cocção.

Tabela 1. O tempo total, temperatura ambiente e temperatura máxima de cada tipo de cocção.

Tratamento	Tempo total da cocção (minuto)	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura máxima (°C) na superfície do doce	Data do experimento
Lenha	82	28	119	17/05/2022
GLP	186	21	84	17/05/2022
Eletricidade	148	21	92	18/05/2022
Solar	212	30	91	18/05/2022

A Figura 9 apresenta o aspecto final do doce em massa de licuri maduro. A Figura 10 apresenta um gráfico relacionando o tipo de tratamento em função do tempo e da temperatura durante todo o experimento, com leituras da temperatura a cada 60 segundos.



Figura 9: Aparência final do doce em massa de licuri maduro.

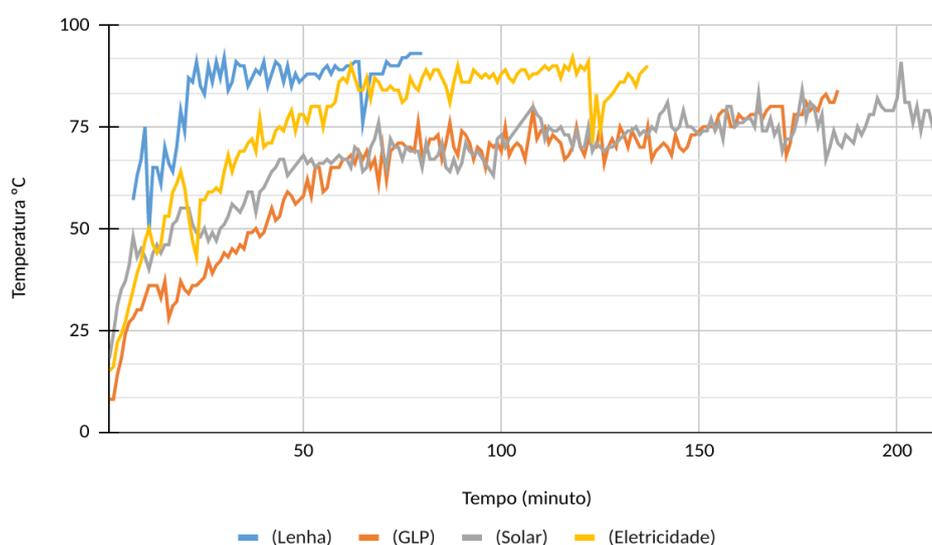


Figura 10. Binômio tempo e temperatura do doce em massa de licuri maduro.

As análises microbiológicas (Tabela 2) dos quatro tratamentos (lenha, GLP, eletricidade e solar) ficaram de acordo com os padrões microbiológicos para alimentos na categoria “doces em pasta ou massa e similares, incluindo geleias e doces em calda” da Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022 que “estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos” (BRASIL, 2022).

Tabela 2: Resultados da Análise microbiológica do doce em massa de licuri maduro preparado em diferentes tipos de cocção.

Determinação	Tipos de cocção			
	Solar	Eletricidade	Lenha	GLP
Salmonella/25g	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Enterobacteriaceae UFC/g	<10	<10	<10	<10
Bolores e Leveduras UFC/g	6x10 ¹	<10	2,4x10 ²	6x10 ¹

Com relação aos resultados das análises físico-químicas (Tabela 3), o tratamento com lenha obteve menor teor de umidade (8,57%), enquanto que o tratamento GLP obteve o maior teor de umidade (15,91%). Isso se deu em virtude da temperatura alcançada em cada tratamento: no caso da lenha, que obteve maior temperatura (119°C) houve maior perda de umidade, enquanto que no GLP, com menor temperatura (84°C), houve maior dificuldade para removê-la. Com menor umidade, o tratamento com lenha obteve maior teor de sólidos totais, 63,68 SST (°Brix).

Tabela 3: Resultados da análise físico-química do doce em massa de licuri maduro preparado em diferentes tipos de cocção.

Determinação	Tipos de cocção			
	Solar	Eletricidade	Lenha	GLP
Umidade (%)	14,54 b	12,77 c	8,57 d	15,91 a
SST (°Brix)	55,43 c	60,32 b	63,68 a	56,32 c
ATT (%)	1,68 a	1,49 ab	1,64 ab	1,43 b
pH	4,04 bc	4,07 ab	4,09 a	4,02 c
Vitamina C (mg/100ml)	3,29 c	4,82 a	4,38 b	3,50 c

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente (p < 0,05) de acordo com o teste de Tukey.

O tratamento com energia solar obteve maior teor de acidez total titulável (1,68) e o pH dos doces em massa de licuri maduro variaram de 4,02 à 4,09 entre os tratamentos. Segundo Ribeiro et al. (2016) o pH é importante para se obter um gel estável, onde pH muito baixo pode ocorrer o rompimento do gel consequentemente saída de água e pH muito alto não permite a formação do gel, além disso o pH e acidez total titulável podem influenciar no tempo de prateleira do produto já que reduzem a

ação de microrganismos deteriorantes. A vitamina C dos doces em massa de licuri maduro nos tratamentos solar e GLP foram estatisticamente semelhantes enquanto os tratamentos lenham e eletricidade diferiram entre todos os tratamentos, como mostrado na Tabela 3. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2005) por meio da resolução nº 269, a (IDR) Ingestão Diária Recomendada de vitamina C para adultos é de 45 mg, ou seja, em todos os tratamentos, o doce em massa de licuri maduro é capaz de suprir em pequenas quantidades do produto essa demanda nutricional. A Tabela 4 apresenta as características físico-químicas de outros doces encontrados na literatura.

Tabela 4. Características físico-químicas de outros doces encontrados na literatura

Autores	Doces cremosos	Formulação/ Concentrações	Parâmetros		
			ATT(%)	pH	SST(°Brix)
Freire et al. (2009)	Goiaba	40 °Brix	0,39	3,89	40,00
		45 °Brix	0,39	3,87	45,00
		50 °Brix	0,47	3,86	50,00
Leite Júnior et al. (2013)	Manga com farinha de okara	Controle	0,32	4,02	63,00
		1% de okara	0,33	4,08	63,50
		3% de okara	0,31	4,26	65,50
Moura et al. (2014)	Goiaba	Marca A	0,47	4,16	50,70
		Marca B	0,56	3,79	53,30
		Marca C	0,46	3,88	56,60
Silva et al. (2016)	Juçara	Com abacaxi	0,86	3,94	61,93
		Com banana	0,48	4,33	61,93
Bolzan e Pereira (2017)	Caqui com semente de araucária	Com 0% de pinhão	0,82	3,65	69,63
		Com 5% de pinhão	0,80	3,68	70,52
		Com 10% de pinhão	0,79	3,70	71,00

*Adaptado por SOUZA, OLIVEIRA e FEITOSA (2018).

Analisando as características de vários doces já estudados anteriormente (Tabela 4) em comparação com o doce em massa de licuri maduro produzido neste trabalho é possível notar semelhanças em relação ao pH (doces de manga e goiaba) e sólidos solúveis totais (doces de goiaba, manga e juçara).

Na análise sensorial, de forma geral, os quatro tratamentos obtiveram maior frequência de avaliação na região da aceitação, inclusive com respostas como: “gostei”, “gostei muito” e “gostei muitíssimo” em todos os critérios (aceitação global, aceitação do

aroma, aceitação do sabor e aceitação da textura). Os valores hedônicos aplicados neste trabalho foram: 1) desgostei muitíssimo; 2) Desgostei muito; 3) desgostei; 4) desgostei pouco; 5) nem gostei/nem desgostei; 6) Gostei pouco; 7) gostei; 8) gostei muito; 9) gostei muitíssimo. A Figura 11 apresenta gráfico contendo os resultados obtidos com a análise sensorial.

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos na análise sensorial do doce em massa de licuri maduro preparado com os quatro tipos de cocção.

Atributos	Tipos de cocção			
	Eletricidade	GLP	Lenha	Solar
Aceitação Global	7,2 a	7,1 ab	6,5 ab	6,1 b
Aceitação do aroma	6,8 a	6,5 ab	6,3 ab	5,6 b
Aceitação do sabor	7,2 a	7,1 a	6,7 ab	5,8 b
Aceitação da textura	6,4 ab	7,3 a	5,5 b	6,6 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha diferem estatisticamente ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

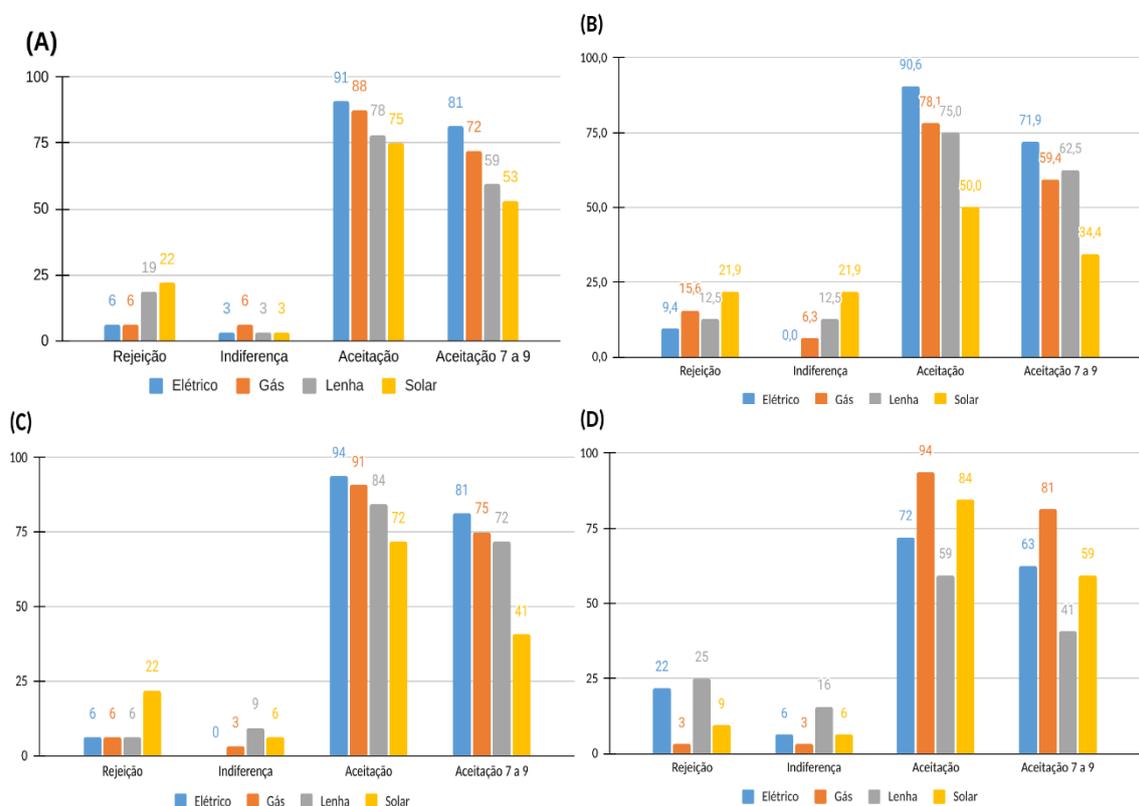


Figura 11. Frequência de avaliações atribuídas aos quatro tipos de preparo do doce em massa de licuri maduro quanto à aceitação da: (A) aceitação global, (B) aceitação do aroma, (C) aceitação do sabor, (D) aceitação da textura.

Todas as amostras foram aceitas, apresentando média de valores hedônicos entre 6 (gostei pouco) a 7 (gostei) (Tabela 5). No critério “Aceitação Global (A)” os

tratamentos com eletricidade e GLP não diferiram significativamente e obtiveram os melhores resultados no atributo “aceitação”. O tratamento com eletricidade se destacou de forma isolada no mesmo critério, porém no atributo “aceitação de 7 a 9”, onde estão as melhores avaliações, seguido do tratamento com GLP.

No critério “aceitação do aroma (B)” o tratamento com eletricidade se destacou de forma isolada no atributo “aceitação”, seguido dos tratamentos GLP e lenha, que empataram estatisticamente. Já no atributo “aceitação de 7 a 9” o tratamento com eletricidade se destacou de forma isolada, seguido pelos tratamentos com lenha e GLP, que empataram estatisticamente.

No critério “aceitação do sabor (C)” e atributo “aceitação”, os tratamentos com eletricidade e GLP se destacaram e empataram estatisticamente seguidos pelo tratamento com lenha. Já no atributo “aceitação de 7 a 9” ocorre uma pequena mudança: o tratamento com eletricidade se destaca de forma isolada, seguido pelos tratamentos com GLP e lenha que empataram estatisticamente.

No critério “aceitação da textura (D)” e atributo “aceitação” o tratamento com GLP se destaca de forma isolada seguido pelo tratamento com energia solar. Já no atributo “aceitação de 7 a 9” o tratamento com GLP se destaca de forma isolada, seguido pelos tratamentos com eletricidade e solar que empataram estatisticamente.

Os resultados obtidos com a análise sensorial mostraram uma certa desvantagem para o doce em massa de licuri maduro produzido no tratamento com energia solar. Esse fato pode ser explicado pela oscilação no fornecimento de energia térmica durante a cocção em virtude da passagem de nuvens, influenciando nas características físico químicas do doce em massa de licuri maduro.

Custos com cada tipo de cocção

Considerando que o tempo de cocção foi de 3h20min, que o consumo do queimador de gás é de 0,225 kg/h, que o botijão utilizado foi o de 13 kg e que o preço do mesmo no período do experimento foi de R\$120,00, o gasto com o gás para cocção do doce em massa de licuri maduro foi de aproximadamente R\$7,00.

Com relação ao uso da eletricidade para a cocção do doce em massa de licuri maduro, foi utilizado fogão elétrico 2 pratos de mesa 2000W Agratto FM. Considerando que o processo durou 2h30min e que o preço do kwh no local do experimento, considerando impostos e encargos é de R\$1,00, o custo com a cocção utilizando eletricidade foi de R\$5,00.

Para os cálculos da cocção do doce em massa de licuri maduro foi considerada a utilização de lenha certificada onde 1m³ custa R\$50,00 (M. F. RURAL, 2022). Considerando que 1m³ pesa em média 500kg e foram utilizados cerca de 10kg, o custo foi de aproximadamente R\$1,00.

A cocção do doce em massa de licuri maduro utilizando o concentrador solar não gerou custos associados especificamente ao consumo de energia térmica.

CONCLUSÕES

A utilização do concentrador solar tipo Scheffler demonstrou ser viável técnica e financeiramente para aplicações no semiárido nordestino possuindo potencial para reduzir a dependência de combustíveis fósseis, eletricidade e lenha para o processo de cocção, gerando redução dos custos alinhadas com as premissas do desenvolvimento sustentável. Os quatro tratamentos forneceram um alimento dentro das normas da Anvisa e obtiveram desempenho satisfatório na análise sensorial mostrando que o alimento produzido com concentrador solar possui características semelhantes ao alimento produzido com fontes convencionais de calor. Quanto maior a área refletora do concentrador solar, mais rápida será a cocção. Espera-se que a indústria consiga reduzir os custos de fabricação do concentrador solar tipo Scheffler, equiparando-o ao preço dos equipamentos convencionais utilizados para cocção de alimentos.

REFERÊNCIAS

BAHIA (Estado). Lei nº 13.908 de 29 de janeiro de 2018. Estabelece como patrimônio biocultural as espécies do Licuri, do Ariri e do Umbu, torna essas espécies imunes ao corte e dá outras providências. Disponível em: <http://www.legislabahia.ba.gov.br/documentos/lei-no-13908-de-29-de-janeiro-de-2018>. Acesso em: 24 fev. 2023.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BR). Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais, Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005.

BRASIL, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa nº 191, de 24 de setembro de 2008. Proíbe o corte do licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) nas áreas de ocorrência natural desta palmeira nos Estados de Alagoas, Bahia, Minas Gerais, Pernambuco e Sergipe até que sejam estabelecidas normas de manejo da espécie por cada Estado, 2008.

BRASIL, Lei Federal nº 13.123, de 20 de maio de 2015. Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional e sobre a repartição de benefícios para a conservação e uso sustentável da biodiversidade. Disponível em: [http:// www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13123.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13123.htm)

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial –República Federativa do Brasil.

BARBOSA, C. M.; MACHADO, I. C. S. **Fenologia reprodutiva do licuri (*Syagrus coronata*) em uma região de caatinga como ferramenta para seu uso sustentável.** Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido – CONIDIS 2016.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO, J. R. W. AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2010.

CARVALHO, A. J. A.; FERREIRA, M. H. S.; ALVES, J. S. **O licuri (*Syagrus coronata*, *Arecaceae*): lavoura xerófila e agricultura familiar camponesa no semiárido do centro-norte baiano.** Bahia anál. dados, Salvador, v. 24, n. 3, p.557-569, jul./set. 2014.

CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Cultivo e aproveitamento do licuri (*Syagrus coronata*).** Edésio Rodrigues Alvarenga Júnior/Dossiê Técnico, 2012. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br>. Acessado em: 24 fev 2023.

CHANDAK, A., SOMANI, S. K., DUBEY, D. Design, development and testing of multieffect distiller/evaporator using Scheffler solar concentrators, Journal of Engineering Science and Technology, vol. 4, n° 3, p. 315–321, 2009.

COOPES - **Cooperativa de Produção da Região do Piemonte da Diamantina. Produtos à base do Licuri.** Disponível em <<https://coop.es.org.br/home>>. Acessado em: 24 fev 2023.

COPAGAZ - Como calcular o gasto de gás e seu consumo. Disponível em <www.copagaz.com.br>. Acesso em: 24 fev 2023.

CRESESB – Centro de referência para para as energias solar e eólica Sérgio de S. Brito. Potencial solar – SunData v. 3.0. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em: 27 fev 2023.

DIB, E. A. **Projeto e construção de um concentrador solar de foco fixo utilizado para o aquecimento de um forno.** Dissertação de Mestrado apresentada no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos da Universidade Tirandentes, Aracaju/SE, Brasil, 166 p., 2009.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de ação nacional para a conservação da Arara-Azul-de-Lear** / Andreza Clarinda Araújo do Amara ... [et al.]; organizadores Camile Lugarini Antonio Eduardo Araujo Barbosa Kleber Gomes de Oliveira. 2. ed. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, 2012.

JÚLIO, E. F. X.; DIAS, S. L. P. Aplicações da energia solar em comunidades carentes e rurais do nordeste brasileiro. IX Congresso Brasileiro de Energia Solar – Florianópolis, 23 a 27 de maio de 2022.

LIMA, J. D.; PAZ, M. G.; RIBEIRO, A. S. Condições de trabalho e políticas públicas para o beneficiamento de licuri na região de Senhor do Bonfim/BA na perspectiva das catadoras de licuri do povoado de Pereiros. Revista Ouricuri, Paulo Afonso, Bahia, v.4, n.1, p.180-195.mar./abr., 2014.

MANSO, K. Licuri: a palmeira da vida das araras e dos sertanejos. Revista Ouricuri, v. 1, n. 1, p. 201-214, 7 jun. 2009.

MORIMITSU, P. W.; VERGNE, M. C. S.; TOMAZ, A. F. Gestão socioambiental em pequenas propriedades rurais no bioma caatinga. Revista Ouricuri, Paulo Afonso, Bahia, v.4, n.1, p.155-179. mar./abr., 2014.

MUNIR, A., HENSEL, O., SCHEFFLER, W. On-farm processing of medicinal and aromatic plants by solar distillation system. Biosystems Engineering, v. 106, p. 268–277, 2010.

ODSBRASIL - Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em <<https://odsbrasil.gov.br/>>. Acesso em: 24 fev 2023.

RIBEIRO, L. M. P.; DAMASCENO, K. A.; GONÇALVES, R. M. S.; GONÇALVES, C. A. A.; ALVES, A. N.; CUNHA, M. F. Acidez, sua relação com pH e qualidade de geleias e doces em barra. **Boletim Técnico IFTM**, Uberaba-MG, ano 2, n.2, p.14-19, maio/ago., 2016.

RURAL, M. F. Disponível em< <https://www.mfrural.com.br/detalhe/332617/lenha-de-origem-legal>>. Acesso em 24 fev 2023.

SANTOS, P. H. C.; SOUZA, L. P.; GIACOMELLI, W.; ALBUQUERQUE JUNIOR, R. L. C.; LIMA, A. S.; DIB, E. A.; FIGUEIREDO, R. T. Aplicação de um concentrador solar tipo Scheffler para o preparo de pães. **Revista Brasileira de Energia Solar**, ano 6, v. VI, n. 2, p.122-127, 2015.

SOLARE-BRUECKE. Manual de construção do concentrador solar tipo Scheffler. Disponível em <<http://www.solare-bruecke.org/index.php/en/>>. Acesso em: 24 fev 2023.

SOUZA, R.; OLIVEIRA, E.; FEITOSA, B. Tecnologia e processamento de frutas: doces, geleias e compotas – Natal: IFRN, 316 p. il. 2018.

TORREZAN, R. Doce em massa. Brasília (DF): Embrapa, 1ª edição, 68 p., 2015.