

# Construção de um fogão solar com refletor parabólico em 3 partes

Nos 3 filmes

parte 1: <https://youtu.be/uBCWTVnfaoU>

parte 2: [https://youtu.be/eDIBoXB\\_NwE](https://youtu.be/eDIBoXB_NwE)

parte 3: <https://youtu.be/QbFd4FleAzC>

eu lhe ensino como construir um fogão solar com refletor parabólico. Este documento contém **em letras azuis** todos os detalhes necessários e uma lista dos materiais, o que permitirá seu trabalho. Existem também versões do texto em outras linguas. Em primeiro lugar alguns avisos gerais:



Trata-se de um fogão solar com um refletor parabólico de um pouco mais que 1 metro quadrado de captação, o que corresponde a uma potência bruta de aprox. 1kW. A construção do fogão exige vários materiais diferentes e habilidade manual com materiais e ferramentas. É importante trabalhar com precisão, por isso todas as medidas deste manual são anotadas em mm.

O fogão solar é adequado para o uso em regiões tropicais com pouca nublosidade durante o dia (entre 10 horas e 15 horas), p.e. no Nordeste Brasileiro no Norte da África ou no Sahel. Durante o processo de cozimento, o fogão e o refletor devem ser realinhados periodicamente (aproximadamente a cada 20 a 30 minutos) para o sol. Esta é uma das principais diferenças para o “fogão solar tipo caixa” cuja construção é descrita no documento

<http://cumaru-pe.com.br/data/documents/Fogao-solar-para-regioes-tropicais.pdf>

**Nota:** O uso do fogão com refletor parabólico envolve perigo de queimaduras e risco de danos aos olhos !!!

O fogão aqui descrito serve para cozinhar em uma única panela com ou sem tampa. Esta panela deve ser preta fosca pelo menos do lado de fora no fundo e nas paredes.

Para construir o refletor parabólico, temos que fazer primeiramente um molde negativo em cimento. Este molde pode então ser usada para a produção de vários refletores do mesmo tamanho. A forma do refletor relativamente profunda aqui escolhida tem a vantagem de a panela ser protegida do vento pela parte superior do refletor e de a panela e o refletor serem facilmente acessíveis ao cozinheiro. Porém, isto tem a desvantagem de haver risco de brilho e queimaduras para pessoas desinformadas nas proximidades do ponto focal. Não se espera um grande desenvolvimento de calor no meio de um espaço “vazio, sem objeto”.

O refletor aqui apresentado terá a forma de uma tigela rasa. Terá um diâmetro de 1'210 mm e uma profundidade de 360 mm. O ponto focal encontra-se 250 mm acima do fundo do refletor.

Antes de começar a comprar os materiais, arrumar as ferramentas e construir o fogão, eu lhe recomendo de ler este manual de instruções completamente para que não tenha surpresas desagradáveis. Informe-se também sobre possíveis alternativas e riscos de construção e operação, por ex. na seguinte página da Internet:

<http://cumaru-pe.com.br/portugues/energia-sustentavel/>

especialmente nos seguintes documentos:

<http://cumaru-pe.com.br/data/documents/Fogao-solar-com-refletor-parabolico.pdf> und <http://cumaru-pe.com.br/data/documents/Fogao-solar-para-regioes-tropicais.pdf>

O tempo de trabalho puro para a produção do fogão solar (sem o tempo para a aquisição do material) é de pouco mais de dois dias. No entanto, os tempos de espera entre as etapas do trabalho devem ser contados, de modo que, para a produção do primeiro fogão, cerca de duas semanas devem ser estimadas.

É aconselhável começar o trabalho (como mostrado nos filmes) não com o quadro, mas sim com a forma negativa do refletor parabólico.

### **Lista de materiais para o fogão de 1'000 Watts:**

No	Material	Comprimento [mm]	Largura [mm]	Altura [mm]	Diâmetro [mm]	Volume [litros]	Área [m <sup>2</sup> ]
1	Placa de madeira compensada	650	500	ca. 8			
1	Tubo de plástico	360			ca. 10		
	Metralha ou pedras ou terra batida					200	
	Cimento					16	
	Areia grossa					30	
	Areia fina					30	
	Brita (cascalho)					50	
	Gesso					0.5	
	Cera de liberação ( = desmoldante)					0.5	
	Resina epóxi e endurecedor					3.5	
	Tecido de fibra de vidro						5
1	Arame grosso de ferro	8000			ca. 3		
1	Tubo de plástico	100			ca. 10		
	Folha de alumínio						1.8

1	Tubo de aço	1100			ca. 20		
2	Tubo de aço	250			ca. 5		
4	Rodinhas giráveis						
2	Ripa de madeira (horizontal)	1100	20	70			
2	Ripa de madeira (horizontal)	600	20	70			
2	Ripa de madeira (vertical)	600	20	70			
	Parafusos, pregos, etc.						
1	Corrente de relógio	1000					
1	Panela preta, fosca, com tampa				max. 220		

**Nota:** Para quem quer fazer um fogão solar maior e mais eficiente, calculei as medidas para um refletor de potência dupla (consulte o apêndice deste documento, na página 10). No entanto, deve-se notar que, neste caso, os outros materiais e as medidas devem ser ajustados em conformidade. Se o refletor parabólico deve ter outra medida ainda, há uma ferramenta prática no formato Excel com a qual a forma do molde pode ser calculada. A ferramenta pode ser baixada de <http://cumaru-pe.com.br/data/documents/Calculacao-parabola.xls> .

### **Lista das ferramentas**

Utensílios de escrita, régua, papel lixa, serra tico-tico, balde, espátula, pá, colher de pedreiro, luvas plásticas, escova, tesoura, lixa redonda, chave de fenda, proteção respiradora, furadeira, broca de metal, cinzel, broca de madeira, aparelhos de soldura, panos.

## Parte 1: A forma negativa do refletor parabólico

veja: <https://youtu.be/uBCWTVnfaoU>

### 1. Desenhe a forma do molde em uma placa de madeira compensada.

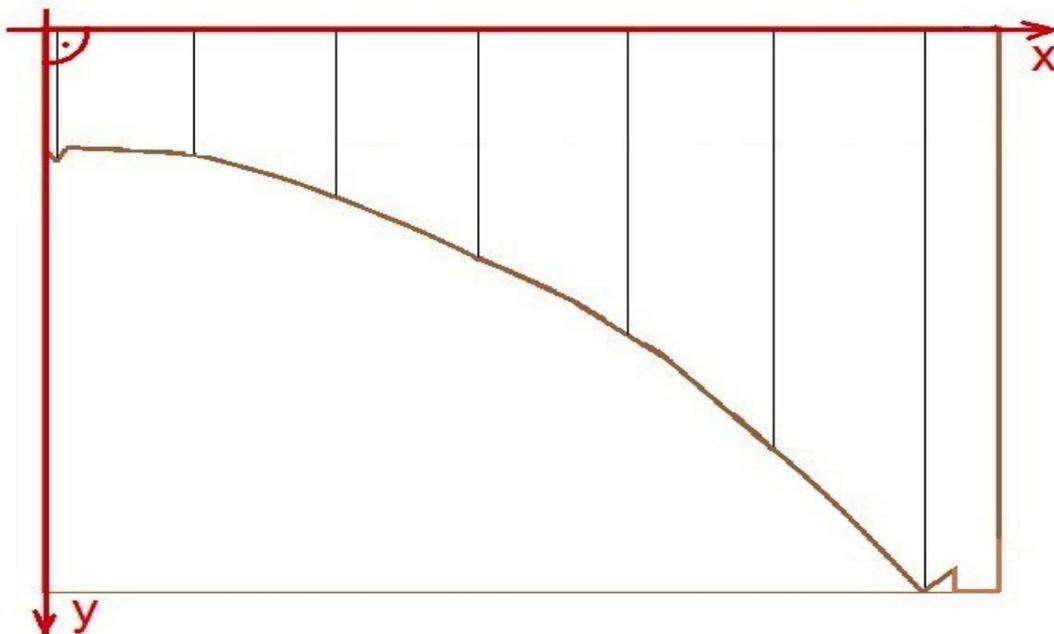
*Pegue uma placa de compensado de 650 mm x 500 mm x 10 mm com pelo menos um ângulo reto (90°). Desenhe, com a ajuda dos seguintes dados, uma parábola. Comece com o ângulo direito e o valor  $x = 0$  no canto superior esquerdo!). Os cálculos baseiam-se num raio do refletor de 60,5 cm (corresponde a uma área captada de 1,15 m<sup>2</sup>), uma profundidade máxima do refletor parabólico de 360 mm e uma distância focal (distância do ponto focal a partir do fundo do prato) de 250 mm. A incisão na extremidade direita da forma do molde tem a finalidade de que mais tarde a forma negativa seja limitada por uma paredinha, o que dará ao refletor parabólico uma borda mais limpa. No filme eu não consegui isso porque a parede não segurava na superfície escorregadia. Talvez você faça melhor que eu.*

x [mm]	y [mm]
0	100
5	110
10	100
20	100.23
50	102
100	109
150	121
175	128.9
200	138
225	148.4
250	160
275	172.9
300	187
325	202.4
350	219

x [mm]	y [mm]
375	236.9
400	256
425	276.4
450	298
475	320.9
500	345
525	370.4
550	397
575	424.9
600	454
605	<b>460**</b>
635	435
636	<b>460**</b>
<b>650*</b>	<b>460**</b>

\* maior valor para x

\*\* maior valor para y



## 2. Recorte a forma com uma serra tico-tico.

*Corte com uma serra tico-tico ao longo da parábola de modo que (como mostrado na ilustração acima) apenas a parte marrom permaneça. Certifique-se de que, ao serrar, a lâmina da serra esteja perpendicular à placa de compensado e a linha do lápis esteja preservada (é possível retificá-la depois, mas não emendar!).*

## 3. Lixe as bordas com papel lixa

*Agora remova quaisquer irregularidades da borda serrada até a linha de lápis, primeiro com papel lixa grosso, depois com um papel fino. Arredonde as bordas. Aponte o eixo (em  $x=5$  mm).*

**Nota:** As etapas de trabalho seguintes ocorrerão ao ar livre, em uma superfície plana e sombreada de pelo menos 1,5 m x 1,5 m.

## 4. Coloque um tubo de plástico no meio e amontoe pedras ou entulho ao redor dele até uma distância de cerca de 5 cm ao molde.

*O tubo deve ter um comprimento de exatamente 360 mm (essa medida corresponde à maior profundidade do refletor parabólico) e um diâmetro de cerca de 8-10 mm. Tem a função de um eixo em torno do qual o molde (da etapa de trabalho no. 2) será girado. O tubo deve ser colocado exatamente perpendicular à superfície. Serão necessários cerca de 150 a 200 litros de entulho, pedras ou terra compactada.*

## 5. Cubra as pedras com concreto para que haja espaço de 1-2 cm entre ele e o molde.

*Concreto fraco consiste em cimento, areia e brita na proporção 1: 3: 5. Para o volume de cerca de 90 litros, são necessários cerca de 10 litros de cimento, 30 litros de areia e 50 litros de brita. A massa não deve ser muito úmida, para que não penetre muito entre as pedras. Para evitar isso, uma folha fina de plástico pode ser inserido entre as pedras e o concreto. Quanto mais precisamente a massa de concreto (mais barata) for aplicada, menos massa de cimento (mais cara) será necessária (na etapa de trabalho no. 7).*

## 6. Cubra o concreto sobrepondo com uma tela de arame ou de tecido.

*Essa etapa de trabalho é necessária quando a forma negativa tem de permanecer por um longo tempo (para a produção de vários refletores parabólicos). A tela ou o tecido de plástico previnem rachaduras na forma. Recomenda-se colocar o tecido no concreto ainda molhado.*

## 7. Cubra a forma com uma mistura pastosa de cimento e areia fina e dê-lhe a forma certa com o molde.

*Esta massa é constituída exclusivamente por cimento e areia fina na proporção de 1:4, portanto cerca de 6 litros de cimento e 30 litros de areia fina. A massa deve ser misturada com água do jeito que possa ser bem formada com a espátula e com o molde. Se necessário, mais água deve ser adicionada com uma vassoura ou esponja. Esta etapa também pode ser realizada imediatamente após o tecido ter sido aplicado (etapa de trabalho no. 6).*

## 8. Alise a superfície com uma espátula.

*Esta etapa de trabalho deve ser realizado somente após que a massa já estiver um pouco endurecida. É preciso ter cuidado para garantir que a inclinação da superfície não mude mais. No filme eu uso uma ferramenta de madeira, mas melhor seria uma de aço.*

## 9. Deixe esta forma endurecer completamente na sombra. Nos primeiros dias, polvilhe a superfície ocasionalmente com água.

*O cimento endurece melhor quando molhado periodicamente. Isso pode ser feito com uma pulverização cuidadosa, alternativamente colocando lenços umedecidos, ou ambos. O cimento é geralmente totalmente curado após um período de espera de 3 meses, mas para os nossos propósitos um tempo de cura de alguns dias é suficiente. Não é um prédio de 12 andares ...*

## 10. Lixe a superfície endurecida com uma pedra plana.

*A finalidade desta etapa de trabalho é remover quaisquer partículas que possam estar saindo da superfície.*

## 11. Quaisquer partes de tecido salientes podem ser queimadas com um maçarico.

## 12. Cubra a superfície da forma com uma fina camada de gesso e deixe endurecer.

*Esta camada é necessária para preencher as pequenas depressões criadas pela alisação (etapa de trabalho no. 8) e pelo lixamento (etapa de trabalho no. 10) da superfície.*

13. Lixe a superfície primeiro com uma pedra plana e depois com uma lixa fina.

*Quanto mais suave a superfície, menos pasta de libertação (valiosa) será necessária na etapa de trabalho no. 15, e melhor o refletor parabólico pode ser separado da forma negativa (passo de trabalho no. 19).*

14. Liberte a superfície e o ambiente da poeira.

*Primeiro com vassoura, depois soprando.*

15. Aplique uma camada fina de cera desmoldante na superfície seca com um pano, depois pula-a.

*A cera desmoldante não é disponível em todos os cantos. Em caso de falta, este material possa talvez ser substituído por cera de parafina aquecida, graxa ou silicone ou spray de silicone.*

**Nota:** Agora a forma negativa para fazer o refletor parabólico está pronta. Com ela, muitos refletores parabólicos idênticos podem ser feitos. Veja o procedimento no filme 2.

## Parte 2: A produção do refletor parabólico de fibra de vidro

veja: [https://youtu.be/eDIBoXB\\_NwE](https://youtu.be/eDIBoXB_NwE)

16. Misture 1 litro de resina epóxi e endurecedor segundo as instruções do produto e cubra a forma negativa com uma primeira demão.

*No total (etapas de trabalho no 16-18, etapas de trabalho 24 e 25), são necessários cerca de 3,5 a 4 litros de líquido. Depois de adicionar o endurecedor, o líquido pode ser processado por aproximadamente 10 a 30 minutos, dependendo do produto e da temperatura. Recomenda-se não misturar mais do que 1 litro de cada vez. Se um balde flexível for usado, os restos endurecidos podem ser removidos e o balde reutilizado. A aplicação é feita com um pincel barato, que deve ser jogado fora depois. Eu recomendo o uso de luvas de plástico descartáveis.*

17. Cubra a superfície completamente e sobrepondo com fibra de vidro.

*A fibra de vidro deve ser cortado em pedaços antes de misturar a resina, porque depois não haverá mais tempo para isso. Com o pincel, o tecido pode ser colado na superfície.*

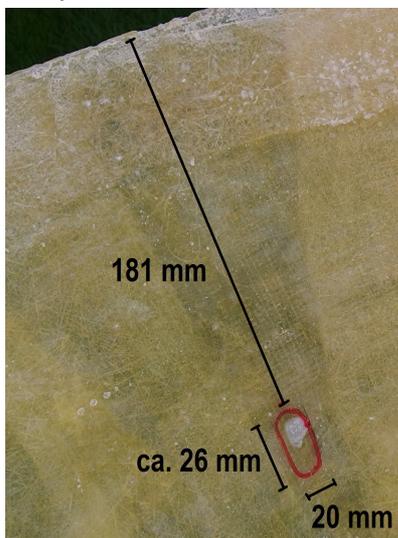
18. Repita as duas últimas etapas, reforçando a borda do refletor.

*No geral, eu recomendo 3-4 camadas de tecido de fibra de vidro que podem ser aplicadas molhado em molhado. A borda do refletor deve ser reforçada com uma camada adicional. No meu caso, isso não foi suficiente, porque mesmo após a cura completa (etapa de trabalho 19), o refletor permaneceu muito flexível. Em vez de acrescentar um fio grosso perto da borda do refletor (veja na etapa de trabalho no. 24), este trabalho pode ser feito agora.*

19. Deixe o refletor endurecer por uma semana. Depois separe o refletor da forma.

*Durante a cura, a resina muda de cor e perde uma grande parte da sua flexibilidade. Para soltar o refletor da forma negativa, a borda deve primeiro ser cortada com um cinzel e, em seguida, cuidadosamente levantada. Talvez várias pessoas sejam necessárias para isso, pelo menos muita paciência e fortes nervos!*

20. Marque os locais onde os furos do eixo deverão ser colocados.



*Os furos têm uma forma oval porque o eixo não atravessará a parede do refletor em um ângulo de 90°. A borda externa do furo está localizada numa distância de exatamente 181 mm da borda externa do refletor, a largura do furo corresponde ao diâmetro do eixo (consulte a etapa no 29). O comprimento do furo é de cerca de 26 mm, dependendo do diâmetro do eixo. Com estas medidas, o fundo da panela ficará a cerca de 2 cm abaixo do ponto focal, isto significa que o foco estará dentro da panela. As etapas de trabalho no 20-23 têm de ser feitas o mais preciso possível. Se os furos forem feitos no lugar errado, o refletor não ficará na posição correta, ou o foco do refletor parabólico estará fora da panela.*

21. Perfure um dos furos completamente, o outro (oposto), por enquanto, apenas com um pequeno orifício.

*Com as etapas de trabalho no 21 a 23, uma posição possivelmente incorreta dos orifícios pode ainda ser corrigida.*

22. Passe uma corda ou um arame pelos dois furos para verificar a localização do segundo furo.

*O refletor deve ficar pendurado no arame de modo que a borda dele fique na posição horizontal. Se não for*

*o caso, o segundo furo deve ser movido de acordo.*

23. Agora, faça o segundo furo no ponto corrigido.

24. Instale um tubo de plástico na borda do refletor. Se o refletor não for suficientemente duro, ele pode ser reforçado com um fio grosso de ferro.

*Ao usar o fogão solar, o tubo de plástico servirá como visor para controlar a posição correta do refletor: Se a luz do sol atravessa livremente este visor e bate no chão, o refletor estará perfeitamente alinhado. Não importa em que lugar o visor for montado no refletor, mas tem de estar numa posição perpendicular à área que é formada pela borda do refletor. Eu recomendo um ponto próximo ao futuro lugar de trabalho do cozinheiro.*

25. Os dois furos para o eixo podem ser reforçados com fibra de vidro.

*Os pontos de contato entre o eixo e o refletor sofrerão mais desgaste pela manipulação do refletor parabólico, portanto, o reforço desses lugares por outra camada de fibra de vidro é justificado. Deixe a resina endurecer completamente antes da próxima etapa de trabalho.*

26. Libere o interior do refletor dos resíduos de cera desmoldante.

*Infelizmente, a cera desmoldante não se limita a colar apenas na forma negativa, mas também ao interior do refletor. Uma boa limpeza desta superfície é um pré-requisito para a adesão da folha de alumínio (ver etapa de trabalho no. 27). A limpeza é feita primeiro com uma lâmina, depois com um papel lixa e finalmente com acetona ou gasolina.*

## **Parte 3: A conclusão e uso do fogão solar**

veja: <https://youtu.be/QbFd4FleAzc>

27. Cubra o interior do refletor parabólico com folha de alumínio refletora.

*É necessária uma área de aproximadamente 1,80 m<sup>2</sup>. No filme, eu uso uma folha de alumínio plastificada, auto-adesiva, que pode ser colada bem, mas tem a desvantagem de derreter, se - mais tarde - uma comida quente cai sobre ela. Você pode também usar folha de alumínio extra forte, mas primeiro aplicando uma camada fina de cola adequada (por exemplo, aplique adesivo de contato com um pincel). Visto que a superfície é curva, a folha deve ser aplicada em faixas. Eu usei 42 faixas em forma de cunha de 65 cm de comprimento e de 2 cm respectivamente 10 cm de largura, para que possam ser coladas umas às outras com ligeira sobreposição, depois 4 partes para a base do refletor.*

**Nota:** As etapas de trabalho no 27 a 32 devem ser realizadas na sombra ou com bons óculos solares, pois há um risco agudo de deslumbramento e de queimaduras!

28. Recorte os furos do eixo e do visor.

29. Construa um eixo de ferro ou aço.

*O comprimento desta barra é de pelo menos 110 cm (o diâmetro do refletor mais 10 cm). Deve ser tão forte que suporta seu próprio peso, o peso do refletor parabólico e o de uma panela cheia sem ceder. No meu caso (luxuoso), o eixo é feito de aço inoxidável com um diâmetro externo de 20 mm. Na área do centro, um dispositivo deve ser soldado que permite a fixação da panela, em ambas as extremidades da barra mandei furar orifícios que permitem uma fixação do eixo, para que ele não gire.*

30. Monte uma estrutura para eixo e refletor parabólico que permite girar o refletor.

*Esta estrutura pode ser feita de qualquer material. A madeira é mais fácil de trabalhar e mais barata que o ferro, mas precisa ser protegida da umidade por um verniz. A largura da armação é idêntica ao comprimento do eixo (da etapa de trabalho no 29), a altura deve ser pelo menos a metade do diâmetro do refletor parabólico, para que a borda do refletor não toque o solo em baixa posição do sol. Importante é a instalação de 4 rodas giráveis que permitem a rotação da estrutura em torno de seu eixo vertical. O refletor parabólico é mantido em sua posição por uma corrente de relógio entre a borda do refletor e a armação.*

31. Alinhe o refletor parabólico exatamente ao sol com a ajuda do visor.

*O posicionamento é feito girando o estrutura e inclinando o refletor. Quando a luz do sol atravessa o visor e deixa uma mancha de luz redonda no chão, o refletor está na orientação correta. Agora a comida pode ser colocada no fogão. Se o interior da panela estiver escura, recomenda-se cozinhar sem tampa, sobre tudo quando o sol estiver baixo.*

32. A localização exata do foco pode ser verificada com um papel ou pedaço de madeira.

*O ponto focal não deve estar exatamente no eixo, mas um pouco acima dele.*

## Apêndice: Variantes

### 1. Fogão maior:

O refletor parabólico pode ser aumentado conforme desejado, o que aumenta sua eficácia. Com uma área captada de 1 m<sup>2</sup>, consegui ferver 1 litro de água em 5 minutos, numa posição relativamente baixa do sol.

Aqui eu adiciono as medidas para um fogão com potência dupla (área captada = 2 m<sup>2</sup>). Desta vez, o ponto focal é de 350 mm e o eixo é de 330 mm acima do fundo do refletor. Assim, a parte do refletor situada por baixo do eixo tem cerca de 55% do peso total, ficando a parte acima do eixo cerca de 45% do peso total, pelo que é garantida uma boa suspensão do refletor parabólico.

x [mm]	y [mm]
0	100
5	110
10	100.01
20	100.16
50	101.45
100	106.45
150	115.02
175	120.64
200	127.16
225	134.57
250	142.86
275	152.07
300	162.16
325	173.14
350	185.02
375	197.79
400	211.45
425	226

x [mm]	y [mm]
450	241.45
475	257.79
500	275.02
525	293.14
550	312.16
575	332.07
600	352.88
625	374.57
650	397.16
675	420.64
700	445.02
725	470.29
750	496.45
775	523.5
800	551.45
805	557.14**
830	530
831	557.14**
850*	557.14**

\* maior valor para x

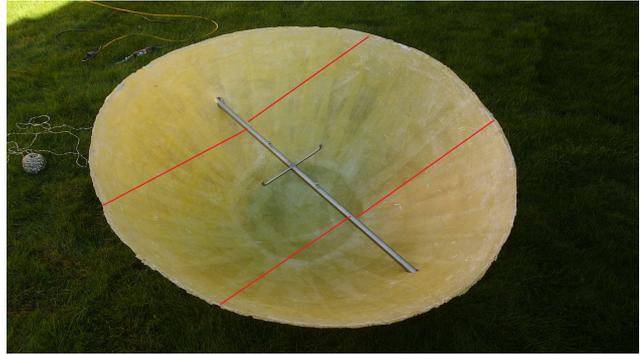
\*\* maior valor para y

Com essas medidas do molde, várias outras medidas mudarão também:

- Área captada = 2,01 m<sup>2</sup> (em vez de 1 m<sup>2</sup>)
- Superfície da forma negativa = 2,7 m<sup>2</sup> (em vez de 1,8 m<sup>2</sup>)
- Placa de copensado para o molde = 850 mm x 560 mm (em vez de 650 mm x 500 mm)
- Tubo de plástico = 557,1 mm (em vez de 360 mm)
- Cimento = 25 litros (em vez de 16 litros)
- Areia = 45 litros (em vez de 30 litros)
- Resina epóxi = 5,5 litros (em vez de 3,5 litros)
- Tecido de fibra de vidro = 8 m<sup>2</sup> (em vez de 5 m<sup>2</sup>)
- Folha de alumínio = 2,8 m<sup>2</sup> (em vez de 1,8 m<sup>2</sup>)
- Comprimento da barra de aço para eixo = 1800 mm (em vez de 110 mm)
- Distância mínima entre os furos do eixo e a borda do refletor = 180 mm (em vez de 181 mm)

## 2. Reforço do refletor parabólico sem arame grosso

Ao invés de reforçar a a borda do refletor parabólico com um arame forte (etapa de trabalho no 24), talvez seja possível ligar as duas partes pendentes do refletor ao eixo com arames finos. Os arames não devem ficar muito próximos do ponto focal, para que não aqueçam ou reduzam a eficiência do fogão.



## 3. Substituição de fibra de vidro com outros materiais

Eu estou tentando substituir a fibra de vidro/resina epóxi (que é difícil de processar e ambientalmente prejudicial) por outros materiais, uma mistura de papel e pasta de peixe, por exemplo. Para este propósito, seriam necessários papel de jornal, pasta de peixe e tinta a óleo no lugar da resina epóxi e da fibra de vidro. Em breve o procedimento será explicado no meu canal Youtube.

## 4. Construção completamente diferente

Se a folha refletora for suficientemente estável, o reforço por fibra de vidro e resina epoxi pode ser dispensado. Estou desenvolvendo um tipo com setores circulares de aço cromado inox altamente polido. De novo: Assim que tiver uma solução viável, apresentarei-a no site [www.cumaru-pe.com.br](http://www.cumaru-pe.com.br) e no meu canal Youtube.

Para elogios, críticas, manifestações de opinião, sugestões: gotobrasil [at] gmx.ch

Este documento pode ser baixado gratuitamente no endereço seguinte:

<http://cumaru-pe.com.br/data/documents/Fogao-solar-com-refletor-parabolico-manual-de-construcao.pdf>

9 de Dezembro de 2019