



**UNIVERSIDADE INTERNACIONAL DA INTEGRAÇÃO DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA**

**CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS  
INSTITUTO DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**GILBERTO ALVES BEVENENUTO**

**USO DE COLETOR SOLAR PARA ECONOMIA FAMILIAR**

**REDENÇÃO**

**2021**

GILBERTO ALVES BENEVENUTO

USO DE COLETOR SOLAR PARA ECONOMIA FAMILIAR

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Energias da Universidade internacional da Integração da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Energias.

Orientadora: Profa. Dra. Artemis Pessoa Guimarães.

REDENÇÃO

2021

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Sistema de Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Benevenuto, Gilberto Alves.

B465u

Uso de coletor solar para economia familiar / Gilberto Alves  
Benevenuto. - Redenção, 2021.  
74f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de  
Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da  
Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção,  
2021.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Artemis Pessoa Guimarães.

1. Coletor solar. 2. Forno solar. 3. Economia familiar. I.  
Título

CE/UF/BSCA

CDD 621.47

---

GILBERTO ALVES BENEVENUTO

USO DE COLETOR SOLAR PARA ECONOMIA FAMILIAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Energias da UNIVERSIDADE INTERNACIONAL DA INTEGRAÇÃO DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Energias.

Aprovada em: 23/08/2021.

BANCA EXAMINADORA

---

Profª. Dra. Artemis Pessoa Guimarães (Orientadora)  
UNIVERSIDADE INTERNACIONAL DA INTEGRAÇÃO DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA (UFC)

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Cáceres Coaquira  
UNIVERSIDADE INTERNACIONAL DA INTEGRAÇÃO DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA (UFC)

---

Profª. Dra. Rita Karolynne Chaves  
UNIVERSIDADE INTERNACIONAL DA INTEGRAÇÃO DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA (UFC)

*À minha família e amigos...*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A meus pais Anastácio Alves Filho e Maria Albaniza Benevenuto Alves, por terem me ensinado a trilhar sempre o caminho da honra e da dignidade.

A meu avô Anastácio Alves de Melo, que deixou este mundo material no ano de 2019 após uma caminhada de 102 anos que nos ensinou o valor e o potencial de uma vida

A meus irmãos Gilmar Alves Benevenuto e Francisco Tiago Alves Benevenuto, aos quais considero reciprocamente como partes de um mesmo eu.

À professora Artemis Pessoa Guimarães, por ter aceitado dar orientação a esse trabalho.

Aos professores da banca examinadora por terem aceitado o convite para a defesa deste trabalho.

A minha professora de alfabetização Maria Soares Paiva, por ter me iniciado no apaixonante mundo da leitura.

A minha professora da 5<sup>o</sup> a 8<sup>o</sup> série, Maria Gorete Capistrano Matos, a quem todos os seus alunos têm como uma segunda mãe. Da mesma forma a sua colega de trabalho Aila Maria.

Aos autores Fernando Guewandsnjder (Ciências do Ensino Fundamental II) e Joelza Ester Rodrigues (História do Ensino Fundamental II) por suas obras ricas não apenas pelo conhecimento que me transmitiram, como também, por terem ajudado na formação de meu imaginário, e me inspiram até hoje.

A meus professores do ensino médio: Francisca Maximiano, José Soares, Maria Helena, Raonir Antero Facundo, Sabrina Martins Saboia e a toda a equipe do Colégio Dom Terceiro por terem acreditado desde o início que eu chegaria aqui.

A meu professor de matemática e mestre Martinho Vieira de Andrade pelo tempo e atenção dedicados a mim sem o qual eu não conseguiria ingressar no ensino superior e a seu filho Anderson Paiva por sua amizade e companheirismo.

A minha amiga durante o ensino médio e hoje professora do ensino infantil, Carolina Soares Lima, por sua admiração e amizade.

A todo o corpo de funcionários da Unilab, pelo trabalho sério e feito com dedicação, em benefício de professores e estudantes.

A todo o corpo docente do IEDS, pelo aprendizado a mim transmitido não só no campo científico e profissional, como também nos campos ético e humano.

Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, pelo trabalho incansável feito em prol de conhecer-se melhor, um país continental e que tem um pouco de tudo que há no mundo, chamado Brasil.

Em fim, a todas as pessoas e instituições que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Ser bobo às vezes oferece um mundo de saída porque os espertos só se lembram de sair por meio da esperteza, e o bobo tem originalidade, espontaneamente lhe vem a ideia.

(Clarice Lispector)

## RESUMO

A energia solar térmica é disponível abundantemente em todo o território brasileiro. Para seu aproveitamento existem os fornos solares e os coletores solares de tipo aberto ou fechado. Os fornos com concentração parabólicos levantados na pesquisa mostraram-se capazes de fazer o completo processo de cocção por ebulição no horário próximo ao meio dia, enquanto o forno solar tipo caixa fez o completo processo de cocção a seco dos alimentos testados nos ensaios com carga. A metodologia empregada envolveu o aproveitamento dos dados de consumo alimentício coletados de 2017 a 2018 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, os quais serviram como base de cálculo da economia de gás que pode ser obtida pelo uso cotidiano dos coletores estudados. No caso dos coletores solares os dados do IBGE foram utilizados para saber o volume de água para preparo dos alimentos tendo por base equações baseadas nos valores de índice de cocção encontrados na literatura. Considerando o consumo médio do fogão de boca e as condições climáticas da região em que foram testados, chegou-se a uma estimativa de economia anual de R\$293,47 para o interior e R\$203,16 para as capitais. Quando se tratando do forno solar com concentração tipo caixa, o combustível economizado durante o ano tem um valor de apenas R\$27,31 para as capitais e R\$18,90 para o interior. Para cálculo da economia de gás exercida pelos coletores solares utilizou-se novamente os dados do IBGE, dessa vez, para estimar-se a volume de água utilizada no preparo dos alimentos considerando os valores do fator de cocção obtidos na literatura e a taxa média de pessoas por domicílio. Os resultados obtidos foram de uma economia anual por habitante que varia de apenas R\$6,19 a R\$20,15 nas capitais enquanto que para o interior essa economia foi de R\$18,27 a R\$28,98. Os valores monetários economizados durante um ano, graças ao uso e coletores solares obtidos quando convertidos para mensais, revelam-se irrisórios. Também quando essas mesmas quantias são comparadas com o custo de investimento de construção dos protótipos, chega-se a um tempo de retorno demasiado longo. Portanto, a proposta de uso dos fornos e coletores solares para economia de gás de cozinha em lares de famílias carentes tem pouco potencial para melhorar a situação socioeconômica das famílias que adotassem seu uso. A viabilidade econômica de fornos e coletores solares é mais provável em locais e situações em que é preparado alimento para um maior número de pessoas, o que serve de ponto de partida para novas pesquisas envolvendo esses mesmos equipamentos.

**Palavras-chave:** Coletor solar. Forno solar. Economia familiar.

## ABSTRACT

Solar thermal energy is abundantly available throughout the Brazilian territory. There are solar ovens and open or closed type solar collectors for your use. The ovens with parabolic concentration found in the advanced research were able to do the complete cooking process by boiling at noon, while the next box-type solar oven did the complete dry cooking process of the foods tested in the load tests. The collectors, together with the water reservoir exposed to the sun, promoted the pre-heating of the cooking water, at values that reached 27.6 ° C. The methodology used involved the use of food consumption data collected from 2017 to 2018 by the Brazilian Institute of Geography and Statistics, which served as a basis for calculating the gas savings that can be obtained through the daily use of the collectors studied. In the case of solar collectors, IBGE data were used to know the volume of water for food preparation based on equations based on the cooking index values found in the literature. Consumption of the average consumption of the burner stove and the climatic conditions of the region where they were tested, the annual savings estimate was reached of R\$293.47 for the interior and R\$203.16 for the capitals. When it comes to the box-type concentration solar oven, the fuel saved during the year has a value of only R\$27.31 for the capitals and R\$18.90 for the interior. To calculate the gas savings exerted by the solar collectors, the IBGE data was used again, this time to estimate a volume of water used in food preparation considering the cooking factor values applied in the literature and the average rate of people per household. The results obtained were an annual savings per inhabitant ranging from only R\$6.19 to R\$20.15 in the capitals, while for the interior this savings was from R\$18.27 to R\$28.98. The monetary values saved during a year, thanks to the use and solar collectors obtained when converted to monthly, prove to be negligible. Also when these same amounts are compared with the investment cost of building the prototypes, the payback time is too long. Therefore, the proposal to use solar ovens and collectors to save cooking gas in the homes of needy families has little potential to improve the socioeconomic situation of families that adopt their use. The economic viability of solar ovens and collectors is more likely in places and situations where food is prepared for a greater number of people, which serves as a starting point for further research involving these same equipment.

**Key-words:** solar collector, food consumption, solar oven, economic feasibility, water volume.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Radiação solar global diária - média anual típica (mj/m <sup>2</sup> dia) .....	23
<b>Figura 2</b> - Ensaio para o aquecimento da água com configuração bifocal .....	<b>ERRO!</b>
<b>INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	
<b>Figura 3</b> - Estrutura finalizada a) base e b) parábolas fixadas .....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO</b>
<b>DEFINIDO.</b>	
<b>Figura 4</b> - Forno solar proposto sendo usado para cocção de empanados .....	<b>ERRO!</b>
<b>INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	
<b>Figura 5</b> - Coletor solar alternativo em estudo: configuração i (à esquerda) e configuração ii (à direita).....	27
<b>Figura 6</b> - Detalhe das conexões dos tubos de pead com os tês de pvc pintados de preto, (configuração iii). .....	28
<b>Figura 7</b> - Instalação dos equipamentos em local definitivo .....	28
<b>Figura 8</b> - Coletor solar de material reciclado .....	29
<b>Figura 9</b> - Protótipo de aquecedor solar em funcionamento.....	30
<b>Figura 10</b> - Comparativo do tempo de cozimento dos alimentos no fogão solar borboleta atuando nas suas duas configurações.....	32
<b>Figura 11</b> - Tempos de assamento do tomo estudado e do tomo convencional e tempo médio de assamento de outros tomos já testados. ....	34
<b>Figura 12</b> - Modelo de cuscuzeira convencional .....	43
<b>Figura 13</b> - Modelo de cuscuzeira ajubá (à esquerda) e seu modo de manuseio considerado como mais ergonômico (à direita) .....	44

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Tempo de cozimento dos alimentos no sistema mono focal e bifocal .....	31
<b>Tabela 2</b> - Tempos de assamento dos fornos solares e do forno convencional a gás .....	33
<b>Tabela 3</b> - Valores de ic obtidos para cereais e leguminosas .....	40
<b>Tabela 4</b> - Fator de cocção das hortifrutis e tubérculos submetidos à cocção úmida.....	41
<b>Tabela 5</b> - Valores de ic das carnes segundo o tipo.....	45
<b>Tabela 6</b> - Dados de consumo de alimentos submetidos a diversos tipos de cocção dentro do quartil com menor renda dentro da população brasileira .....	49
<b>Tabela 7</b> - Dados de consumo alimentar em casa e quantidade por porção .....	53
<b>Tabela 8</b> - Dados de tempo de preparo anual dos alimentos submetidos ao aquecimento .....	56
<b>Tabela 9</b> - Dados sobre frequência de consumo no domicílio.....	58
<b>Tabela 10</b> - Dados de utilização anual forno do fogão .....	58
<b>Tabela 11</b> - Dados sobre volume de água usado para preparo de alimentos cozidos em ebulição. ....	61
<b>Tabela 12</b> - Valores de economia anual obtida por habitante, pelo uso dos protótipos de cs pesquisados.....	66
<b>Tabela 13</b> - Valores de economia para um núcleo familiar considerando a taxa média de ocupação por domicílio em 2020 .....	67

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Tempo de cocção dos cereais e leguminosas .....	46
<b>Quadro 2</b> - Tempo de cocção de tubérculos e hortifrutis .....	46
<b>Quadro 3</b> - Tempo de cocção das raízes e tubérculos .....	47
<b>Quadro 4</b> - Tempo de cocção de carnes, aves e pescados.....	48

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**CE** – Ceará

**CFB** – Consumo do fogão de boca

**CMFF** – Consumo do forno do fogão

**CMFB** - Consumo médio do fogão de boca

**CMFF** - Consumo médio do forno do fogão

**CSC** - Coletor solar concentrador

**CSSC** - Coletor solar sem concentração

*et al* - E outros

**FAO** - Fundação para Alimentação e Agricultura

**FCA** - Frequência de consumo alimentar

**FCC** - Fator de correção climático

**FCF** - Fator de correção de frequência

**FS** – Fogão solar

**FUNCEME** - Fundação Cearense de Meteorologia

**GLP** - gás liquefeito de petróleo

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IC** – Índice de cocção

*op Cit* - Obra citada

**ONU** - Organização das Nações Unidas

**PAP** – Peso do alimento preparado

**PAC** – Peso anterior ao cozimento

**PB** - Preço do Botijão

**PE** - Pernambuco

**POF** Pesquisa de Orçamentos Familiares

**RN**- Rio Grande do Norte

**TPR** - Tempo de preparo recomendado

**TPA** - Tempo de preparo anual

**TUAFB** - Tempo de utilização anual do fogão de boca

**TUAFF** - tempo de utilização anual do forno do fogão

**UFC** - Universidade Federal do Ceará

**UFRN** - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1 Problematização.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2 Justificativa .....</b>	<b>20</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>22</b>
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Energia solar térmica .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Coletor e forno solar.....</b>	<b>24</b>
3.2.1 Protótipos de forno solar pesquisados .....	26
3.2.2 <i>Modelos do tipo CSSC</i> .....	26
3.2.2 Capacidade de aquecimento .....	30
3.2.3 Desempenho dos fornos solares pesquisados.....	30
3.2.4 Custo de investimento .....	35
<b>3.3 Características e uso do gás de cozinha comercializado no Brasil.....</b>	<b>36</b>
3.3.1 Métodos e práticas recomendáveis para o preparo de alimentos .....	37
3.3.2 Hábitos alimentares dos brasileiros.....	48
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 Cálculo da economia de GLP proporcionada pelos coletores com concentração.....</b>	<b>52</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>64</b>
<b>5.1 Retorno financeiro dos protótipos de FS.....</b>	<b>64</b>
5.1.1 Economia obtida pelo uso dos protótipos de FS de superfície parabólica.....	64
5.1.2 Economia obtida pelo uso dos protótipos de FS tipo caixa.....	64
<b>5.2 Retorno financeiro dos CSSC.....</b>	<b>65</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>68</b>
<b>7. SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS. ....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO A: HISTÓRICO DOS PREÇOS DO BOTIJÃO DE GÁS DE 13 KG EM TERRITÓRIO BRASILEIRO .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO B: BRASIL CLIMA .....</b>	<b>77</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Problematização

Apesar de ser um dos doze países com maior PIB no mundo, O Brasil apresenta graves problemas sociais decorrentes da extrema desigualdade econômica existente entre as classes econômicas mais pobres e as mais classes mais abastardas. Somente no ano de 2014 o país veio a sair do mapa da fome elaborado pela FAO, órgão ligado à ONU. Esse resultado foi construído após anos de programas de distribuição de renda, crédito às pessoas físicas de baixa renda, e combate direto à fome. Apesar de louváveis, os resultados alcançados, a plena ascensão social não foi alcançada pela maioria das pessoas beneficiadas por essas políticas públicas de forma que grande parte do contingente de pessoas que havia saído da extrema pobreza retornou à situação em que antes se encontrava. Esse processo começou a efetivar-se no ano de 2016 a partir de quando se deu início a um processo de desmanche das políticas sociais construídas até àquele ano. Somado a isso, nos anos de 2020 a 2021, o país veio a ser um dos mais afetados pela pandemia do vírus Covid-19, registrando mais de quinhentos e sessenta mil óbitos até agosto de 2021. A crise econômica resultante das medidas de isolamento social tomadas em caráter urgente, pelas autoridades, fez com que milhares de pequenos negócios viessem a falir dentro de poucos meses e, muitos trabalhadores, não só de pequenas empresas, como também, de médias e grandes, fossem demitidos. Somado a isso, a desvalorização da moeda nacional e a perda do poder de compra da população fizeram voltar à tona o drama da fome como parte visível da realidade do país. Segundo o levantamento de Galindo *et al.*,(2021) feito entre os meses de novembro e dezembro de 2020, cerca de 59% da população brasileira se encontrava em situação de insegurança alimentar.

Tão importante quanto o alimento em si, é também a garantia dos meios de preparo deste. O gás liquefeito de petróleo ou GLP é o principal combustível utilizado no preparo de alimentos submetidos a aquecimento nos lares dos brasileiros. Quando os preços desse combustível sobem muito acima do poder de compra da população, coloca-se em risco a segurança alimentar dos indivíduos cuja renda é menor. Para as populações de áreas rurais o uso do fogão a lenha associado à abundância deste combustível, garantem praticamente, o combustível necessário para preparo das refeições. Já dentro das periferias dos centros urbanos, em que é inviável o uso cotidiano de qualquer combustível sólido, o aumento no preço do botijão de gás equivale praticamente a aumentar o preço da cesta básica. Analogamente o uso racional do gás de cozinha é tão importante quanto não desperdiçar o

alimento que chega à mesa.

Os preços do gás de cozinha em território brasileiro estavam praticamente estáveis até o ano de 2015, quando começaram a subir continuamente, devido em grande parte às mudanças nas políticas de preço praticadas pela Petrobrás. Dentre as medidas que vieram a ser adotadas pela empresa desde 2015, destacou-se o fim dos subsídios aos combustíveis, cujos preços em território brasileiro passaram a seguir os do mercado internacional. Esta medida de caráter liberal acarretou uma elevação contínua dos preços repassados aos consumidores com consequências sensíveis à população de baixa renda. Como é possível calcular através dos dados do Anexo A, o preço médio do gás de cozinha sofreu um aumento de 86,9% no período de janeiro de 2011 até a segunda metade de 2020.

Para Sodré (2021) o subsídio direto que era praticado para controle de preços dos combustíveis pela Petrobras, ocasionava a saída de investidores privados e descapitalização da companhia. A partir de 2015, porém, os interesses desses acionistas passaram a ter maior peso nas tomadas de decisão da empresa, motivo pelo qual foi abandonada a política de controle dos preços dos combustíveis.

Todavia, a Petrobrás como empresa estatal, deveria estar integrada ao papel do Estado segundo a Constituição de garantir "[...] a educação, a saúde, o trabalho, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados [...]" (Brasil, 1988, Art. 6). Porém, a postura adotada pela empresa tem tendido mais a agradar os acionistas privados, em detrimento de financiar direta ou indiretamente políticas públicas. Portanto existe pouca ou nenhuma perspectiva, em um futuro a curto ou médio prazo, de que o Estado venha a adotar novamente uma política de subsidio aos preços dos combustíveis fósseis que beneficie diretamente a população mais carente.

## **1.2 Justificativa**

Dada delicada situação econômico-social existente no contexto atual, se faz necessário levantar políticas públicas sérias que beneficiem de maneira permanente as populações mais pobres. No âmbito analisado neste trabalho, isso se traduz na necessidade de um estudo aprofundado sobre a viabilidade econômica que o uso de fontes energéticas alternativas apresenta para substituir o gás de cozinha. Como uma dessas fontes de energia alternativas, a energia solar térmica aproveitada por meio de coletores solares já é amplamente estudada nos âmbitos da pesquisa e extensão universitária brasileira. O uso dos coletores para essa aplicação é recomendável não como substituto do fogão a gás, mas como um instrumento cujo

uso integrado ao eletrodoméstico proporcione economia no uso do combustível.

Contudo, esse aspecto prático não tem sido valorizado e, é recorrente que a demonstração do funcionamento dos coletores solares seja apresentada ao público em caráter quase pitoresco e sem utilização posterior do equipamento, o qual é depois armazenado sem utilização dentro de laboratórios ou depósitos, chegando às vezes, a ser descartado. Além disso, maioria dos estudos encontrados na literatura não considera a resistência que algumas pessoas podem ter ao uso dos equipamentos, e tão pouco discutem medidas que venham a contorná-la.

Outra situação recorrente é que sejam feitas análises pouco aprofundadas do que seria preparado com auxílio desses coletores e em que quantidade. Isto leva ao cálculo de valores imprecisos do retorno financeiro desses equipamentos o que é inaceitável do ponto de vista de pessoas e instituições que manifestem interesse sério na instalação dos mesmos. É necessário ainda que o uso do equipamento seja associado a boas práticas de preparo dos alimentos, com relação ao ponto de vista prático, econômico, nutricional, e da saúde do consumidor. Buscou-se neste estudo preencher a essas lacunas presentes nos trabalhos sobre os modelos de coletores pesquisados.

Como região com melhor potencial para uso da energia solar térmica, escolheu-se a região nordeste do Brasil. Cada um dos coletores apresentados foi em testado em um dentre os estados do CE, RN e PE. O clima considerado para uso dos coletores será o correspondente a duas zonas climáticas distintas: a zona costeira, abrangendo as capitais dos três estados e, também, a região do interior dos mesmos, que é dominado pelo clima semiárido da Caatinga.

Como resultado final dessa pesquisa, buscou-se chegar a uma conclusão se a redução do consumo de gás obtida pelo uso dos coletores solares trás retorno financeiro e social que compense o esforço e investimento de implantação dos coletores por iniciativa própria dos usuários. Como legado para pesquisas posteriores, ficam conclusões mais realistas, sobre a viabilidade econômica dos equipamentos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

- Analisar o uso do fogão e coletor solares para economia de gás de cozinha em lares de famílias carentes.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Apresentar diferentes modelos de coletor solar feitos de material reciclado, já, desenvolvidos em universidades brasileiras.
- Estimar o consumo de gás de cozinha por parte dos brasileiros de baixa renda tendo por base os dados sobre hábitos alimentares obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Determinar os métodos de preparo apropriados considerando a eficiência energética, a conservação dos nutrientes presentes nos alimentos e o cuidado com a saúde dos consumidores.
- Calcular a economia em dinheiro na compra de gás de cozinha obtida a partir do uso de cada protótipo pesquisado.



O Brasil é um país privilegiado sob o ponto vista da quantidade de radiação que recebe em toda a extensão de seu território. Conforme exibido no mapa da figura 1 os valores de radiação média variam de 14 MJ/m<sup>2</sup> nas regiões de clima subtropical do sul e sudeste até 22MJ/m<sup>2</sup> em algumas regiões no interior do nordeste cujo clima é semiárido. A captação de energia solar em residências para aquecimento ou geração de energia fotovoltaica, requer uma ampla gama de equipamentos cujo mercado gera grande movimentação em dinheiro.

### 3.2 Coletor e forno solar

Segundo Rios (2016) os coletores solares podem ter geometria, com ou sem concentração. Neste primeiro caso, são denominados pela literatura como **foros solares (FS)**. De acordo com essa classificação, um equipamento classificado como forno solar engloba os concentradores cilíndricos cuja superfície refletora tem o formato de metade de um cilindro o qual concentra os raios solares em um tubo receptor dentro do qual existe um fluido de trabalho". (*op. Cit*), e também os concentradores parabólicos cuja superfície refletora tem geometria paraboloide. Seu funcionamento é similar ao dos concentradores cilíndricos. (*op. Cit*). Em ambos os caso a superfície é recoberta com pequenas placas ou uma capa com boa capacidade de reflexão cuja posição é capaz de direcionar os raios solares em um foco. Sua capacidade de aquecimento é elevada e exige cuidado, pois a concentração de raios solares no foco pode provocar queimaduras. CARVALHO (2015), p. 42. Expandindo a definição de Rios (2016) sem violar seu princípio básico, pode-se considerar que os protótipos de FS também abrangem os foros solares em forma de caixa, cujo uso é específico para o processo de cocção a seco, (assar). Os protótipos deste tipo podem não ter - situação em que não podem ser considerados concentradores - ou ter de um até quatro refletores. Nesta última configuração trabalham com dois efeitos: o efeito estufa na caixa e a concentração dos raios solares promovida pelo espelho da superfície refletora o que eleva a temperatura obtida dentro destes, até 150°C. (*op. Cit*). Segundo Araújo (2015) os protótipos de FS próprios para assar alimentos, podem funcionar independentemente da interferência do usuário, mantendo o alimento aquecido durante um tempo prolongado. Também possuem a vantagem de não ocasionar danos ao usuário por concentração ou reflexão, são estáveis e não produzem chamas.

Em um equipamento classificado como Coletor Solar sem Concentração (CSSC), ou simplesmente coletor solar (CS) como é adotado na literatura, a área de absorção e da

superfície do coletor são praticamente a mesma. Segundo a versão online do dicionário da língua portuguesa de Aulete (2021), um coletor solar é definido como uma “Placa metálica disposta sobre uma tubulação de serpentina que utiliza radiação solar para aquecimento de água”. Os principais modelos são os CS de tipo aberto ou fechado e, o coletor solar de tubos a vácuo". (*op. Cit*). Nos protótipos de CS segundo Oliveira e Andrade (2016), ocorre dentro do envoltório de tubos com água referido por Aulete (2021) como serpentina, o processo de convecção térmica natural por diferença de densidade (termo sifão), capaz de promover o movimento da água aquecida sem nenhum tipo de bombeamento, isto é, a água na saída do coletor será sempre a mais quente. Gonçalves (2010) cita a utilização de sistemas térmicos solares para uso em aplicações industriais e comerciais para pré-aquecer a água de alimentação de caldeiras, aquecer água e ar em processos industriais e produzir vapor para gerar potência.

O funcionamento dos coletores e fornos solares é diretamente relacionado à ausência de condições meteorológicas de chuva, ou nuvens que bloqueiem parcialmente a chegada dos raios solares à superfície terrestre. Esta limitação pressupõe um fator de correção climático (FCC) relacionado à duração da estação seca (DEE). Esse valor será considerado para os cálculos da economia de gás de cozinha que pode ser obtida pelo uso dos modelos de coletor e forno solar estudados. O valor de FCC pode ser dado pela equação 1:

$$FCC = DEE/365 \quad (1.0)$$

Certamente, nem todos os dias dentro do período em que normalmente chove durante o ano apresentam o céu cheio de nuvens, e existem ainda os períodos de veranico capazes de gerarem prejuízos às plantações. Contudo mesmo um dia ensolarado apresenta risco em se utilizar o coletor, caso a previsão do tempo feita pelos meteorologistas e divulgada nos meios de comunicação aponte a possibilidade de chuva. Também a estação seca também apresenta alguns dias chuvosos, nublados ou de clima mais ameno, o que vem a compensar pelo menos parcialmente os dias de veranico não considerados no período de chuvas. Considera-se ainda que para utilização no cotidiano, o usuário fará uso do equipamento tendo em mente um tempo de preparo praticamente igual para qualquer dia que o utilize, da mesma forma que deverá estar em igual condição o alimento retirado do forno. Portanto, a equação deduzida para cálculo do FCC, embora deveras simples, pode ser considerada aceitável do ponto vista estatístico.

Segundo Funceme (2009), é possível classificar os meses do ano como pertencentes a quatro períodos do ponto de vista do clima vigente no Estado do Ceará. Tomando-se por base o interior do estado do Ceará, dentro da região considerada para o estudo, ocorrem variações

importantes apenas quanto a se as estações chuvosas se iniciam antes ou depois, ao longo do ano. De dezembro a janeiro existe a pré-estação chuvosa que é seguida pela estação chuvosa propriamente dita que se estende de fevereiro a maio. Entre junho e julho tem-se a pós-estação chuvosa que é seguida pela estação seca que se estende de agosto a novembro. A estação chuvosa concentra os maiores acumulados de precipitação enquanto que os períodos de pré e pós – estação apresentam chuvas esparsas e às vezes nulas. Para elaboração de um FCC apropriado às condições climáticas do estado do Ceará, considera-se que o período da estação chuvosa é inviável para uso dos coletores solares. Quanto aos períodos de pré e pós - estação chuvosa considera-se metade do tempo do mês adjacente à estação chuvosa (janeiro e junho) como inapropriado ao uso dos coletores. Esse valor cai para um quarto (1/4) de tempo para o primeiro mês da pré-estação (dezembro) e também para o último mês da pós-estação (julho). E a totalidade do tempo durante a estação seca mostra-se adequado para uso do coletor solar sem qualquer risco. Desta feita chega-se ao valor de:  $4,0 + (1+1)/2 + (1+1)/4 = 5,5$  meses em que o coletor solar mostra-se obsoleto. Isto gera um valor de FCC de  $(12-5,5)/12 = 54,17\%$ . O atlas climático de IBGE (2002), mostrado no anexo A vem a corroborar esse cálculo, considerando a classificação feita pelo instituto para a maior parte dos territórios dos Estados do Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte, regiões que são pertencentes a um mesmo domínio climático. As capitais desses estados são sedes das universidades em que se desenvolveram os coletores solares levantados na pesquisa. Porém, todas essas cidades apresentam clima do tipo semiúmido (4 a 5 meses de seca), o que acarreta em um valor de FCC de  $(12-7,5)/12 = 37,5\%$ .

### 3.2.1 Protótipos de forno solar pesquisados

Dentre os coletores solares sem concentração selecionou-se para a pesquisa alguns modelos elaborados em universidades da região Nordeste do Brasil

### 3.2.2 Modelos do tipo CSSC

Nos trabalhos de Gomes (2010) e Gonçalves (2010) são relatados testes com, e sem uma cobertura com a função de estufa. Gomes instalou uma película isolante térmica na parte de baixo das placas coletoras de seus três ensaios e, na primeira e segunda das três configurações de seu estudo incluiu um item a mais que foi um reservatório térmico cuja superfície isolante era constituída de EPS triturado.

Na configuração I, ilustrada à esquerda na figura 5, Gomes, (2010) projetou um CS do tipo fechado, cuja grade absorvedora do sistema é composta por seis tubos de PVC de 20 mm de diâmetro externo, ligados em paralelo ocupando uma área de 1,40m<sup>2</sup> e com capacidade de

150 litros de operação. (op. Cit). Os canos da grade atravessavam garrafas PET cuja função no sistema era a de estufa. O sistema foi interligado a um reservatório térmico de baixo custo. Na configuração II ilustrada na figura 5, à direita, repetiu-se o modelo que ele criara na configuração I com a diferença de ter uma cobertura de garrafas pet cortadas no formato de telhas o que constitui um sistema fechado, o que constitui esse último como um CS fechado.

**Figura 2** - Coletor solar alternativo em estudo: configuração I (à esquerda) e configuração II (à direita)



Fonte: GOMES (2010).

Na configuração III, ilustrada na figura 6, Gomes (2010) projetou um CS do tipo aberto com canos de PEAD. Para isto aproveitou o formato da telha de fibrocimento para dispor os canos dentro das depressões das ondulações das telhas o que "aumentaria a superfície de contato com os tubos da grade absorvedora, aumentando, por conseguinte a transmissão térmica entre esses elementos e diminuiria a troca térmica por convecção." (op. Cit). Contudo nesse modelo é impossível fazer os canos atravessarem garrafas PET que sirvam como estufa assim como na configuração II de seu próprio estudo sem abrir mão dessa vantagem geométrica. Por outro lado, uma estrutura de vidro como estufa não teria essa desvantagem, mas foi considerada inviável pelo autor pelo motivo de que dobraria o preço do projeto o que iria de encontro à sua proposta de fazer um coletor de baixo custo. (op Cit). Por isso, como aposta desse trabalho teve-se "a significativa absorvidade térmica do PEAD, que já vem

pigmentado de fábrica com 2,5% de negro de fumo com tamanho de partícula de 25 nm [...] como fator compensador do efeito estufa." Tigre (2016 apud Gomes 2010, p. 56). Outra aposta foi o uso de uma camada isolante de EPS triturado como isolante térmico capaz de diminuir a transmissão de calor para o ar por convecção na parte de baixo do coletor. No relatório do trabalho de Gomes (2010) relata-se a utilização de 12 tubos de PEAD, (em lugar do PVC) pretos de fabricação, de 25 mm de diâmetro externo, em paralelo, interligados por T(tês) de PVC de mesmo diâmetro, pintados de preto fosco, dispostos sobre uma área de 2,44 m<sup>2</sup>. (*Op Cit*).

**Figura 3** - Detalhe das conexões dos tubos de PEAD com os tês de PVC pintados de preto, (configuração III).



Fonte: GOMES (2010).

Segundo o relatório da pesquisa de Gonçalves (2010) realizou-se ensaios de alcance de temperatura, com o modelo de aquecedor mostrado na figura 7. O mesmo foi registrado sob a patente de numero MU8500181-3 por Miziara (2005 apud GONÇALVES, 2010, p. 56). O modelo é montado com tubos flexíveis (mangueiras em PVC), na forma de uma espiral concêntrica sem placa de captação. O protótipo foi testado com, e sem cobertura de vidro.

**Figura 4** - Instalação dos equipamentos em local definitivo



Fonte: GONÇALVES (2010).

**Figura 5 - Coletor Solar de Material Reciclado**

Fonte: RIOS (2016)

O modelo mostrado na figura 8, desenvolvido por Rios (2016) na Universidade Federal do Ceará foi confeccionado com dois forros alveolar de PVC branco - de medidas (125x61x1) - entre os quais ficava uma serpentina de canos de PVC e um tonel bombona plástico de capacidade igual a 230 litros como reservatório. Para aumentar-se a capacidade de aquecimento os forros de PVC foram pintados com esmalte preto fosco. Foram feitos no reservatório um furo para a saída de água fria para os coletores e outro furo, há metade da altura máxima do tambor, no lado oposto para retorno da água aquecida, com adaptadores soldáveis com flanges e anel de vedação, todos com medida de 32 mm de diâmetro. (op. Cit).

ALANO (2006 apud OLIVEIRA e ARRUDA 2016, p. 12), desenvolveu um protótipo de coletor solar plano fechado “formado por uma serpentina de canos de PVC dentro de garrafas PET, com caixas de leite tetraparcks”. O criador da invenção registrou a patente do seu invento, o que impede que qualquer pessoa a utilize para fins comerciais. Por outro lado,

permitiu a ampla divulgação desse material gratuitamente na internet, desde que sem fins lucrativos.

**Figura 6** - Protótipo de aquecedor solar em funcionamento



Fonte: RODRIGUES (2019).

Um protótipo em muito parecido, mostrado na figura 9, foi montado no campus da UFRN e relatado no trabalho de Rodrigues (2019), com a pequena diferença alteração de que a estrutura feita de latas de leite longa vida foi pintada com esmalte de cor preta, o que imita também o protótipo de Rios (2016).

### 3.2.2 Capacidade de aquecimento

Segundo Guewandsznajder (2006), o calor específico da água é de 4,18J/g e o seu valor de densidade é de 1g/cm<sup>3</sup>. A unidade de uma caloria equivale à energia necessária para aquecer em 1°C a quantidade de 1g de água, ou seja, uma caloria equivale a 4,184J.

### 3.2.3 Desempenho dos fornos solares pesquisados

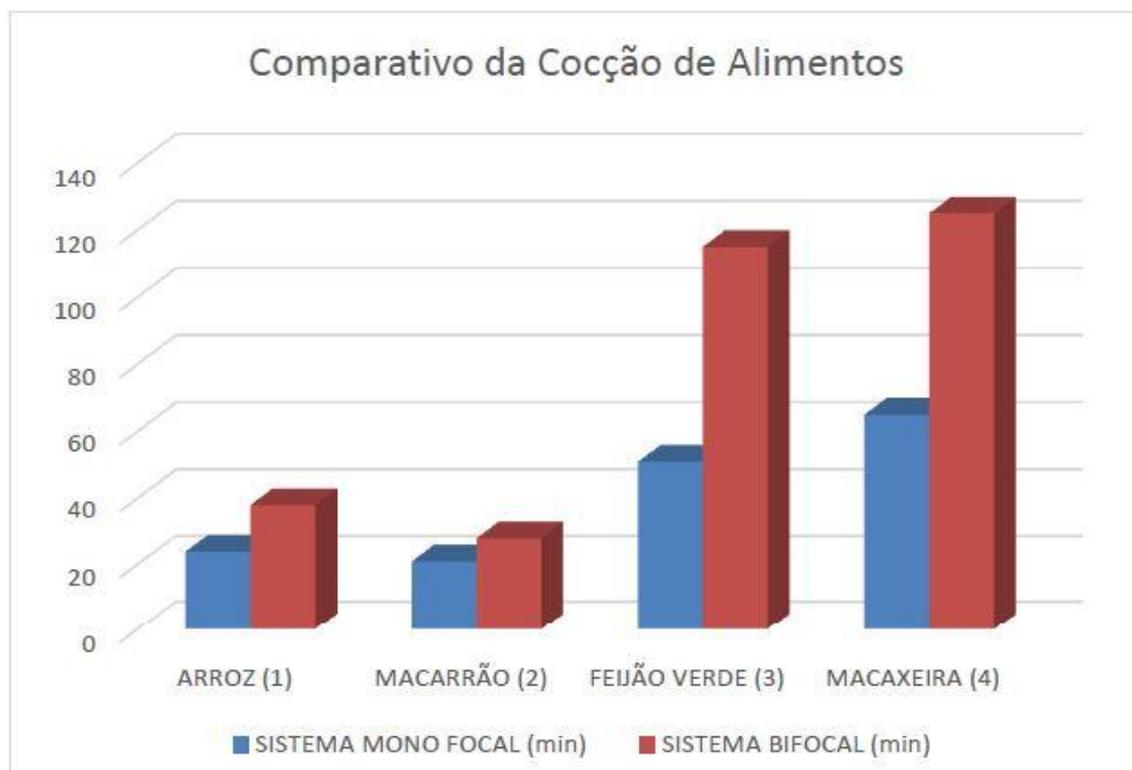
O FS de Fernandes (2019) foi submetido a ensaios com carga e sem carga para suas configurações mono e bifocal. No ensaio sem carga, a água foi colocada nos coletores no mesmo horário de 10h30min. A água aquecida no forno solar parabólico em sua configuração monofocal chegou ao ponto de fervura em 25 minutos enquanto na configuração bifocal a temperatura máxima atingida foi de 88,3°C no foco I e 89,12°C no foco II após um tempo de 40 minutos. (*op Cit*). Contudo o mesmo autor considera que a temperatura mínima necessária para cocção é de 88 °C o que torna satisfatório o desempenho obtidos. Para os ensaios com carga os alimentos foram colocados para cozer a partir do momento em que foi atingida a temperatura mínima para cocção (TMPC). Executaram-se ensaios com carga utilizando-se arroz, macarrão feijão e macaxeira. Os resultados obtidos são mostrados na tabela 1 e, no gráfico da figura 10.

**Tabela 1** - Tempo de cozimento dos alimentos no sistema mono focal e bifocal

ALIMENTOS	SISTEMA MONOFOCAL (min)	SISTEMA BIFOCAL (min)
ARROZ (1)	24	38
MACARRÃO (2)	21	28
FEIJÃO VERDE (3)	51	115
MACAXEIRA (4)	65	125

Fonte: adaptado de FERNANDES (2019).

**Figura 7** - Comparativo do tempo de cozimento dos alimentos no fogão solar borboleta atuando nas suas duas configurações.



Fonte: FERNANDES (2019).

No ensaio de ebulição de água efetuado no protótipo de coletor solar com concentração multifocal de Júnior (2016) 1L de água foi colocado para aquecer às 11h e chegou ao ponto de fervura em 15 minutos nos focos 1, 2 e 3 enquanto no foco 4 esse tempo foi um pouco maior (17 minutos). Nos ensaios com carga de Júnior foram cozidos satisfatoriamente feijão, batata doce e quatro refeições variadas em nutrientes. A primeira foi uma macarronada cujos ingredientes básicos foram: macarrão (500g), carne moída (1000g), salsicha (1000g) e molho de tomate (680g), divididos entre duas panelas. (*op. Cit*). Na segunda refeição, foram preparados macaxeira (1,0 quilo), feijão-verde (1,0 quilo), carne de charque (500 gramas) e verduras [...] (500g). [...] Foram utilizadas as parábolas 1, 3, e 4 do fogão solar multifocal." (*op. Cit*). A terceira refeição consistia dos mesmos ingredientes da segunda com uma porção um pouco maior de macaxeira (1,25kg) e utilização de todas as quatro parábolas. Todas as preparações tiveram início às 10 horas da manhã sob a temperatura ambiente de 30°C e foram cozidos com sucesso e "apresentavam boa estética e seus sabores foram apreciados por todos os que o degustaram." (*op. Cit*). A última refeição foi elaborada para um café da manhã típico, com "café (30 g derramados em litro de água), leite (60 g de leite em pó derramado em 400 ml de água), cuscuz (140 gramas de farinha de milho e 250 ml de água) e três ovos (180g)".

(*op. Cit.*). Júnior (2016) obteve sucesso semelhante ao das refeições anteriores, contudo seu último ensaio foi feito no mesmo horário e condições de temperatura das preparações anteriores, o que vai de encontro a uma correta simulação de uso do dispositivo no cotidiano. Para a totalidade das preparações o tempo de cozimento no fogão solar foi maior que num fogão a gás, contudo não o suficiente para se considerar o protótipo inviável. (*op. Cit.*)

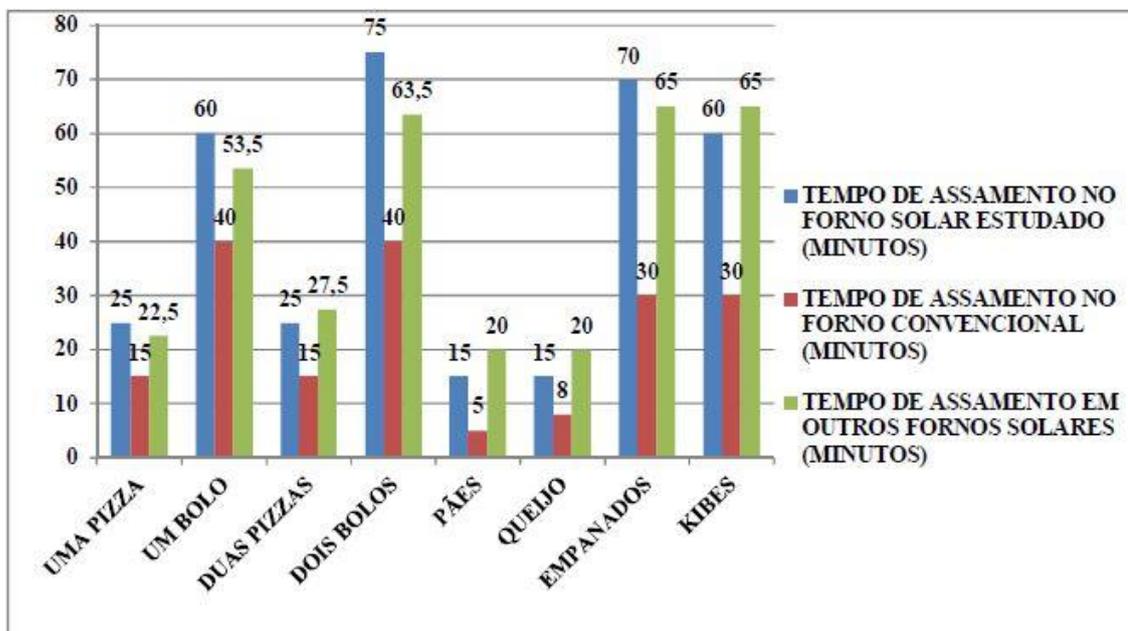
Nos ensaios com carga realizados com o FS tipo caixa de Araújo (2015), foram obtidos os resultados presentes na tabela 2 e ilustrados no gráfico da figura 11.

**Tabela 2** - tempos de assamento dos fornos solares e do forno convencional a gás

Alimento	Forno Solar Estudado (minutos)	Forno Convencional (minutos)	Fornos Solares (minutos)
Uma Pizza	25	15	15 - 30
Um Bolo	60	40	27 - 80
Duas Pizzas	25	15	20 - 35
Dois Bolos	75	40	37 -90
Pães	15	05	15 - 25
Queijo	15	08	15 - 25
Empanados	70	30	50 - 80
Kibes	60	30	50 - 80

Fonte: ARAÚJO (2015), p. 55.

**Figura 8** - Tempos de assamento do tomo estudado e do tomo convencional e tempo médio de assamento de outros tomos já testados.



Fonte: ARAÚJO (2015).

Vê-se pelo resultado dos ensaios que todos os modelos de FS pesquisados tiveram capacidade para substituir totalmente o fogão convencional nos dias de clima mais quente. Contudo uma utilização parcial ou complementar entre o fogão convencional e o coletor solar, quando este último estiver com limitação em seu potencial máximo, mostra-se, em pouco, prática e vantajosa. Por isso antes cozer algum alimento é recomendável que o usuário tenha certeza de que o tempo não ficará nublado ou venha a ocorrer chuva desde a hora em que virá iniciar o cozimento até o término. Portanto sua utilização não é recomendada nos períodos do ano em que naturalmente chove.

### 3.2.3 Desempenho dos coletores solares pesquisados

Os testes realizados por Gonçalves (2010) no CS aberto espiralado sem placa coletora obtiveram como resultado, uma média  $7,24^{\circ}\text{C}$  de aquecimento no horário de 11h às 12h. A irradiação média nos testes foi de  $570\text{W}/\text{m}^2$ . Nos testes realizados posteriormente com o mesmo coletor acoplado de uma estufa de vidro - configuração II - o aquecimento médio foi de  $8,48^{\circ}\text{C}$  sob condição de irradiação de  $564\text{W}/\text{m}^2$ . A temperatura da água na entrada dos dois sistemas foi de  $27,0^{\circ}\text{C}$ .

Para estudo da capacidade de aquecimento de seu coletor solar Rios (2016) obteve os valores temperatura da água na entrada e saída do sistema. Após duas tentativas em dias com

chuva pela manhã, obteve-se no terceiro dia que foi de sol pleno, um aquecimento no valor de 10,3°C no horário de 11h da manhã. A temperatura da água na entrada do coletor era de 38,9°C. Vê-se que a condição em que foi exposto o reservatório de água contribuiu para gerar um aquecimento considerável antes que a água entrasse no CS fechado. Tomando-se 27,0°C como valor da temperatura ambiente da água, o que é baseado no estudo de Gonçalves (2010), realizado numa região de mesmo domínio climático, o reservatório gerou um aquecimento de 11,9°C. Portanto o aquecimento total gerado pelo sistema foi de 22,2°C.

As medições da temperatura da água na saída do CS fechado desenvolvido por Rodrigues (2019), apontaram um aquecimento médio de 27,6°C. O autor não especificou a que temperatura a água saiu do reservatório térmico do sistema o qual estava exposto ao sol. A temperatura da água na entrada do sistema foi de 21,6°C.

Segundo o relatório do trabalho de Gomes (2010), fez-se, durante três dias, medições na entrada, saída e em mais três pontos intermediários da grade utilizada nas configurações I (aberto) e II(fechado) de seu protótipo de coletor solar sem concentração com reservatório térmico. O reservatório que foi coberto com superfície isolante térmica forneceu água a temperatura de 40,1°C, no horário de 11h, uma temperatura 12,2°C acima da temperatura da água em condição ambiente nesse horário. Considerando apenas os valores de temperatura na entrada e saída do coletor obteve-se um aquecimento de 7,4°C na configuração I do coletor solar sem concentração e 8,8°C no coletor solar sem concentração. (*op Cit*). No relatório do trabalho feito por Gomes (2010) não forneceu-se dados por hora do dia para essas duas configurações. As condições relacionadas à irradiação solar para os dois ensaios foram de 690W/m<sup>2</sup> e 710W/m<sup>2</sup> respectivamente. Em suma, os valores de aquecimento obtidos foram de 19,6°C para a configuração I e 21°C para a configuração II.

Na configuração III obteve-se aquecimento de 8,4°C desde a saída do reservatório em que a água estava a 36°C até a saída do coletor, isto em uma condição de irradiação de 590 W/m<sup>2</sup>. A água no reservatório encontrava-se numa temperatura de 9°C acima da água que vinha da rede de distribuição. Portanto a soma dos aquecimentos no reservatório sem isolamento térmico e no coletor PEAD sem cobertura foi de 17,4°C.

### **3.2.4 Custo de investimento**

Segundo Júnior (2016) e Fernandes (2019) não foi considerado obter informações sobre o custo de seus protótipos de FS. Contudo para o protótipo desse último, foi necessário para sua confecção o uso de mão de obra especializada para o processo de soldagem o que deve

aumentar consideravelmente os custos financeiros em comparação a outros coletores.

No relatório de pesquisa referente ao trabalho de Araújo (2015) não encontram-se informações sobre o custo financeiro de seu FS tipo caixa.

Segundo Rodrigues (2019), o custo dos componentes do seu protótipo de CS montado no campus do IFPE, foi de R\$167,30.

Segundo Rios (2016) o preço de mercado de produtos similares ao elaborado por ele com materiais reciclados varia entre R\$112,00 e R\$219,00 reais. O coletor em estudo teve custo de R\$158,05 reais. (*Op Cit*).

Segundo Gomes (2010) a característica mais importante do CS proposto em seu trabalho é o seu baixo custo: R\$ 150,00 para a configuração III e R\$300,00 para as configurações I e II. Isto além da facilidade de fabricação, principalmente das configurações I e III.

Segundo Gonçalves (2010) considerando o dólar por ocasião do trabalho de Gonçalves (2010), o custo de fabricação do coletor por m<sup>2</sup> (A=1,6m<sup>2</sup>) foi em torno de R\$ 103,12 ou US\$ 59,95 para a configuração I (sem cobertura de vidro). Já para a configuração II, (com cobertura de vidro) o custo de fabricação do coletor por m<sup>2</sup> ficou em torno de R\$ 333,00 ou US\$ 193,60. (*op. Cit*).

### 3.3 Características e uso do gás de cozinha comercializado no Brasil

Segundo Bizzo (2003) o GLP é uma mistura de frações leves de petróleo na faixa de 3 a 4 carbonos na cadeia e sua aplicação tem sido feita em processos em que a limpeza é fundamental, tais como em fornos alimentícios.

Segundo ANP (2004 apud SANTOS, 2019, p.33) “O GLP comercializado [...] apresenta poder calorífico inferior de 10.800 kcal/kg (o equivalente 45.187,2kJ/kg), massa específica de 500 kg/m<sup>3</sup> e teor de enxofre de 140 mg/kg”.

Segundo Eletrobrás (2008 apud Rodrigues, 2019, p. 7) o consumo médio de um fogão de boca (CMFB) aberto em fogo médio é de 0,225kg/h. Segundo ASH (2017) o consumo médio do forno do fogão (CMFF) é de 0,300kg/h. O valor em massa do consumo anual do fogão de boca (CAFB) e do forno do fogão (CAFF), e respectivamente pelas equações 2.0 e 3.0:

$$\text{CAFB} = \text{CMFB} \times \text{Tempo de utilização} \quad (2.0)$$

(horas)

$$\text{CAFF} = \text{CMFF} \times \text{Tempo de utilização} \quad (3.0)$$

(horas)

Segundo SCHWAIDA *et al* (2007) o tempo para médio se evaporar 100mL de água numa panela aquecida pelo fogão de boca, foi de 10:23,5 minutos ou 0,173 hora. Tomando-se como 0,225kg/hora o consumo médio do fogão de boca, vê-se que o consumo em massa de gás foi de **0,173h x 0,225kg/h = 0,039kg**. Tomando-se com o 45.187,2kJ/kg o poder calorífico do GLP, o gasto energético incluindo perdas foi de **Q = 0,039kg x 45187,2kJ/kg = 1760,88kJ**.

O processo de vaporização considerado foi feito em duas etapas: a primeira foi o aumento da temperatura sem mudança de fase, em que, tomando-se como 4,184kJ/kg, o calor específico da água teve-se um gasto efetivo sobre o líquido de 418,4J. por um aumento de 1 um grau na temperatura.

Se a água estava a temperatura ambiente de 25°C e ferveu a temperatura de 100°C pode-se substituir esses dados na fórmula da equação do calor (equação 4.0) tendo como resultado a energia gasta para aquecimento da água até a temperatura de ebulição.

$$Q = m \times c \times \Delta T. \quad (4.0)$$

Substituindo-se os dados obtém-se: **Q = 0,1kg x 4,184kJ/kg\*°C x (100-25)°C = 31,38kJ**

A segunda etapa consistiu no processo de vaporização da água, cujo calor latente de evaporação ( $L_V$ ) é 540 cal/g ou 2259,36kJ/kg . Logo para completa evaporação do líquido o gasto energético efetivo foi dado pela equação 5.0:

$$Q = m \times L_V \quad (5.0)$$

Substituindo-se os dados obtém-se: **Q = 0,1kg x 2259,36 kJ/kg = 225,94kJ**.

Somando-se os valores obtidos, vê-se que calor que efetivamente foi transmitido à água no experimento, foi de 257,32kJ.

De posse desses valores é possível chegar ao valor de eficiência térmica do fogão de boca. Esse valor é dado pela equação 6.0:

$$\eta = Q_{\text{efetivo sobre o líquido}} / Q_{\text{de combustão do}} \quad (6.0)$$

GLP

Substituindo-se os dados obtém-se  **$\eta = 257,94kJ/1760,88kJ = 14,6\%$**

### 3.3.1 Métodos e práticas recomendáveis para o preparo de alimentos

GUEWANDSZNAJDER (2006) considera que as refeições ao longo do dia devem

obedecer a uma ordem decrescente dos valores de massa e de calorias, e elucida essa ideia na forma de um conhecido provérbio o qual recomenda "café da manhã de rei, almoço de príncipe, e jantar de plebeu". (*op. Cit*). Considerando-se que o preparo de grandes ou pequenas porções, requer quase o mesmo tempo, o ditado citado por Guewandsznajder (2006) vai ao encontro da prática de que uma porção suficiente para almoço e janta seja preparada já na primeira metade do dia, o que deixa um excedente para ser reaquecido à noite, sem utilização do coletor solar.

PEREIRA (2017) classifica os métodos de cocção segundo o tipo de calor empregado. Segundo esse critério a cocção por calor úmido pode acontecer por meio de líquido quente ou vapor e na cocção por calor seco geralmente os alimentos sofrem um processo de desidratação. A cocção por calor seco pode ser feita com ou sem gordura (processo de assar), ou ainda em duas etapas, a primeira sem gordura e a segunda sem. (*op Cit*).

A cocção por calor a seco com utilização óleos vegetais ou gordura, não goza de uma boa reputação dentro da comunidade médica. Marcos Valente e Rosa (2009 apud Freire; Silva; Ferreira, 2013 p.12), afirmam que durante o processo de fritura, são formados produtos tóxicos ou cancerígenos, tais como acroleína e peróxidos.

Além disso, as alterações físicas e químicas dos óleos de fritura podem levar à produção de aldeídos, cetonas, radicais livres e ácidos graxos trans que são incorporados aos alimentos fritos e também são prejudiciais à saúde humana. Tais compostos podem causar doenças de natureza cardiovascular, além de câncer, artrite e envelhecimento precoce.

LEE e LIN (2000 apud FREIRE, SILVA e FERREIRA 2013 p.12).

PIGOLI (2012) fez uma série de experimentos com objetivo de avaliar as perdas de nutrientes no processo de preparação de hortaliças, das quais foram usados para o estudo: flor de brócolis, casca de abóbora e de cenoura, além do miolo desta e talo de brócolis. Os resultados obtidos revelaram que as menores perdas dos nutrientes avaliados – proteínas, fibras, ácido ascórbico, minerais - ocorreram no aquecimento em aparelho de micro-ondas seguido pelo cozimento a vapor que é mais acessível do ponto de vista financeiro. Já as maiores perdas ocorreram no cozimento em imersão, o que constitui esse método de preparo como desvantajoso do ponto de vista nutricional para o tipo de alimentos pesquisado no estudo.

Quanto ao método de preparação por cocção úmida, apesar das desvantagens elucidadas por Pigoli (2012) para preparo de hortifrutis, o cozimento em imersão em panela a baixa ou alta pressão mostra-se ainda como alternativa mais fácil e barata para o preparo de feijão, arroz, macarrão e carnes. Gewandsznajder (2006) cita em seu livro didático para alunos da 5º

série do ensino fundamental, (hoje, sexto ano) um estudo segundo o qual o consumo diário de alimentos cozidos em panela de ferro é eficaz para prevenir a anemia em crianças.

### 3.3.1.1 Volume de água usado no preparo dos alimentos

Com relação ao volume de água utilizada para cozimento não encontrou-se na literatura voltada à culinária um estudo abrangente e direto relacionado à quantidade certa de água para cada preparação. Certamente essas variáveis dependem de várias outras específicas do modo de preparo de cada pessoa, povo, ambiente, ou circunstâncias relacionadas à rotina. Tomando-se como referência os ensaios com carga realizados com os próprios coletores solares pesquisados encontra-se uma informação apenas no trabalho de Rodrigues, (2019), em cujo ensaio com carga foi utilizada uma proporção de 3g de água a temperatura ambiente para 1g do feijão e também para o arroz. Já para a carne para a qual não foi citado o tipo, a proporção foi de 0,5g de água para cada 0,7g de carne. Nos ensaios com carga realizados por Júnior, (2016), hortaliças, legumes e tubérculos foram preparados em imersão, sem haver em seu trabalho informação disponível da proporção entre água e alimento utilizada. Contudo é amplamente documentado o conjunto de valores referentes à razão entre o peso do alimento preparado (PAP) e seu peso anterior ao cozimento (PAC), denominado índice de cocção, (IC) ou fator de cocção, (FC) cujo cálculo é dado pela equação 7.0.

$$FC = PAP/PAC \quad (7.0)$$

Segundo Phillipi e Martins, (2003; 2006 apud Silva *et al.*, 2012, p. 1) o IC “é obtido através da relação entre o peso do alimento processado cozido e o somatório do peso dos alimentos no seu estado inicial ou peso líquido do alimento cru.” Segundo Ornellas (2007 apud Silva *et al.*, 2012, p. 1) “alimentos ricos em amido, de origem vegetal, apresentam o fator de cocção maior que um (>1), o que implica num ganho de peso, já os alimentos ricos em proteínas apresentam fator de cocção menor que um (<1), que reflete na perda de peso após a cocção.”

SILVA *et al* (2012) fizeram um levantamento do IC de vários alimentos utilizando para isso experimentos próprios, que foram comparados aos dados que obtiveram na literatura. Como resultado teve-se os dados apresentados na tabela 3.

**Tabela 3** - Valores de IC obtidos para cereais e leguminosas

		PHILIPI (2006 apud <i>SILVA et al</i> , 2012)	ORNELLAS (2007 apud <i>SILVA et al</i> , (2012))	BARROS et al. (2010 apud <i>SILVA et</i> <i>al</i> , 2012)
<b>CEREAIS</b>				
Alimentos	$3,07 \pm 0,15$	2,70	2,50	1,97
Arroz Branco ou polido				
Arroz Integral	$2,52 \pm 0,04$	-	-	-
Arroz Parboilizado	$2,79 \pm 0,01$	-	3,00	-
Cuscuz	$1,49 \pm 0,10$	-	-	-
Macarrão espaguete comum	$2,48 \pm 0,04$	2,50	3,00	-
Macarrão espaguete integral	$2,76 \pm 0,14$	-	-	-
<b>LEGUMINOSAS</b>				
Feijão Corda	$2,44 \pm 0,20$	2,00	2,00	2,09
Feijão de Preto	$2,00 \pm 0,04$	-	-	-
Grão de Bico	$1,92 \pm 0,12$	-	-	1,89
Lentilha	$2,64 \pm 0,08$	-	-	2,22

Fonte: Ornelas (2007), Silva et. al (2012); Barros; Garcia; Almeida (2010); apud PEREIRA (2017), p. 30.

Segundo recomenda Nestlé (2021) a volume de água utilizada para preparo do macarrão instantâneo é três vezes o valor do produto seco.

Pereira (2017) obteve os dados do fator de cocção que são mostrados na tabela 4.

**Tabela 4** - Fator de cocção das hortifrutis e tubérculos submetidos à cocção úmida

Alimento/Tipo de cocção	FCy (PEREIRA, 2017 p.33;35)	ORNELAS (2007 apud PEREIRA, 2017 p.33;35)	SILVA <i>et al.</i> (2012 apud PEREIRA, 2017 p.33;35)	BARROS; GARCIA; ALMEIDA (2010 apud PEREIRA, 2017 p.33;35)
<b>RAIZES E TUBERCULOS</b>				
Batata doce cocção úmida (ebulição)	1,08 ± 0,02	-	0,99	0,99
Batata doce cocção à vapor	0,98 ± 0,00	-	-	-
Beterraba cocção úmida (ebulição)	1,06 ± 0,01		0,94	1,08
Beterraba cocção à vapor	1,00 ± 0,01		-	-
Cenoura cocção úmida (ebulição)	1,02 ± 0,01	0,9	0,95	-
Cenoura cocção à vapor	0,95 ± 0,02	-	-	-
<b>HORTALIÇAS</b>				
Abóbora cocção úmida (ebulição)	1,06 ± 0,01		1,06	1,08
Abobrinha cocção úmida (ebulição)	0,93 ± 0,02		1,06	0,93
Chuchu cocção úmida (ebulição)	0,94 ± 0,01	-	0,96	-

(Continuação)

Alimento/Tipo de cocção	FCy (PEREIRA, 2017 p.33;35)	ORNELAS (2007 apud PEREIRA, 2017 p.33;35)	SILVA <i>et al.</i> (2012 apud PEREIRA, 2017 p.33;35)	BARROS; GARCIA; ALMEIDA (2010 apud PEREIRA, 2017 p.33;35)
<b>HORTALIÇAS</b>				
Chuchu cocção à vapor	0,89 ± 0,04			-
Maxixe cocção úmida (ebulição)	0,72 ± 0,01		0,93	-
Quiabo cocção úmida (ebulição)	1,36 ± 0,08	-	1,07	1,58

Fonte: Ornelas (2007), Silva *et. al* (2012); Barros; Garcia; Almeida (2010); apud PEREIRA (2017), p.33

Analisando-se os dados referentes aos dados pesquisados por Pereira (2017), vê-se que os pesos de hortifrutis e tubérculos pouco se alteram no processo de cocção a vapor.

Além da vantagem nutricional, o cozimento a vapor é vantajoso do ponto de vista energético. O tipo mais comum de cuscuzeira comercializado é constituída por dois compartimentos: o compartimento inferior comporta a água a ser aquecida e possui o formato de um cilindro oco. Já o compartimento superior possui o formato de um tronco de cone oco de altura semelhante ao compartimento inferior com a base maior voltada para cima e diâmetro da base inferior igual ao diâmetro do compartimento inferior. Portanto a razão entre o que esta pode armazenar em volume no compartimento reservado ao que é cozido e o volume líquido de cozimento, é maior que um (>1). Já no caso de se aquecer os alimentos imersos em água, o volume utilizado desta sempre vai ser sempre igual ou maior em volume ao do material que é submergido devido a ser necessário um mínimo de líquido para imersão total.

**Figura 9** - Modelo de cuscuzeira convencional

Fonte: MACÊDO E LIMA (2006).

Porém, Macêdo e Lima (2006) em seu artigo científico apresentado durante a sexta edição do Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interface Humano-Tecnologia, apontaram graves problemas de ergonomia e riscos à segurança do usuário que ocorrem durante o manuseio do modelo de cuscuzeira convencional. Em contrapartida, apresentaram um modelo mais apropriado ergonomicamente, mais seguro e que ainda era mais eficiente do ponto de vista energético a qual nomearam como *Ajubá* (que, em Tupi, significa “amarelo”, numa analogia à cor do cuscuz. *op Cit*). Sem citar aspectos geométricos, o volume de água recomendado para cozimento pelos autores foi de 500 ml para uma quantidade de 500g de farelo de milho, uma proporção unitária em relação ao volume de água para o cozimento. É, portanto aceitável tomar o valor médio em gramas de volume de água para cozimento como igual ao valor obtido para a porção média consumida dos legumes e raízes desde que não comprometa o funcionamento da *Ajubá*, isto é, não diminuindo a volume de água no compartimento de água do utensílio para abaixo do meio tendo-se em conta recomendação indicada para as cuscuzeiras do tipo convencional.

**Figura 10** - Modelo de cuscuzeira Ajubá (à esquerda) e seu modo de manuseio considerado como mais ergonômico (à direita)



Fonte: MACÊDO e LIMA (2006).

Segundo Huffington Post (2015 apud Tua Saúde 2015) o cozimento de ovos no vapor a baixa pressão apresenta vantagens do ponto de vista mecânico como o fato da casca do ovo não vir a estourar. O tempo de cozimento recomendado é de 11 minutos colocado sobre uma lâmina de 2cm de água. (*op Cit*). Pelos critérios adotados por CEASEPE (sem ano) um ovo de galinha para ser comercializado deve ter, no mínimo, 50g.

Com relação às carnes, a razão entre a massa do material cozido e a volume de água utilizada para cocção usada no ensaio de Rodrigues (2019) foi de 0,71. Esse valor é próximo da maioria dos dados obtidos e pesquisados por PEREIRA (2017), mostrados na tabela 5.

**Tabela 5** - Valores de IC das carnes segundo o tipo

Alimento	FCy PEREIRA (2017)	ORNELAS (2007 apud PEREIRA 2017 p. 37-39)	SILVA et al. (2012 apud PEREIRA 2017 p. 37-39)	BARROS; GARCIA; ALMEIDA (2010 apud PEREIRA 2017 37-39)
<b>Carne bovina</b>				
Cocção úmida (ebulição)	0,53 ± 0,01	0,7	-	-
Coxa de ave	0,64 ± 0,02	0,8	0,72	0,74
Peito de ave	0,62 ± 0,02	-	0,76	0,68
<b>Peixe em posta</b>				
Cocção úmida (ebulição)	0,84 ± 0,02	-	-	-
Filé de peixe	0,72 ± 0,01	0,8	0,69	-

Fonte: Ornelas (2007), Silva et. al (2012); Barros; Garcia; Almeida (2010); apud PEREIRA (2017), p. 37.

Apesar de as preparações mistas constarem no relatório publicado pelo IBGE acerca da POF 2017-2018, não existia no relatório uma definição precisa do que são exatamente essas preparações. Porém a publicação anterior do próprio IBGE, o relatório da POF realizada de 2008 a 2009, fornecia uma lista desses itens segundo os critérios do IBGE naquele ano. A lista inclui angu à baiana, caruru (quiabo, amendoim, castanha de caju, camarão seco, etc.), creme de queijo, cuscuz paulista, pirão, salada de maionese, salpicão, e suflê. Vê-se que essas preparações podem ter coincidido com itens já listados no relatório da POF de 2017-2018. Além desses itens a lista ainda inclui o que é denominado como prato brasileiro, e também um prato de comida específico de cada região do país. Essas comidas típicas da culinária regional, reúnem carnes, cereais leguminosas e hortifrutis específicos dessas regiões. Portanto considerou-se como aceitável atribuir como o valor de IC das preparações mistas, a média dos FCs específicos de cada tipo de alimento (carnes, cereais, leguminosas, e legumes juntamente com os tubérculos). O valor obtido para esse cálculo foi de 1,9.

Segundo recomenda Nestlé (2021), a volume de água a ser acrescentada ao conteúdo de 60g do pacote de sopa instantânea comercializado pela empresa é de 1,0 L. Contudo IBGE

(2019) computou como o consumo da sopa e dos caldos, a parte líquida presente nestes.

### 3.3.1.2 Tempos de cozimento recomendados

A cerca do tempo de cozimento recomendável para diversas preparações PEREIRA (2017) realizou ensaios acerca do tempo adequado de cozimento de uma série de alimentos e obteve os dados mostrados nos quadros de 1 a 4.

**Quadro 1** - Tempo de cocção dos cereais e leguminosas

Alimento/tipo de cocção	Tempo de cocção
Arroz polido/ cocção em ebulição	20 minutos
Arroz integral/ cocção em ebulição	40 minutos
Arroz parboilizado/ cocção em ebulição	30 minutos
Aveia/ cocção úmida	5 minutos
Macarrão penne/ cocção em ebulição	20 minutos
Macarrão penne/ cocção em ebulição integral/ cocção em ebulição	25 minutos
Cuscuz/ cocção à vapor	10 minutos
Ervilha/ cocção sob pressão	25 minutos
Fava/ cocção sob pressão	20 minutos
Feijão carioca/ cocção sob pressão	40 minutos
Feijão macassar/ cocção sob pressão	30 minutos
Feijão preto/ cocção sob pressão	35 minutos
Grão de bico cocção sob pressão	20 minutos
Lentilha/ cocção em ebulição	20 minutos
Soja/ cocção sob pressão	35 minutos

Fonte: Pereira (2017), p. 27.

**Quadro 2** - Tempo de cocção de tubérculos e hortifrutis

Alimento/tipo de cocção	Tempo de cocção
Abóbora cocção úmida (ebulição)	10 minutos

Abobrinha cocção úmida (ebulição)	10 minutos
	(Continuação)
Berinjela cocção úmida (ebulição)	10 minutos
Brócolis cocção úmida (ebulição)	15 minutos
Chuchu cocção úmida (ebulição)	15 minutos
Chuchu cocção à vapor	10 minutos
Couve manteiga no calor misto	4 minutos
Couve-flor cocção úmida (ebulição)	15 minutos
Maxixe cocção úmida (ebulição)	10 minutos
Quiabo cocção úmida (ebulição)	10 minutos
Repolho branco cocção úmida (ebulição)	8 minutos
Repolho branco calor misto	5 minutos

Fonte: Pereira (2017), p. 28.

**Quadro 3** - Tempo de cocção das raízes e tubérculos

Alimento/tipo de cocção	Tempo de cocção
Batata doce cocção úmida (ebulição)	20 minutos
Batata doce cocção à vapor	10 minutos
Beterraba cocção úmida (ebulição)	30 minutos
Beterraba cocção à vapor	20 minutos
Cenoura cocção úmida (ebulição)	20 minutos
Cenoura cocção à vapor	15 minutos
Batata inglesa cocção úmida (ebulição)	15 minutos
Batata inglesa cocção à vapor	10 minutos
Cará cocção úmida (ebulição)	10 minutos
Inhame cocção úmida (ebulição)	10 minutos
Macaxeira cocção sob pressão	10 minutos

Fonte: Pereira (2017), p. 28.

**Quadro 4** - Tempo de cocção de carnes, aves e pescados.

Alimento/tipo de cocção	Tempo de cocção
Carne bovina	40 minutos
Carne suína	40 minutos
Coxa de ave	40 minutos
Peito de ave	30 minutos
Peixe em posta	20 minutos
Filé de peixe	10 minutos

Fonte: Pereira (2017), p. 29.

### 3.3.2 Hábitos alimentares dos brasileiros

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realiza a cada dez anos, a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF). Esta pesquisa arrecada dados precisos do consumo em gramas de cada alimento, a frequência com que este é consumido dentro e fora do domicílio. A pesquisa classificou a população em quartis considerando a renda *per capita*. Porém valores o consumo em massa *per capita* de cada tipo de alimento, (grãos, cereais, leguminosas, carnes e hortifrutis), não apresentaria diferenças significativas se fossem escolhidos dados referentes aos quartis de maior renda. Estas diferenças se fariam sentir sim, na contribuição que certos alimentos apresentam dentro da pirâmide alimentar. Como exemplo, a única carne cujo consumo demonstra um consumo crescente em conjunto com a renda, desde o quartil mais pobre até o mais rico, foi a do tipo bovina. Já o consumo fora de casa para a maioria dos alimentos cresce para a maioria das preparações, com o aumento da renda.

Selecionou-se para pesquisa voltada ao uso da energia solar, os dados da POF realizada de 2017 a 2018 referentes ao quartil de menor renda dentro da população brasileira. A tabela 6 mostra esses dados considerando apenas os itens cujo preparo requeira algum tipo de aquecimento.

**Tabela 6** - Dados de consumo de alimentos submetidos a diversos tipos de cocção dentro do quartil com menor renda dentro da população brasileira

Alimentos e preparações	Frequência de consumo alimentar %	Consumo alimentar médio <i>per capita</i> (g/dia)	Frequência de consumo fora de casa %
Arroz	81,2	154	6,5
Arroz integral	0,8	1,2	20,4
Preparações à base de arroz	2,1	4	15,7
Milho e preparações à base de milho	17	24,3	5,3
Feijão	60,7	154,4	5,7
Feijão verde/corda	7,8	18,6	7,6
Preparações à base de feijão	13,8	34,7	6,9
Outras leguminosas	0,5	0,9	10,8
Abóbora	1,6	1,6	12,3
Cenoura	0,9	0,4	13
Chuchu	0,8	0,6	11,2
Outros legumes	3,9	3,6	10,3
Batata doce	1,7	5,2	10,1
Batata Inglesa	5	6,5	8,9
Mandioca	3,1	7	8
Outros tubérculos	9,7	1,4	1,4
Macarrão Instantâneo	1,6	5	2,6
Macarrão e preparações à base de macarrão	21,1	37,3	12,7
Carne bovina	33	44,1	9,2
Preparações à base de carne bovina	4,2	6,5	11,9
Carne suína	5,7	14,8	4,8
Aves	33,1	50,6	7,2

(Continuação)

Alimentos e preparações	Frequência de consumo alimentar %	Consumo alimentar médio <i>per capita</i> (g/dia)	Frequência de consumo fora de casa %
Preparações à base de aves	2,8	3,8	12,2
Peixes frescos	8,5	21,3	5,8
Peixes salgados	0,9	2	6,9
Outros pescados	0,5	0,6	5,4
Preparações à base de pescados	0,5	1,2	14,9
Carnes salgadas	2,8	4	3,3
Outros tipos de carne	0,9	1,8	11,2
Ovos	12,7	16,3	3,2
Linguiça	5,9	4,3	6,2
Salsicha	2,4	1,8	6,4
Mortadela	2,5	1	1,4
Presunto	0,7	0,2	12,2
Outros frios e embutidos	0,3	0,6	11,5
Vísceras	2,2	3,5	7,2
Bolos	8,7	8,4	14,2
Pizzas	1	1,8	39,1
Salgados fritos e assados	6,8	5,5	33,7
Sanduíches	8,3	13,7	15,5
Tortas salgadas	1,1	2,3	15,6
Sopas e caldos	7,5	35,9	13,2
Preparações mistas	1,8	2,5	16,1

Fonte: IBGE (2019), adaptado.

Para a avaliação do consumo de combustível necessário para preparo das refeições fez-se útil também, obter o valor médio de pessoas por domicílio. Segundo Agência Brasil (2020) esse valor é de 2,9 pessoas em média. Esse dado reflete uma série de características da

população brasileira atualmente: baixos índices de fecundidade, grande número de mães solteiras, e de idosos (vivendo com, ou sem companhia do conjugue), além de casais jovens que desejam adiar a paternidade com foco em uma carreira profissional.

## 4. METODOLOGIA

Visto que seu uso é prejudicial à saúde, não considerou-se os processos de cocção por calor a seco com uso de óleos vegetais ou gordura animal para os cálculos que envolvem o consumo de gás de cozinha.

### 4.1 Cálculo da economia de GLP proporcionada pelos coletores com concentração

Para cada preparação multiplicou-se o tempo de preparo anual (TPA) pelo produto do tempo de cozimento recomendado (TPR) pelo número de dias do ano corrigido por um fator de correção de frequência (FCF), correspondente à frequência de consumo diário, no domicílio, obtida pelo levantamento de IBGE (2019). Conforme a equação 8.0 o FCF é dado pelo produto da frequência de consumo alimentar (FCA) pelo valor da diferença de um, menos a frequência de consumo fora do domicílio (FCFD).

$$FCF = FCA \times (1 - FCFD) \quad (8.0)$$

O FCC de todos os alimentos considerados foi calculado plotando-se a equação 8.0 no programa Microsoft Excel 2010, o que gerou os dados disponíveis na tabela 7.

Para os cálculos que envolvem o volume do recipiente para preparação considerou-se útil estimar a Quantidade por Porção Consumida no Domicílio (QPCD), o que se mostrou necessário apenas para itens cujo cozimento é feito preferencialmente no vapor. Todavia, apenas a título de curiosidade, o cálculo de QPCD foi executado para todos os itens listados por IBGE (2019).

**Tabela 7** - Dados de consumo alimentar em casa e quantidade por porção

Alimentos e preparações	Frequência de consumo alimentar segundo IBGE (2019) %	Frequência de consumo fora de casa %	Frequência de consumo alimentar em casa %	Quantidade por porção consumida em casa
Arroz	81,2	6,5	75,9	202,8
Arroz integral	0,8	20,4	0,6	188,4
Preparações à base de arroz	2,1	15,7	1,8	226,0
Milho e preparações à base de milho	17	5,3	16,1	150,9
Feijão	60,7	5,7	57,2	269,7
Feijão verde/corda	7,8	7,6	7,2	258,1
Preparações à base de feijão	13,8	6,9	12,8	270,1
Outras leguminosas	0,5	10,8	0,4	201,8
Abóbora	1,6	12,3	1,4	114,0
Cenoura	0,9	13	0,8	51,1
Chuchu	0,8	11,2	0,7	84,5
Outros legumes	3,9	10,3	3,5	102,9
Batata doce	1,7	10,1	1,5	340,2
Batata Inglesa	5	8,9	4,6	142,7
Mandioca	3,1	8	2,9	245,4
Outros tubérculos	9,7	1,4	9,6	14,6
Macarrão Instantâneo	1,6	2,6	1,6	320,8
Preparações à base de macarrão	21,1	12,7	18,4	202,5

(Continuação)

Alimentos e preparações	Frequência de consumo alimentar segundo IBGE (2019) %	Frequência de consumo fora de casa %	Frequência de consumo alimentar em casa %	Quantidade por porção consumida em casa
Carne bovina	33	9,2	30,0	147,2
Preparações à base de carne bovina	4,2	11,9	3,7	175,7
Carne suína	5,7	4,8	5,4	272,7
Aves	33,1	7,2	30,7	164,7
Preparações à base de aves	2,8	12,2	2,5	154,6
Peixes frescos	8,5	5,8	8,0	266,0
Peixes salgados	0,9	6,9	0,8	238,7
Outros pescados	0,5	5,4	0,5	126,8
Preparações à base de pescados	0,5	14,9	0,4	282,0
Outros tipos de carne	0,9	11,2	0,8	225,2
Ovos	16,3	3,2	15,8	80,5
Linguiça	5,9	6,2	5,5	77,7
Salsicha	2,4	6,4	2,2	80,1
Mortadela	2,5	1,4	2,5	40,6
Presunto	0,7	12,2	0,6	32,5
Outros frios e embutidos	0,6	11,5	0,5	56,5
Vísceras	2,2	7,2	2,0	171,4
Sopas	7,5	13,2	6,5	551,5

(Continuação)

	Frequência de consumo alimentar segundo IBGE (2019) %	Frequência de consumo fora de casa %	Frequência de consumo alimentar em casa %	Quantidade por porção consumida em casa
Preparações mistas	1,8	16,1	1,5	165,5

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

O tempo de preparo recomendado (TPA) de cada alimento, pode ser calculado pela equação 9.0

$$\text{TPA} = 365 \times \text{TPR} \times \text{FCF} \quad (9.0)$$

Efetuuou-se a soma de todos os valores convertidos em horas do TPA de todos os alimentos cozidos em ebulição ou a vapor, e multiplicou-se pelo consumo. Aplicou-se a função soma no programa Microsoft Excel à coluna dos valores de TPA o que gerou como resultado, o tempo de utilização anual do fogão de boca (TUAFB). A operação foi repetida para todos os itens, obtendo-se os dados da tabela 8.

**Tabela 8** - Dados de tempo de preparo anual dos alimentos submetidos ao aquecimento

Alimento/ preparação	Frequência de consumo alimentar em casa ou Fator de correção de frequência -FCF (%)	Tempo de preparo recomendado - TPR - em minutos segundo PEREIRA (2017).	Tempo de preparo anual - TPA - convertido em horas
Arroz	75,9	30	138,6
Arroz integral	0,6	40	1,5
Preparações à base de arroz	1,8	30	3,2
Milho e preparações à base de milho	16,1	10	9,8
Feijão	57,2	35	121,9
Feijão verde/corda	7,2	35	15,3
Preparações à base de feijão	12,8	35	27,4
Outras leguminosas	0,4	24	0,7
Abóbora	1,4	10	0,9
Cenoura	0,8	15	0,7
Chuchu	0,7	10	0,4
Outros legumes	3,5	10	2,1
Batata doce	1,5	10	0,9
Batata Inglesa	4,6	10	2,8
Mandioca	2,9	10	1,7
Outros tubérculos	9,6	13,3	7,8
Macarrão Instantâneo	1,6	5	0,5
Preparações à base de macarrão	18,4	20	22,4

(Continuação)

Alimento/ preparação	Frequência de consumo alimentar em casa ou Fator de correção de frequência -FCF (%)	Tempo de preparo recomendado - TPR - em minutos segundo PEREIRA (2017).	Tempo de preparo anual - TPA - convertido em horas
Carne bovina	30,0	40	72,9
Preparações à base de carne bovina	3,7	40	9,0
Carne suína	5,4	40	13,2
Aves	30,7	35	65,4
Preparações à base de aves	2,5	35	5,2
Peixes frescos	8,0	15	7,3
Peixes salgados	0,8	15	0,8
Outros pescados	0,5	15	0,4
Preparações à base de pescados	0,4	15	0,4
Outros tipos de carne	0,8	27,1	1,3
Ovos	15,8	11	10,6
Linguiça	5,5	15	5,0
Salsicha	2,2	15	2,0
Mortadela	1,4	15	1,3
Presunto	0,7	15	0,6
Outros frios e embutidos	0,6	15	0,5
Vísceras	2,0	15,0	1,9
Sopas e caldos	6,5	27,1	10,7
Preparações mistas	2,5	27,1	4,1

---

**Tempo de utilização anual do fogão de boca - TUAFB (horas) 432,8**

---

Fonte: Elaborado pelo autor

Para os itens preparados por cocção seco também foi necessário obter os dados de consumo no domicílio segundo a mesma equação utilizada para os itens preparados por cocção em ebulição. Os resultados obtidos são mostrados na tabela 9.

**Tabela 9** - Dados sobre frequência de consumo no domicílio

Alimentos e preparações	Frequência de consumo alimentar % (IBGE, 2018)	Frequência de consumo fora de casa (%)	Frequência de consumo no domicílio (%)
Bolos	8,7	14,2	7,5
Pizzas	1,0	39,1	0,6
Salgados	6,8	33,7	4,5
Sanduíches	8,3	15,5	7,0
Tortas salgadas	1,1	15,6	0,9

Fonte: adaptado de IBGE (2019).

Fazendo-se o mesmo para os alimentos assados chega-se ao tempo de utilização anual do forno do fogão (TUAFF). Os valores obtidos por esses cálculos são mostrados na tabela 10.

**Tabela 10** - Dados de utilização anual forno do fogão

Alimentos e preparações	Frequência de consumo alimentar em casa %	Tempo de preparo	
		em horas recomendado segundo Araújo (2015), p.55	Tempo de preparo anual
Bolos	7,5	0,25	6,8
Pizzas	0,6	0,67	1,5
Salgados	4,5	0,5	8,2
Sanduíches	7,0	0,5	12,8
Tortas salgadas	0,9	0,25	0,8
<b>Tempo de utilização anual do forno do fogão (TUAFF)</b>			<b>30,2</b>

Fonte: elaborado pelo autor

A economia em dinheiro alcançada pela utilização dos dois modelos de coletor solar com concentração aplicada ao preço do botijão (PB) é determinada pelas equações 10 e 11.

$$\text{Economia (R\$)} = (\text{TUAFB} \times \text{CMFB}) \times 365 \times \text{FCC} \times \text{PB} \quad (10.0)$$

$$\text{Economia (R\$)} = (\text{TUAFF} \times \text{CMFF}) \times 365 \times \text{FCC} \times \text{PB} \quad (11.0)$$

O PB considerado foi o preço médio do botijão de gás de 13 kg no mês de julho de 2020.

#### **4.2 Cálculo da economia de gás de cozinha proporcionada pelos coletores sem contração**

Como a água pré-aquecida dentro do CS não tem contato com alimento, não é importante para o cálculo da economia alcançável a partir do CSSC, o tempo de preparo de cada alimento, mas sim, o volume de água utilizada para o preparo.

Comparando-se os valores de IC por SILVA *et al* (2012) vê-se que para o arroz o fator de cocção aproxima-se do valor referente à proporção entre massa de água e grão utilizado no ensaio com carga de Rodrigues (2019). É, portanto, aceitável do ponto de vista estatístico estabelecer uma relação diretamente proporcional entre o IC e o VAP de água para cozimento do arroz segundo a equação 12:

$$\text{VAP}_{\text{arroz e cereais}} = \text{CADD(g)} \times \text{FC} \quad (12.0)$$

Sendo o arroz um cereal assim como os grãos dos quais é derivado o macarrão, considerou-se aceitável estabelecer a mesma equação para a massa citada. Com relação ao cuscuz, seu preparo pode ser realizado unicamente no vapor, o que torna irrelevante para cálculos do uso de água o IC referente a esta.

Também para as carnes é aceitável do ponto de vista estatístico que o volume de água para cozimento seja igual ao peso em gramas da preparação multiplicado pelo seu respectivo FC.

No ensaio de Rodrigues (2019), a razão da massa de água utilizada para preparo e a massa de feijão, foi discrepante em relação aos fatores de cocção pesquisados por (Silva *et al.*, 2012) no valor de uma unidade, (1,0) para cima. Considerando-se a frequência com que é consumido o feijão pelos brasileiros - 60,9% dos dias do ano - segundo IBGE (2019) - tal fato deve justificar-se pelo fato de que tradicionalmente o grão é preparado para mais de um dia num processo em que o grão excedente para determinado dia, é escorrido e o caldo com os temperos utilizados é armazenado na geladeira na qual é guardado também o grão separadamente ao caldo. No dia seguinte por fim o caldo é reaquecido com o grão já quase

pronto para consumo. Portanto para o feijão é aceitável utilizar-se a seguinte fórmula de cálculo da água para cozimento:

$$\text{VAP}_{\text{arroz e cereais}} = \text{CADD}(\text{g}) \times \text{FC} + 1 \quad (13.0)$$

Contudo, para as demais leguminosas cuja frequência de consumo é menor, considerou-se a mesma fórmula deduzida para o arroz.

Foi necessário fazer uma série de considerações para adaptar os dados obtidos por Silva *et al* (2012) aos itens pesquisados por IBGE (2019).

- O IC considerado para o arroz é a média do valor obtido por Silva *et al* (2012) para o arroz polido (3,07) e arroz branco parabolizado (2,79). O mesmo valor foi considerado para as preparações à base de arroz.
- O IC considerado para o feijão é o valor médio dos valores obtidos para o feijão preto (2,00) e de corda (2,44). (*op Cit*). Para as outras leguminosas o valor de IC considerado é média dos valores obtidos para grão de bico (1,92) e lentilha (2,64). (*op Cit*).
- Para as aves considerou-se como o IC o valor médio dos valores para coxa (0,64) e peito (0,62) por Silva *et al* (2012).
- Para as carnes de peixe considerou-se a média dos FCs obtidos por Silva *et al* (2012) para peixe em posta (0,84) e filé (0,72). (*Op Cit*).
- Para as demais carnes, embutidos e vísceras, considerou-se a média dos demais valores obtidos para as carnes incluindo o IC do camarão que é de 0,82. (*op Cit*).
- Para cálculo do volume de água usada para preparo das sopas considerou-se em vez do fator de cocção um coeficiente específico dado pelo inverso do FC, Efetuando-se este cálculo teve-se  $(1000/(60+1000)) = 0,94$ .

Os dados obtidos foram aplicados aos alimentos levantado por IBGE (2019) e serviram de base para os dados da tabela 11. Aplicou-se a função soma à coluna de volume anual de água para preparo e obteve-se um valor total da água utilizada para cozimento por ebulição durante o ano.

**Tabela 11** - Dados sobre volume de água usado para preparo de alimentos cozidos em ebulição.

Alimento/ preparação	Consumo alimentar médio <i>per capita</i> dentro do domicílio segundo IBGE (2019) (g/dia)	Fator de cocção (FC) segundo Silva <i>et al</i> (2012)	Volume anual de água para preparo (litros)
Arroz	144,00	2,79	146,64
Arroz integral	1,00	2,52	0,92
Preparações à base de arroz	3,40	2,79	3,46
Milho e preparações à base de milho	23,00	1,49	12,51
Feijão	145,60	2,22	169,24
Feijão verde/corda	17,20	2,22	1,18
Preparações à base de feijão	32,30	2,22	4,00
Outras leguminosas	0,80	2,28	119,84
Macarrão Instantâneo	4,90	3,00	0,38
Macarrão e preparações à base de macarrão	32,60	2,48	0,45
Carne bovina	40,04	0,53	0,62
Preparações à base de carne bovina	5,70	0,53	0,91
Carne suína	14,10	0,64	1,38
Aves	47,00	0,63	1,47
Preparações à base de aves	3,40	0,63	0,30
Peixes frescos	20,10	0,78	1,40
Peixes salgados	1,90	0,78	9,28
Outros pescados	5,70	0,78	11,40
Preparações à base de pescados	1,00	0,78	1,62

(Continuação)

Alimento/ preparação	Consumo alimentar médio <i>per capita</i> dentro do domicílio segundo IBGE (2019) (g/dia)	Fator de cocção (FC) segundo Silva <i>et al</i> (2012)	Volume anual de água para preparo (litros)
Outros tipos de carne	1,60	0,69	3,55
Linguiça	4,00	0,69	11,84
Salsicha	1,70	0,69	0,86
Vísceras	3,20	0,69	5,06
Preparações mistas	2,10	1,9	1,32
Sopas	31,16	0,94	1,96
<b>Volume de água usada para preparo de alimentos cozidos por ebulição por pessoa (L)</b>			<b>509,62</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Para os hortifrutis, cujo método de preparo indicado é o processo de cocção no vapor, torna-se importante não o fator de cocção, mas a sim, volume de água indicada para bom funcionamento do utensílio de cozimento.

A porção média por pessoa de legumes e tubérculos que pode ser obtida pelos dados mostrado na tabela 7 foi de 136,9g. Esse valor multiplicado pelo número médio de pessoas por domicílio que é de 2,9 chega a 397,1g valor que é inferior em aproximadamente 100g ao utilizado por Macêdo e Lima (2006) para preparação do cuscuz, na sua cuscuzeira modelo *Ajubá*. Vê-se, portanto, que a cuscuzeira *Ajubá* tem dimensões adequadas ao uso cotidiano para preparo de tubérculos. Pode-se tomar o valor de 400 ml como o volume de água utilizado para preparo de legumes e raízes cozidos no vapor cotidianamente. A soma sem intersecção das frequências de consumo no domicílio de todos os hortifrutis apresentados na tabela 7 é de 25%. O volume de água para cozimento por ebulição no período de um ano será equivalente ao produto da frequência de consumo dentro do domicílio pelo volume de água para cozimento a vapor, segundo a fórmula:

$$\text{Volume anual de água para preparo de legumes e tubérculos no vapor (L)} = \text{FCD} \times \text{VAPP}_{\text{legumes e tubérculos}} \times 365 \quad (1 \text{ 3.0})$$

A equação 13.0 dá como resultado 36,5 litros de água usados anualmente para cozimento no vapor de legumes e tubérculos.

Quanto aos ovos, considerando-se apenas os de galináceos, o consumo por porção é de 80,5g por habitante. Multiplicando-se pela taxa de habitantes por domicílio 2,9 chega-se ao valor de 233,45g. Dividindo-se esse valor pelo peso mínimo do ovo comercializado (50g), chega-se à quantidade de quatro ou cinco ovos cozidos por refeição. Esta quantidade pode ser comportada numa posição próxima da horizontal dentro de uma vasilha furada côncava de 20 cm de diâmetro. Sendo recomendado uma lâmina de 2cm de água para cozimento, o volume utilizado para preparo de uma porção para o núcleo familiar é de  $2\text{cm} \times (10\text{cm})^2 \times \pi = 0,314\text{L}$  que é o VAPP para esse item. Multiplicando-se esse valor pela frequência de consumo no domicílio (3,2%) aplicada ao número de dias do ano chega-se a um consumo de água para cozimento no vapor que é dado pela equação 14:

$$\begin{aligned} & \text{Volume de água usada para preparo de ovos no vapor (L)} \\ = & \hspace{20em} (14.0) \\ & \text{FCD} \times \text{VAPP}_{\text{ovos}} \times 365 \end{aligned}$$

O que dá com resultado o valor de 3,67 litros utilizados no período de um ano.

A soma dos volumes de água obtidos leva a um total de 549,37 litros de água para cozimento no período de um ano.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Retorno financeiro dos protótipos de FS**

#### **5.1.1 Economia obtida pelo uso dos protótipos de FS de superfície parabólica.**

Multiplicando-se o tempo de utilização anual do fogão de bocas (432,8 horas) que é substituído pelo uso dos modelos pesquisados de FS parabólico, pelo respectivo consumo médio do fogão de boca, que é de 0,225kg/h, chega-se ao valor de 97,38kg. Esse peso é equivalente a 7,49 botijões de gás. O valor monetário desse volume de gás é de R\$541,75 considerando os preços do botijão de gás em julho de 2020. Esse valor é considerável expressivo, contudo quando submetido ao FCC ele vem a cair para R\$293,47 para as regiões do interior do nordeste (estados de CE, PE, e RN), e cai para R\$203,16 para as capitais. Comparado com os custos de investimento os protótipos chegam a ser viáveis economicamente, contudo quando o valor de economia anual é convertido para valores mensais chega-se valores inexpressivos para interior e capitais dos estados: - R\$24,46 e R\$16,93, respectivamente.

#### **5.1.2 Economia obtida pelo uso dos protótipos de FS tipo caixa**

Multiplicando o tempo de utilização anual do forno do fogão (30,2 horas) pelo consumo médio do forno do fogão que é de 0,300kg/h obtém-se um valor muito baixo de massa consumida, apenas 9,06kg de GLP consumido, o que não ultrapassa o peso de um botijão de gás. Se convertido para valores monetários a economia alcançada é de apenas R\$50,41. Aplicando-se o FCC das regiões do interior e das capitais dos estados considerados obtém-se respectivamente R\$27,31 e R\$18,90. Esses valores de retorno são sem dúvida, desanimadores quando comparados ao custo de investimento do protótipo de FS de Júnior (2015). Além disso, segundo os dados coletados por IBGE (2019), é possível inferir que a frequência de consumo de itens cujo preparo seja exclusivamente a cocção a seco é em muito desprezível em comparação aos itens que podem ser preparados no coletor parabólico. Dentre esses itens foram citados na pesquisa de IBGE (2019) pizzas, salgados tortas e bolos. Pizzas e salgados mesmo quando consumidos em casa, comumente são entregues a domicílio em vez de preparados pelo próprio consumidor. As tortas possuem um consumo insignificativo - 1,2% de frequência de consumo alimentar (FCA), e 2,3g de consumo alimentar médio

(CAM). (*op Cit*). Os bolos, apesar de terem valores de FCA e CAM maiores de que as tortas, são adquiríveis de maneira mais prática no mercado, fato que diminui significativamente a quantidade do que é preparado em casa pelo próprio consumidor.

## 5.2 Retorno financeiro dos CSSC

Considerando 4,184kJ/kg como o calor específico da água e que 1L de água pesa exatamente 1000g, vê-se que para cada 1°C de aquecimento obtido por cada CS são economizados **549,37kg x 4,184kJ/kg = 2298,56kJ** de energia no período de um ano. Contudo esse calor corresponde ao que foi absorvido pela água com uma eficiência de 14,6% como demonstrado no final da seção 3.2.3 Logo o valor real economizado considerando-se a eficiência média do fogão de boca é de **2.298,56kJ/0,146 = 15.743,56kJ**. Dividindo-se esse valor pelo poder calorífico do GLP, tem-se: **15.743,56kJ/45.187,2kJ/kg = 0,348kg**. Isto é, para cada 1°C de aquecimento obtido no CS economiza-se no período de um ano 0,348 kg de GLP. Tomando-se o preço do GLP em julho de 2020 que estava em R\$72,33 para um botijão de 13 kg, o valor monetário economizado para cada 1°C de aumento de temperatura obtido no CS é de: **0,348kg x R\$72,33/13kg = R\$1,94** para cada habitante.

Considerando-se o FCC - fator de correção climático- de 54,17% para as regiões do interior dos estados de CE, RN e PE, e 37,5% para as capitais dos mesmos chega-se a valores ainda menores de economia para cada °C de aquecimento obtido. Esses valores são: **0,5417 x R\$2,22 = R\$1,05**, para o interior dos estados considerados e, **0,375 x R\$2,22 = R\$0,73/** para as capitais dos mesmos. O valor monetário economizado pelo uso de cada protótipo de CS vai ser dado pelo produto do aquecimento obtido no horário útil ao preparo das refeições (11 horas da manhã), pelos valores de economia anuais obtidos especificamente para as regiões do interior e das capitais. A tabela 12 mostra os valores de retorno financeiro obtido pelo uso dos protótipos de CS apresentados para cada habitante no domicílio.

**Tabela 12** - Valores de economia anual obtida por habitante, pelo uso dos protótipos de CS pesquisados

Protótipo de CS pesquisado	Aquecimento obtido (°C)	Economia obtida no interior dos estados (R\$)	Economia obtida nas capitais (R\$)
CSSC aberto de Gonçalves (2010)	7,24	7,60	5,29
CSSC fechado de Gonçalves (2010)	8,48	8,90	6,19
CSSC fechado de Rios (2016) com reservatório exposto ao sol	22,2	23,31	16,21
CSSC fechado de Rodrigues (2019) com reservatório exposto ao sol	27,6	28,98	20,15
CSSC aberto de PVC de Gomes (2010) com reservatório térmico	19,6	20,58	14,31
CSSC fechado de PVC de Gomes 2010 com reservatório térmico	21	22,05	15,33
CSSC aberto de PEAD de Gomes 2010 sem reservatório térmico	17,4	18,27	12,70

Fonte: elaborado pelo autor

Considerando – se a taxa média de pessoas por domicílio que é de 2,9 os valores de retorno para um núcleo familiar são mostrados na tabela 13. É fato que quanto maior o número de pessoas no domicílio, maior vai ser o retorno do CS. Todavia esse valor dificilmente vem a ultrapassar a quantidade de 5 habitantes.

**Tabela 13** - Valores de economia para um núcleo familiar considerando a taxa média de ocupação por domicílio em 2020

Protótipo de CS pesquisado	Aquecimento obtido (°C)	Economia obtida no interior dos estados (R\$)	Economia obtida nas capitais (R\$)
CSSC aberto de Gonçalves (2010)	7,24	22,05	15,33
CSSC fechado de Gonçalves (2010)	8,48	25,82	17,95
CSSC fechado de Rios (2016) com reservatório exposto ao sol	22,2	67,60	47,00
CSSC fechado de Rodrigues (2019) com reservatório exposto ao sol	27,6	84,04	58,43
CSSC aberto de PVC de Gomes (2010) com reservatório térmico exposto ao sol	19,6	59,68	41,49
CSSC fechado de PVC de Gomes (2010) com reservatório térmico exposto ao sol	21	63,95	44,46
CSSC aberto de PEAD de Gomes (2010) com reservatório térmico	17,4	52,98	36,84

Fonte: Elaborado pelo autor

## 6. CONCLUSÕES

O FS tipo caixa de Júnior (2015), mostrou-se como o de menor retorno financeiro uma vez que sua utilização é feita apenas para preparo de alimentos submetidos ao processo de cocção a seco. Isso ocorre devido ao baixo consumo em casa dos alimentos que foram testados pelo autor. Sua viabilidade econômica seria possível apenas se fossem realizados ensaios com sucesso de preparo de alimentos submetidos à cocção por ebulição

Os protótipos de FS do tipo parabólico mostraram-se como de melhor retorno financeiro no período de um ano, contudo quando esse valor é convertido para valores mensais torna-se irrisório, porém com viabilidade econômica mesmo para domicílios com poucos habitantes. Para pessoas que manifestem interesse sério em sua utilização, seu uso torna-se mais uma questão de consciência ambiental de que um aparato útil para melhoria da economia doméstica.

Vê-se que o valor monetário que pode ser economizado pelo uso dos protótipos de CS dentre os pesquisados mostra-se muito pequeno se comparados com os custos de implantação, exceto, para os lares com maior número de habitantes. O CS fechado descrito no relatório de Rodrigues (2019) mostrou-se como o de melhor relação custo-benefício. Vê-se que os protótipos de CS que apresentaram melhor desempenho são do tipo fechado com reservatório térmico exposto ao sol.

Para as regiões do Brasil com clima quente sem seca, ou seca de um a quatro meses; subquente; e mesotérmico (ver anexo B), o retorno financeiro dos protótipos pesquisados de FS torna-se muito pequeno em comparação com as regiões para as quais foi aplicado o estudo. Isso vem a descartar a hipótese de viabilidade econômica para essas regiões.

## **7. SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.**

A utilização de protótipos de forno solar e coletor solar sem concentração apresenta potencial econômico ainda não levantado estatisticamente para utilização em estabelecimentos com grande número de pessoas como escola, fábricas presídios clubes esportivos etc.

Outra potencialidade digna de um estudo estatístico é do uso dos modelos de FS e CS por parte de trabalhadores informais cujo trabalho é o preparo e comercialização de alimentos ao ar livre. Uma vez que estes precisam preparar várias porções de alimento ao longo do dia, o retorno financeiro de sua utilização certamente é superior ao apresentado para uso doméstico.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA, Brasil. **Maioria dos brasileiros mora em casa e é dona do imóvel, mostra IBGE.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-05/maioria-dos-brasileiros-mora-em-casa-e-e-dona-do-imovel-mostra-ibge>>> Acesso em 5 de agosto de 2021.

ARAÚJO, Clóvis de Costa. **Fabricação e Estudo de um Forno Solar Tipo Caixa.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pró - Reitoria de Pesquisa e Pós - Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. Disponível em: <<<https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/9191/1/TCC%20Fagner.pdf>>>. Acesso em 20 de julho de 2021.

ASH, Cristiano. **Calculadora de Consumo de Gás.** Brasil, 2017. Disponível em <<<https://cristianoash.wordpress.com/2017/06/04/calculadora-de-consumo-de-gas/>>> Acesso em 15 de julho de 2021.

ARRUDA, Marina Patrício de; OLIVEIRA Eliane Nunes de. **Métodos Alternativos de Aquecimento de Água: O Desafio do Desenvolvimento Sustentável na Região de Santa Catarina.** 2016. 14 f. Artigo baseado na monografia de Pós - graduação e Especialização em Desenvolvimento regional Sustentável. Pró - reitoria de Pesquisa e Pós Graduação, Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2016.

BIZZO, Waldir A. **Geração, Distribuição e Utilização de Vapor.** 2003. 163 f. (Apostila de curso) - Faculdade de Engenharia Mecânica Universidade de Campinas, Campinas, 2003. Disponível <<<http://www.fem.unicamp.br/~em672/GERVAP0.pdf>>>. Acesso em 30 de julho de 2021.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Série Histórica de preços de Combustíveis.** Brasília, DF: Esplanada dos Ministérios. 2020. Disponível em: <<<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/serie-historica-de-precos-de-combustiveis>>>. Acesso em 3 de julho de 2021.

CARVALHO, Lucas Silva de. **Parábola: Análise, Abordagens e Propostas no Ensino**

**Básico.** 2015. 51 f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Pró Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação em Matemática, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2015. Disponível em << [https://sca.profmatsbm.org.br/sca\\_v2/get\\_tcc3.php?cpf=01761906356&d=20200114055028&h=93acbf3ae918abcc89416a76980252bcba0233e3](https://sca.profmatsbm.org.br/sca_v2/get_tcc3.php?cpf=01761906356&d=20200114055028&h=93acbf3ae918abcc89416a76980252bcba0233e3) >>. Acesso em 1 de julho de 2021.

COLETOR SOLAR In.:DIGITAL Aulete, Dicionário Online de Português. Rio de Janeiro: Lexicon, 2021. Disponível em << <https://aulete.com.br/coletor>>> Acesso em 3 de julho de 2021

CEASEPE. **Ovo Branco de Galinha Médio** Especificação técnica do produto. Pernambuco, sem ano. Disponível em << [http://www.ceasape.org.br/assets/repositorio/especificacao/14952128968623-ovo\\_branco.pdf](http://www.ceasape.org.br/assets/repositorio/especificacao/14952128968623-ovo_branco.pdf) >> Acesso em 5 de agosto de 2021.

FERNANDES, Roberto Silva. **Estudo de um Fogão Solar à Concentração para duas Configurações: Mono e Bifocal.** 2019. 34 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em << [https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/9722/1/EstudoDeUmFogaoSolar\\_Fernandes\\_2019%29.pdf](https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/9722/1/EstudoDeUmFogaoSolar_Fernandes_2019%29.pdf) >>. Acesso em 20 de julho de 2020.

FERREIRA, T. A. P. C; FILHO, M. J; FREIRE, P. C. M; Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. **Rev. Nutr. 26 (3) 2013.** Disponível em << <https://www.scielo.br/j/rn/a/LzJ7Wc4c5zNhcpJFsmSKYLz/> >>. Aceso em 3 de julho de 2021.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Para Entender Melhor a Previsão Meteorológica Para a Estação Chuvosa no Ceará.** Fortaleza, 2002. Disponível em: << [http://www.funceme.br/produtos/manual/clima/Clima/boletins\\_clima\\_alerta/EntenderPrevisaoQuadraChuvosa.pdf](http://www.funceme.br/produtos/manual/clima/Clima/boletins_clima_alerta/EntenderPrevisaoQuadraChuvosa.pdf) >>. Acesso em 8 de agosto de 2021.

GALINDO, *et al.* **Efeitos da pandemia na alimentação e na situação da segurança alimentar no Brasil.** 2021. 56 f. Artigo publicado no repositório acadêmico da Universidade Livre de Berlim, Berlim, 2021. Disponível em <<[https://refubium.fu-](https://refubium.fu-berlin.de/handle/document/11111)

berlin.de/handle/fub188/29813 >> Acesso em 15 de junho de 2021.

GOMES, Márcio Rodrigues. **Projeto, Construção e Análise de Eficiência Térmica de um Sistema de Aquecimento Solar de Água de Baixo Custo**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pró - Reitoria de Pesquisa e Pós - Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em <<[https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15616/2/ProjetoConstru%C3%A7ao\\_Analise\\_Gomes\\_2010.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15616/2/ProjetoConstru%C3%A7ao_Analise_Gomes_2010.pdf)>>. Acesso em 15 de junho de 2021.

GONÇALVES, Joel Nogueira. **Análise da eficiência de aquecedor solar espiral com e sem efeito estufa para piscinas**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pró - Reitoria de Pesquisa e Pós - Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em <<<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15613>>>. Acesso em 15 de junho de 2021.

GEWANDSZNAJDER, Fernando. Coleção Ciências 5º a 8º série, ed. Ática. 2 ed.2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro, 2002. 1 mapa, color. Escala formato PDF. 1:5 000 000. Disponível em: <<<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>>>. Acesso em 8 de Agosto de 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009 – POF**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9050-pesquisa-de-orcamentos-familiares.html>>>. Acesso em 17 de julho de 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018 – POF**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em <<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html#:~:text=As%20Pesquisas%20de%20Or%C3%A7amentos%20Familiares%20-%20POFs%20realizadas,dados%20e%20estudos%20sobre%20o%20seu%20perfil%20nutricional.>>>. Acesso em 15 de junho de 2021.

JAQUELINE, **Crônica: das Vantagens de ser Bobo - Clarice Lispector - Com Gabarito**. Armazém de Texto, 2020. Disponível em: <<<https://armazemdetexto.blogspot.com/2020/08/cronica-das-vantagens-de-ser-bobo.html>>>.

Acesso em 1 de agosto de 2021

JÚNIOR, Aldo Paulino de Medeiros. **Fabricação e Estudo de um Fogão Solar Multifocal para Cocção de Alimentos**. 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pró - Reitoria de Pesquisa e Pós - Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em << <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/21869> >>. Acesso de 20 de julho de 2021.

LIFE, Huffpost. **You've Been Making Your Hard-Boiled Eggs All Wrong**. Reino Unido, 2017. Disponível em <<[https://www.huffpost.com/entry/hard-boiled-eggs-how-to-make-them\\_n\\_7089522](https://www.huffpost.com/entry/hard-boiled-eggs-how-to-make-them_n_7089522) >>. Acesso em 15 de julho de 2021.

MACÊDO, I.T. B; LIMA, J. A. A. **Projeto de uma cuscuzeira baseado nos princípios da Ergonomia de Correção** In Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interface Humano-Tecnologia 6. 2006, Bauru, 2006. Anais Bauru, Universidade do Estado de São Paulo, 2006. Disponível em << <https://joaoademar.com.br/6ergodesign.pdf> >>. Acesso em 5 de agosto de 2021.

NESTLÉ. **Maggi Sopa Sabor Galinha com Fidelini**. Brasil, 2021. Disponível em: <<<https://www.nestle.com.br/marcas/sopas>>>. Acesso em 21 de julho de 2021.

NESTLÉ. **Maggi Lámen Sabor Galinha Caipira**. Brasil, 2021. Disponível em <<<https://www.nestle.com.br/marcas/lamen/maggi-lamen-sabor-galinha-caipira>>> Acesso em 17 de julho de 2021.

PEREIRA, Tatiane Lima. **Desenvolvimento de um Catálogo de Fator de Cocção de todos os Grupos Alimentares**. 2017. 56 f. Monografia (Curso de Graduação em Nutrição) – Centro de Educação e Saúde / Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017. Disponível em << [https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UFCG\\_9308372aff8bb67a4b9eced4c70e47da](https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UFCG_9308372aff8bb67a4b9eced4c70e47da)>>.

Acesso em 30 de junho de 2021.

PIGOLI, *et al.* **Estabilidade de Minerais em Hortaliças Submetidas a Diferentes Métodos de Cozimento**. Nativa, Botucatu v. 03 p. 102-108 abril/jun 2015. Disponível em << <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/2032/pdf> >>. Acesso em 1 de julho de 2021.

RIOS, Pedro Yuri Lopes Ferro Pacheco. **Construção de um Aquecedor Solar utilizando Material Reciclado para Aquecimento de Água de Uso Doméstico no Estado do Ceará.** 2016. 45 f. Monografia (graduação em Engenharia de Energias) - Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Energias Renováveis, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em << <http://www.repositorio.ufc.br/ri/handle/riufc/34652>>>. Acesso em 15 de junho de 2021.

RODRIGUES, Francisco Israel da Silva. **Uso de Aquecedor Solar de Baixo Custo no Preaquecimento de Água para Cocção de Alimentos.** 2019. 10 f. Artigo científico apresentado como trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil. do Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2019. << <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/167/USO%20DE%20AQUECEDOR%20SOLAR%20DE%20BAIXO%20CUSTO%20NO%20PREAQUECIMENTO%20DE%20%C3%81GUA%20PARA%20COC%C3%87%C3%83O%20DE%20ALIMENTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>>. Acesso em 15 de junho de 2021.

SANTOS, Marcos Vinicius Sousa dos. **Fabricação e Estudo de um Coletor Solar Não Convencional: Uma Alternativa para Aquecimento da Água Utilizada no Tratamento Hidrossanitário Térmico da Manga (Tht).** 2019. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pró - Reitoria de Pesquisa e Pós - Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em <<<https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/10/coletor-solar-termico-aquecimento-agua.pdf>>>. Acesso em 15 de junho de 2021.

SILVA *et al.* **Análise do Fator de Cocção de Alimentos.** VII CONNEPI Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas 2012.

SODRÉ, João Victor Mayrinc Pimenta. **Indústria Brasileira de Petróleo: Desinvestimentos e Política de Preços da Petrobrás para Derivados de Petróleo.** 2021. 61 f. Monografia (Graduação em Engenharia de petróleo). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021. Disponível em: << <https://200.239.128.125/handle/35400000/3114>>> Acesso em 15 de junho de 2021.

SCHWAIDA, *et al.* Análise da Eficiência da Utilização de Superfície Refletora no Desempenho dos Queimadores do Fogão. **Rev. Ciências do Ambiente On-Line** Campinas, Volume 3, Número 2, p. 1-5, Agosto de 2007. Disponível em <<

<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/download/97/71> >>.

Acesso em 8 de Agosto de 2021.

**ANEXO A: HISTÓRICO DOS PREÇOS DO BOTIJÃO DE GÁS DE 13 KG EM  
TERRITÓRIO BRASILEIRO**

<b>Semestre</b>	<b>Valor de Venda (R\$)</b>
jan/11	38,70
jul/11	39,19
jan/12	39,60
jul/12	40,09
jan/13	40,68
jul/13	42,24
jan/14	43,04
jul/14	44,18
jan/15	45,13
jul/15	46,58
jan/16	54,83
jul/16	55,63
jan/17	57,37
jul/17	61,99
jan/18	68,26
jul/18	69,57
jan/19	70,06
jul/19	69,81
jan/20	70,70
jul/20	72,33

Fonte: BRASIL (2020).

## ANEXO B: BRASIL CLIMA

Clima

IBGE



- Legenda**
- Quente (média > 18° C em todos os meses do ano)**
- Superúmido sem seca/subseca
  - Úmido com 1 a 3 meses secos
  - Semi-úmido com 4 a 5 meses secos
  - Semi-árido com 6 a 8 meses secos
  - Semi-árido com 9 a 11 meses secos
- Subquente (média entre 15° C e 18° C em pelo menos 1 mês)**
- Superúmido sem seca/subseca
  - Úmido com 1 a 3 meses secos
  - Semi-úmido com 4 a 5 meses secos
- Mesotérmico Brando (média entre 10° C e 15° C)**
- Superúmido sem seca/subseca
  - Úmido com 1 a 3 meses secos
  - Semi-úmido com 4 a 5 meses secos
- Mesotérmico Mediano (média < 10° C)**
- Úmido com 1 a 3 meses secos

Climas zonais



0800 721 8181

Fonte: IBGE (2002).