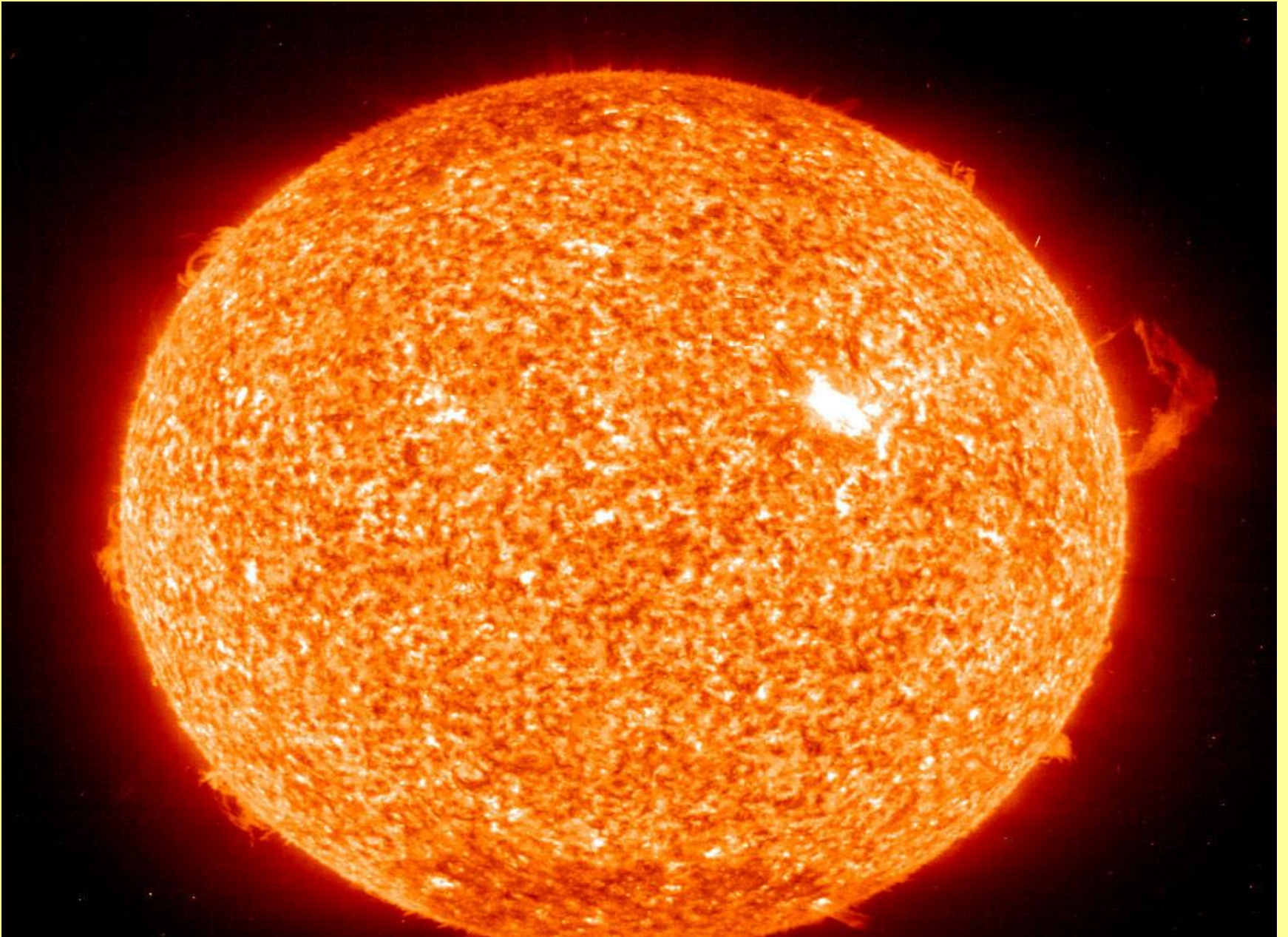


Aplicações Práticas da Energia Solar para o Desenvolvimento Sustentável

Prof. Dr. Luiz Guilherme Meira de Souza

Laboratório de Máquinas Hidráulicas e Energia Solar - UFRN

Energia Solar



ENERGIA SOLAR

ENERGIA PRIMÁRIA

ENERGIA SOCIÁVEL

VANTAGENS DA ENERGIA SOLAR

DESVANTAGENS

ENERGIA QUE PODE COMBATER
DESIGUALDADES E EMISSÃO DE POLUENTES

LINHAS DE PESQUISAS NO LMHES/UFRN

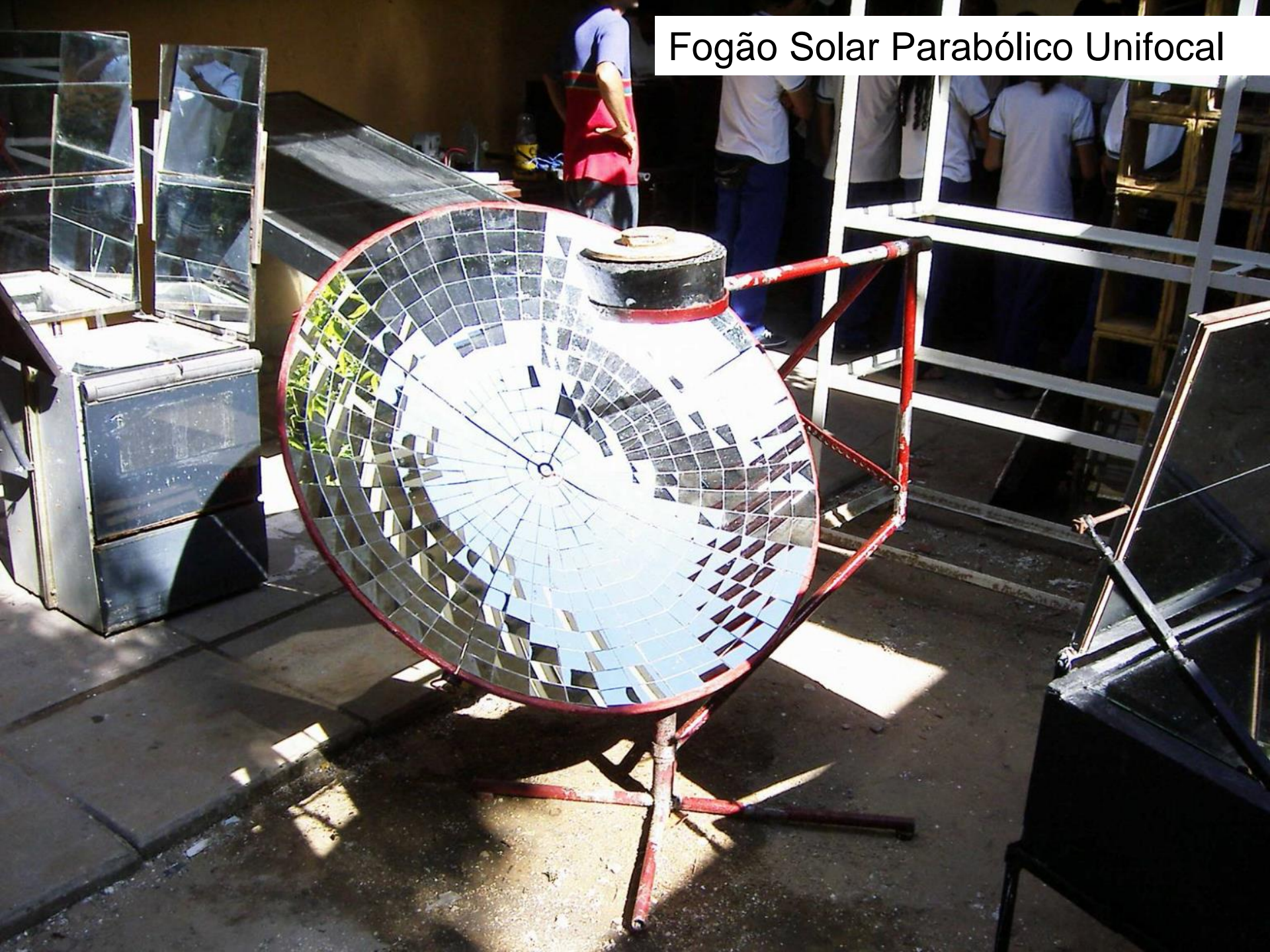
- FORNOS E FOGÕES
- SECADORES DE ALIMENTOS
- AQUECEDORES DE ÁGUA
- DESTILADORES DE ÁGUA

FOGÕES SOLARES



Primeiro fogão solar fabricado na UFRN 1986

Fogão Solar Parabólico Unifocal



Resultados Obtidos

Tabela – Dados médios gerais de todos os dias de ensaio.

| Dia de ensaio | T _{foco} (°C) | I _c (W/m ²) |
|---------------|------------------------|------------------------------------|
| Dia 1 | 600,50 | 740 |
| Dia 2 | 564,29 | 720 |
| Dia 3 | 600,71 | 740 |
| Dia 4 | 628,57 | 760 |
| Dia 5 | 592,14 | 730 |
| Dia 6 | 650,71 | 770 |
| Média | 606,15 | 740 |

Tabela – Dados médios obtidos hora a hora.

| Dias de ensaio | Intervalo de tempo das medições (hora) | | | | | | | Media dos dados |
|----------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | 8 às 9h | 9 às 10h | 10 às 11h | 11 às 12h | 12 às 13h | 13 às 14h | 14às 15h | |
| Dia 1 | 380 | 612,5 | 711 | 720 | 720 | 650 | 410 | 600,5 |
| Dia 2 | 400 | 550 | 650 | 700 | 700 | 550 | 400 | 564,2 |
| Dia 3 | 400 | 565 | 680 | 700 | 700 | 610 | 550 | 600,7 |
| Dia 4 | 450 | 620 | 680 | 750 | 700 | 650 | 550 | 628,5 |
| DIA 5 | 440 | 600 | 650 | 690 | 680 | 585 | 500 | 592,1 |
| DIA 6 | 480 | 680 | 680 | 750 | 800 | 615 | 550 | 650,7 |
| MÉDIA | 425 | 604,5 | 675,1 | 718,3 | 716,6 | 593,3 | 493,3 | 606,1 |

Tabela – Tempo de ebulição de 1,0 litro de água.

| Tempo (min) | Temperatura (°C) |
|-------------|------------------|
| 0 | 28 |
| 5 | 60 |
| 10 | 85 |
| 15 | 100 |

Resultados Obtidos

Tabela – Comparação de eficiência de tempo de cozimento.

| Alimentos | | Tempo de cozimento (min) | | | |
|-------------|-----------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Tipo | Quantidade (kg) | Fogão a gás | Fogão solar (Mylar) | Fogão solar (Alumínio polido) | Fogão solar em estudo |
| Feijão | 0,50 | 90 | 95 | 100 | 120 |
| Batatinha | 0,50 | 27 | 30 | 35 | 30 |
| Batata doce | 0,45 | 26 | 30 | 35 | 30 |
| Arroz | 0,25 | 31 | 35 | 38 | 25 |
| Inhame | 1,00 | 30 | 34 | 37 | 32 |
| Macarrão | 0,50 | 25 | | | 25 |
| Macaxeira | 0,50 | 30 | | | 30 |



21/01/2007

Fogão Solar Parabólico Bifocal

Resultados Obtidos

Tabela- Dados médios gerais de todos os dias de ensaio.

| DIA | Tfoco 1 (°C) | Tfoco 2 (°C) | IG (W/m ²) | ID (W/m ²) | TMAX. (F1) | TMAX. (F2) |
|-------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|------------|------------|
| DIA 1 | 400 | 351 | 660 | 528 | 550 | 518 |
| DIA 2 | 381 | 354 | 660 | 528 | 492 | 463 |
| DIA 3 | 391 | 361 | 671 | 536,8 | 494 | 480 |
| DIA 4 | 425,6 | 362,7 | 711,4 | 569,1 | 515 | 450 |
| DIA 5 | 406,1 | 353,6 | 697,1 | 557,7 | 500 | 440 |
| DIA 6 | 369,3 | 332,9 | 661,4 | 529,1 | 500 | 441 |
| MÉDIA | 395,5 | 352,5 | 676,8 | 541,5 | 508,5 | 465,3 |

Tabela- Tempo de ebulição da água em função das irradiações médias.

| DIA | TEBULIÇÃO (minutos) | IDIRETA MÉDIA (W/m ²) |
|-------|---------------------|-----------------------------------|
| Dia 1 | 25 | 614 |
| Dia 2 | 30 | 604 |
| Dia 3 | 30 | 598 |
| Dia 4 | 30 | 571 |

Resultados Obtidos

Tabela – Tempo de cozimento de alimentos em função do tipo de fogão solar.

| Alimentos | | Tempo de cozimento (min) | | | |
|--------------------|-----------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Tipo | Quantidade (kg) | Fogão a gás | Fogão solar de Arnaldo Moura | Fogão solar de Souza e Queirós | Fogão solar em estudo |
| Feijão | 0,50 | 90 | 95 | 120 | 150 |
| Batatinha | 0,50 | 27 | 30 | 30 | 39 |
| Batata doce | 0,45 | 26 | 30 | 30 | 38 |
| Arroz | 0,25 | 30 | 35 | 30 | 40 |
| Inhame | 1,00 | 30 | 34 | 32 | 41 |
| Macarrão | 0,50 | 28 | 35 | 30 | 37 |
| Macaxeira | 0,50 | 30 | 40 | 30 | 38 |

APLICAÇÃO DO FOGÃO SOLAR



FOGÃO ELÍPTICO



T_{máxima} - 420° C

T_{média} - 270° C

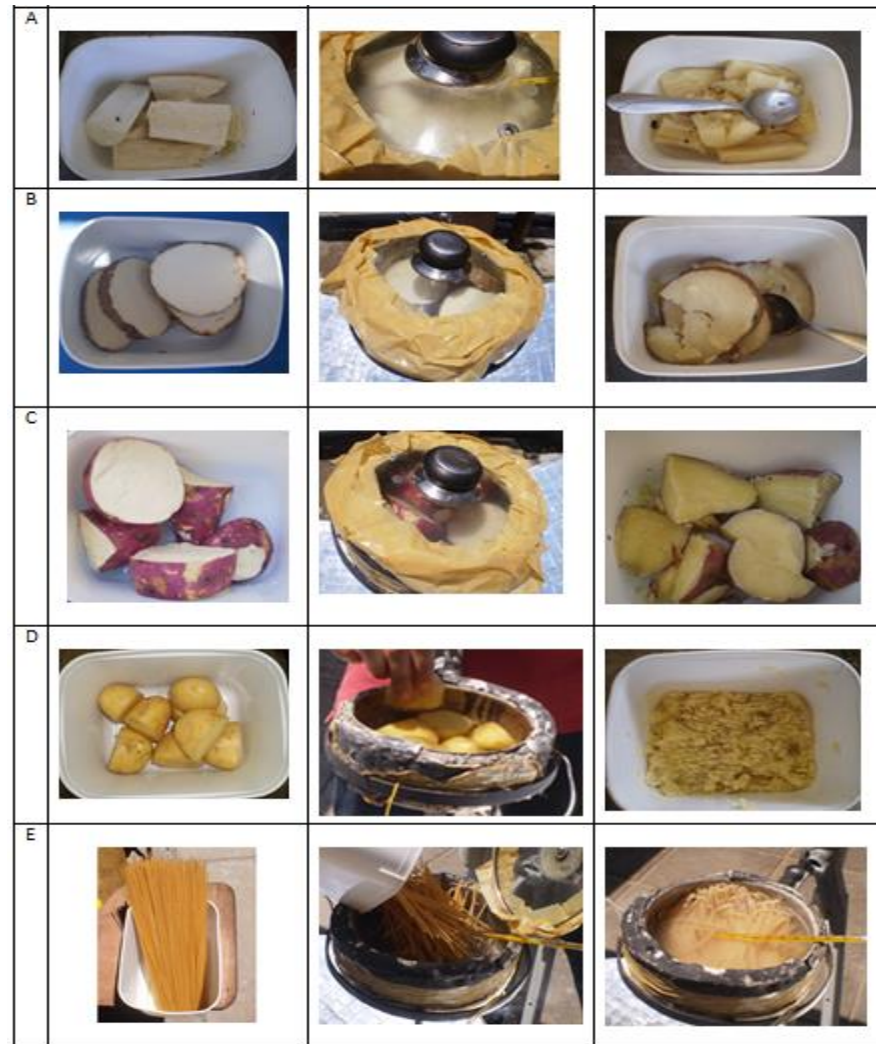
FOGÃO COM DUAS ELIPSES



RESULTADOS FOGÃO ELÍPTICO

| Alimentos | | Tempo de Cozimento (min) | |
|----------------|-------------|--------------------------|----------------|
| Quant. (Kg) | Tipo | Fogão a gás | Fogão Ramos |
| 0,5 | Batatinha | 27 | 44 |
| 0,5 | Batata doce | 26 | 50 |
| 0,5 | Inhame | 30 | 39 |
| 0,5 | Macaxeira | 28 | 50 |
| 0,25 | Macarrão | 28 | 40 |
| 0,25 | Arroz | 30 | 44 |

RESULTADOS FOGÃO ELÍPTICO



FOGÃO CERÂMICO



620° C,

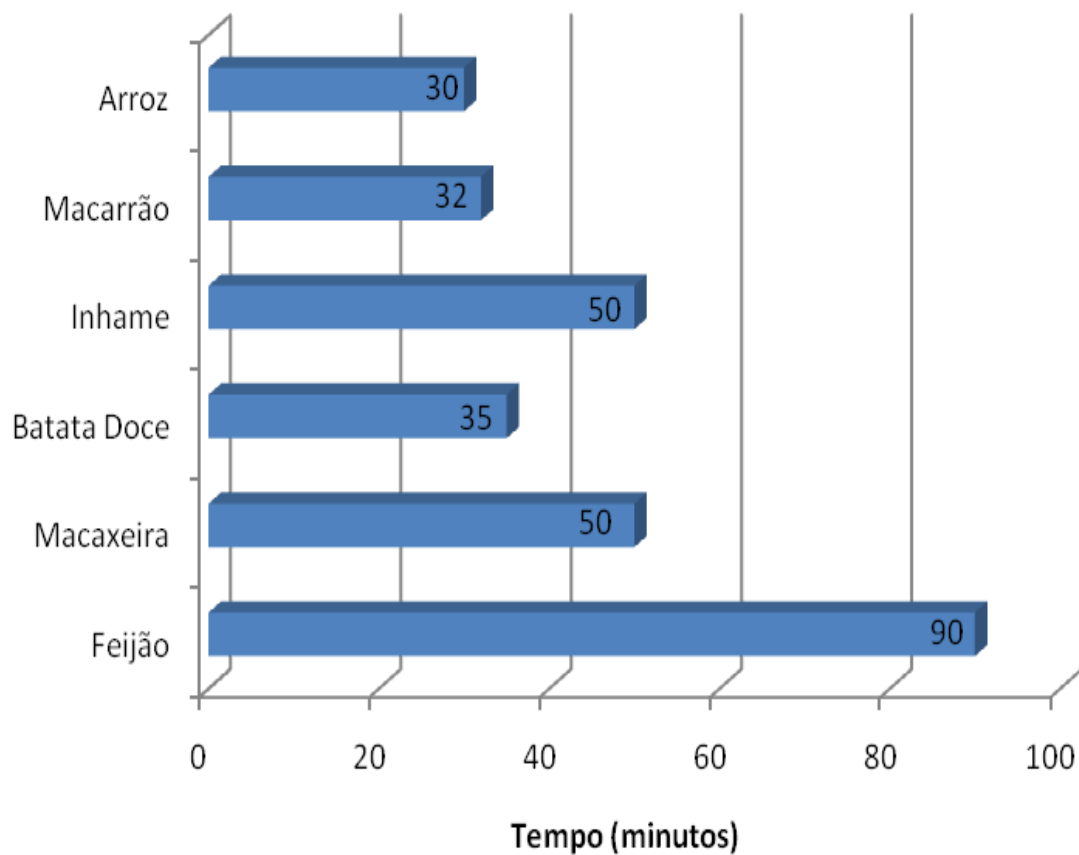
796,3W/m²,

564,1° C

RESULTADOS FOGÃO CERÂMICO



Alimentos



Arroz – 250g

Macarrão – 250g

Inhame, batata
doce e macaxeira
e feijão – 500g

Parábola de Cabelo



$A = 0,65\text{m}^2$, $T_{\text{máx}} - 401^\circ\text{C}$, 250g de macarrão em 18 minutos

FOGÃO PIAÇAVA



(a)



(b)

RESULTADOS FOGÃO PIAÇAVA

| Alimentos | | Tempo de cozimento (min) | |
|------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Tipo | Quantidade (kg) | Fogão a gás | Fogão solar em estudo |
| Arroz | 0,25 | 30 | 30 |
| Macarrão | 0,50 | 28 | 37 |
| Macaxeira | 0,50 | 30 | 38 |

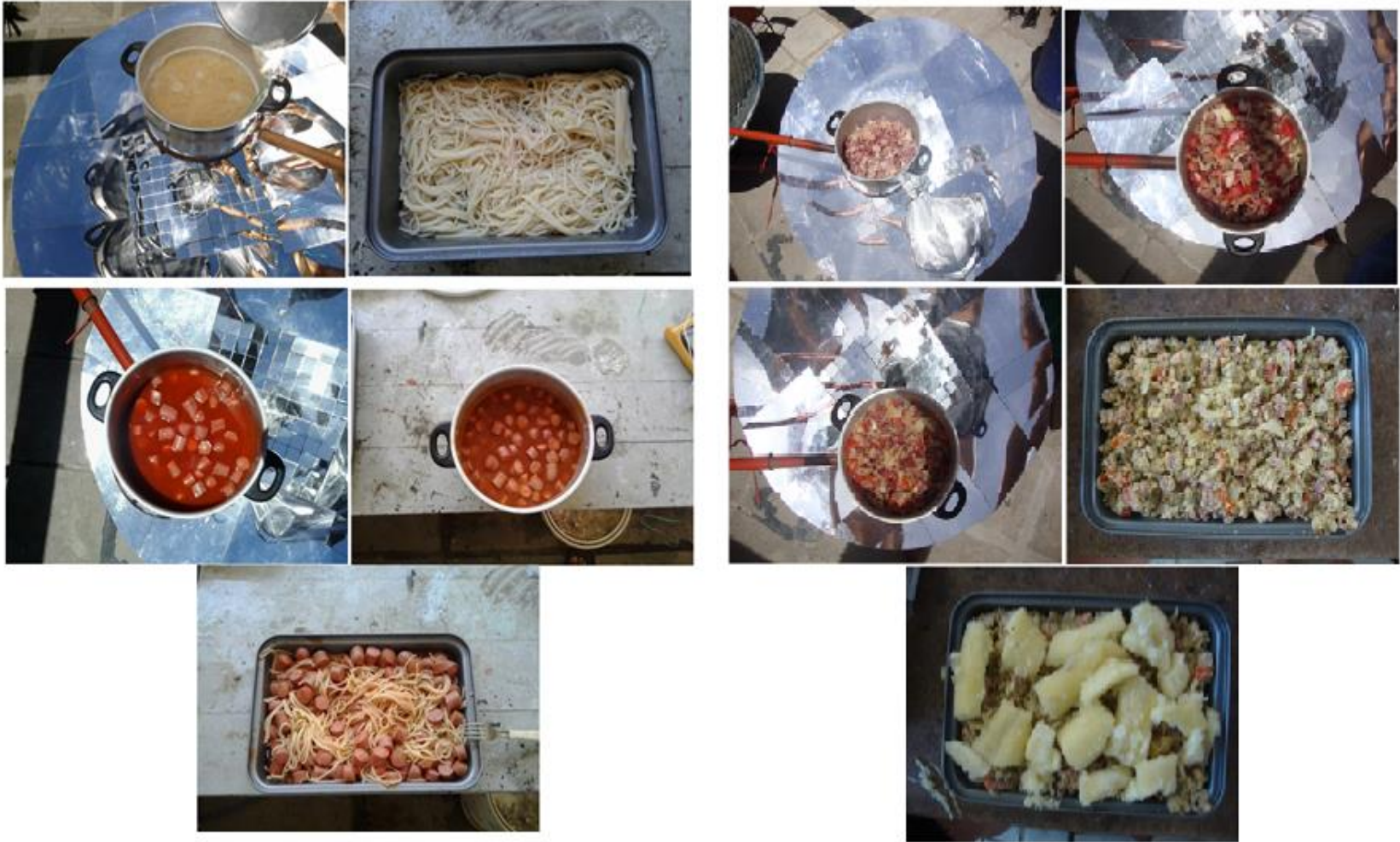
RESULTADOS FOGÃO PIAÇAVA



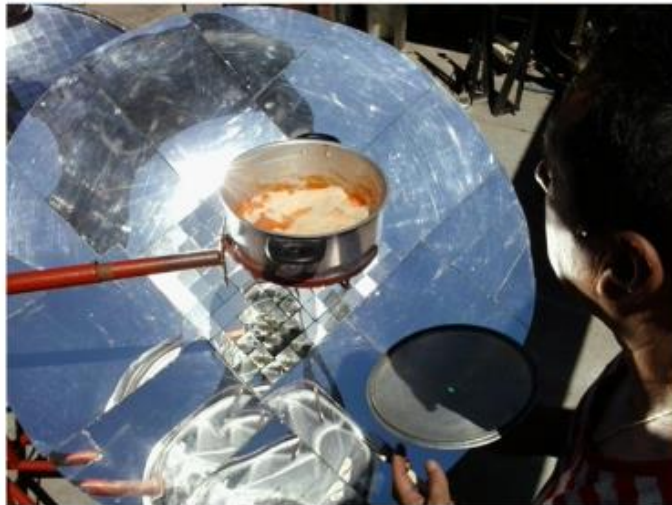
FOGÃO CARNAÚBA



RESULTADOS FOGÃO CARNAÚBA



RESULTADOS FOGÃO CARNAÚBA



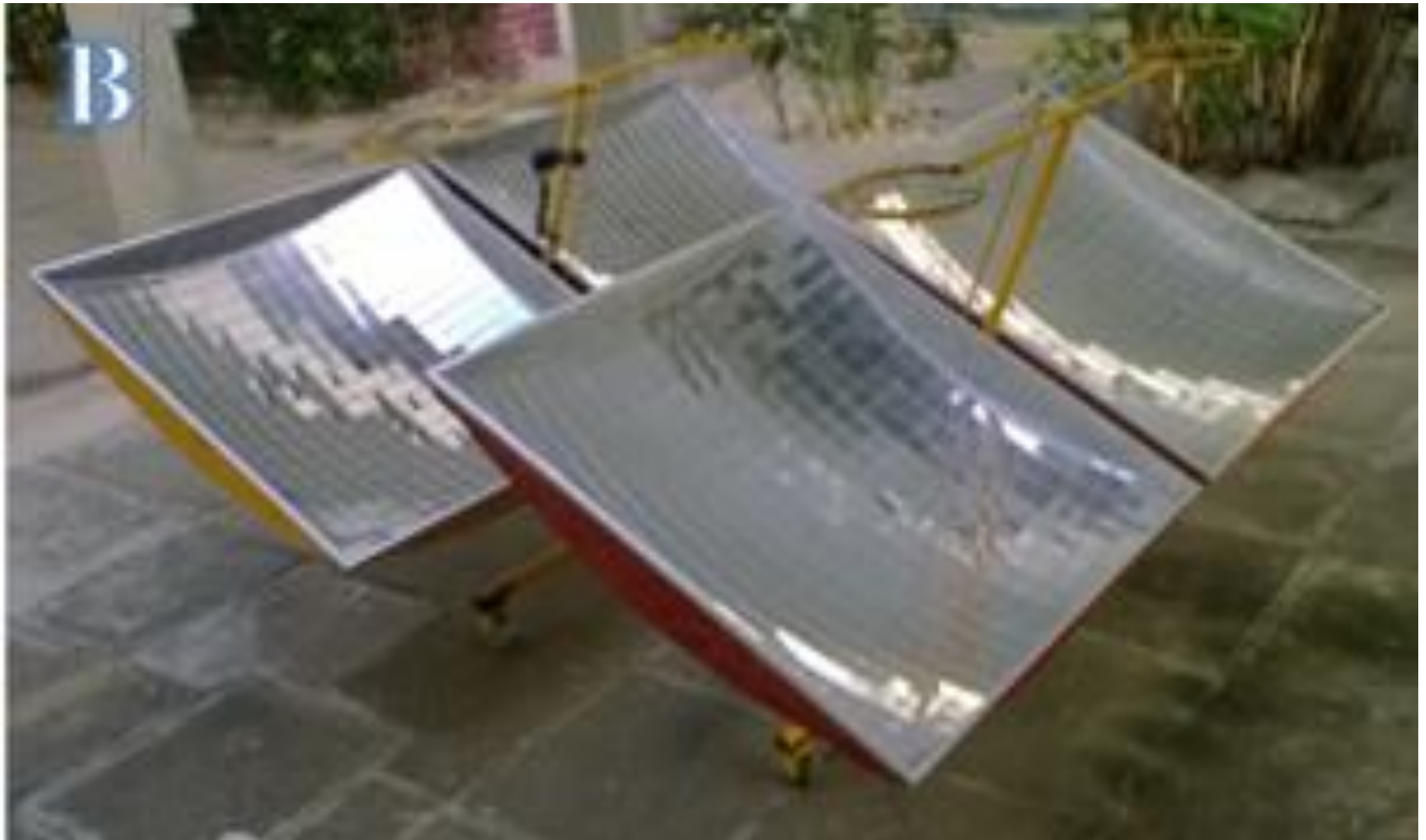
FOGÃO TRÊS PARÁBOLAS



APLICABILIDADE DO FOGÃO SOLAR



FOGÃO MULTIFOCAL



FOGÃO QUATRO FOCOS

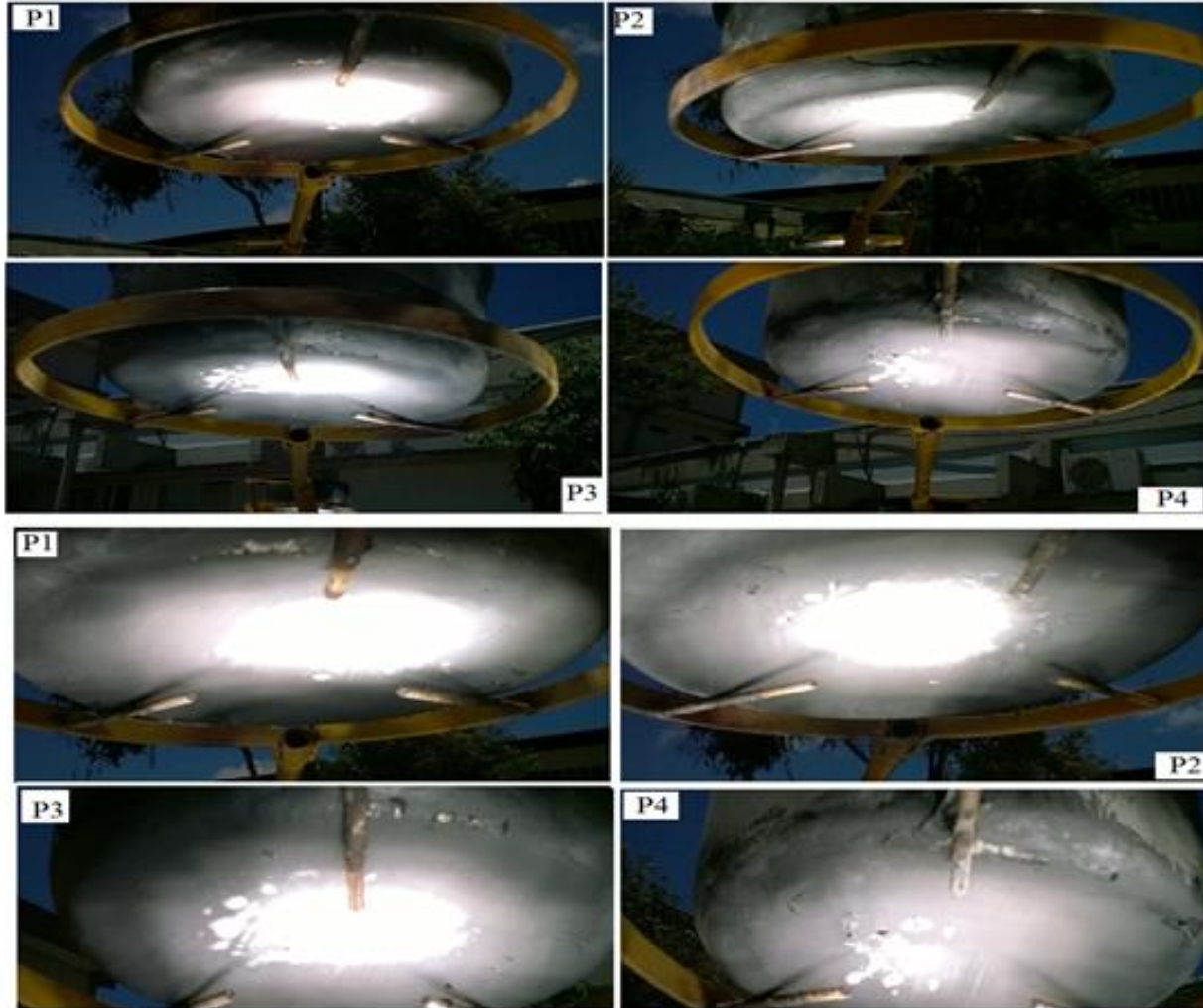
| DIA | T_{f1} (°C) | T_{f2} (°C) | T_{f3} (°C) | T_{f4} (°C) | T_{fm} (°C) | I_g (W/m ²) | I_d (W/m ²) |
|--------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|---|
| DIA 1 | 539,36 | 510,98 | 464,88 | 426,88 | 485,34 | 772,12 | 617,696 |
| DIA 2 | 613,92 | 546,08 | 554,52 | 485,58 | 549,96 | 858,28 | 686,624 |
| DIA 3 | 605,84 | 554,6 | 535,68 | 463,96 | 532,25 | 800,56 | 640,448 |
| MÉDIA | 586,4 | 537,22 | 518,4 | 458,8 | 522,5 | 810,3 | 648,2 |



APLICABILIDADE FOGÃO MULTIFOCAL



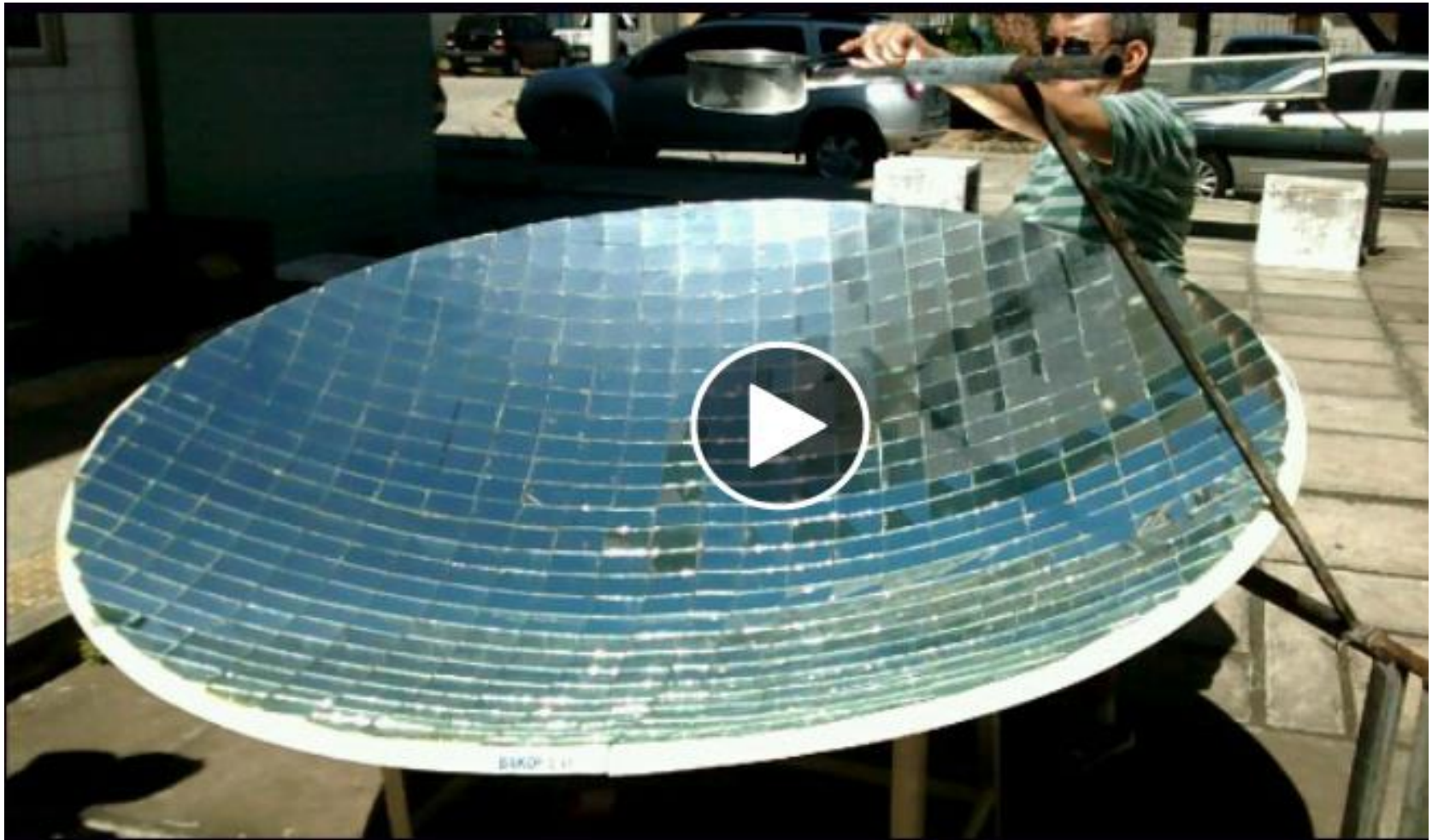
FOCOS DO FOGÃO MULTIFOCAL



FOGÃO DE JUTA



FOGÃO DE MAIOR PORTE



FOGÃO MONO E BIFOCAL (BORBOLETA)



APLICABILIDADE FOGÃO BORBOLETA



FOGÃO TECIDO ALGODÃO + FIBRA DE VIDRO



FOGÃO BIFOCAL PARA COMUNIDADES



APLICABILIDADE FOGÃO BIFOCAL



APLICABILIDADE DO FOGÃO BIFOCAL



APLICABILIDADE DO FOGÃO BIFOCAL



APLICABILIDADE DO FOGÃO BIFOCAL

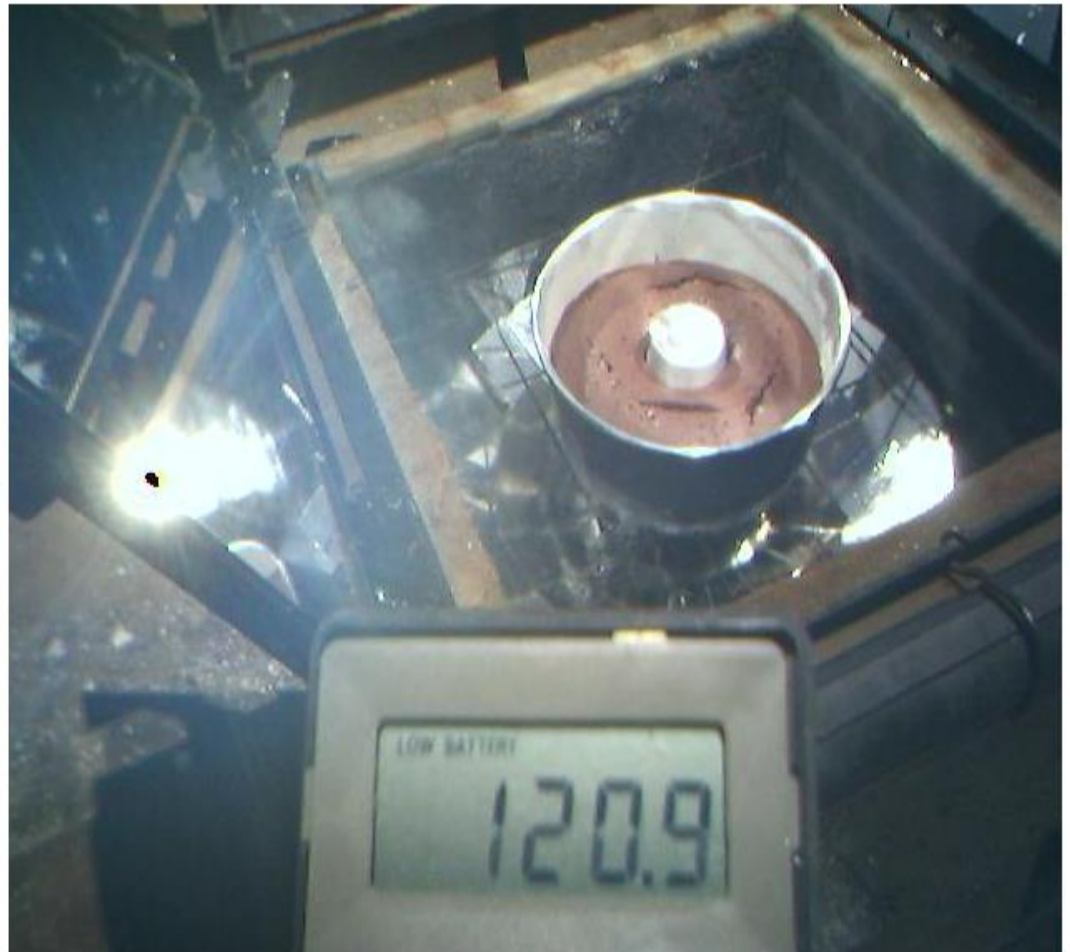




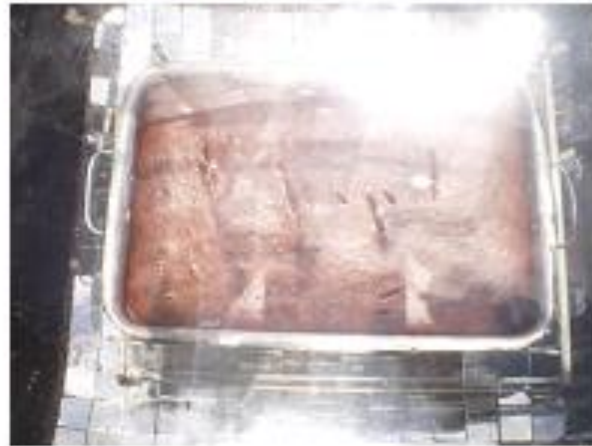
PRIEMIRO FORNO - 1986



FORNO SUCATA FOGÃO CONVENCIONAL



FORNO COMPÓSITO



FOGÃO PNEU I



FORNO COMPÓSITO II



FORNO TAMBOR I



FORNO ISOPOR I



FORNO FREEZER I



FORNO PNEU II



FORNO DE BANCO



FORNO COMPÓSITO III



FORNO ISOPOR II



FORNO COMPÓSITO POLIMÉRICO



FORNO VIDROS REUTILIZADOS



FORNO ESPELHADO ISOPOR



FORNO TAMBOR II



FORNO COM PLACAS COMPÓSITO POLIMÉRICO



FORNO FORRO PVC



FORNO COMPOSITO IV



FORNO DE GESSO ACARTONADO



FORNO ISOPOR II



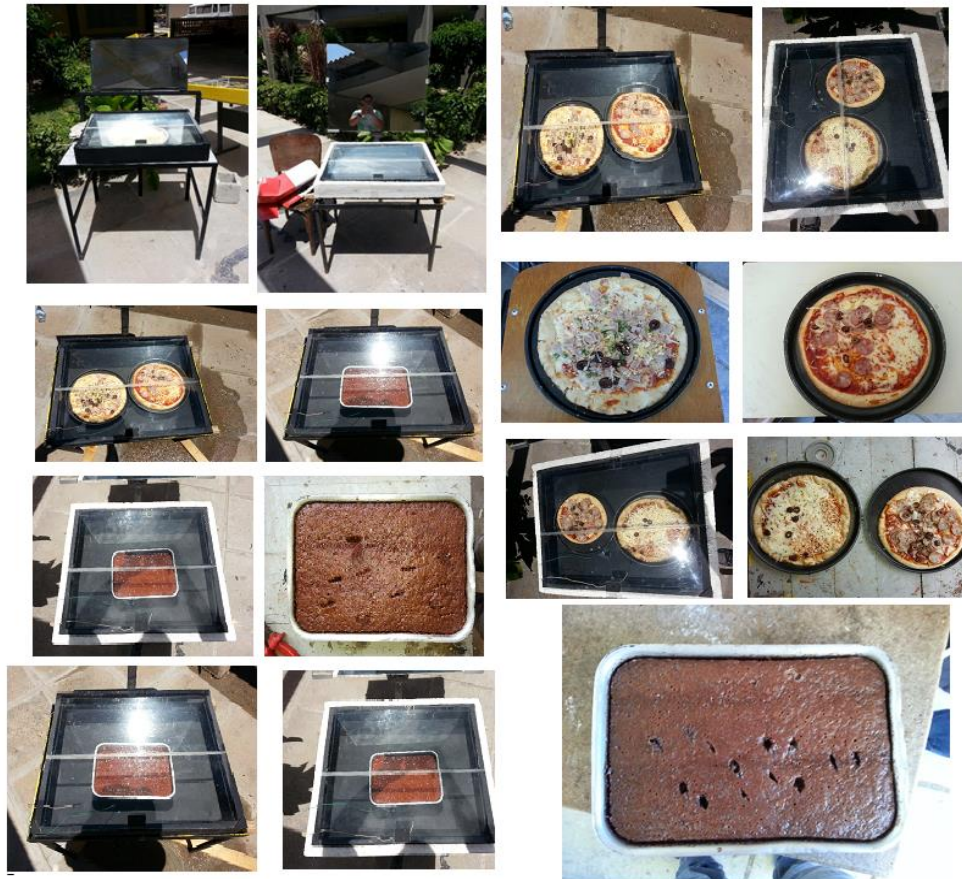
FORNO ESTANTE



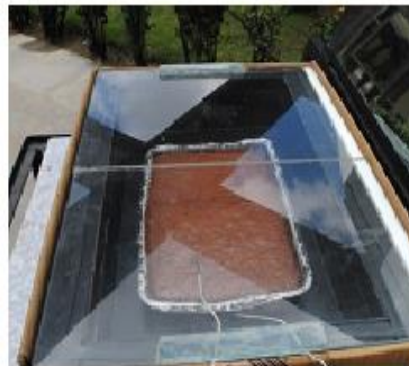
FORNO FREEZER II



FORNO PLACAS DE COMPÓSITO POLIMÉRICO



FORNO CAIXA PAPELÃO



FORNO CABELO



FORNO VIDRO II



FORNO TELEVISÃO



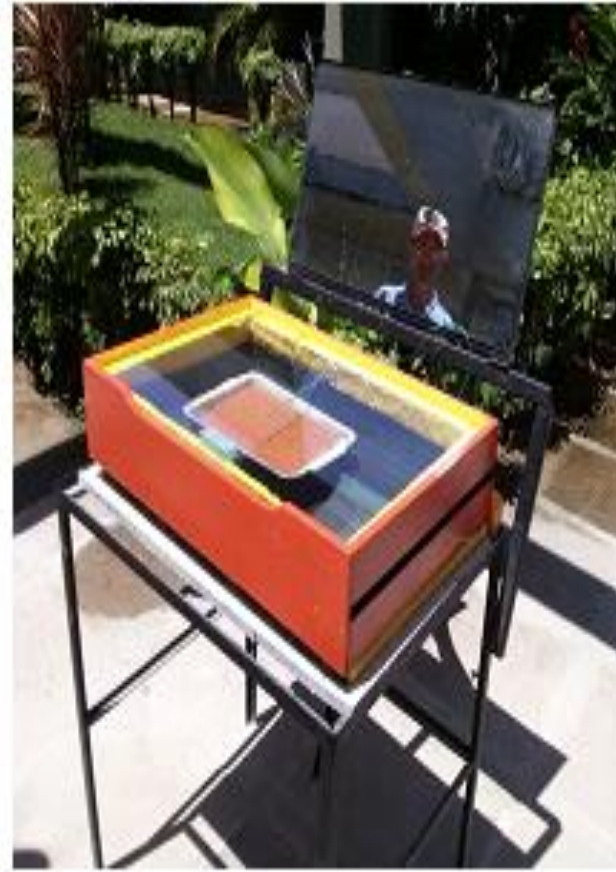
FORNO TELEVISÃO



FORNO ARMÁRIO



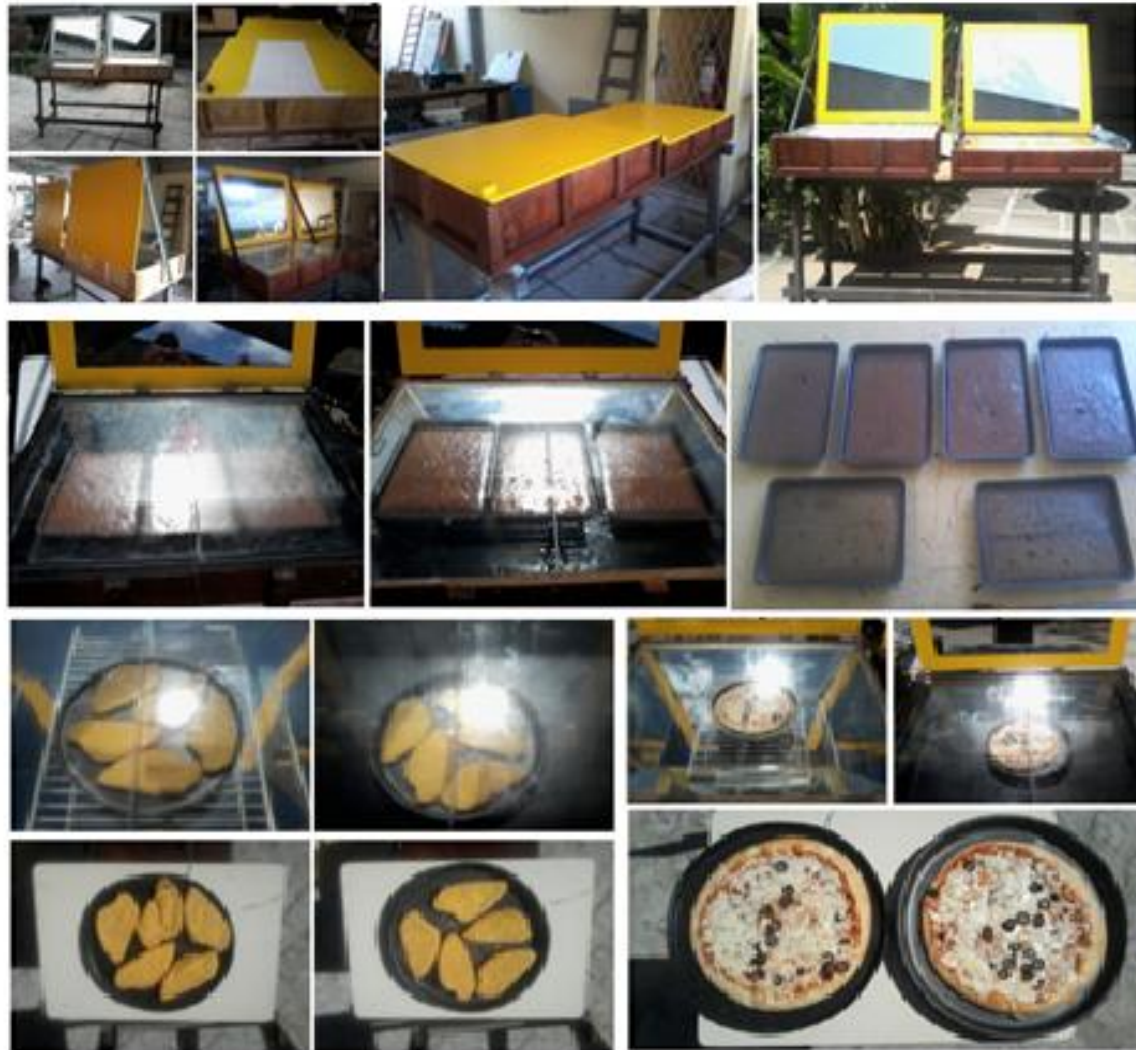
FORNO GAVETA



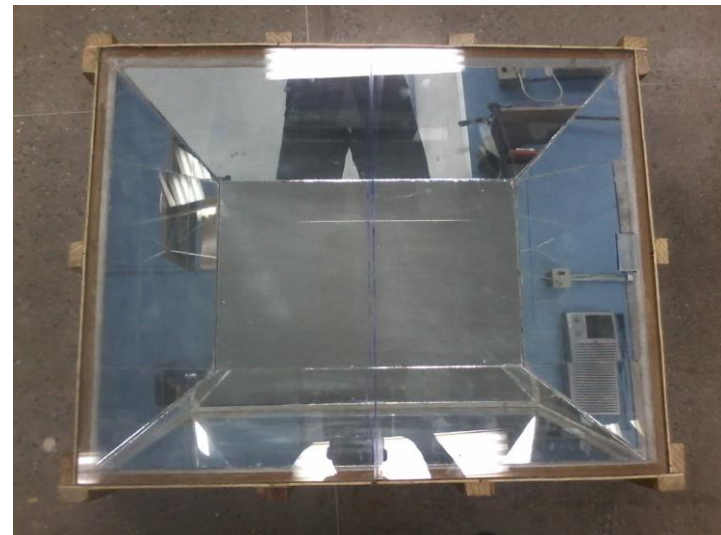
FORNO COMPÓSITO MDF



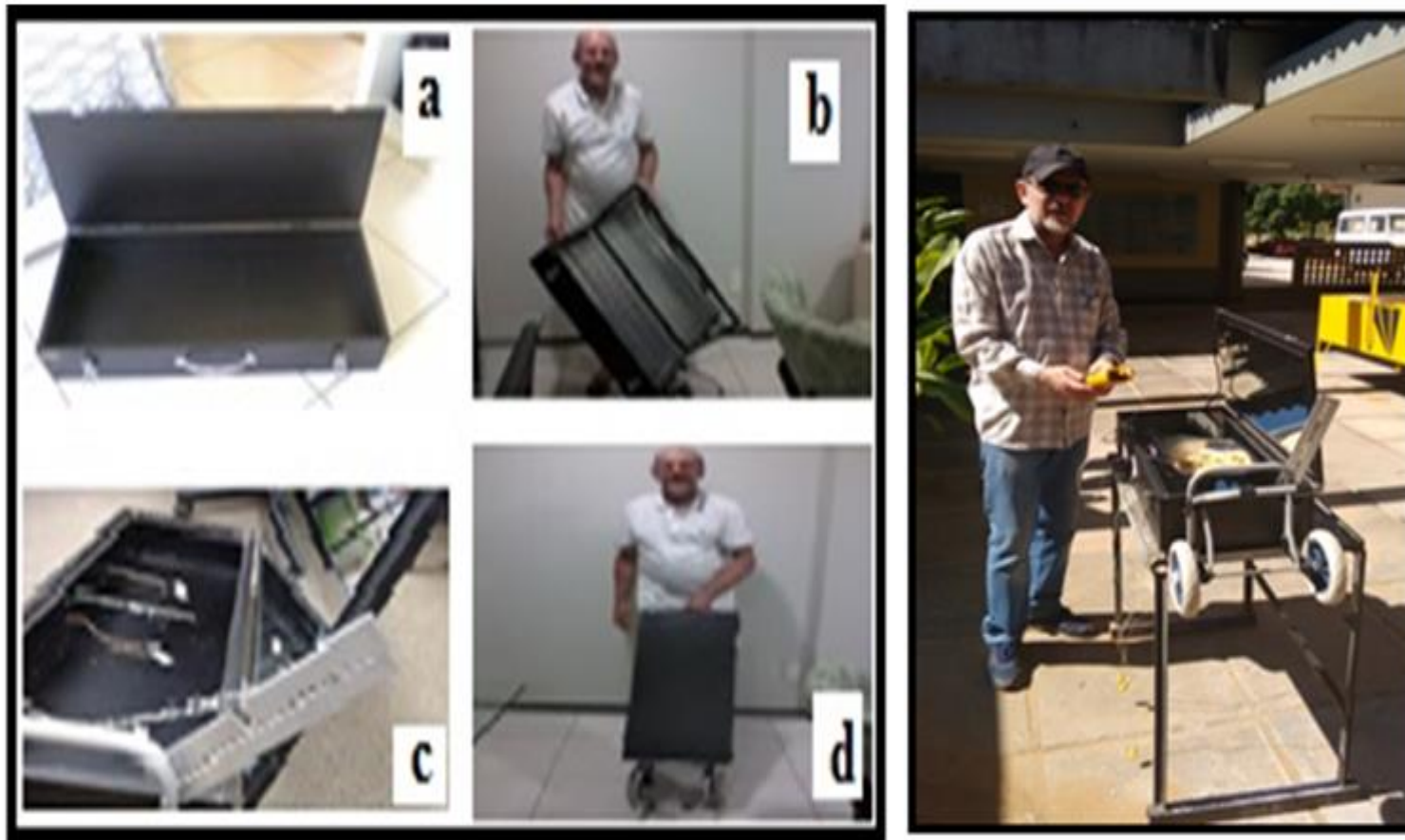
FORNOS EMBALAGENS



FORNOS EMBALAGENS



FORNO TRANSPORTÁVEL



ALIMENTOS ASSADOS NO FORNO TRANSPORTÁVEL



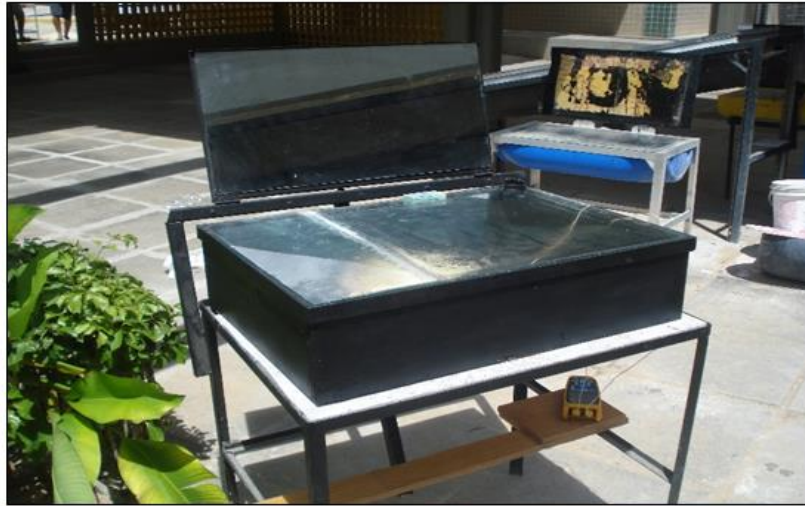
FORNO CAIXOTE



FORNO PLACAS MDF I



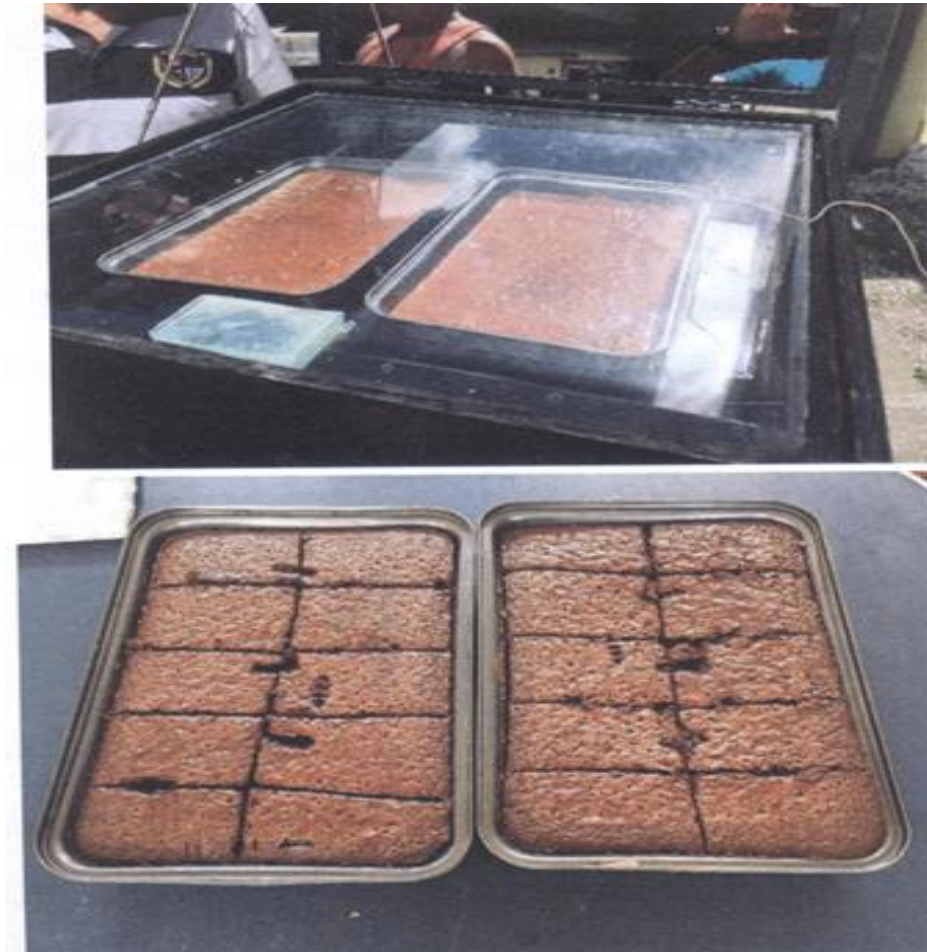
FORNO BIRÔ



FORNO PLACAS MDF II



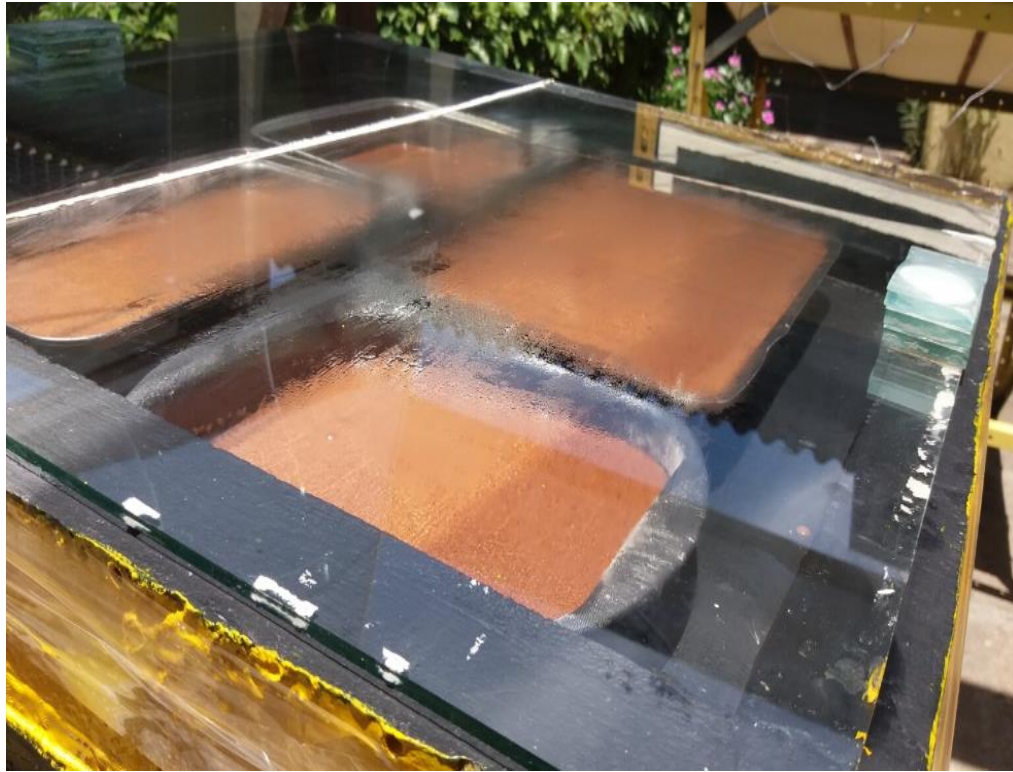
FORNO MADEIRA



FORNO CAULIM



ALIMENTOS ASSADOS NO FORNO CAULIM



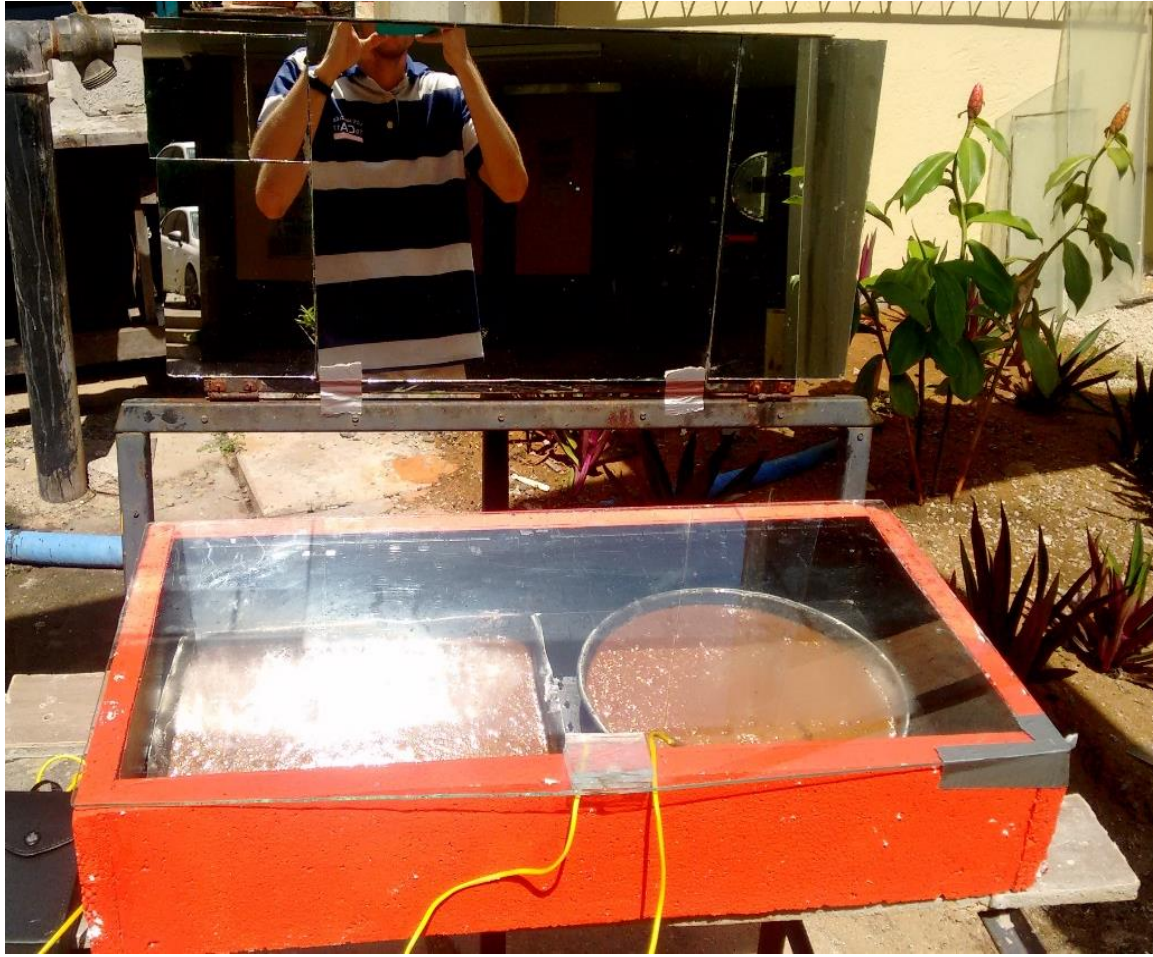
FORNO GAVETA II



FORNO ORELHÃO



FORNO COMPUTADOR



ALIMENTOS ASSADOS NO FORNO COMPUTADOR



FORNO MULTIALIMENTOS



FORNO MULTIALIMENTOS



PRIMEIRO SECADOR SOLAR - 1986



SECADOR CONCRETO – SECAGEM TOMATE



SECAGEM CAJU



SECADOR LUMINÁRIA



SECADOR GARRAFAS PETS



SECADOR COMPÓSITO – PERAS E MAÇÃS



SECADOR LUMINÁRIA - MORANGO



SECADOR DE TAMBOR



SECADOR COMPÓSITO



SECADOR LUMINÁRIA



SECADOR SPLIT



SECADOR GELADEIRA



SECADOR LUMINÁRIA - COCO



SECADOR LUMINÁRIA - AMEIXA



SECADOR LUMINÁRIA – MANGA E BETERRABA



SECAGEM DE PEIXE



SECADOR DE ISOPOR - BANANA

Os ensaios



Início do primeiro dia



Final do segundo dia

Os ensaios



Início do primeiro dia



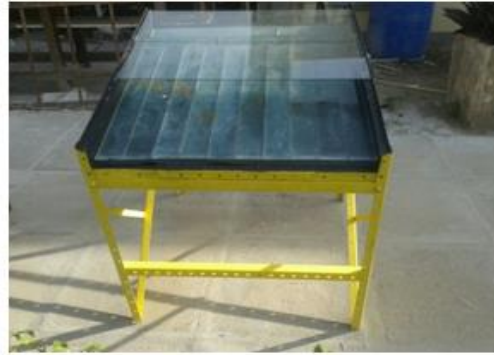
Final do segundo dia

Análise dos resultados



Goiaba e banana no fim de todo o processo

SECADOR ESTANTE



SECADOR DE ESTANTE II



SECADOR DE CAIXA

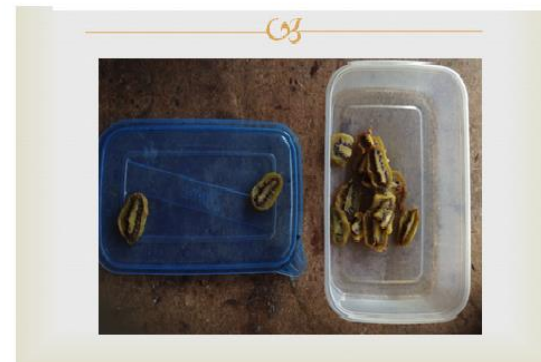


SECADOR GAVETA

Distribuição e localização das amostras



SECADOR LUMINÁRIA



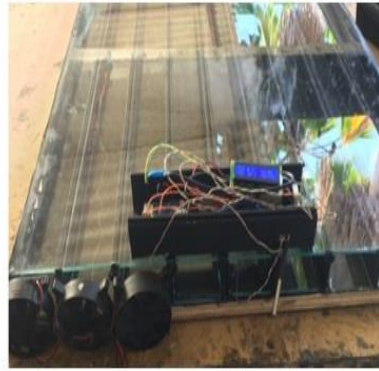
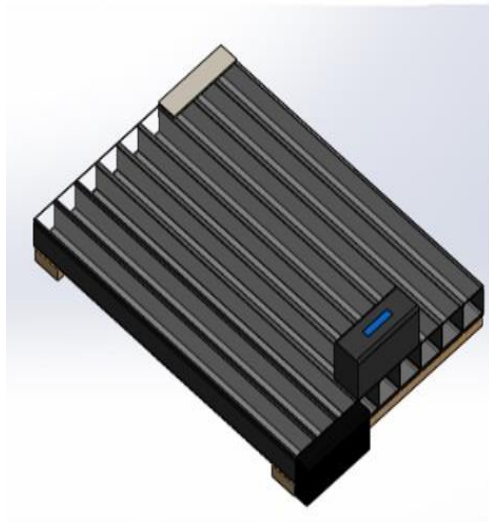
SECAGEM ACEROLA



SECAGEM PERAS E MAÇÃS



SECAGEM CAJU SECADOR DE CANALETAS



SECADOR CANALETAS – SECAGEM FORÇADA



Caju desidratado moído



Doce de caju desidratado e moído



SECAGEM ABACAXI



SECAGEM BERINGELA E CAQUI



SECADOR MADEIRA - TOMATE



SECADOR PRATELEIRAS - JACA



SECADOR CANALETA ALVENARIA - KIWI



SECAGEM BERINGELA

Com restrição



Sem restrição



SECAGEM COCO – SECADOR ARMÁRIO



SECADOR PRATELEIRAS



SECADOR ISOPOR – ABACAXI E BANANA



SECADOR TUBULAR - MELÃO



SECADOR ARMÁRIO - MANGA



SECADOR DE CANOS - TOMATE



SECADOR TUBULAR – LARANJA E LIMÃO



SECADOR MADEIRA – BATATAS DOCE E INGLESA



FARINHA DE BATATA DOCE



DESTILADOR GELADEIRA



DESTILADOR ISOPOR



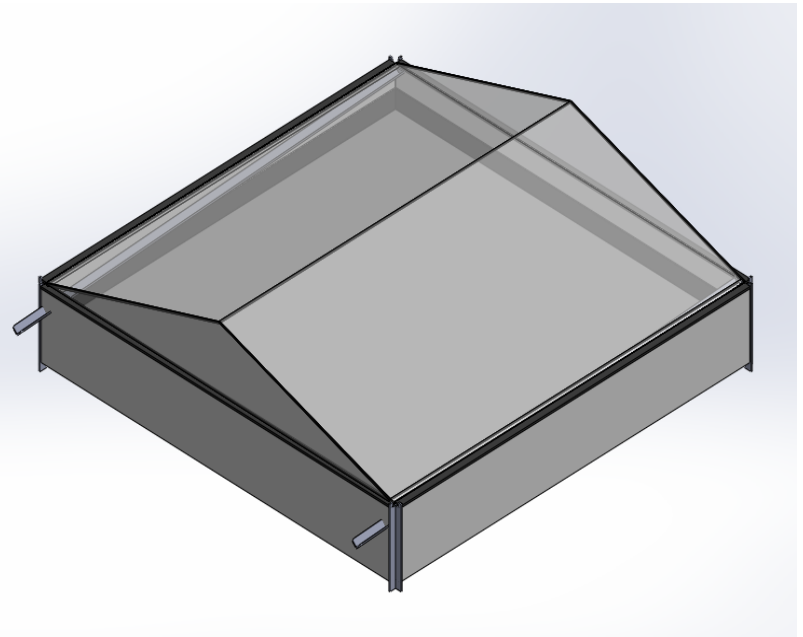
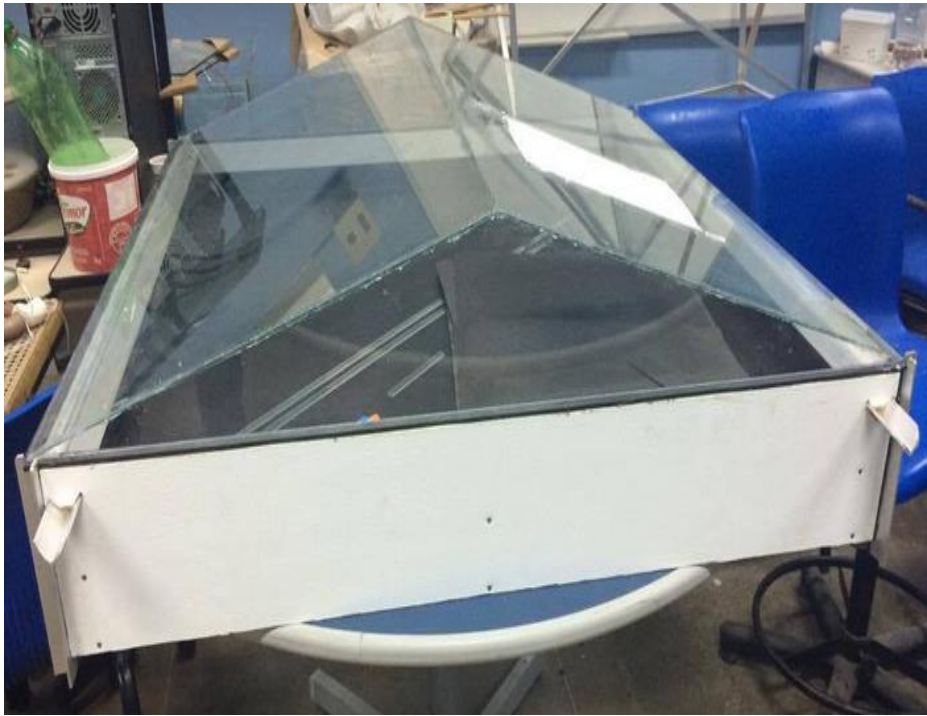
DESTILADOR PIRAMIDAL



Destilador PIRAMIDAL + CONCENTRADOR



DESTILADOR COBERTURA MÓVEL



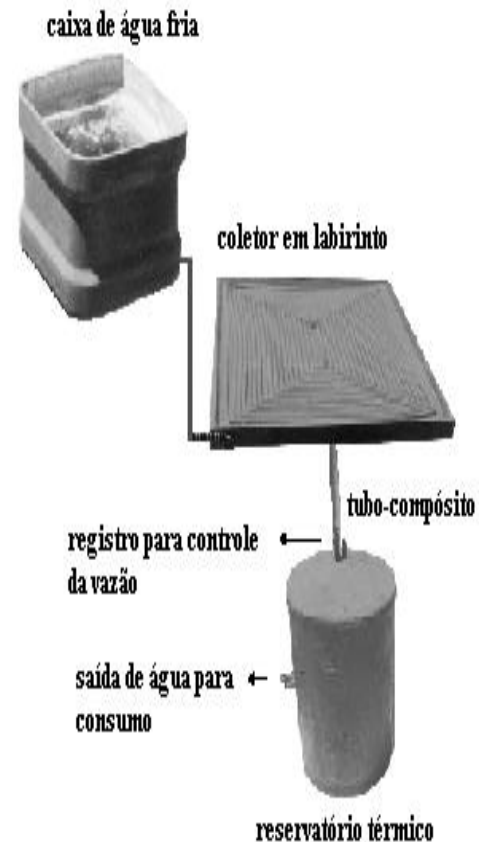
DESTILADOR COMPÓSITO



PRIMEIRO COLETOR NA UFRN - 1986



COLETORES ALETADO, LABIRINTO E PLANO



COLETOR COMPÓSITO – TRÊS ELEMENTOS



COLETORES COMPÓSITO – TUBOS PVC



COLETORES PARA AQUECIMENTO DE PISCINA



COLETOR COMPÓSITO



Coletor plano feito de garrafas PET

- Aquecimento de água
- Desinfecção de água



COLETOR ALETADO TUBOS PVC



AQUECEDOR SEM CAIXA



COLETOR SEM CAIXA POLICARBONATO



COLETOR DE TELHA



COLETOR CONFIGURAÇÃO SÉRIE-PARALELO



COLETOR CONFIGURAÇÃO SÉRIE



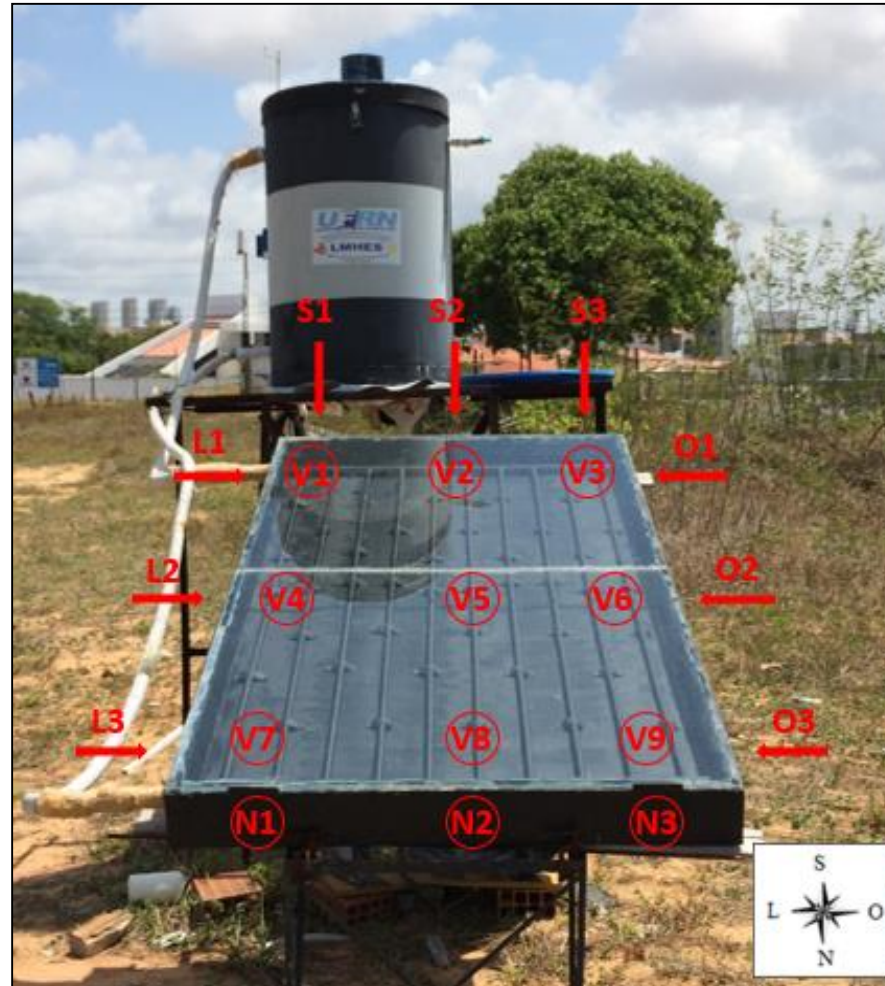
COLETORES EM SÉRIE



COLETORES EM PARALELO



COLETOR COM TUBOS DE COBRE



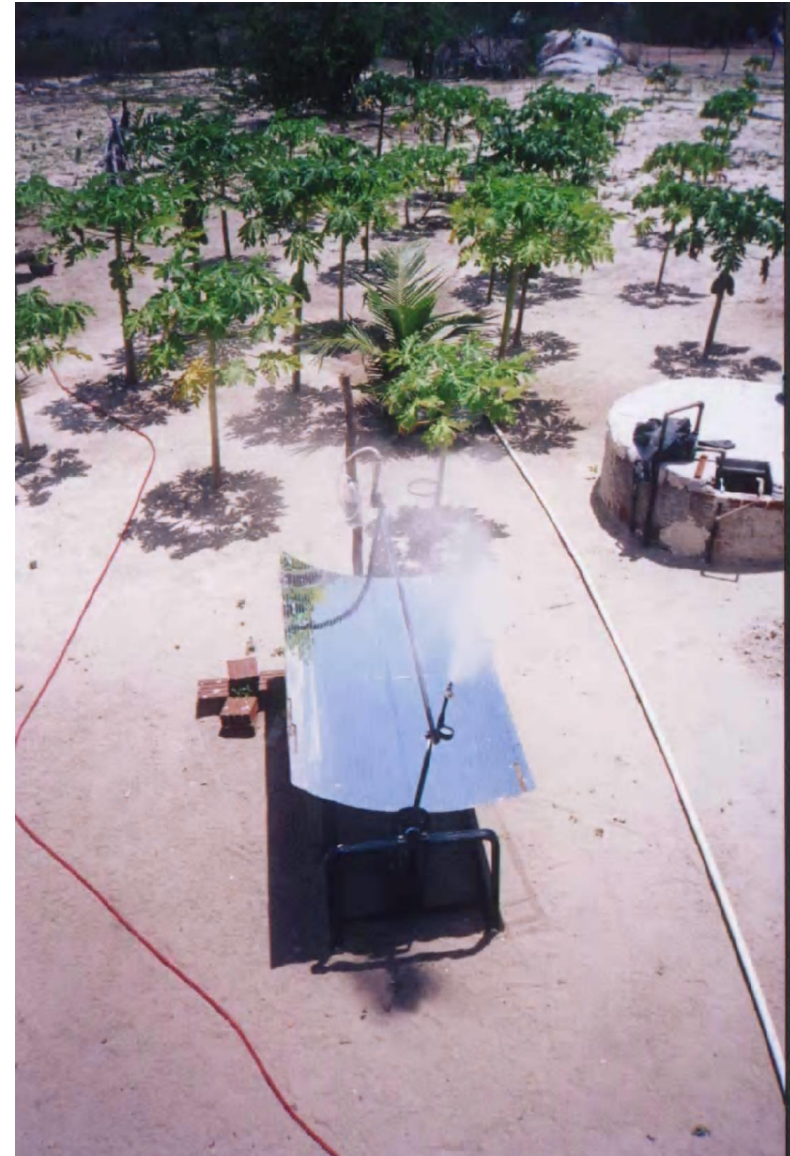
COLETOR EM LABIRINTO – TRATAMENTO DA MANGA



RESULTADOS TRATAMENTO MANGA

| TEMPO (HORA) | T ENTRADA (°C) | T SAIDA (°C) | DIF T (°C) | RADIAÇÃO (W/m ²) | RENDIMENTO |
|-----------------|-------------------|-----------------|---------------|---------------------------------|--------------|
| 60L/H | 30,9 | 44,0 | 13,1 | 855,9 | 57,7% |
| 80 L/H | 30,9 | 40,8 | 9,9 | 822,0 | 60,2% |
| 100L/H | 30,9 | 39,2 | 8,4 | 867 | 60,3% |

COLETOR CILÍNDRICO PARABÓLICO



OBRIGADO

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Lab. de Máquinas Hidráulicas e Energia Solar

E-Mail : Iguilherme@dem.ufrn.br