

Desidratadores solares de alimentos

A desidratação de alimentos é uma maneira tradicional de conservação. Com a extração de água o processo de estrago pode ser atrasado por meses ou até mesmo anos. Além disso, os alimentos são mais leves e, assim, podem ser transportados de forma mais econômica. Este método de conservação recomenda-se em particular para frutas, legumes, ervas, carnes e peixes. Antes do consumo, os alimentos desidratados serão simplesmente re-hidratados, isto é, colocados em água ou cozidos.

Esta maneira de conservação serve àquele que tem temporariamente um excesso de alimentos frescos, quem quer transportá-los, ou quem quer consumi-los e vendê-los em uma data posterior.



A secagem acontece pela exposição do alimento a um fluxo de ar seco. Desde milênios alimentos são colocados ou pendurados no sol. Deste modo primitivo, o alimento seca lentamente e de forma irregular, além disso arrisca ser comido por animais, é contaminado por excrementos de aves, sofre a infestação de insetos, chuvas e poeira. Por isso as pessoas começaram a proteger os alimentos de ser secos contra estes riscos e a aquecer o ar ambiental para reduzir a humidade relativa. Em muitos lugares o sol representa a fonte de energia mais econômica. Em contraste com a secagem convencional, o processo de secagem é reduzido para metade, e os produtos são de qualidade mais regular.

O sol como fonte de energia oferece-se especialmente em lugares com clima seco, tempo ensolarado durante a estação em que os alimentos frescos estão disponíveis, e com ar limpo. Vento constante durante o dia é útil. Além disso precisa-se de água limpa para lavar os alimentos e as oportunidades para armazenar ou vender os produtos secos.

Nos últimos 50 anos foram desenvolvidos vários tipos de desidratadores de alimentos que diferem significativamente em tamanho, forma, função e aplicação.

Este documento é o resultado de uma pesquisa bibliográfica em abril de 2015 e fornece a base para a construção e operação de desidratadores solares de alimentos.

Conteúdo:

1. Bases	3
1.1. O processo de desidratação de alimentos	3
1.2. Geração de uma fluxo de ar.....	3
1.3. Materiais de construção	4
1.4. Tipos de desidratadores solares de alimentos	5
2. Construção de desidratadores solares de alimentos	8
2.1. Desidratador de calor direto.....	8
2.2. Desidratador de convecção	8
2.3. Desidratador de túnel	8
2.4. Projeto: Desidratador de túnel giratório e inclinável	10
3. Uso do desidratador de alimentos	13
3.1. Trabalhos de manutenção	13
3.2. Preparação dos alimentos a desidratar	13
3.3. O processo de desidratação	13
3.4. Tempo de desidratação	14
4. Armazenamento, embalagem, uso e venda do produto.....	15
4.1. Armazenamento provisório.....	15
4.2. Embalagem e armazenamento definitivo.....	15
4.3. Venda de alimentos desidratados.....	15
4.4. Uso de alimentos desidratados.....	15
5. Anexos	17
5.1. Fontes gerais	17
5.2. Informações sobre os modelos	18
5.3. Tratamentos preparatórios que apoiam a conservação de alimentos	20
5.4. Informações sobre os alimentos (em ordem alfabética)	21
5.5. Velocidade da fluxo em desidratadores de túnel em dependência do diâmetro do túnel e do tamanho do coletor	29
5.6. Leis nacionais relativas à venda de alimentos desidratados no Brasil	30

1. Bases

1.1. O processo de desidratação de alimentos

O objetivo do processo de desidratação é a diminuição da quantidade de água dentro do alimento. Já o ar ambiental é mais seco que a maioria dos alimentos frescos. Desidratadores solares usam a energia solar para esquentar o ar ambiental e baixar assim sua umidade relativa. Nos países tropicais há suficiente energia solar, porém a umidade relativa e as temperaturas ambientais também são altas (veja <http://cumaru-pe.com.br/data/documents/DadmetCumaru09-12.pdf>), por isso a possibilidade de reduzir a umidade do ar é limitada. Para desidratar alimentos a umidade relativa não deveria ultrapassar 25% betragen. Com uma umidade de 35% frutas começam a mudar de cor.

Frutos secos são uma fonte rica de vitaminas (A, B1, B2, B3, B5, B6) e sais minerais (cálcio, ferro, Kalzium, Ferro, magnésio, fósforo, potássio, sódio, cobre, manganês) com aproximadamente 250 quilocalorias e 1 até 5 g de proteína por 100 g. Devido à alta porcentagem de carboidratos e o baixo conteúdo de água frutos secos são ricos em energia. Porém os outros nutrientes também são concentradas. Quem não precisa cuidar do seu peso corporal pode comer frutos secos sem má consciência. Infelizmente o aumento da temperatura no processo de desidratação destrói também parcialmente – como o cozimento – substâncias sensíveis ao calor. Vitamina B1, por exemplo, diminui por 20-30%, vitamina B2 por 10-20% e vitamina C por até 50-80%.

A temperatura dentro da câmara de desidratação é o fator decisivo para o processo de secagem. Dependendo do tipo de alimento a secar são recomendadas temperaturas máximas que não devem ser ultrapassadas para que o produto não sofra danos desnecessários. Quem quer produzir alimentos secos do tipo crudivorismo não deve expô-los a temperaturas acima de 42 °C. Visto que a evaporação de água gasta energia, a temperatura dentro da câmara de secagem é mais baixa no início do processo de desidratação, quando os alimentos estão muito úmidos ainda, e aumenta durante o processo de secagem, mesmo com fornecimento de energia constante. Quem constrói e usa um desidratador de alimentos precisa medir a temperatura dentro da câmara de desidratação com um termômetro e corrigir a construção em caso de temperaturas inadequadas. Quando os alimentos são expostos ao sol direto, a cor de certos alimentos altera, especialmente verduras.

Existe uma relação direta entre a velocidade da fluxo do ar e a temperatura. Quanto mais forte a fluxo, mais baixa a temperatura com alimentação constante de energia solar. Um aumento da velocidade do ar de 3 m/s a 9 m/s tem o mesmo efeito como o aumento da temperatura de 30°C a 60°C.

Os autores consultados concordam que a temperatura ótima para a desidratação de frutas é 60°C, a temperatura mínima 40°C. Temperaturas mais altas resultam em necrosidade e endurecimento da superfície, o que diminui o demais processo de desidratação. Com temperaturas de 60°C, insetos que estiverem na câmara morrem. Para a desidratação de cogumelos os autores indicam temperaturas máximas de 50 °C, para eles não perderem cor e sabor. Ervas de cozinha devem ser desidratadas com temperatura máxima de 40 °C, temperatura que conserva os óleos essenciais.

Como problemas possíveis no processo de desidratação são nomeados principalmente a infestação por insetos, o podrecimento dos alimentos ao faltar a higiene necessária ou durante períodos prolongados de tempo nublado, além disso a perda de qualidade por causa de desidratação quente ou fria demais.

1.2. Geração de uma fluxo de ar

Dentro da câmara de desidratação uma fluxo de ar tem de levar a umidade produzida pelo processo de secagem, senão a água condensa na superfície das frutas e nas paredes da câmara. Por isso a câmara dispõe de uma ou várias aberturas de entrada e – ao lado oposto - saída de ar. Se o aparelho deve ser resistente a intempéries, as aberturas têm de ser protegidos contra a chuva.

A velocidade da fluxo por si não é importante para o processo de secagem. Velocidades de até 1.5 m/s parecem não criar problemas. A umidade relativa do ar e a temperatura dentro da câmara de secagem,

porém, dependem diretamente da velocidade, por isso é uma vantagem imenso quando a velocidade do ar for regulável.

Desidratadores solares aplicam as técnicas seguintes para gerar um fluxo do ar: Quando o vento sopra da direção certa (ou as aberturas estão alinhadas na direção do vento), ele gera um fluxo de ar dentro da câmara. Desidratadores de calor direto e especialmente desidratadores com vento de ascensão utilizam a convecção térmica natural para produzir um fluxo: A abertura de entrada do coletor solar tem de ser mais baixa do que sua abertura de saída. O coletor solar do Desidratador de convecção é, conseqüentemente, inclinado. No coletor solar o ar é aquecido, expande-se e sobe. A convecção térmica natural pode ser reforçada por uma chaminé instalada na abertura de saída de desidratadores com vento de ascensão e desidratadores de túnel. Além disso, o desidratador de túnel pode beneficiar do vento, ao ser colocado na direção do vento. Uma vez que coletor do desidratador de túnel é horizontal, não há convecção natural. Por isso um ou mais ventiladores são montados na abertura de entrada, especialmente de grandes desidratadores de túnel. Estes ventiladores operam preferencialmente com um painel solar, porque o fluxo mais forte é gerada exatamente quando se precisa de ser.

Se o desidratador não usa apenas uma, mas duas ou até os três técnicas de geração de fluxo, deve-se assegurar que não se anulam mutuamente.

A maioria dos construtores de desidratadores de calor direto e com vento de ascensão não se expremem em detalhe sobre o tamanho das aberturas de entrada e saída. Quem decide construir um destes tipos tem de confiar nas notificações nos manuais de construção e eventualmente fazer correções, dependente dos materiais escolhidos, do lugar, etc. Os construtores de desidratadores de túnel recomendam geralmente a utilização de ventiladores que permitem um fluxo de 40-50 m³ por hora e metro quadrado de coletor solar.

1.3. Materiais de construção

A escolha de materiais adaptados à construção do desidratador influencia muito a qualidade dos alimentos secos. Os materiais mais comuns são plástico, madeira, metal e vidro. Muitos autores alertam para matérias tóxicas que podem infiltrar o alimento, sobre tudo para madeira tratada com formaldeído, para solventes, acetona e metais pesados em colas e tintas, para ftalatos e benzeno em plástico.

Para a cobertura do coletor solar usa-se com frequência uma folha de plástico, porque vidro é caro, mais difícil a trabalhar e quebrável. O plástico tem de ser resistente aos raios ultravioletos, recomenda-se o uso de folhas de 0.2 mm de grossura em PE resistentes aos raios UV, material que se usa também em estufas. Um dos autores recomenda poliéster reforçado com fibra de vidro (FRP).

O coletor solar tem de ser herméticamente fechado e pintado de preto fosco, em primeiro lugar. É recomendado o uso de verniz solar preto. Para deixar evaporar os solventes tóxicos é recomendável expor o coletor solar ao sol durante alguns dias antes do primeiro uso. A eficiência pode ser aumentada com um fundo condutor térmico (metal) que facilita o intercâmbio do calor com o ar que passa por cima, e uma estrutura longitudinalmente ondulada que aumenta a área. Algumas construções contêm uma ou várias camadas de grade de metal pintadas de preto que facilitam o intercâmbio do calor, porém criam também turbulências indesejadas no fluxo do ar. É também possível cobrir o coletor com latas de alumínio pintadas de preto e abertas no fundo e no topo. Estas latas serão transcorridas pelo ar. Latas abertas apenas parcialmente aumentam a turbulência e o intercâmbio do ar, porém à custa da velocidade do fluxo. De todo jeito é útil isolar o fundo do coletor solar termicamente com um material resistente ao calor (isopor não, cortiça, feltro, lã, algodão etc. sim).

Chaminé: Alguns construtores de desidratadores com vento de ascensão apostam em montar um chaminé na saída, e isso até em desidratadores nos quais o fluxo do ar na câmara de desidratação corre de cima para baixo (!). Em minha opinião um chaminé afeitua apenas um efeito desejado de fidelização quando esquentado pelo sol, pois é feito de um material condutor térmico e pintado de

preto. Um chapéu de chaminé protege contra intempéries, porém dificulta o fluxo de ar. Recomenda-se um modelo giratório que aumenta ainda o efeito de fidelização.

É indispensável uma tela de proteção contra insetos, colocada na abertura de entrada e saída do desidratador. Esta tela também dificulta o fluxo de ar. Telas com uma malha de 0.3 mm asseguram uma boa proteção. Telas com fio grosso dificultam o fluxo de ar, as com fio fino são caras. Visto que cada desidratador necessita apenas duas telas relativamente pequenas, não vale a pena economizar com esta peça. Uma tela com uma malha de 0.3 mm que permite a passagem livre de 65% do fluxo de ar, por exemplo, é descrita no site www.g-h.ch.

A grade que suporta os alimentos a secar deve ser tão estreita para que o alimento não atravesse, mas tão larga para que ela deixa passar o fluxo de ar o mais possível. Usa-se um material resistente aos raios solares, ao calor e aos ácidos de frutas, além disso facilmente lavável. Os autores recomendam sobre tudo aço (caro), polipropileno (PP), fibra de vidro, polietileno (PET) ou madeira.

Estrutura de apoio: Com frequência usa-se madeira. É barata e isolador térmico, mas material problemático em construções grandes que não podem ser guardados em tempos de desuso. Neste caso a capa de plástico tem de permanecer encima da estrutura para proteger a madeira contra a umidade. Neste caso é melhor usar materiais diferentes: plásticos, aço, alumínio ou ferro vernizado.

Ventiladores e painéis solares: veja capítulo 2.3. na página 8.

O material de embalagem tem de ser adequado para produtos alimentares. Recomenda-se polipropileno ou papél. Latas de metais não servem nem para armazenamento provisório nem definitivo.

1.4. Tipos de desidratadores solares de alimentos

Em princípio existem três tipos de desidratadores solares de alimentos que diferem fundamentalmente em tamanho, gasto de material, forma, maneira de funcionamento e aplicação: O desidratador de calor direto, o Desidratador de convecção e o desidratador de túnel. Para escrever este documento estudei o total de 35 modelos descritos na internet. Por um lado muitos construtores copiaram ideias de outros, por outro lado existem descrições de modelos que foram apresentados na internet antes que o aparelho foi testado ao vivo. Por isso sobram dúvidas sobre a utilidade de algumas variações. Veja aqui uma descrição sumária dos três tipos principais com suas vantagens e desvantagens:

Desidratador de calor direto: Ele é uma construção parecida como um fogão solar (veja <http://cumaru-pe.com.br/data/documents/Fogao-solar-para-regioes-tropicais.pdf>), com a diferença que ele dispõe de aberturas laterais de areação que permitem a circulação de ar e assim a dissipação da

umidade proveniente dos alimentos. A ventilação acontece com a ajuda do vento e com a convecção térmica, o controle da temperatura principalmente com o lugar do aparelho, com o tamanho das aberturas de areação e com um sombreamento parcial da tampa. Os modelos descritos na literatura são pequenos, muito baratos para construir, geralmente de madeira ou isopor, transportáveis, mas mal resistentes à intempéries. A área que serve para captar a luz solar está na posição horizontal, razão pela qual a eficácia mais elevada é durante as horas ao redor de meio-dia e mais baixa cedo de manhã e de tardezinha. Ao mesmo tempo é possível desidratar apenas quantidades pequenas, e geralmente os alimentos são expostos aos raios solares. Por isso este tipo não é recomendado para alimentos sensíveis ao luz e para a desidratação de quantidades grandes de alimentos. Desidratadores de calor direto que ficam desprotegidos durante a noite precisam de telas de ferro nas aberturas de ventilação para impedir a entrada de mamíferos (ratos, timbú, etc.).



Desidratador de convecção: A particularidade do Desidratador de convecção é a separação local do coletor solar da câmara de desidratação. Este fato tem várias vantagens: Os alimentos a secar não estão expostos ao sol e podem ser protegidos melhor das intempéries e dos animais indesejados. Este tipo é especialmente recomendado para alimentos sensíveis à luz. As grades, colocadas uma encima da outra, permite economizar espaço e serve para desidratar uma quantidade média de alimentos ao mesmo tempo. Além disso o ar quente produzido no coletor solar pode ser distribuído mais homogeneamente na câmara de desidratação. Geralmente o Desidratador de convecção é construído em madeira, por isso ele está relativamente pesado e pouco resistente à umidade. A construção permite a colocação aditiva de lâmpadas dentro da câmara de desidratação que fornecerão calor na falta de energia solar, durante a noite, por exemplo.

O fluxo de ar produz-se através a convecção térmica, o que significa que o coletor solar é mais ou menos inclinado, dependendo da latitude do lugar, com os efeitos seguintes: O ar é aspirado próximo ao solo onde a probabilidade de poeira e sujeira é maior. A energia solar cedo de manhã e de tardezinha pode ser melhor usada que com coletores horizontais, mas a insolação mais forte em lugares tropicais, ao redor de meio-dia não pode ser usada de maneira ideal. O coletor tem de ser virado várias vezes segundo a posição durante o dia, o que pode ser meio complicado, visto o peso do aparelho. Geralmente o desidratador é colocado encima de rodas. A geração do fluxo de ar com convecção térmica dificulta um controle da temperatura. Teoreticamente é possível montar ventiladores para aumentar o fluxo de ar. Os autores recomendam uma carga de até 10-12 kg/m² de grade.



O estudo dos modelos não respondeu a questão se o fluxo de ar dentro da câmara de desidratação tem de correr de cima para baixo ou de baixo para cima. Realmente, dentro da câmara de desidratação acontecem dois processos com efeitos divergentes: Com o aumento da umidade relativa o ar pesa menos e tem a tendência de ascender, mas com a diminuição da temperatura ela pesa mais e tem a tendência de descer. Não consigo avaliar qual é o efeito predominante, porque isso depende, entre outros, do teor de água do alimento e da qualidade da isolamento térmica da câmara de desidratação. Provavelmente a melhor solução seria uma câmara de desidratação dividida em duas partes: a primeira com fluxo ascendente e a segunda com fluxo descendente. Segundo os aparelhos descritos na internet existem aparelhos das duas variantes que parecem funcionar, por isso julgo que a direção do fluxo de ar dentro de câmaras de desidratação é de pouca importância. De todo jeito, câmaras de desidratação sem isolamento térmica e de cor preta devem funcionar com o fluxo de ar ascendente.

Além da proteção contra insetos, desidratadores com vento de ascensão devem dispor de telas de ferro nas aberturas de entrada e saída, como proteção contra mamíferos (ratos, timbu, etc.)

Desidratador de túnel: Foi desenvolvido para processar quantidades médias até grandes de alimentos de maneira eficaz. A construção necessita pouco material e é fácil de construir. O coletor solar e a área que recebe os alimentos estão em posição horizontal e sucessiva debaixo de um túnel de plástico. O desidratador deve ser montado em direção do vento. Mesmo assim a falta de convecção térmica tem de ser compensada por um ventilador que aumenta os custos deste tipo. É recomendado acionar o ventilador com energia solar. Visto que a maioria dos alimentos a secar não precisa de



ventilação durante a noite, o motor pode ser ligado diretamente com o painel solar (sem bateria).



Este tipo de desidratador precisa de relativamente muito espaço e é, devido ao seu tamanho, mal transportável. Por isso o aparelho tem de ser construído com materiais resistentes à intempéries. Os maiores desidratadores documentados têm uma área carregável de acima de 20 m², com uma carga de mais que 10 kg de alimentos por metro quadrado. Os alimentos estão expostos aos raios solares, por isso este tipo não é recomendável para processar alimentos fotossensíveis. Uma das desvantagens principais é o fato que os ali-

mentos não podem ser protegidos contra ataques noturnos de mamíferos. Pior ainda que a construção pesada mal pode ser movida. A temperatura dentro do túnel pode ser controlada por sombreamento parcial e sobre tudo pela potência do ventilador.

Visão geral sobre os tipos e seus vantagens e desvantagens

	Desidratador de calor direto	Desidratador de convecção	Desidratador de túnel
Construção barata	+	-	+/-
Construção simples	+	-	+
Para grandes quantidades de alimentos	-	+/-	+
Girar em direção do sol desnecessário	+	-	+
Resistente à intempéries	-	+/-	+
Alimentos estão protegidos contra os raios solares	-	+	-
Não precisa de ventilador	+	+	-
Precisa de pouco espaço	+	+	-
Com proteção contra mamíferos	+	+	-
Regulação da temperatura possível	-	-	+

Outros tipos: É bastante surpreendente que aparentemente ninguém teve a ideia de combinar os tipos acima descritas. Seria possível pensar em um Desidratador de convecção com ventilador. Assim o coletor poderia ser colocado em posição horizontal e não precisava ser posicionado em direção do sol. O coletor solar poderia até ser colocado encima do telhado da casa – separadamente da câmara de desidratação que ficaria dentro da casa. Uma outra variante é um desidratador de túnel giratório e inclinável, apresentado no capítulo 2.4, página 10.

2. Construção de desidratadores solares de alimentos

2.1. Desidratador de calor direto

A construção de um desidratador de calor direto bastante confortável está descrita sob http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=14&ved=0CDkQFjADOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.facesdobrasil.org.br%2Fmidiateca%2Fdoc_download%2F329-manual-de-desidratacao-solar-de-frutas-ervas-e-hortalicas.html&ei=7mYtVeOoIlyksAGimlGYCQ&usq=AFQjCNEZv5pwz1XQ6xBIO5l5PnEQ2TNptQ&bv=m=bv.90790515.d.bGg. Um modelo bom, mas um pouco mais barato, está apresentado sob <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAaQkAB/secador-solar-baixo-custo>.

Não esqueça os avisos sobre a escolha do material no capítulo 1c deste documento. Além disso as aberturas de ventilação devem ser feitas em alturas diferentes: as aberturas de entrada mais baixas que as aberturas de saída.

2.2. Desidratador de convecção

Quem quer construir um Desidratador de convecção se oriente nos modelos de luxo, descritos sob <http://www.motherearthnews.com/diy/solar-food-dehydrator-plans-zm0z14ijzmar.aspx> e no clipe <https://www.youtube.com/watch?v=ntHkizSqvpw>. Recomendo de não mudar a relação entre a área do coletor solar e o volume da câmara de desidratação. A regulação da temperatura acontece fechando parcialmente as aberturas de saída. O fluxo de ar sofre com a carga de alimentos, por isso a maioria dos construtores recomendam uma distância de 15-20 cm entre um grade e outro. O problema do vento do lado errado pode ser resolvido com uma construção que desvie o vento na abertura de entrada (veja ilustração na página 12) e uma abertura de saída adicional no lado oposto. Se as temperaturas ficam elevadas demais regularmente, um ventilador adicional deve ser montado na abertura de entrada. Quando há o perigo de ataque de mamíferos noturnos, telas de ferro nas aberturas de entrada e saída ajudarão.

Se você acha tudo isso sério e triste demais, lhe recomendo a leitura do manual de construção Inglês de um coletor solar com latas de alumínio:

<http://www.spacepetuniareview.com/2014/11/diy-building-solar-can-air-dehydrator.html>

2.3. Desidratador de túnel

Para regiões próximas ao equador o desidratador de túnel é provavelmente o aparelho mais adequado. Seu tamanho é variável dependendo da quantidade de alimentos disponível. Em princípio pode-se proceder como descrito, por exemplo, em

http://www.solare-bruecke.org/Bauanleitungen/Tunneltrockner_dt.pdf ou

http://www.alternative-technologie.de/Solarer_Trockner/Tunneltrockner_dt.pdf ou

http://www.alternative-technologie.de/Solarer_Trockner/Tunnel_Dryer_Instructions.pdf.

Quanto aos materiais a usar, existem várias possibilidades (veja capítulo 1.3. na página 4). Quanto ao tamanho o seguinte tem de ser observado:

Segundo todos os autores a relação entre o coletor solar e a área da câmara de desidratação tem de ser mantido em 1:1. Se o coletor solar é maior, os alimentos receberão mais energia, e haverá o perigo de superaquecimento. Este problema se resolve apenas em aumentando a potência da ventilação.

Quanto à seleção do ventilador e do painel solar: Fora uma troca minimal de ar que serve para tirar a umidade da câmara de desidratação, o ventilador serve sobre tudo para regular a temperatura. Quanto maior sua potência, mais frio será dentro da câmara com um fornecimento constante de energia solar. Com uma ventilação pequena demais os alimentos estão expostos à um calor exagerado o que diminui a qualidade do produto, uma ventilação grande demais haverá, fora os custos desnecessários, apenas efeitos negativos quando ultrapassando uma velocidade do vento maior a 1.5 m/s.

A potência minimal necessária é determinada com a área do coletor solar. Experiências mostram que é necessário um fluxo de volume de 40 - 50 m³/h de ar por metro quadrado de coletor solar para manter a temperatura dentro da câmara de desidratação nas margens permitidas. Geralmente são usados ventiladores que trabalham com alimentação de corrente contínua de 12 V. Assim é possível ligá-los diretamente com painéis solares normais. A potência de ventiladores é geralmente indicada em m³/h (para ventiladores de computador em cfm = cubic foot/minute). 1 cfm corresponde a 1.699 m³/h.

***Exemplo:** Quando um coletor solar mede 4 m², a potência total dos ventiladores a montar é de aproximadamente 200 m³/h.*

Ao comprar o ventilador temos de considerar também o comportamento do motor e do ventilador em carga parcial porque a radiação solar representa uma fonte de energia muito variável. O ventilador deve funcionar também quando a radiação solar for fraca. Além disso deve-se escolher um ventilador que apresenta um momento de iniciar mais baixo possível para que o ventilador inicie a tempo. Ideal é um início do ventilador com 120 W/m². Conrad (www.conrad.de), por exemplo, oferece tais ventiladores sob o número de ordem de 53 73 30 59 ou 53 71 60 59, Reichelt (www.reichelt.de) sob a denominação de FAN-ML 8020-12. Se é necessário mais que um ventilador, eles estão interligados em paralelo e ligados diretamente com o painel solar.

A potência total teórica do painel solar corresponde à soma dos pedidos de potência de todos os ventiladores em carga total. Potência = Voltagem x Amperagem

***Exemplo:** Quando há necessidade de um painel solar para três ventiladores cujo pedido de potência é de 0.5 amperes cada, a potência total teórica do painel solar é*
$$P = 0.5 A \times 12 V + 0.5 A \times 12 V + 0.5 A \times 12 V = 1.5 A \times 12 V = 18 W$$

O painel solar tem de ser dimensionado de maneira que os ventiladores trabalham também com o céu nublado. Um dos autores consultados recomenda aumentar por aproximadamente 20 % a potência total teórica calculada. Em nosso exemplo o pedido real para o painel solar seria de 22 W. Este aumento da potência é apenas uma questão de custos; um excesso de energia fornecida com sol forte não prejudica os ventiladores se a voltagem não for aumentada também. Evidentemente estas informações dependem da qualidade do coletor solar, da radiação solar, da temperatura ambiental, da umidade relativa, etc. Se a temperatura dentro da câmara de desidratação frequentemente é alta demais, mais ventiladores tem de ser montados ou o coletor solar diminuído em tamanho. Um dos autores acha desnecessária a ventilação artificial quando a velocidade do vento natural durante o dia no lugar é maior a 3 m/s. Neste caso, segundo ele, um chaminé tem de ser montado na saída, o que simula um tipo de convecção térmica. O problema é que a velocidade do vento não correlata com a radiação solar o que torna a regulação térmica impossível.

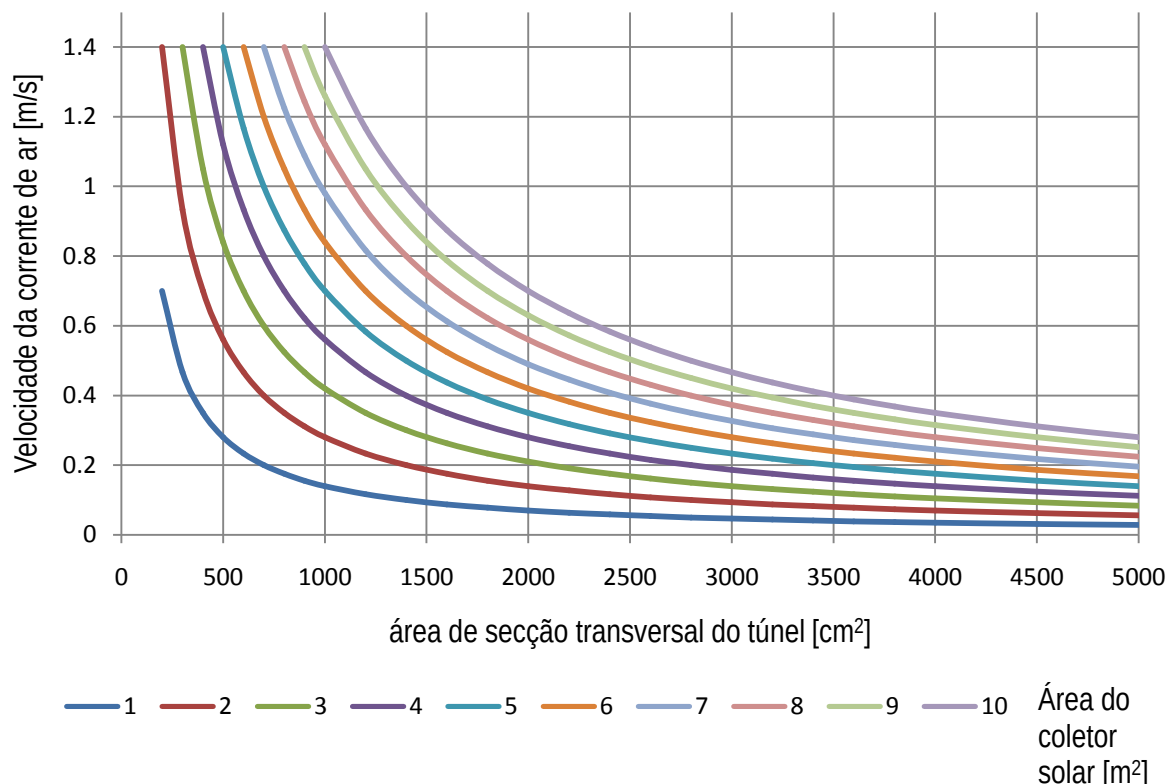
Finalmente temos de prestar atenção à área de secção transversal do túnel (e com isso o volume do túnel). A temperatura na câmara de desidratação não pode ser influenciado com esta medida. Porém, quanto menor a área é, maior é a velocidade do ar com potência constante do ventilador, e mais a umidade relativa do ar pode ser reduzida com potência constante do ventilador, menor também o volume de ar que consegue receber a umidade do alimento. A relação entre a área do coletor solar (e dependente dela a potência total dos ventiladores), a velocidade do fluxo de ar e a área de secção transversal do túnel pode ser exprimido com as fórmulas seguintes:

$$\text{Velocidade do fluxo de ar no túnel [m/s]} = \frac{140 \times \text{área do coletor solar [m}^2\text{]}}{\text{área de secção transversal [cm}^2\text{]}}$$

$$\text{Área de secção transversal do túnel [cm}^2\text{]} = \frac{140 \times \text{área do coletor solar [m}^2\text{]}}{\text{Tunnelquerschnitt [cm}^2\text{]}}$$

$$\text{Potência do ventilador [m}^3\text{/h]} = \frac{\text{velocidade desejada do fluxo de ar [m/s]} \times \text{área de secção transversal do túnel [cm}^2\text{]}}{7000}$$

Gráfico: Velocidade da corrente do ar em relação com a área de secção transversal do túnel para coletores solares de 1 até 10 m², com uma potência de ventilação de 50 m³/h*m²



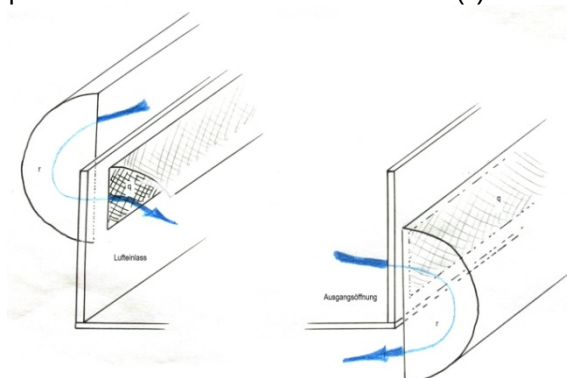
Assumindo que toda energia que chega no coletor solar seja transformada em calor e passe ao volume de ar que se encontra dentro dele a temperatura do ar não pode ser variada com uma diminuição da área de secção transversal do túnel. Orém, este pressuposto não está completamente certo: Quanto melhor o contato entre a superfície e o ar que passa por cima dela, melhor a troca de energia. Na câmara de desidratação também há o interesse de a corrente passe próximo aos alimentos e não longe deles, sem fazer efeito. Por isso a área de secção transversal tem de ser escolhido a menor possível, mas de tamanho que a corrente não ultrapasse uma velocidade superior a 1.5 m/s. A única vantagem de um grande volume do túnel seria que variações de fornecimento de energia (por nuvens, por exemplo) seriam melhor compensadas, o sistema tornava mais retardada.

2.4. Projeto: Desidratador de túnel giratório e inclinável

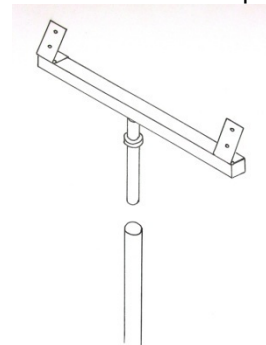
Tentei unir as vantagens do Desidratador de convecção com aquelas do desidratador de túnel em uma única construção. O resultado é um desidratador de túnel giratório e inclinável que aproveita melhor da energia solar pelo posicionamento em direção do sol e funciona melhor, devido a sua inclinação, aproveitando da convecção térmica, pois não precisa de ventilador. Visto que o desidratador pode ser

maderite. Ambas partes recebem os cortes necessários para caber no espaço previsto (o) e uma moldura de madeira para aumentar a estabilidade, depois são colocadas encima dos ferros (c).

A abertura de entrada é cortada no lado superior da placa de maderite para evitar a entrada de poeira. É recomendável uma proteção para impedir a entrada de chuva. Recomendo montar um cata-vento improvisado que mostra a direção do vento (uma tira de plástico pendurada, por exemplo). Proteja a entrada e a saída com uma tela contra insetos (q). Para poder colocar o desidratador em direção do sol mesmo com o vento da direção „errada“, podem-se montar cascas em forma de meio-cilindro (r) na frente das aberturas



de entrada e saída que desviam o vento para dentro do túnel. As grades (f) medem 50 cm por 100 cm cada uma e são fixadas com cabos de aço ou arame nas barras superiores (e) assim que mantêm uma distância de 10 cm do fundo da câmara de desidratação (n).



A estrutura inteira é colocada encima de um tripé giratório e inclinável de 1.40 m de altura que se posiciona debaixo do centro de gravidade do desidratador de túnel.

Uso: Com as medidas acima mencionadas o desidratador de túnel pode ser girado por 360° e inclinado por 30°. Já que as grades não estão colocadas, mas sim penduradas, elas ficam em posição horizontal mesmo com o aparelho inclinado. Assim os alimentos a secar não deslizem e estão em contato

com o ar por todos os lados. Em caso de chuva o aparelho tem de ser inclinado o mais forte possível para evitar a acumulação de água na cobertura.

Regulagem de temperatura: Em princípio capturar mais energia possível, o que significa: posicionar o coletor solar retangularmente aos raios solares: No hemisfério sul no inverno de manhã em direção nordeste e de tarde em direção noroeste, no verão de manhã em direção sudeste e de tarde em direção sudoeste. Quem não tem em tempo nem condições para mudar a direção diariamente põe o coletor solar no inverno em direção norte ou noroeste, no verão em direção sudoeste porque a umidade relativa do ar está mais baixa de tarde que de manhã. Em caso de superaquecimento será necessário esfriar o sistema de maneira seguinte: ou aumentar a inclinação do coletor (isso aumenta a convecção térmica), ou tirar o coletor da posição ideal e colocá-lo em direção do vento sem montar as cascas de desvio, ou adicionar mais alimentos para secar, ou cobrir parcialmente o coletor solar.

3. Uso do desidratador de alimentos

3.1. Trabalhos de manutenção

Antes do primeiro uso e de vez em quando o interior do desidratador tem de ser desinfectado com um detergente solúvel. Uma cobertura limpa aumenta a eficiência. Quando o desidratador passa para um tempo prolongado é recomendável proteger pelo menos as partes deterioráveis contra as intempéries porque todos materiais velhecem mais rapidamente com a radiação solar e a umidade. Plástico se torna quebradiço, madeira podre e ferro enferruja.

3.2. Preparação dos alimentos a desidratar

Antes de todos os trabalhos as mãos têm de ser lavadas cuidadosamente. Roupas e ferramentas limpas evitam a contaminação dos alimentos com fungos e bactérias. Os passos seguintes têm de ser executados sucessivamente, sem interrupções prolongadas.

1. Em primeiro lugar os alimentos têm de ser selecionados. Escolhe frutas e verduras completamente maduras que não apresentam putrefação. Observe o tempo: Se possível, comece o processo de desidratação no início de um período de tempo favorável.
2. Geralmente é favorável lavar os alimentos antes de descascá-los. Use água limpa ou água com um produto desinfetante contendo cloro (em diluição de 1:50).
3. Agora descasque os alimentos, corte-os em fatias ou bastonetes finos com uma faca de aço inox e aplique um tratamento preparatório, se necessário (veja no capítulo 5.3. na página 20).
4. Um dos autores recomenda lavar os alimentos outra vez com uma solução de desinfetante (na relação 1:10) e passar água potável para tirar o cloro excessivo. Se não há água potável, substitua-a por uma solução de cloro de 0.3 %.
5. Agora o alimento está preparado para ser colocado no desidratador. Prefira fazer isso de manhã para deixá-lo desidratar bastante antes da primeira noite. As partes não devem tocar-se mutuamente para que não colem e fiquem arejadas por todos os lados. O agarramento na grade pode ser evitado untando-a com óleo vegetal. Se há a possibilidade, mantenha o fluxo de ar durante a primeira noite. Nas noites seguintes é melhor interromper a ventilação. Um dos autores recomenda usar grades diferentes para desidratar carne e peixe.

3.3. O Processo de desidratação

Durante o processo de desidratação os alimentos têm de ser controlados periodicamente. O processo está terminado quando o produto cumpre os critérios para a embalagem e o armazenamento (veja capítulo 5.4. na página 21).

Durante o processo de desidratação vários problemas podem surgir:

Problema	Origens possíveis	Solução
Endurecimento precoce da pele do alimento	Desidratação rápida demais, umidade relativa baixa demais na câmara de desidratação	Diminuir a velocidade do fluxo de ar ou acrescentar mais alimentos
Escurecimento do alimento	Tratamento preparatório faltando, excesso de temperatura na câmara de desidratação	Tratar o alimento na próxima vez, baixar a temperatura na câmara de desidratação (diminuir a área do coletor solar ou aumentar o fluxo do ar)
Contaminação dos alimentos por fungos ou	Falta de higiene nos trabalhos preparatórios, temperatura baixa demais, umidade relativa	Respeitar as recomendações de higiene, diminuir a velocidade do ar (quando a temperatura é baixa demais), aumentar a área do coletor solar ou

bactérias	alta demais na câmara de desidratação	diminuir a quantidade de alimentos (quando a umidade relativa é alta demais)
-----------	---------------------------------------	--

A conservação dos alimentos acontece pela desidratação, a remoção de água. O estrago dos alimentos é retardado principalmente pela falta de água e com a concentração elevada de açúcar. Porém, existem tratamentos preparatórios que podem apoiar a conservação. Os métodos mais comuns estão mencionados e descritos no anexo 5.3., na página 20.

3.4. Tempo de desidratação

Quanto mais desidratados os alimentos, mais tempo eles podem ser armazenizados. Existem vários métodos para determinar o tempo de desidratação:

- Certos autores mencionam o teor relativo de água do alimento inicial (antes da desidratação) (T_i) e o teor final do produto (T_f) no final do processo de desidratação. Se o peso inicial do alimento (P_i) é medido, com estes dados é possível calcular o peso final (P_f) do alimento. Veja aqui a fórmula:

$$P_f = P_i \times \frac{(100 - T_f)}{(100 - T_i)}$$

Exemplo: Para bananas o teor inicial é $T_i = 76\%$ e $T_f = 21\%$. Se queremos desidratar 10 kg de bananas frescas as passas de banana não deveriam pesar mais que $P_f = 10 \text{ kg} \times \frac{24}{79} = 3.04 \text{ kg}$.

Os teores relativos de água de vários alimentos podem ser encontrados na literatura relevante. Para alguns alimentos os teores são anotados no anexo 5.4., na página 21.

- Alimentos desidratados apresentam certas características que estão descritas na literatura. Passas de banana, por exemplo, devem ser quebradiças, tomates secos semelhantes a couro, passas de batata doce semelhantes a couro, mas não flexíveis. Os produtos desidratados podem ser comparados com estas características desejadas. As características de alguns alimentos estão descritas no anexo 5.4., na página 21.
- Outros autores indicam o grau de desidratação, o que significa até que porcentagem do volume o alimento deveria murchar durante o processo de desidratação. De novo, alguns graus de desidratação estão anotados no anexo 5.4., na página 21.
- Muitos autores mencionam a duração estimada para o processo de desidratação, às vezes em horas, às vezes em dias. Este método é o menos fiável porque o tempo de desidratação depende muito da potência da energia solar, do peso da carga, da umidade relativa ambiental e de outros fatores. Mesmo assim a duração de desidratação para alguns alimentos é anotado no anexo 5.4., na página 21.

Recomenda-se anotar as experiências feitas porque, dependendo do lugar, as durações de desidratação podem desviar das indicações da literatura.

4. Armazenamento, Embalagem, Uso, Venda

4.1. Armazenamento provisório

Depois do processo de desidratação terminar, o produto não pode ficar ao ar livre porque sofreria o ataque de insetos. Recomenda-se tirar o produto seco de tarde depois de um dia ensolarado, e não de manhã. Antes do acondicionamento o produto tem de estar completamente frio. O esfriamento acontece preferencialmente dentro de um recipiente limpo e travável, seja de vidro ou plástico adequado para produtos alimentares ou aço cromado cuja abertura é fechada com um pano para proteger o conteúdo contra insetos. Depois do produto ter esfriado completamente o recipiente pode ser fechado hermeticamente. O armazenamento provisório tem o objetivo de compensar possíveis diferenças de umidade do produto.

4.2. Embalagem e armazenamento definitivo

Agora podemos embalar o produto definitivamente. Certos produtos podem ser moídos antes do acondicionamento. A quantidade por embalagem seja decidida em dependência do consumo ou da venda. As quantidades correspondentes são pesadas, colocadas em saquinhos de plástico adequado para produtos alimentares (PP, e não PE) e soldadas. Agora temos que rotular cada saquinho, com as informações mínimas seguintes: nome do produto, nome e endereço do produtor, conteúdo e tratamentos, quantidade, data de acondicionamento e validade. O armazenamento deve acontecer em um lugar seco, arejado e protegido contra luz e animais. A qualidade deve ser controlada periodicamente. Recomenda-se manter registros sobre os produtos acondicionados. Frutas secas podem ser armazenadas durante tempos variáveis, dependendo das condições de armazenamento. Em embalagens fechadas as passas podem ser armazenadas durante 6-12 meses, parcialmente até dois anos. Ervas conservam-se durante um ano, cogumelos durante um a dois anos, legumes até seis meses, nozes na casca seis a oito meses. A duração pode ser prolongada em armazenamento em recipientes hermeticamente fechados.

O armazenamento impróprio aumenta o perigo de ataques de traças. Como prevenção recomenda-se colocar ramos de zimbro, alecrim ou lavanda ou armadilhas de aroma ao armazem. Caso as traças já atacaram, um novo tratamento de calor no desidratador pode atenuar o problema. Outras pragas que se alimentam de produtos desidratados são a traça-indiana-de-farinha, o garuncho-de-trigo, besouros-de-despenca e espécies de ratos.

4.3. Venda de alimentos desidratados

Quem quer vender alimentos desidratados tem de respeitar várias leis. O produto a vender tem de cumprir exigências de qualidade e ser rotulado. O produtor tem de observar disposições legais formais e de higiene. Você encontrará as exigências legais do Brasil no anexo 5.6., na página 30.

4.4. Uso de alimentos desidratados

A maioria dos alimentos desidratados tem de ser reidratados antes do consumo. Isso acontece colocando-os em água ou cozinhando ou ambos. A água usada contém nutrientes e pode ser usada para cozinhar. Muitas passas de fruta podem ser comidas ao natural, mas recomenda-se mastigá-las bem para reidratá-las na boca. É também possível colocar frutas durante 30 minutos (segundo outros autores 2-4 horas) em água morna, leite ou iogurte e depois comê-las como compota, salada de fruta ou ingrediente na granola.

Alimentos desidratados e moídos podem ser usados diretamente como ingredientes em arroz, cereais, sopas, molhos e papas ao cozinhar, ou acrescentado às massas de bolo, pão e biscoitos.

Legumes podem ser colocados diretamente na água quente, mas também é possível colocá-los antes durante duas horas em água fria. Verduras branqueadas antes da desidratação precisam uma duração de reidratação de apenas um hora. Carne pode ser comida ao natural, ou colocada na água fervendo ao cozinhar, ou colocada antes do uso em água fria. Coloque as fatias de cogumelos em água morna durante 3-4 horas antes do uso.

Raízes e madeiras tem de ser colocadas em água durante várias horas, favas durante 6-8 horas. A duração para cebola, tomate e couve parece ser de 10-15 minutos, a para cenoura, beringela, mandioca, batata e feijão de 30 minutos.

Para perguntas, sugestões, crítica, elogio, use: [cumaru\(at\)cumaru-pe.com.br](mailto:cumaru(at)cumaru-pe.com.br)

Bruno Kägi, Bern, 5 de julho de 2015

5. Anexos

5.1. Fontes gerais

Thema	língua	observações	Link
Geral	Inglês	Receitas (frutas, legumes, carne)	http://www.backwoodshome.com/articles/shaffer58.html
Geral	Português	Muito extenso, com todos tipos de informação sobre desidratação industrial	http://www.revista-fi.com/materias/338.pdf
Geral	Inglês	Tratamento de frutas, com receitas interessantes	http://www.nda.agric.za/docs/solar/solardrying.htm
Geral	Alemão	Tratamento de alimentos, receitas	http://www.alternative-technologie.de/Solarer_Trockner/solarer_trockner.html
Geral	Alemão	Seleção do ventilador, sobre o tamanho necessário da abertura de saída	http://www.solare-bruecke.org/Bauanleitungen/Tunneltrockner_dt.pdf http://www.alternative-technologie.de/Solarer_Trockner/Tunneltrockner_dt.pdf
Geral	Inglês		http://solarcooking.wikia.com/wiki/Solar_food_drying
Informações sobre o processo de desidratação	Alemão		https://www.hft-stuttgart.de/Forschung/Projekte/Projekt66.html/de
Preparação dos alimentos	Português		http://projetoplanteumavore.blogspot.ch/2010/10/desidratacao-de-frutas-e-legumes-com.html
Preparação dos alimentos	Português		http://www.curapelanatureza.com.br/2008/03/secador-solar-para-desidratar-de.html
Argumentos para usar um desidratador solar	Português	Filme	https://www.youtube.com/watch?v=qypdlUq2YE
Comprar o manual para construir um desidratador solar	Alemão	Fr. 35.--	http://www.solardorrer.ch/solartrockner.html
Informações completas	Espanhol	Da Unesco Montevideo	http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/ED-Guiasecaderosolar.pdf
Informações completas, com receitas e leis	Português		http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=14&ved=0CDkQFjADOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.facesdobrasil.org.br%2Fmidadeca%2Fdoc_download%2F329-manual-de-desidratacao-solar-de-frutas-ervas-e-hortalicas.html&ei=7mYtVeOolIyKsAGjmlGYCQ&usq=AFQjCNEZv5pwz1XQ6xBlO5l5PnEQ2TNptQ&bvm=bv.90790515.d.bGg
Receitas	Português	Da Universidade de São Paulo USP	http://www.solefrutas.esalq.usp.br/docs/desidratacao.pdf
Informações científicas	Alemão	Vantagens do desidratador de túnel, exigências quanto à	http://www.aee.at/aee/index.php?option=com_content&view=article&id=673&Itemid=113 http://www.aee.at/aee/images/Bilder-fuer-Zeitungen/2001-01/images/MUEHLB01.jpg

		ventilação	http://www.aee.at/aee/images/Bilder-fuer-Zeitungen/2001-01/images/MUEHLB02.jpg http://www.aee.at/aee/images/Bilder-fuer-Zeitungen/2001-01/images/MUEHLB03.jpg
Relação entre temperatura, umidade do ar e velocidade do fluxo	Inglês		http://members.efn.org/~itech/pdf%20files/Solar%20tunnel%20food%20dryer.pdf
Coletor solar com latas de alumínio	Inglês	Material usado: latas de alumínio, vidro acrílico	https://www.youtube.com/watch?v=bRZvAAqzXlw

5.2. Informações sobre os modelos

Tipo	Língua	Materiais usados	Custos	Área do coletor solar [m²]	Observações	Link
DC	Esp	Madeira, plástico	-	2.1	Sem indicação sobre a qualidade do plástico, sem proteção contra insetos	https://www.veoverde.com/2012/08/como-construir-un-deshidratado-solar/ https://www.youtube.com/watch?t=28&v=-1cZPdauq-Q
DC	Inglês	Madeira, plástico reforçado com fibra de vidro, metal		1	Construção relativamente complicada, não recomendado para regiões tropicais; com observações gerais	http://www.motherearthnews.com/diy/solar-food-dehydrator-plans-zm0z14ijzmar.aspx
DC	Alemão	Madeira, vidro, latas de alumínio, material de isolamento térmica		~0.6		https://www.youtube.com/watch?v=ntHkizSqvpw
DC	Inglês	Papelão, plástico			inútil	http://www.solareagle.com/PREP/SOLDEHYD.HTM
DC	Francês	Madeira, metal, vidro acrílico	-	4.5	Descrição inexata, em minha opinião não funciona	http://solarcooking.org/francais/chimney-fr.htm
DC	Port	Madeira, plástico	-	~2		http://media0.agrofloresta.net/static/artigos/Desidratador-solar_traduzido_pt_BR.pdf https://www.youtube.com/watch?v=q3EYI868SPJ
DC	Inglês	Madeira	-	~2	Coletor pouco inclinado, com chaminé preto, outro modelo com coletor mais inclinado e vento de ascensão, mas sem descrição detalhada	https://www.youtube.com/watch?v=oVTcnCuX2Qc
DC	Inglês	Madeira, Fibra de vidro, tela de metal		32"x73"	Descrição detalhada, com vento de queda, com a câmara de desidratação debaixo do coletor solar	https://www.youtube.com/watch?v=8XID-nxU5K0
DC	Inglês	Geladeira de cerveja usada		-	Geladeira de cerveja, com vento de queda; câmara de desidratação debaixo do coletor solar, com chaminé, sem descrição detalhada	https://www.youtube.com/watch?v=pEqyKGiGcJE
DC	Inglês	Madeira, Metal		-	Não funciona, sem explicação do motivo	https://www.youtube.com/watch?v=dUFPIHwIU-c
DC	Inglês	Madeira, Plástico	-	-	Com exaustor elétrico e lâmpada, apenas para quantidades pequenas de alimentos	https://www.youtube.com/watch?v=aofrh-bjCvQ&list=PL9819D4D85F9192C7
DC	esp	Madeira, Plástico		2	Barato, pequeno, com coletor solar pouco inclinado	https://www.youtube.com/watch?v=-1cZPdauq-Q https://www.youtube.com/watch?v=B-o0cUEDbHc
DC	Inglês	Madeira, latas de alumínio, vidro acrílico			Bem explicado	https://www.youtube.com/watch?v=7B2DGXPOk4Q

DC	Inglês	Latas de alumínio, chapa ondulada, vidro acrílico ou vidro, gesso, madeira		0.8	Com ventilador acionado por energia solar	http://www.instructables.com/id/Large-Scale-Solar-Dehydrator/?ALLSTEPS
Dir	port	Madeira, Isopor, vidro	-	~0.2	Da Universidade federal rural PE	http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAQkAB/secador-solar-baixo-custo
Dir	Inglês	Metal, madeira		~0.5		http://www.instructables.com/id/Solar-Food-Dryer/?ALLSTEPS
Dir	port	Madeira, vidro, plástico	250 RS	1.04	Da Universidade de São Paulo USP, descrição detalhada	http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=14&ved=0CDkQFjADOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.facesdobrasil.org.br%2Fmidiateca%2Fdoc_download%2F329-manual-de-desidracao-solar-de-frutas-ervas-e-hortalicas.html&ei=7mYtVeOoIlyksAGimIGYCO&usq=AFQjCNEZv5pwz1XQ6xBI0515PnEQ2TNptQ&bvm=bv.90790515,d.bGg
Dir	port	Madeira, Plástico	17.60 RS	~1	Da Universidade de São Paulo USP	http://www.facesdobrasil.org.br/midiateca/doc_details/330-secador-solar-de-baixo-custo-para-frutas-e-hortalicas.html http://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/permacultura/Secador_Solar_de_Baixo_Custo_para_Frutas_e_Hortalicas%20-%20Guia_de_Construcao%20-%20A3o.pdf
Dir	port	Isopor, Madeira, Vidro	-	0.5	Simples, com receitas	http://projetoplanteumavore.blogspot.ch/2010/10/desidracao-de-frutas-e-legumes-com.html
Dir	port	Isopor, Vidro	-	0.5	Simples, com receitas	http://www.curapelanatureza.com.br/2008/03/secador-solar-para-desidracao-de.html
Dir	port	Madeira, Isopor, Vidro, placa de metal	-	1	Não apropriado para regiões tropicais	http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/secadorsolar_iapar.pdf
Dir	port	Madeira, Vidro	-	0.97	Für Tropen nicht geeignet	http://www.solefrutas.esalq.usp.br/downloads.htm http://www.solefrutas.esalq.usp.br/docs/manual_secador_osb1_10.pdf http://www.actuar-acd.org/uploads/5/6/8/7/5687387/secador_solar_frutas_chas_temperos.pdf
Dir	Inglês	Madeira, Metal	-	~2	Modelo alternativo, interessante, sem regulagem de temperatura	http://www.geopathfinder.com/Solar-Food-Drying.html https://plus.google.com/photos/118226676068525639078/albums/5373714327543571857?banner=pwa
Dir	Inglês	Janela usada, Madeira			Muito simples, barato	https://www.youtube.com/watch?v=Xnl6EPvpN28
Dir	Inglês	Madeira, Vidro acrílico	-	~1	Modelo de luxo, para quantidades pequenas de alimentos	https://www.youtube.com/watch?v=74UCT_TgBtl
Tun	Inglês	Madeira, Plástico	70 dólares	~1		http://www.alternative-technologie.de/Solarer_Trockner/solarer_trockner.html
Tun	Alemão	Madeira, Plástico	-	~1	Sem descrição detalhada da construção, mas com explicação sobre como usar	https://www.youtube.com/watch?v=39Zy-wh67U4
Tun	Alemão	Metal, Plástico	-	~2	Sem descrição detalhada, mas com fotos	http://schischigaga.blogspot.ch/2010/03/der-solar-fruchttrockner-funktioniert.html
Tun	Alemão	Madeira, Ferro, folha de plástico	-	1	2 modelos diferentes, com informações sobre a seleção do ventilador etc.	http://www.solare-bruecke.org/Bauanleitungen/Tunneltrockner_dt.pdf http://www.alternative-technologie.de/Solarer_Trockner/Tunneltrockner_dt.pdf
Tun	Inglês	Metal, Plástico	-	10	Modelo de luxo, descrição detalhada com medidas, chaminé, sem ventilador	http://www.alternative-technologie.de/Solarer_Trockner/Tunnel_Dryer_Instructions.pdf
Tun	Inglês	Metal, Madeira, Plásticofolie	-	18	Modelo grande de luxo, descrição detalhada	http://www.ats.uni-hohenheim.de/deutsche_site/projekte/pdf/Guidance.pdf
Tun	Inglês	Madeira, Plástico, estrutura de metal	-	3	Modelo giratório, sem ventilador, sem descrição detalhada, mas com fotos	http://members.efn.org/~itech/pdf%20files/Solar%20tunnel%20food%20dryer.pdf
Tun	Inglês	Madeira, Metal	-	2.88	Modelo giratório e inclinável	http://members.efn.org/~itech/pdf%20files/Solar%20tunnel%20food%20dryer.pdf

5.3. Tratamentos preparatórios que apoiam a conservação de alimentos

Tratamento	Efeitos para os alimentos	Descrição detalhada do tratamento	Aplicação
branquear	Desativa enzimas indesejadas, fixa as cores naturais, elimina parcialmente os micro-organismos, fortalece o sabor e o aroma, minimiza alterações adversas durante a secagem e armazenamento do produto acabado, reduz o tempo de desidratação, por tornar as membranas celulares mais permeáveis à transferência de umidade; remove o ar intracelular dos tecidos; amacia a textura; retém carotenóides e ácido ascórbico durante o armazenamento; reduz o tempo de reidratação	Mergulhar o alimento em água fervendo durante pouco tempo (2-10 minutos). A duração depende do tipo de alimento, do grau de madurecimento e do tamanho. Recomenda-se dividir o alimento em porções apropriadas e colocá-las em água fervendo embrulhadas em um pano, esquentar a água até ferver de novo e deixar a porção na água até que o calor ter penetrado até o centro de cada peça. Depois tirar a porção da água com o pano e esfriá-la em água fria. Alternativas: branquear o alimento em vapor de água (ao invés da água fervendo), esfriá-lo espalhando-o encima de um pano limpo.	Recomendado para verduras e hortaliças (exceto cebola e alho), mas não é obrigatório
Tratamento com enxofre (sulphiting, sulfuração)	Evita a descoloração do alimento durante o processo de desidratação transformando os açúcares.	Mergulhar o alimento durante 5-10 minutos em uma solução de Natrium-Metabisulfit ou Kalium-Metabisulfit (5 a 10 g por litro) com água de temperatura ambiental (ou 3 g por litro, mas neste caso por 15 minutos). Para este tratamento usam-se vasilhas inoxidáveis, aço inox ou vidro, por exemplo. Visto que enxofre em altas concentrações é tóxico, a proporção de mistura tem de ser obedecida rigorosamente. Segundo a WHO a concentração máxima permitida de enxofre em produtos desidratados é de 0.05%	Verduras, frutas
Tratamento com solução de ácido cítrico	Ácidos provocam uma certa conservação das cores naturais de alimentos que se descolorem rapidamente por enzimas. Este tratamento muda também o sabor do alimento	Mergulhar o alimento em solução de suco de limão com água fria durante alguns minutos (1-2 limões por litro) ou vaporizar o alimento com esta solução. Alternativa: Substituir ácid cítrico ao lugar do suco de limão (0.01 cl de ácido por litro de água) Alternativa: Para o tratamento de frutas, usar ácido ascórbico (1 colher de sopa com ácido ascórbico por litro de água fria)	Frutas (ao lugar do tratamento com enxofre), verduras e carne vermelha
Tratamento com solução de sal	Evita a descoloração das frutas	Mergulhar o alimento em solução de sal com água fria (1% = 10 g de sal por litro)	frutas
Tratamento com solução de sal	Evita a escoloração dos legumes	Mergulhar o alimento em uma solução de sal com água fria (5% = 50 g de sal por litro) durante 30 minutos	tomates
Banho de ácido peracético	Reduzir a carga bacteriana		
Tratamento com solução de açúcar	Evita a descoloração das frutas	Mergulhar o alimento em solução de açúcar com água (500 g de açúcar por litro de água fria)	frutas
Tratamento com bicarbonato de sódio	Estabilização da clorofila (evita a descoloração de alimentos verdes quando expostos ao sol direto). Evita também um endurecimento da pele do alimento durante o processo de desidratação.	Mergulhar o alimento em uma solução de bicarbonato de sódio e sal de cozinha (30 g de bicarbonato de sódio e 3 g de sal de cozinha por litro de água). A solução deve ter um PH de 9, o que pode ser verificado	Alimentos verdes

		com uma tira de indicador	
fissuramento	Fissurar a casca (facilita a desidratação)	Mergulhar o alimento em uma solução de hidróxido de sódio (= soda cáustica) com água quente de 80°C (10g de hidróxido de sódio por litro) durante 5-10 segundos, depois lavar o alimento com água limpa e mergulhá-lo em uma solução de ácido cítrico (2g por litro) durante 30 segundos	Frutas que não se descasca antes da desidratação (ameixas, uvas, figos)
Salgar ou adoçar	Evita ou diminui o crescimento das bactérias, facilita a primeira fase do processo de desidratação, mas muda também o sabor do produto		Carne, verdura

5.4. Informações sobre os alimentos (em ordem alfabética)

Alimento	Tratamento preparativo	Tempo de desidratação	Grau de desidratação	Teor de água inicial	Teor de água final	Temperatura máxima de desidratação	Teste de desidratação	Observações
Abacaxi	- Lavar, descascar - Cortar em fatias de até 1 cm de grossura - Ev. tirar o núcleo - ev. cortar as fatias em 3 ou 4 partes			85-86	5-25	55		Os núcleos podem ser desidratados separadamente e usado como substituto de chiclete
aboborinhas	- lavar - cortar em fatias de 5 mm de grossura - salpicar com pimenta malagueta (não branquiar!)						Semelhante a couro	Dá „salgadinhos“ saborosos
Açaí (polpa)	Pasteurizar a polpa antes do processo de desidratação							
Acerola								
Alho	- descascar - cortar longitudinalmente os dentes grandes	2-3 dias						
Ameixas		12 h	35	84	25	75	Semelhantes como couro, flexíveis, sem soltar suco ao cortar	
Frutos de bagas	Tirar as tales, lavar	12-14	25			65	Quebradiças e duras	

Bananas maduras	• Usar apenas bananas maduras que não apresentam manchas escuras na casca. • Lavar ainda na casca, depois descascar • Ev. mrgulhar em solução de suco de limão (1 limão por 4 litros de água), depois deixar escorrer • Ev. cortar (banana nanica: em 4 pedaços longitudinais; banana-da-terra: em fatias verticais: quer in Scheiben; banana-marmelo: em fatias verticais • Colocar na câmara de desidratação (os pedaços cortados longitudinalmente com a superfície do corte para cima, virar depois da metade da duração	2-3 dias 3-4 dias 8 h	50	74-76	2-21		quebradiças	
Bananas verdes	• lavar • descascar • Cortar em fatias verticais							É apropriado para a produção de farinha
Batata doce	• lavar • ferver no vapor de água durante 30-40 minutos • descascar, cortar em fatias de 3-5 mm de grossura ou ralar grossamente						Semelhante a couro, não flexível. Aparas quebradiças	
Batata inglesa	• Descascar, lavar • Cortar em fatias finas ou bastonetes ou ralar • Ev. branquiar com ou sem beta-bisulfito (12g/litro)							Apropriada para a produção de farinha
beringela	Cortar em fatias verticais							
Beterraba	• Descasca, lavar • Cortar em fatias finas ou bastonetes							Apropriada para a produção de farinha
caqui	Usar apenas frutas quase maduras. Ou passar no liquidificador e desidratar a polpa, ou cortar em dois, quatro ou oito pedaços e desidratar com a superfície	4-5 dias						

	do corte para cima							
Carambola	Cortar em fatias verticais							
Carne bovina e aves	- cortar em tiras, tirar a gordura, os ossos e os tendões - mergulhar em solução de sal (150-200 g/litro de água) durante 5 minutos, ou mergulhar em solução de sal (132 g/litro de água) durante 24 horas em um lugar fresco, ou marinar durante 6-8 horas - ev. branquiar	2-3 dias					Ligeiramente quebradiça, sem partes moles	Tratamento alternativa: - cortar em pedaços pequenos - cozinhar - desfiar ou moer - ev temperar - colocar no desidratador
Cascas de limão								Usar apenas limões orgânicos
Cascas de maçã		1.5 dias						O pé apropriado para a produção de chá, como suplemente em granolas e para a produção de farinha. Usar apenas maçãs orgânicas
cebolas	- descascar, lavar - cortar em cubos ou anéis - sulfitação durante 1-2 minutos	5-8 horas	50	88		65-70	Secas e quebradiças	Usar preferencialmente cebolas vermelhas Durante o processo de desidratação, girar os anéis de vez em quando
Cebolinha								Proteger o alimento contra a radiação solar direta durante o processo de desidratação, se possível.
Cenouras	- Selecionar cenouras crocantes, não verholzte - Descascar, cortar em bastonetes ou fatias ou ralar em partes grossas - Branquiar durante 3 minutos (bastonetes) ou 60 segundos (raspas) - Ev sulfitar com solução aquosa de bissulfito de sódio de 500 ppm durante 5 minutos	6-8 horas	25	86		65-70	Secas e quebradiças	Apropriadas para a produção de farinha. É importante armazenar o produto ao abrigo da luz, para evitar a descoloração.
Chayote = Chuchú								

Coco	• descascar • ralar ou cortar em cubos ou bastonetes a polpa	2-3 dias						Apropriado para a produção de leite de coco
Cogumelos (champignons, boleto, etc.)	• Limpar com a faca, mas sem água • Cortar em fatias finas	8 h	45-50	85-90			Rasmalham. quebradiços	A maioria dos cogumelos podem ser desidratados crus. Apropriados para temperar sopas e molhos
Couve-flor, brócolis	• Lavar e separar em rosinhas • Branquiar por 3 minutos	6 h	50				quebradiço	
Damascos		12 h	30	85-87	20-27	65-70		
ervas (erva-cidreira, hortelã, orégano, salsa)	• irrigar bem as ervas no dia antes da colheita • Colher as ervas junto com suficiente talo, preferencialmente na manhã de um dia seco e ensolarado depois do orvalho ter evaporado. Colher as ervas antes do florescimento porque o aroma é mais forte. Colher as flores antes da maturidade. • Tirar folhas velhas e duras. • Não lavar ou lavar apenas cuidadosamente • Começar o processo de desidratação logo depois de colher, se possível • Nunca desidratar as ervas expostas no sol quente, colocar o desidratador na sombra • Virar as ervas durante o processo de desidratação várias vezes	1-3 dias				35-40	As folhas rasmalham, estão duras e quebradiças, os talos quebram facilmente	Proteger o alimento contra a radiação solar direta durante o processo de desidratação, se possível. Melhor é pendurar as ervas no ar, na sombra, durante 2-3 semanas
Ervilhas							duras	
Espinafre								Proteger o alimento contra a radiação solar direta durante o processo de desidratação, se possível.
Feijão	Usar os grãos inteiros	4	90				duro	
Feijão verde de vagem	• Selecionar frutos jovens e moles • Lavar bem • Branquiar por 2-3 minutos	5 h	60				Duro, as partes finas quebradiças	

Figos					18-30	70		
Folhas de jerimum	• Selecionar folhas novas, moles • Tirar a pele peluda • Lavar em água limpa • Branquiari no vapor de água durante 3-5 minutos						esmigalhando	Proteger o alimento contra a radiação solar direta durante o processo de desidratação, se possível.
Fruto da figueira-da-Índia	• Selecionar frutas grandes e maduras • Tirar os espinhos e a poeira com um pano • Cortar a base e o ápice, depois descascar mais finamente possível e guardar a casca mole. • Passar a polpa no liquidificador, depois peneirar e cozinhar. • Cozinhar as cascas moles com açúcar, suco de limão e sal durante uma hora (750 g de açúcar, 65 ml de suco de limão e uma pitada de sal por kg de casca). • Deixar escorrer e esfriar a massa, depois colocá-la em porções pequenas no desidratador						Leicht klebrig	
Funcho								
Goiaba	• Dividir a fruta em 4 pedaços • Tirar as sementes • Cortar a polpa em tiras finas que podem ser moidas depois da desidratação para a produção de farinha.						Muito dura	Antes do consumo a farinha tem de ser reidratada
Grãos de café		4	90					
Grãos de cereais	Descascar	5 horas	90					
Grãos de milho	Grãos inteiros	6 h	80				Secos e quebradiços	
Hortaliças (exceto tomates e aboborinhas)	Branquiari durante 2-3 minutos				4-18			
Hortícolas de folha							crocante	Proteger o alimento contra a radiação solar direta durante o

								processo de desidração, se possível
Inhame	• Descascar, lavar • Cortar em fatias finas ou bastonetes							
Jaca								
Kiwi	• descascar • cortar em dois ou quatro pedaços ou em fatias							
Laranja				86	6			
Leguminosas de grão					12-15			
Maçã	• lavar, descascar • Cortar em fatias ou partir em quatro • Mergulhar em solução de suco de limão (1 limão por litro de água)	8 h	40	85-86	18-31	65-75	quebradiça	As cascas podem ser desidratadas separadamente
Mamão	• Descascar, tirar as sementes, lavar • Cortar em fatias • Depois do primeiro lado ser desidratado virar as fatias							
Mandioca, aipim, macaxeira	• Descascar, lavar • Cortar em fatias ou cubos ou ralar grossamente							
Manga	• Lavar, descascar • Cortar a fruta longitudinalmente em fatias • Furar as fatias com um garfo ou um palito de dente							
Mistura de frutas muito maduras (bananas, mamão, abacaxí, goiaba, uvas)	• Passar a mistura de frutas no liquidificador com pouca água ou suco de limão ou suco de fruta • Peneirar se necessário • Quando a mistura é rala demais, deixar ferver, acrescentar eventualmente maizena • Ev. adoçar com açúcar • Colocar a massa em uma assadeira coberta de uma folha de plástico e	3 dias					Quando a massa se solta bem da folha	Pode ser usada como lanche ou para o preparo de sucos de fruta

	colocá-la no desidratador • Quando a superfície é seca, virar a massa, cortá-la em quadrados e terminar o processo de desidratação.							
Morangos	Cortar no meio	14 h	25					
Nabo	• Descascar, lavar • Cortar em fatias finas ou bastonetes							Apropriado para a produção de farinha
Nozes		4 h	90		4-9			Sacudir de vez em quando durante o processo de desidratação
Peixe	• Lavar, cortar em filetes • Mergulhar em solução saturada de sal de cozinha durante 10-20 minutos • ev. branquiar	2-3 dias						
Pepinos								
Peras	Igualmente como maçãs	10 h	25		22	65	Semelhante a couro, sem soltar suco ao cortar	
Pimentão	• Tirar a tampa e as sementes • Lavar • Cortar em anéis, tiras ou cubos	6-8 horas	30			60-65		
Polpa de fruta com açúcar								
Polpa de jerimum	• Selecionar espécies com polpa firme, de cor de laranja escura • Descascar e tirar as sementes • Ralar grossamente • Branquiar no vapor de água durante 6 minutos						quebradiça	
Quiabo								
Repolho							quebradiço	Proteger o alimento contra a radiação solar direta durante o processo de desidratação, se possível
Sementes de girassol		4	90					Sacudir de vez em quando durante o processo de desidratação

Sementes de jerimum		4 h	90					Sacudir de vez em quando durante o processo de desidratação
Sementes de linhaça		4 h	90					Sacudir de vez em quando durante o processo de desidratação
Soja								
Tâmaras				21	14-20			
Tomates	• não branquiari! Ev. descascar (depois de colocar aprox. 1 minuto na água fervente • cortar em 2 ou 4 pedaços • tirar as sementes • tratar com uma salmoura de 5% durante 30 minutos • deixar descansar 30-40 minutos • colocar na grade com a superfície do corte para baixo • virar de vez em quando	8 h	25	95	30	65-70	Semelhantes a couro	
Uvas	• Usar preferencialmente uvas de mesa ou uvas sem sementes • descascar, lavar • Ev. mergulhar em solução de suco de limão (suco de 1-2 limões por litro de água) durante 15 minutos • Ev. furar a casca com um garfo ou um palito de dentes • Ev. adoçar com açúcar (1 xícara de açúcar por kg de uvas) • Ev. passar óleo de soja (1 colher de sopa por kg de uvas)			81	14-19	70		
Vagens de pimenta							quebradiças	

5.5. Velocidade do fluxo de ar em desidratadores de túnel [m/s] em dependência do diâmetro do túnel e do tamanho do coletor (assumindo uma potência do ventilador de 50 m³/h por m² de área de coletor solar)

		Tamanho do coletor solar									
		1 m²	2 m²	3 m²	4 m²	5 m²	6 m²	7 m²	8 m²	9 m²	10 m²
ÁREA DO CORTE TRANSVERSAL DO TÚNEL	200 cm²	0.7	1.4								
	300 cm²	0.47	0.93	1.4							
	400 cm²	0.35	0.7	1.05	1.4						
	500 cm²	0.28	0.56	0.84	1.12	1.4					
	600 cm²	0.23	0.47	0.7	0.93	1.17	1.4				
	700 cm²	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4			
	800 cm²	0.18	0.35	0.53	0.7	0.88	1.05	1.23	1.4		
	900 cm²	0.16	0.31	0.47	0.62	0.78	0.93	1.09	1.24	1.4	
	1000 cm²	0.14	0.28	0.42	0.56	0.7	0.84	0.98	1.12	1.26	1.4
	1200 cm²	0.12	0.23	0.35	0.47	0.58	0.7	0.81	0.93	1.05	1.17
	1400 cm²	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
	1600 cm²	0.09	0.18	0.26	0.35	0.44	0.53	0.61	0.7	0.79	0.88
	1800 cm²	0.08	0.16	0.23	0.31	0.39	0.47	0.54	0.62	0.7	0.78
	2000 cm²	0.07	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42	0.49	0.56	0.63	0.7
	2200 cm²	0.06	0.13	0.19	0.25	0.32	0.38	0.45	0.51	0.57	0.64
	2400 cm²	0.06	0.12	0.18	0.23	0.29	0.35	0.41	0.47	0.53	0.58
	2600 cm²	0.05	0.12	0.16	0.22	0.27	0.32	0.38	0.43	0.48	0.54
	2800 cm²	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
	3000 cm²	0.05	0.09	0.14	0.19	0.23	0.28	0.33	0.37	0.42	0.47
	3200 cm²	0.04	0.09	0.13	0.18	0.22	0.26	0.31	0.35	0.39	0.44
	3400 cm²	0.04	0.08	0.12	0.16	0.21	0.24	0.29	0.33	0.37	0.41
	3600 cm²	0.04	0.08	0.12	0.16	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35	0.39
	3800 cm²	0.04	0.07	0.11	0.15	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
	4000 cm²	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	0.28	0.32	0.35
	4500 cm²	0.03	0.06	0.09	0.12	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31
	5000 cm²	0.03	0.06	0.08	0.112	0.14	0.17	0.20	0.22	0.25	0.28

5.6. Leis nacionais relativas à venda de alimentos desidratados no Brasil

Lei	Assunto	Link
Decreto-Lei no 986 de 21 de outubro de 1969	Normas básicas sobre alimentos	http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0986.htm
Lei no 6.360 de 23 de setembro de 1976	Vigilância sanitária sobre drogas, insumos farmacêuticos, cosméticos e saneantes	http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6360.htm
Medida provisória no 2.190-34 de 23 de agosto de 2001	Alterações do Sistema e a Agência de Vigilância Sanitária	http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2190-34.htm
Lei 9.782, de 26 de janeiro de 1999	Sobre o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária	http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9782.htm
Lei no 6.437, de 20 de agosto de 1977	Sobre infrações à legislação sanitária	http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/leis/L6437.htm
Resolução RDC no 91, de maio de 2001	Regulamento geral sobre embalagens e materiais em contato com alimentos, sobre adesivos para contato com alimentos	http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a97001004d8b6861aa00ebc116238c3b/ALIMENTOS+RESOLU%C3%87%C3%83O+-+RDC+N%C2%BA+91%2C+DE+11+DE+MAIO+DE+2001+-+Crit%C3%A9rios+Gerais.pdf?MOD=AJPERES
Resolução no 259, de setembro de 2002	Sobre a rotulagem de alimentos	http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/36bf398047457db389d8dd3fb4c6735/RDC_259.pdf?MOD=AJPERES