



Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA

Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento – UATEC

Curso de Engenharia de Biosistemas

JOSÉ DIORGENES ALVES OLIVEIRA

**SECAGEM SOLAR DE FOLHAS DE COENTRO E SALSA: UMA
ALTERNATIVA PARA O PEQUENO PRODUTOR**

**SUMÉ – PARAÍBA
FEVEREIRO - 2015**

JOSÉ DIORGENES ALVES OLIVEIRA

**SECAGEM SOLAR DE FOLHAS DE COENTRO E SALSA: UMA
ALTERNATIVA PARA O PEQUENO PRODUTOR**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

ORIENTADORAS:

Prof^ª Dr^ª JOELMA SALES DOS SANTOS – UFCG/CDSA

Prof^ª Dr^ª KARLA DOS SANTOS MELO DE SOUSA – UNIVASF/CCA

**SUMÉ – PARAÍBA
FEVEREIRO - 2015**

0482s Oliveira, José Diorgenes Alves
Secagem solar de folhas de coentro e salsa: uma
alternativa para o pequeno produtor. / José Diorgenes Alves
Oliveira. - Sumé: [s.n], 2015.
38p.

Orientadora: Professora Doutora Joelma Sales dos Santos.
Monografia - Universidade Federal de Campina Grande;
Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso
de Engenharia de Biosistemas.

1. Biosistemas. 2. Secagem solar. 3. Folhas - Coentro.
4. Folhas - Salsa. 5. Agricultura familiar. 6. Hortaliças.
I. Joelma Sales dos Santos. II. Karla dos Santos Melo de
Sousa. III. Título

CDU 631.365(043.3)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO

JOSÉ DIORGENES ALVES OLIVEIRA

**SECAGEM SOLAR DE FOLHAS DE COENTRO E SALSA: UMA
ALTERNATIVA PARA O PEQUENO PRODUTOR**

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Joelma Sales dos Santos
Orientadora – UFCG/CDSA

Prof^ª. Dr^ª. Karla dos Santos Melo de Sousa
Coorientadora – UNIVASF/CCA

Prof^ª. M. Sc. Ana Cristina Chacon Lisboa
Examinadora – UFCG/CDSA

Prof. Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo
Examinador – UFRPE/UAAT

Aprovado em: _____ de _____ de 2015

SUMÉ - PARAÍBA
2015

OFERECIMENTO/DEDICO

*Dedico esta, bem como todas as minhas demais
conquistas, a Deus, aos meus pais Cileide e
Alúcio, e aos meus irmãos José Fellipe,
Gabriele e Brenda.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado uma família maravilhosa e amigos verdadeiros. Deus que me atribuiu missões e permitiu que tudo isso acontecesse, não apenas nesses anos como universitário, mas em todos os momentos, é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Aos meus pais Cileide Alves de Almeida e Aluísio Lima de Oliveira, por minha vida, pelos exemplos de luta e de uma vida digna, com humildade e respeito ao próximo, por terem me apoiado em todos os momentos que precisei. Obrigado por tudo.

A meu irmão José Fellipe que me estimulou a chegar até esta etapa de minha vida.

Aos meus avós paternos, Francisco e Josefa e maternos, Adeildo e Severina por eles terem me dado pais tão maravilhosos, agradeço eternamente.

À professora Karla Melo, pela paciência na orientação, incentivo e amizade que tornaram possível a conclusão dos projetos de pesquisa e deste trabalho.

À professora, orientadora e coordenadora do curso Joelma Sales, pelo convívio, pelo apoio, pela compreensão e pela amizade e também pela orientação desse trabalho.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica. Aos meus amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constantes.

À Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade de fazer o curso.

Ao Laboratório LAPP (Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas) da Universidade Federal de Campina Grande que permitiram a realização deste trabalho.

À banca examinadora pela colaboração na versão final desse trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

SECAGEM SOLAR DE FOLHAS DE COENTRO E SALSA: UMA ALTERNATIVA PARA O PEQUENO PRODUTOR

RESUMO: Atualmente existem várias pesquisas em relação a métodos eficazes para a conservação de hortaliças pós-colheita, mas muitos métodos ainda não são economicamente viáveis para o pequeno produtor, nesse contexto a secagem em secador solar surge como uma alternativa no processo de conservação do coentro e salsa que são duas das hortaliças mais consumidas no país, já que mantêm as características nutricionais e físico-químicas próximas as do produto *in natura*. Esse método de secagem tem como vantagem o baixo custo e o fácil manuseio do secador, por isso é bastante utilizada na agricultura familiar. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a cinética de secagem de folhas de coentro e salsa agroecológica, desidratadas em secador solar, exposto diretamente ao sol e ajustados aos modelos matemáticos de Page, Newton, Thompson, Henderson e Pabis, Midilli, Dois termos e Aproximação da difusão aos dados experimentais obtidos e caracterizar as duas amostras estudadas, quanto aos parâmetros de teor de água, sólidos totais, atividade de água e cor (L^* , a^* e b^*). Analisando os resultados observou-se que a temperatura do ar no interior do secador solar foi sempre maior que a temperatura externa nas duas secagens. Os resultados dos parâmetros físico-químicos das folhas de coentro e da salsa ficaram próximos ao esperado e dentre os modelos matemáticos apresentados o que melhor representou a cinética de secagem tanto das folhas de coentro quanto de salsa agroecológica foi o de Midilli.

Palavras-chave: Agricultura familiar, Midilli, modelos matemáticos, secador solar.

SOLAR DRYING CORIANDER AND PARSLEY LEAVES: AN ALTERNATIVE FOR SMALL PRODUCER

ABSTRACT: Nowadays there are several studies in relation to effective methods for the conservation of vegetables post-harvest, but many methods are not yet economically viable for the small producer, in this context, the drying in a solar dryer emerges as an alternative in the process of conservation of coriander and parsley that are two of the vegetables consumed in Brazil, since it maintains the nutritional characteristics and physical-chemical coming from the product *in natura*. This drying method has the advantage of low cost and easy handling of the dryer, so it is widely used in family farming. Then, the purpose of this work was to evaluate the kinetics of drying of agroecological coriander and parsley leaves, dehydrated in solar dryer, directly exposed to the sun and adjust the mathematical models of Page, Newton, Thompson, Henderson and Pabis, Midilli, Two terms and Approximation of diffusion to the experimental data obtained and to characterize the two samples, regarding the parameters of the water content, total solids, water activity and color (L^* , a^* and b^*). By analyzing the results it was observed that the temperature of the air inside the solar dryer was always higher than the outside temperature in both drying. The results of physicochemical parameters of coriander and parsley leaves were close to the expected and from submitted mathematical models best represented the drying kinetics of organic coriander and parsley leaves was the Midilli.

Keywords: Family farms, Midilli, mathematical models, solar dryer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Folhas de coentro (<i>Coriandrum sativum</i> L.)	15
Figura 2	Folhas de Salsa (<i>Petroselinum crispum</i> Mill.)	16
Figura 3	Imagem do secador solar na vista superior (A) e da lateral esquerda (B)	22
Figura 4	Representação da geometria do secador solar	23
Figura 5	Aqualab modelo 3TE, na temperatura de 25°C	26
Figura 6	Espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus	26
Figura 7	Correlação entre a temperatura externa e a temperatura interna na secagem de folhas de coentro	27
Figura 8	Correlação entre a temperatura externa e a temperatura interna na secagem de folhas de salsa	28
Figura 9	Curva da razão de umidade das folhas de coentro	29
Figura 10	Curva da razão de umidade das folhas de salsa	29
Figura 11	Curva da cinética de secagem de folhas de coentro agroecológico ajustada pelo modelo de Midilli	31
Figura 12	Curva da cinética de secagem de folhas de salsa agroecológica ajustada pelo modelo de Midilli	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dimensões do secador solar	22
Tabela 2	Valores médios dos parâmetros físico-químicos das folhas salsa	30
Tabela 3	Valores dos parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrático médio (DQM) dos modelos estudados (coentro)	30
Tabela 4	Valores médios dos parâmetros físico-químicos das folhas de coentro e salsa	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CDSA	Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido
FSO	Farinha de grãos sem óleo
LAPPA	Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas
PB	Paraíba
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande

LISTA DE SÍMBOLOS

a	Constante do modelo
a*	Intensidade de vermelho
a _w	Atividade de água
b	Constante do modelo
b.s.	Base seca
b.u.	Base úmida
b*	Intensidade de amarelo
c	Constante do modelo
°C	Grau celsius
DQM	Desvio quadrático médio
g	Gramas
h	Hora
k	Coefficientes de secagem
k ₀	Coefficientes de secagem
k ₁	Coefficientes de secagem
L*	Luminosidade
m/s	Metro por segundo
min	Minutos
n	Número de observações
nm	Nanômetro
P	Pressão parcial de vapor da água
P ₀	Pressão de vapor da água pura
RU	Razão de umidade
RU _{pred}	Razão de umidade predito pelo modelo
RU _{exp}	Razão de umidade experimental
R ²	Coefficiente de determinação
U	Umidade “absoluta”
U _e	Umidade de equilíbrio
U ₀	Umidade inicial
%	Porcentagem
±	Mais ou menos
>	Maior que
<	Menor que
ppm	Partes por milhão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 O coentro	15
2.2 A salsa	16
2.3 Secagem.....	17
2.3.1 Secagem Solar	18
2.3.2 Cinética de secagem	19
2.4 Atividade de água	19
2.5 Cor	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Matérias-primas	21
3.2 Beneficiamento das folhas de coentro e salsa	21
3.3 Secador solar	22
3.4 Secagem solar	23
3.4.1 Cinética de secagem e modelos matemáticos.....	23
3.5 Parâmetros físico-químicos das folhas de coentro e salsa.....	25
3.5.1 Teor de água/Sólidos totais... ..	25
3.5.2 Atividade de água	25
3.5.3 Cor	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÃO	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

O consumo de hortaliças tem aumentado, bem como a exigência do consumidor, havendo necessidade de manter seu fornecimento em quantidade e qualidade o ano todo, livre de conservantes (GUALBERTO et al., 2009).

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma hortaliça folhosa cultivada e consumida em quase todo o mundo, e uma das mais utilizadas na culinária, cujas folhas e sementes compõe a decoração de diversos pratos, especialmente na região nordeste, onde é explorada quase que exclusivamente para a produção de folhas verdes (LIMA et al., 2007).

A salsa (*Petroselinum crispum* Mill.) é uma espécie de hortaliça que não atinge sua importância pelo volume ou valor de comercialização, mas pela utilização comercial como condimento (HEREDIA et al, 2003). É largamente difundido em todo Brasil e no mundo sendo possivelmente a mais universal de todas as ervas condimentares.

Essas hortaliças têm sido cultivadas nos últimos anos por agricultores familiares para o abastecimento da planta *in natura* em supermercados, feiras, sacolões e restaurantes na região. Porém uma vez colhida, as plantas condimentares podem perder qualidade, seja pela demora da comercialização do produto ou a falta de métodos de conservação (CARVALHO, 2010). O elevado teor de umidade, geralmente acima de 80%, também contribui para alta perecibilidade desse produto. Uma alternativa que pode ser implantada a estes pequenos produtores para agregar valor ao condimento e eliminar o desperdício do excesso produzido seria a secagem de parte das plantas produzidas para posterior comercialização. A inserção da técnica que colaboraria não somente para preservação do produto, viria ampliar o mercado para estes produtores familiares. (CORRÊA, 2014).

A conservação pela secagem baseia-se no fato de que os microorganismos, as enzimas e todo o mecanismo metabólico necessitam de certa quantidade de água para suas atividades. Com a redução da água disponível, conseqüentemente serão reduzidas a atividade de água e a velocidade das reações químicas no produto, bem como o desenvolvimento de microorganismos (CHRISTENSEN e KAUFMANN, 1974).

As vantagens do processo de secagem são inúmeras, dentre elas pode-se destacar manutenção mais eficiente das características originais do produto, redução de seu peso e um preço relativamente compensatório, devido à perda de água. A umidade é um fator fundamental ao crescimento e desenvolvimento dos microrganismos. Dessa forma, ao diminuir significativamente o seu conteúdo, se estará criando condições desfavoráveis para o desempenho das atividades metabólicas dos microrganismos (ALESSI, 2010).

A secagem de produtos agrícolas pode ser realizada de forma natural ou artificial. A secagem artificial é uma operação relativamente cara, pois demanda uma grande quantidade de energia para o aquecimento e transporte do ar (MEDEIROS, 2004). A secagem natural emprega a radiação solar para aumentar o potencial de secagem do ar e pode ser realizada com o produto ainda na planta, em terreiros ou em secador solar (ALMEIDA et al., 1997; SILVA, 2004).

O secador solar envolve o aproveitamento da energia solar, que é gratuita e renovável. Além disso, apresenta baixo custo operacional, não necessita de mão-de-obra especializada, podendo ser construído na própria fazenda atendendo, assim, ao pequeno produtor, além de proteger contra os insetos e a poeira (MARTINS et al., 2002; TOGRUL e PEHLIVAN, 2002).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo principal da pesquisa é avaliar e construir as cinéticas de secagem solar de folhas de coentro e salsa agroecológica.

1.1.2 Objetivos específicos

- Beneficiar as folhas de coentro e de salsa;
- Determinar o teor de água inicial das folhas;
- Desidratar as folhas em secador solar exposto diretamente ao sol;
- Construir as curvas de secagem das folhas desidratadas em secador solar por exposição direta ao sol;
- Ajustar os modelos matemáticos de Page, Newton, Thompson, Henderson e Pabis, Midilli, Dois termos e Aproximação da difusão aos dados experimentais obtidos;
- Caracterizar as duas amostras obtidas quanto aos parâmetros de: teor de água, sólidos totais, atividade de água e cor (L^* , a^* e b^*).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Coentro

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) (Figura 1) é uma hortaliça condimentar, pertencente à família das umbelíferas e, apresenta-se como uma fonte rica em vitamina C, pró-vitamina A, fibras, ferro e cálcio (LEAL e COSTA, 2003). É uma espécie originária dos continentes Europeu e Africano, sendo cultivada há mais de três mil anos. A planta tem um aroma especial que combina muito com pratos de frutos do mar e de peixes. É uma hortaliça folhosa herbácea, anual, aromática, de raiz superficial, com folhas verde-brilhantes, alternadas e entrecortadas até a inserção do pecíolo. Cultura de clima quente é intolerante a baixas temperaturas, podendo ser semeada ao longo do ano em localidades baixas. É pouco exigente em relação ao solo e tolerante à acidez (FILGUEIRA, 2000).

Figura 1 – Folhas de Coentro (*Coriandrum sativum* L.).



Fonte: Bloques – Olho barriga.

Seu ciclo produtivo é de 45 a 60 dias, o que garante o retorno rápido do capital investido, aumentando a renda das famílias envolvidas na exploração desta hortaliça condimentar, possibilitando a utilização da mão-de-obra familiar ociosa, tornando-se uma espécie de notável alcance social (HAAG e MINAMI, 1998).

Nos países europeus, os frutos secos do coentro são muito utilizados na indústria de bebidas, de produtos alimentares e farmacêuticos. No Brasil, é comum o consumo das folhas frescas, principalmente, como tempero de peixes, carnes, molhos e saladas. As populações das regiões Norte e Nordeste são as maiores consumidoras dessa hortaliça condimentar (FILGUEIRA, 1982; PEDROSA et al., 1984).

No Nordeste brasileiro o coentro é bastante adaptado ao clima quente e seco da região, sendo cultivado por pequenos produtores, em hortas domésticas e escolares, os quais não objetivam apenas a produção da massa verde, para ser comercializada em feiras livres e supermercados, mas também a produção de frutos e sementes, utilizados na indústria alimentícia, cosmética e para comercialização de sementes (OLIVEIRA et al., 2005).

2.2 A Salsa

A salsa (*Petroselinum crispum* Mill.) (Figura 2) é uma hortaliça folhosa que pertence à família das Apiacea. Trata-se de uma planta apreciada como condimento pelo seu aroma agradável, principalmente quando utilizada *in natura* (ÁLVARES, 2006). O nome em latim vem do radical grego, sélinon que significa aipo, ou salsão, e quando se coloca o radical petro o significado passa a ser “aipo de pedra”. Isto provavelmente devido a sua origem ser justamente de lugares rochosos (CHAVES, 2006).

Figura 2 – Folhas de Salsa (*Petroselinum crispum* Mill.).



Fonte: Jardimlomar – Horta do sol.

Essa espécie contém vitamina A, C, niacina, riboflavina, cálcio, ferro e fósforo e pode ser utilizada como matéria-prima na indústria de alimentos, na forma fresca, desidratada ou congelada (WILLIS et al., 1986; ALMEIDA, 2006). As variedades de folhas lisas são as mais apreciadas (FILGUEIRA, 1982) e dentro deste grupo, as cultivares Graúda Portuguesa e Lisa Preferida são muito cultivadas, sendo que a primeira produz folhas maiores, de coloração verde-escura, mais vigorosas em relação à segunda, podendo atingir até 40 cm de altura (ÁLVARES, 2006).

Ela apresenta três variedades, em função da morfologia, que são: *P. crispum* var. *latifolium*, cujas cultivares são de folhas lisas; *P. crispum* var. *crispum*, com cultivares são de

folhas frisadas; e a *P. crispum* var. *tuberosum*, que são as cultivares de raízes tuberosas (ALMEIDA, 2006). Para a salsa, a qualidade das folhas é fundamental no momento da comercialização, avaliada através do seu tamanho, coloração e presença de lesões provocadas por pragas e doenças.

Seu uso já fazia parte do conhecimento dos gregos já no terceiro século antes de Cristo. É largamente difundido em todo Brasil e no mundo sendo possivelmente a mais universal de todas as ervas condimentares. Além de ser utilizada na culinária e em diversos produtos alimentícios, possui ação diurética, estimula a menstruação e previne doenças cardiovasculares. Ornamenta pratos, principalmente de peixes. Seu óleo essencial obtido tanto das folhas quanto das sementes é também utilizado como flavour em muitas fragrâncias na perfumaria (LORENZI e MATOS, 2002; CARDOSO et al., 2005).

2.3 Secagem

A secagem é provavelmente um dos mais antigos métodos de conservação de alimentos. Milhares de anos de métodos de tentativa e erro, bem como pesquisas nas últimas centenas de anos, resultaram no desenvolvimento de uma variedade de métodos e equipamentos de secagem. O processo de secagem é indispensável em muitos setores da indústria de alimentos devido ao aumento da vida de prateleira, custo de embalagem reduzido, menor peso no transporte e propriedades sensoriais únicas do produto final (MUJUMDAR, 2006; LEWICKI, 2006).

A secagem tem como objetivo primordial a eliminação de umidade de um produto, sendo uma operação unitária bastante utilizada nos processos industriais. Embora seja grande o interesse em sua compreensão, ela ainda é uma das operações menos entendidas em função da complexidade dos fenômenos envolvidos na transferência simultânea de calor, massa e quantidade de movimento no sólido durante o processo (KINGSLEY et al., 2007).

Uma vez que o produto é colocado em contato com o ar quente, ocorre transferência de calor do ar para o produto sob o efeito da diferença de temperatura existente entre eles. Simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor entre o ar e a superfície do produto, determina uma transferência de massa para o ar. Esta última se faz na forma de vapor de água e uma parte do calor que chega ao produto é utilizada para vaporizar a água (ALMEIDA et al., 2002).

De acordo com MARTINS et al. (2003) antes de se submeter as plantas à secagem, devem-se adotar alguns procedimentos básicos para se conseguir um produto de boa qualidade, independente do método a ser empregado. São eles:

- Não se recomenda lavar as plantas antes da secagem, exceto no caso de determinados rizomas e raízes. Caso a parte aérea esteja muito suja, esta pode ser lavada com solução de hipoclorito de sódio, o que reduz a carga microbológica;
- Devem-se separar as plantas de espécies diferentes;
- As plantas colhidas e transportadas ao local de secagem não devem receber raios solares;
- Antes de submeter às plantas a secagem, deve-se fazer a eliminação de elementos estranhos e partes que estejam em condições indesejáveis;
- As plantas colhidas inteiras devem ter cada parte seca em separado e conservada depois em recipientes individuais.

2.3.1 Secagem solar

A secagem natural é um método amplamente utilizado nos países subdesenvolvidos e/ou em desenvolvimento. Várias razões justificam esta utilização, como desconhecimento de técnicas mais modernas pela maioria dos agricultores. As condições climáticas permitem, em boa parte desses países, a secagem natural; além disso, os investimentos para realizá-la são mínimos (SILVA, 1995).

O Brasil dispõe de um grande potencial de uso de energia solar em quase todo o território nacional, notadamente na região Nordeste. Esta energia se constitui em uma opção vantajosa na viabilidade de muitos projetos que poderiam promover o desenvolvimento da região em vários setores, como na secagem de grãos, no aproveitamento da energia solar para aquecimento de água domiciliar e também na transformação de energia solar em elétrica (COSTA, 2008).

Segundo BELESSIOTIS e DELYANNIS (2011), a secagem por exposição ao sol é um dos mais antigos métodos de uso de energia solar para a conservação de alimentos, como grãos, vegetais, frutas, etc. Desde os tempos pré-históricos a humanidade usou a radiação solar como única fonte de energia térmica disponível para secar e preservar todos os gêneros alimentícios necessários para o inverno.

De acordo com FERREIRA et al. (2008), secadores solares usam fontes de energia livres e renováveis, reduzem as perdas de secagem (em comparação com a secagem ao sol) e apresentam custos operacionais mais baixos do que a secagem artificial.

Segundo SILVA (1995), existem fatores que nos impedem de coletar e usar eficientemente o total de energia incidente. Primeiramente o sol não está descoberto todos os dias e, por outro lado, dependendo da região, a poluição atmosférica impede uma boa utilização da radiação solar.

2.3.2 Cinética de secagem

A curva típica de secagem, também denominada cinética de secagem, representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem. Esta curva é obtida pesando-se o produto durante a secagem em determinada condição. O conteúdo de umidade do produto é expresso em base seca em relação à evolução do tempo de secagem (PARK et al., 2001).

Os métodos de cálculo da cinética de secagem são aplicados de diferentes modos dependendo do período de secagem considerado. No período de secagem a taxa constante, as transferências de calor e de massa na interface ar-produto governam a secagem e fixam sua velocidade, enquanto no período taxa decrescente, as transferências internas é que são limitantes. O período de taxa decrescente de secagem é quase sempre o único observado para a secagem de produtos agrícolas e alimentícios. A quantidade de água presente na superfície do produto é menor reduzindo-se, portanto, a transferência de massa. A transferência de calor não é compensada pela transferência de massa; o fator limitante nesta fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. A temperatura do produto aumenta atingindo a temperatura do ar de secagem. Quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado (PARK et al., 2001).

2.4 Atividade de água

Nos alimentos, a água se encontra em duas formas, ou seja, na forma de água livre e na forma de água ligada. De acordo com RIBEIRO e SERAVALLI (2007) a água ligada é definida como a água em contato com solutos e outros constituintes não aquosos, existindo em vários graus de ligação, podendo ser dividida em: água constitucional, que é a água ligada mais fortemente aos constituintes não aquosos do alimento, através de ligações iônicas; água vicinal é aquela que ocupa os espaços mais próximos da maioria dos grupos hidrofílicos (afinidade pela água) presentes nos constituintes; água de multicamadas representa a água ligada de forma mais fraca aos constituintes não aquosos do alimento. A água livre no

alimento é a água que representa as mesmas propriedades da água pura, e que está disponível para o crescimento de microrganismos e para reações enzimáticas.

A atividade de água (a_w) dos produtos alimentícios é fator significativo nos estudos dos processos de secagem, armazenamento e embalagem de alimentos. De acordo com LABUZA (1977) a atividade de água avalia, com precisão, o grau de ligação da água presente no alimento e, conseqüentemente, sua disponibilidade para agir como solvente e participar das transformações químicas, bioquímicas e microbiológicas.

A atividade de água é definida como a relação entre a pressão parcial de vapor da água contida no alimento (P) e a pressão de vapor da água pura (P_0), a uma certa temperatura (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007). Segundo PEREDA et al. (2005) a a_w de um alimento e a umidade relativa do ambiente no qual se encontra tendem sempre a equilibrar-se, e, por isso, é comum expressar-se como umidade relativa de equilíbrio (%) (URE).

De acordo com AZEREDO (2004) os alimentos podem ser classificados, conforme a suscetibilidade a alterações microbiológicas em:

- Alimentos de alta umidade ($a_w > 0,85$) – muito propensos a deteriorações microbiológicas em geral;
- Alimentos de umidade intermediária ($0,60 < a_w < 0,85$) – podem sofrer deterioração por microrganismos xerofílicos e osmofílicos;
- Alimentos de baixa umidade ($a_w < 0,60$) – nos quais não há crescimento de microrganismos, embora eles possam sobreviver.

2.5 Cor

A cor determina a vida útil de muitos alimentos, já que afeta muito a aceitação do produto pelo consumidor, exercendo, assim, importante papel mercadológico. A manutenção da cor natural de alimentos representa muitas vezes uma dificuldade, já que o processamento e a estocagem do produto resultam, frequentemente, em degradação e conseqüentemente mudança de coloração dos pigmentos (BOBIO e BOBIO, 1995).

Segundo MASKAN (2002), o desenvolvimento de alterações na cor durante o processamento térmico de alimentos é resultado principalmente de reações não-enzimáticas (Maillard) e destruição dos pigmentos presentes (oxidação). É reportado que muitas reações podem afetar a cor durante o processamento térmico, no entanto a mais comum é a deterioração dos pigmentos, especialmente carotenóides e clorofilas (MASKAN, 2001).

De acordo com CONSTANT (1999) a cor de qualquer objeto pode ser determinada pela qualificação da reflexão da luz a partir da superfície do objeto em cada comprimento de onda na faixa visível do espectro, compreendida entre 380 e 770 nm.

Os produtos vegetais apresentam três principais pigmentos: a clorofila, os carotenóides e as antocianinas havendo, em alguns casos, formação de antoxantinas (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Os espectrofotômetros ou colorímetros usam faixas espectrais dirigidas à amostra, enquanto a luz refletida da amostra é medida por meio de células fotoelétricas, que transformam energia brilhante em energia elétrica. A curva espectrofotométrica caracteriza a cor do produto para a qual são exigidos cálculos para determinação dos parâmetros de cor. Existem muitos instrumentos disponíveis que dão a curva espectral e os parâmetros da cor, que são X, Y e Z (RANGANNA, 1977).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia dos Alimentos da Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento, no Campus de Sumé da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) no departamento de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Campina Grande, no campus de Campina Grande.

3.1. Matérias-primas

Foram utilizadas como matérias-primas as folhas de coentro (*Coriandrum sativum* L.) e as folhas de salsa (*Petroselinum crispum* Mill.), onde as plantas foram adquiridas na Feira Agroecológica de Sumé que funciona toda segunda-feira no Mercado Público do município.

3.2. Beneficiamento das folhas de coentro e salsa

As plantas foram adquiridas na feira agroecológica do município de Sumé, PB, e foram levadas ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos, onde em seguida foi feita a seleção nas folhas retirando-se as partes doentes e danificadas, além de outras partes de vegetais ou materiais estranhos. As folhas foram lavadas em água corrente para retirar a

sujeira superficial, em seguida tanto as folhas de coentro como as de salsa foram imersas em uma solução de hipoclorito de sódio à 100 ppm. Depois as folhas foram novamente lavadas em água corrente para retirar o excesso de solução, posteriormente às folhas foram colocadas em bandejas de inox e expostas ao ar para a secagem da água superficial.

3.3. Secador solar

As Figuras 3A e 3B, ilustram o secador solar que pertence ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande para realização de experimentos de secagem de sementes, frutas e folhas. As folhas de coentro e salsa agroecológica passaram pelo processo de desidratação no secador solar.

Figura 3 – Imagem do secador solar na vista superior (A) e da lateral esquerda (B).



(A)

(B)

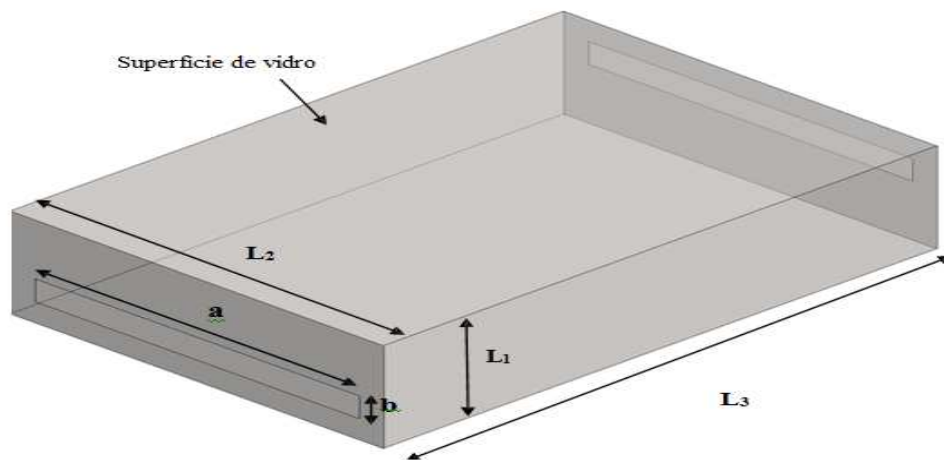
O secador é feito de madeira, na parte superior do secador há uma placa de vidro para a entrada dos raios solares e o mesmo contém dois pilares na parte de trás de modo que o mesmo fique inclinado. O produto ficou disposto em bandejas sobre uma tela. Na Tabela 1 e Figura 4 ilustra as respectivas dimensões:

Tabela 1- Dimensões do secador solar.

Dimensões	(cm)
A	41
B	4
L ₁	18
L ₂	47,2
L ₃	70

Fonte: NASCIMENTO (2014)

Figura 4 – Representação da geometria do secador solar.



Fonte: NASCIMENTO (2014)

3.4. Secagem solar

Antes de iniciar o processo de secagem solar foi determinado o teor de água das folhas de coentro e salsa, através do método descrito no Manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), onde as amostras foram colocadas em triplicata em estufa à temperatura de 105 ± 1 °C, até peso constante.

As folhas que foram desidratadas em secador solar foram pesadas em balança semi-analítica com precisão de 0,01g, colocadas em cestos telados, para posteriormente serem levados ao secador solar. Os dados da temperatura dentro do secador foram coletados com o auxílio de um termômetro pistola onde iniciou às 7 horas tendo o término às 18 horas, entretanto os dados da temperatura externa foram coletados na estação agrometeorológica do CDSA no campus de Sumé, PB. As amostras desidratadas foram retiradas da bandeja e colocadas em dessecador para atingir a temperatura ambiente e depois as mesmas foram envasadas em sacos de polietileno de baixa densidade fechados com o auxílio de uma seladora de pedal.

3.4.1. Cinética de secagem e modelos matemáticos

Durante a secagem das folhas de coentro e salsa o secador solar ficou exposto diretamente ao sol, sendo estes dados utilizados para se determinar as cinéticas de secagem. Os dados da cinética de secagem foram obtidos pesando-se as bandejas com as amostras, durante as secagens

até peso constante, em intervalos regulares. Com dados experimentais da secagem foram calculados os valores da razão de umidade (Equação 01).

$$RU = \frac{U - U_e}{U_0 - U_e} \quad (01)$$

Em que:

RU – razão de umidade (adimensional)

U - umidade “absoluta” (% base seca)

U_e - umidade de equilíbrio (% base seca)

U₀ - umidade inicial (% base seca)

Os modelos matemáticos foram ajustados aos dados experimentais obtidos do processo de secagem solar das folhas de coentro e salsa desidratadas, utilizando-se o programa computacional Statistica 5.0 por meio de análise de regressão não linear, pelo método Quase-Newton.

Page

$$RU = \exp(-kt^n)$$

Newton

$$RU = \exp(-kt)$$

Thompson

$$RU = \exp((-a - (a^2 + 4bt)^{0,5})/2b)$$

Henderson e Pabis

$$RU = a \exp(-kt)$$

Midilli

$$RU = a \exp(-kt^n) + bt$$

Dois termos

$$RU = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$$

Aproximação da difusão

$$RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$$

em que:

RU – razão de umidade (adimensional)

k, k0, k1 – coeficientes de secagem (s-1)

a, b, c e n – constante do modelo

Para avaliar qual modelo produziu os melhores resultados foram utilizados, como parâmetros o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (Equação 02).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum(RUpred - Rexp)^2}{n}} \quad (02)$$

Em que:

DQM – desvio quadrático médio

RU_{pred} – razão de umidade predito pelo modelo

RU_{exp} – razão de umidade experimental

n – número de observações

3.5. Parâmetros físico-químicos das folhas de coentro e salsa

3.5.1. Teor de água/Sólidos totais

O teor de água e os sólidos totais foram determinados por secagem em estufa á temperatura de 105 ± 1 °C, até peso constante, expressos em percentagem (%), através do método descrito no Manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.5.2. Atividade de água

A atividade de água foi determinada por medida direta em medidor Aqualab, Figura 5, modelo 3TE, fabricado por Decagon Devices na temperatura de 25 °C.

Figura 5 - Aqualab modelo 3TE, na temperatura de 25°C.



Fonte: Emintech – Test Decagon aqualab 3TE.

3.5.3. Cor

A cor foi determinada por leitura direta na amostra utilizando-se espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus (Figura 6), com sistema de cor Cielab. O instrumento, equipado com iluminante D65/10° foi calibrado com placa preta e placa branca padrão ($X = 80,5$, $Y = 85,3$, $Z = 90,0$), conforme instruções do fabricante. Os parâmetros determinados serão: L^* que representa a luminosidade, transição do branco (0) para o preto (100); a^* que representa a transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$); e b^* a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

Figura 6 - Espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus.



Fonte: Hunterlab – Portable Spectrophotometers

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 7 e 8 ilustram as variações dos dados da temperatura externa e da temperatura interna do secador solar durante a secagem tanto das folhas de coentro quanto de salsa. Verificou-se que durante a desidratação de ambas as folhas, a temperatura no interior do secador solar foi muito mais elevada do que a temperatura observada no ambiente externo, obtendo um valor máximo na secagem de coentro de 55,3 °C (às 14 horas), onde neste mesmo momento a temperatura externa foi registrada em 29,31 °C. Na secagem de salsa os resultados foram próximos, onde obtivemos um valor de 52,1°C (às 14 horas) para a temperatura no ambiente interno e 28,98°C no ambiente externo. De acordo com os resultados ficou evidente como o secador solar é eficiente na secagem das folhas em ambos os casos.

Figura 7 – Correlação entre a temperatura externa e a temperatura interna na secagem de folhas de coentro.

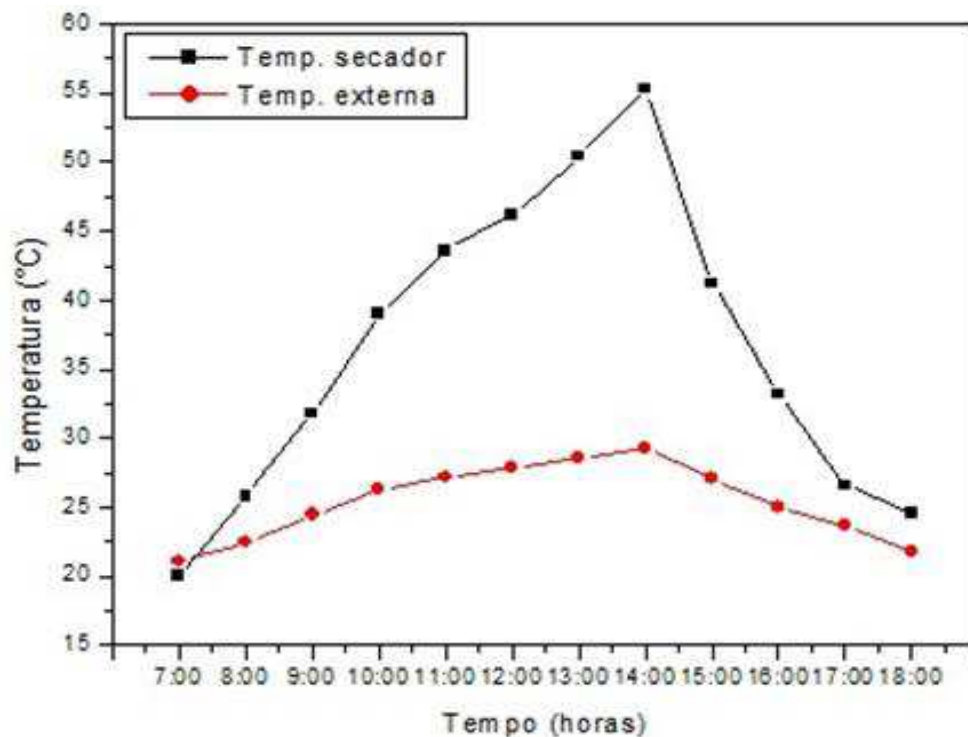
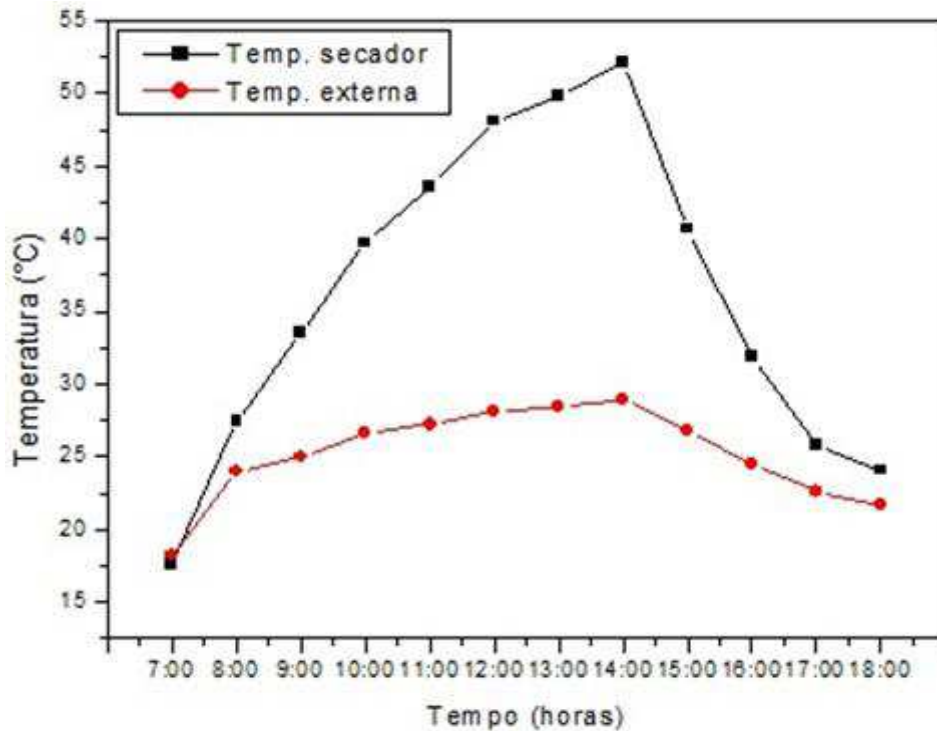


Figura 8 – Correlação entre a temperatura externa e a temperatura interna na secagem de folhas de salsa.



RANDUZ (2004) que, após trabalhar com secagem de guaco (*Mikania glomerata Sprengel*) e hortelã – comum (*Mentha x villosa Huds*), em temperaturas entre 50 e 70 °C, concluiu que a temperatura de 50°C foi a mais recomendável na secagem, visando obter o maior teor de óleo essencial e a maior concentração dos principais constituintes ativos.

FERREIRA et al. (2008) também verificaram redução de 50% no tempo de secagem, ao compararem a desidratação de grãos de café em chaminé solar e por exposição direta ao sol, em que a secagem em secador solar possibilitou menores tempos de secagem.

RONOH et al. (2009), secando sementes de amaranto na parte superior de um secador solar e por exposição direta ao sol, verificaram porcentagem de redução no tempo de desidratação semelhante à obtida para o produto de farinha de grãos sem óleo (FSO), em que a secagem em secador solar possibilitou redução de 41,67% no tempo de desidratação, em comparação com a secagem por exposição direta ao sol.

GATEA (2010) desenvolveu um secador solar e avaliou seu desempenho desidratando milho com teor de água inicial de 21% b.u. (base úmida) (26,58% b.s.). Os ensaios foram iniciados às 09:00 h e encerrados às 14:00 h, obtendo-se milho com teor de água de 13% b.u. (14,94% b.s.). O conteúdo de água perdido durante o processo de secagem do milho foi de 43,79% b.s (base seca).

Verifica-se nas Figuras 9 e 10, os gráficos da razão de umidade (adimensional) em função do tempo de secagem (min). Analisando a figura 9 constata-se que as amostras tiveram

uma maior perda de peso no período de 0 a 300 minutos, posteriormente o peso foi se tornando estável, até o tempo de 420 min. Observando a figura 10 o comportamento foi semelhante, porém o peso foi se tornando estável, até o tempo de 360 minutos. O que mostra que a salsa perdeu mais água em um menor espaço de tempo do que o coentro.

Figura 9 – Curva da razão de umidade das folhas de coentro.

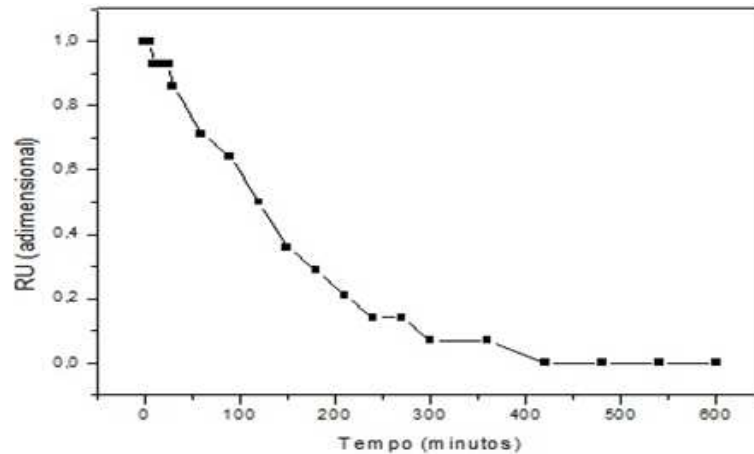
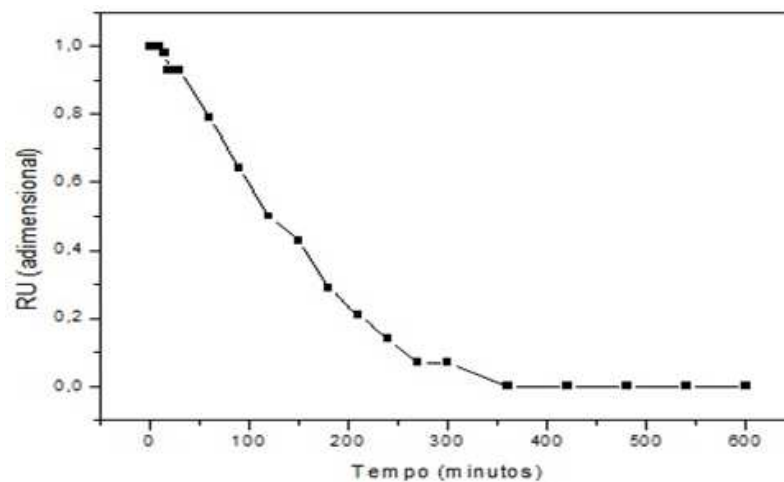


Figura 10 – Curva da razão de umidade das folhas de salsa.



Nas Tabelas 2 e 3 são mostrados os valores dos parâmetros dos modelos de Page, Newton, Thompson, Henderson e Pabis, Midilli, Dois termos e Aproximação da difusão, ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem de folhas coentro e salsa agroecológica, os coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrático médio (DQM). Observou-se que todos os modelos estudados apresentaram coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,90. De acordo com os valores dos coeficientes de determinação (R^2) e (DQM),

o modelo matemático que obteve o melhor resultado tanto na secagem de coentro quanto de salsa foi o de Midilli, tendo como valores para o coeficiente de determinação (R^2) 0,9965 e 0,9983 e os valores do desvio quadrático médio (DQM) 0,0215 e 0,0152, respectivamente.

Tabela 2 - Valores dos parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrático médio (DQM) dos modelos estudados (coentro).

Modelo	Parâmetros				R^2	DQM
Page	K		n		0,9955	0,0243
	0,0017		1,2637			
Newton	k				0,9835	0,0471
	0,0066					
Thompson	A		b		0,9835	0,0471
	-3094,64		2,2641			
Henderson e Pabis	A		k		0,9883	0,0396
	1,0483		0,0070			
Midilli	A	k	b		0,9965	0,0215
	0,9915	0,0014	-0,0001			
Dois termos	A	k_o	b	k₁	0,9883	0,0396
	0,5243	0,0070	0,5240	0,0070		
Aproximação da difusão	A	k	b		0,9963	0,0218
	-96,7017	0,0124	0,9923			

Tabela 3 - Valores dos parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrático médio (DQM) dos modelos estudados (salsa).

Modelo	Parâmetros				R^2	DQM
Page	K		n		0,9976	0,0182
	0,0007		1,4383			
Newton	k				0,9647	0,0704
	0,0064					
Thompson	A		b		0,9647	0,0704
	-3392,63		2,3317			
Henderson e Pabis	A		k		0,9789	0,0543
	1,0820		0,0070			
Midilli	A	k	b		0,9983	0,0152
	1,0144	0,0010	-0,0001			
Dois termos	A	k_o	b	k₁	0,9789	0,0544
	0,5414	0,0070	0,5414	0,0071		
Aproximação da difusão	A	k	b		0,9968	0,0209
	-120,86	0,013	0,9920			

SAEED (2010) verificou valores de R^2 superiores a 0,99, ao ajustar os modelos de Aproximação da Difusão, Midilli e Page aos dados da secagem de *Hibiscus sabdariffa* L. em secador solar. SOBUKOLA et al. (2007) também verificaram valores de R^2 superiores a 0,99,

para os modelos de Page e Midilli, ao estudarem a secagem por exposição ao sol de folhas de *Vernonia anyadalina* e *Ocimum viride*.

LEMA et al. (2007) também observaram coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99, para os modelos matemáticos de Dois Termos, Midilli e Page, ao ajustarem os dados experimentais da cinética de secagem de salsa nas temperaturas de 35, 45, 55 e 65 °C e velocidade do ar de secagem 1 m s⁻¹.

Nas Figuras 11 e 12 são apresentadas as curvas das cinéticas de secagem de folhas coentro e salsa agroecológicas respectivamente, ajustadas pelo modelo de Midilli, que representou o processo de secagem das amostras com ótima precisão.

Figura 11 – Curva da cinética de secagem de folhas de coentro orgânico ajustada pelo modelo de Midilli.

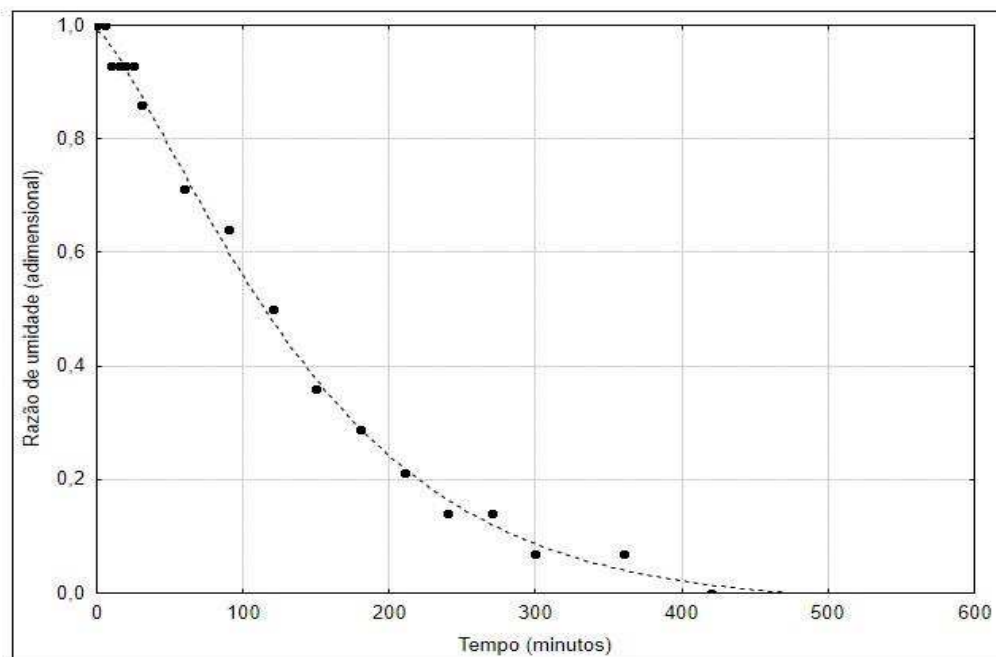
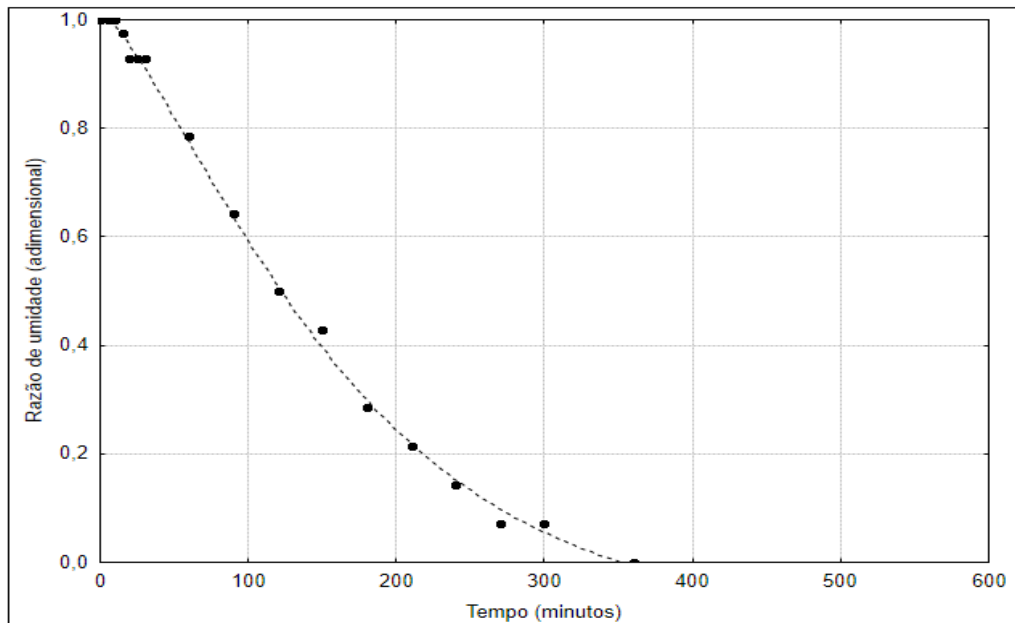


Figura 12 – Curva da cinética de secagem de folhas de salsa orgânica ajustada pelo modelo de Midilli.



LAHSASNI et al. (2002) também verificaram que o modelo que melhor se ajustou às curvas de secagem do figo-da-índia foi o de Midilli et al. obtendo R^2 de 0,9996. REIS et al. (2011), estudando a modelagem matemática da pimenta Cumari do Pará, utilizaram vários modelos matemáticos, no entanto concluíram que o modelo matemático de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, com valores de R^2 superiores a 0,99. ERTERKIN e YALDIZ (2004), observaram que o modelo de Midilli et al. apresentou os maiores coeficientes de determinação e os menores desvios quadráticos médios no estudo da secagem da berinjela.

A Tabela 4 ilustra os parâmetros físico-químicos das folhas de coentro e salsa agroecológica respectivamente, onde o valor médio de teor de água das folhas de coentro foi de 87,52% e o de sólidos totais foi de 12,48% e o teor de água das folhas de salsa foi de 80,11% e o de sólidos totais foi de 19,89%. O que mostra ser dois produtos muito perecível, onde o processo de secagem torna-se essencial para a conservação das folhas. Observando-se os valores da luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*) das amostras secas verifica-se que o valor negativo do parâmetro a^* indica que a coloração predominante da folha é verde, e para o parâmetro b^* é o amarelo para o coentro, porém nas

amostras de salsa verifica-se que o valor positivo do parâmetro a^* indica que a coloração predominante da folha é vermelha, e para o parâmetro b^* é o amarelo.

Tabela 4 – Valores médios dos parâmetros físico-químicos das folhas de coentro e salsa.

Parâmetros	Média \pm Desvio Padrão	
	Coentro	Salsa
Teor de água (%b.u.)	87,52 \pm 0,84	80,11 \pm 0,11
Sólidos Totais (%)	12,48 \pm 0,84	19,89 \pm 0,11
Atividade de água (a_w)	0,442 \pm 0,004	0,458 \pm 0,001
Luminosidade (L^*)	29,57 \pm 0,282	35,19 \pm 0,057
Intensidade de vermelho (a^*)	-0,76 \pm 0,04	1,43 \pm 0,03
Intensidade de amarelo (b^*)	17,41 \pm 0,149	23,80 \pm 0,172

Segundo GASPARIN et al. (2014), ao estudarem secagem de folhas de hortelã pimenta (*Mentha x Piperita* . L) em secador de leito fixo observou que na temperatura de 50°C e velocidade do vento de 0,5 m/s obteve uma luminosidade (L^*) de 36,59, intensidade de vermelho (a^*) de 0,66 e intensidade de amarelo (b^*) de 7,96.

5. CONCLUSÃO

1. O aumento na temperatura no interior do secador solar promoveu redução nos tempos de desidratação.
2. Todos os modelos matemáticos estudados representaram satisfatoriamente a cinética de secagem de coentro e salsa em secador solar com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,95 e baixos valores dos desvios quadráticos médios (DQM).
3. Dentre os modelos ajustados aos dados da cinética de secagem de coentro e salsa em secador solar, a equação de Midilli apresentou os maiores valores de coeficientes de determinação e os menores desvios quadráticos médios.
4. O secador solar demonstrou ser uma alternativa para o pequeno produtor, visto que a temperatura máxima alcançada no interior do mesmo foi mais de 50°C.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALESSI, E.S. **Tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir de mini tomates congelados**. 2010. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP, 2010.
- ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Editorial Presença, 2006. v.1. 346 p.
- ALMEIDA, F. A. C.; HARA, T.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. **Armazenamento de grãos e sementes nas propriedades rurais**. 1.ed. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. 291 p.
- ALMEIDA, F.A.C.; GOUVEIA, J.P.G. de, J.E.; VILLAMIL, J.M.P.; SILVA, M.M. **Secagem natural e artificial de vagens de algaroba**. Revista Brasileira de Armazenamento. Viçosa, v.27, n.1, p.48–57, 2002.
- ÁLVARES, V. de S. Pré-resfriamento, **embalagem e hidratação pós-colheita de salsinha**. 2006. 149p. (Tese de Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Editora Técnica, 2004.195p.
- BELESSIOTIS, V.; DELYANNIS, E. Solar drying. **Solar Energy**, v.85, n.8, p.1665- 1691, 2011.
- BLOGUES. Disponível em: <<http://blogues.publico.pt/olhos-barriga/2012/08/16/os-coentros-sabem-a-sabao/>> Acesso em 23 de dezembro de 2014.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Manual de laboratório de química de alimentos**. São Paulo: Varela, 1995. 129p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1017 p.
- CARDOSO, M.G. CASTRO, D.P. AGUIAR, P.M. SILVA, V.F. SALGADO, A.P.S.P. MUNIZ, F.R. GAVILANES, M.L. PINTO, J.E.B. **Plantas aromáticas e condimentares**. (Boletim Técnico, 78p.) Lavras – MG. 2005 Disponível em: . Acesso em: 10 de agosto de 2013.
- CARVALHO, L.M.. Qualidade em plantas medicinais. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2010. 54 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1517- 1329; 162). Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/doc_162.pdf. Acesso em: 15 de dezembro de 2014.
- CHAVES, D.S.A. **Estudo químico e potencial antitrombótico da espécie medicinal Petroselinum crispum (Apiaceae)**. 2006. 138f. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2006.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

CHRISTENSEN, C. M.; KAUFMANN, H. H. Microflora. In: CHRISTENSEN, C. M. **Storage of cereal grain and their products**. St. Paul: American Association of Cereals Chemists, 1974. p.158-192.

CONSTANT, P. B. L. **Microencapsulamento de bixina: agentes encapsulantes**, avaliação da qualidade e aplicações. 1999. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CORRÊA, L. C. F.; **Avaliação dos Processos de Higienização e Secagem na Qualidade de Folhas de Salsinha (*Petroselinum crispum* Mill.)**. 2014, v. 86. Dissertação (Curso de Engenharia de Biosistemas) Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ.

COSTA, A.R.S. **Sistema de secagem solar para frutas tropicais e modelagem da secagem de banana em um secador de coluna estática**. 2008. 169 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

EMINTECH. Disponível em: <<http://www.emintech.com/1257aqlb.htm>> Acesso em 2 de dezembro de 2014.

ERTERKIN, C.; YALDIZ, O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.63, n.3, p.349-359, 2004.

FERREIRA, A.G.; MAIA, C.B.; CORTEZ, M.F.B.; VALLE, R.M. Technical feasibility assessment of a solar chimney for food drying. **Solar Energy**, v.82, n.3, p.198-205, 2008.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura**, 2.ed. São Paulo: CERES, 1982. cap. 8, p.223-300.

FILGUEIRA, F.A.R; **Novo Manual de Olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. 2a ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2000. 650 p.

GASPARIN, P.P.; ALVES, N.C.C.; CHRIST,D.; COELHO, S.R.M. **Qualidade de folhas e rendimento de óleo essencial em hortelã pimenta (*Mentha x Piperita* L.) submetida ao processo de secagem em secador de leito fixo**. Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, v.16, n.2, supl. I, p.337-344, 2014.

GATEA, A.A. Design, construction and performance evaluation of solar maize dryer. **Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development**, v.2, n.3, p.39-46, 2010.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P.S.R.; GUIMARAES, A.M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.1, p.7-11, 2009.

HAAG, H.P.; MINAMI, K; **Nutrição Mineral em Hortaliças**. Campinas: Fundação Cargill, 2ª ed., p.28-29, 1998.

HEREDIA, Z. N. A.; VIEIRA, M.C.; WEISMANN, M.; LOURENÇÃO, A.L.F. Produção e renda bruta de cebolinha e de salsa em cultivo solteiro e consorciado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 3, p. 574-577, 2003.

HUNTERLAB. Disponível em: <http://www.hunterlab.com/portablespectrophotometers.html>. Acesso em 14 de dezembro de 2014.

JARDIM. Disponível em: <https://jardimlomar.wordpress.com/> Acesso em 11 de dezembro de 2014.

KINGSLEY, R. P.; GOYAL, R. K.; MANIKANTAN, M. R.; ILYAS, S. M. Effects of pretreatments and drying air temperature on drying behaviour of peach slice. **International Journal of Food Science and Technology**, London, v. 42, n. 1, p. 65-69, 2007.

LABUZA, T. P. The properties of water in relationship to water binding in food: a review. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 1, n. 2, p. 167-1, 190, 1977.

LAHSASNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M.; KECHAOU, N. Experimental study and modelling of adsorption and desorption isotherms of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 55, n. 3, p. 201-207, 2002.

LEAL, F.R.; COSTA, E.R.M. Influência da quebra do fruto e tempo de imersão em água na porcentagem de emergência das plantas de coentro (*Coriandrum sativum* L.). In: **43º Congresso Brasileiro de Olericultura**, 2003. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/>. Acessado em: 15 de dezembro de 2014.

LEMA, A.; PONTIN, M.; SANMARTINO, A.; ZILETTI, M.; MARTINELLO, M. Características del proceso de secado en capa delgada del perejil. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v.11, n.1-2, p.875-882, 2007.

LEWICKI, P. P. Design of hot air drying for better foods. **Trends in Food Science and Technology**, v. 17, p. 153-163, 2006.

LIMA, J. S. S.; NETO, F. B.; NEGREIROS, M. Z.; FREITAS, K. K. C.; JÚNIOR, A. P. B. Desempenho agroecônômico de coentro em função de espaçamentos e em dois cultivos, **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.38, n.4, p.407-413, Out./Dez., 2007.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A.. **Plantas Medicinais no Brasil. Nativas e Exóticas**. 2ªed. Plantarum, 2002. 576p.

MARTINS, R. R.; FRANCO, J. B. R. O.; GOMES, P. A. M.; FRANZOZI, J. F. S.; PORTO, C. D. Secador de grãos com uso de energia solar. **Revista Agroecológica e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 29-35, 2002.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C. et al. **Plantas medicinais**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 220 p.

MASKAN; M. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and micro-wave drying. **Journal of Food Engineering**, London, v. 48, n.2, p. 169-175, 2001.

MASKAN, M. Effect of processing on hydration kinetics of three wheat products of the same variety. **Journal of Food Engineering**, London, v. 52, n. 4, p. 337-341, 2002.

MEDEIROS, U. K. L. **Estudo da secagem do feijão verde (*Vigna unguiculata* L. Walp): análise experimental do processo combinado leito fixo/leito de jorro**. 2004. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**. Boca Raton: CRC Press. 2006. 1312p.

NASCIMENTO, M. T. C. C.; **Estudo Numérico de um secador solar de Exposição Direta**. 2014. Monografia (Curso de Engenharia de Biosistemas) Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – PB.

OLIVEIRA, E.Q.; NETO, B.N.; NEGREIROS, M.Z. et al Produção e valor agroeconômico no consórcio entre cultivares de coentro e alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.23, n.2, p.285-289, 2005.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

PARK, K.J.; YADO, M.K.M; BROD, F.P.R; Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3 Campinas. 2001.

PEDROSA, F.F.; NEGREIROS, M.Z.; NOGUEIRA, I.C.C. Aspectos Gerais da Cultura do Coentro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 10, n. 120, p. 75-78, 1984.

PEREDA, J. A. O.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología dos alimentos: componentes dos alimentos processados**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 1, 294p.

RADÜNZ, L. L. **Secagem de alecrim pimenta, guaco e horrtelã comum sobre diferentes temperaturas e sua influência na quantidade e qualidade dos princípios ativos**. Viçosa, MG. Tese (Dputorado de Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. Central Food Technological Research Institute Mysore. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.1977. 634 p.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Blucher, 2007.184.

RONOH, E.K.; KANALI, C.L.; MAILUTHA, J.T.; SHITANDA, D. Modeling thin layer drying of amaranth seeds under open sun and natural convection solar tent dryer. **Agricultural Engineering International: the CIGR Journal**, v.11, n.1, p.1-13, 2009.

SAEED, I.E. Solar drying of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.): mathematical modelling, drying experiments, and effects of the drying conditions. **Agricultural Engineering International: the CIGR Journal**, v.12, n.3, p.115-123, 2010.

SILVA, J.S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. 1. ed. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 509 p.

SILVA, L. C. Secagem de grãos. **Revista Grãos do Brasil: da semente ao consumo**, Maringá, v. 3, n. 14, p. 10-14, 2004.

TOGRUL, I. T.; PEHLIVAN, D. Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 55, n. 3, p. 209-216, 2002.

WILLIS, R.B.H.; LIM, J.S.K.; GREENFIELD, H. Composition of Australian foods. Leafy, stem and other vegetables. **Food Technology in Australia**, Sydney, n.10, p.416-417, 1986.