
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E EXTENSÃO
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, NA TEMPERATURA AMBIENTE, FUNÇÃO DO
TEOR DE ÁGUA, DE SEMENTES DA FRUTA TROPICAL JUÁ**

Aluno:

<Wanessa Silva Barros> - <wanessa.barros@ee.ufcg.edu.br>
<Departamento> - UFCG/DEE

Projeto de Pesquisa:

<CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, NA TEMPERATURA AMBIENTE, FUNÇÃO DO TE-
OR DE ÁGUA, DE SEMENTES DA FRUTA TROPICAL JUÁ>

Orientador:

<Marcos José de Almeida Gama> - <mgama@reitoria.ufcg.edu.br >
<Departamento> - UFCG/UAEA

dd/mm/2018

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, NA TEMPERATURA AMBIENTE, FUNÇÃO DO
TEOR DE ÁGUA, DE SEMENTES DA FRUTA TROPICAL JUÁ**

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, NA TEMPERATURA AMBIENTE, FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA, DE SEMENTES DA FRUTA TROPICAL JUÁ

RESUMO

As propriedades físicas das sementes são influenciadas pelo teor de água. O trabalho apresentado avalia o efeito da variação do teor de água na esfericidade, no volume, na massa específica real, na massa específica aparente e na porosidade da semente de juá e ajusta os valores experimentais por diferentes modelos matemáticos. Analisa-se as metodologias para a determinação da esfericidade, volume, massa específica real, massa específica aparente e porosidade. A esfericidade e o volume foram obtidos por meio da medição dos três eixos ortogonais. A contração volumétrica unitária das sementes foi determinada pela relação entre o volume em cada teor de água e o volume inicial. A massa específica real foi determinada pela relação entre a massa da semente e o volume da semente. A massa específica aparente foi determinada pela relação entre a massa da semente que ocupa o volume de um cilindro e o volume do cilindro ocupado pelas sementes. A porosidade da massa de sementes foi determinada pela relação entre a massa específica aparente e a massa específica real. Concluiu-se que a variação no teor de água influencia na esfericidade, no volume, na massa específica real, na massa específica aparente e na porosidade das sementes de juá. Por análise de regressão foram obtidos modelos matemáticos que representam adequadamente os dados experimentais das propriedades físicas em função do teor de água.

Palavras-chave: propriedades, sementes, teor de água, esfericidade, volume, massa específica real, massa específica aparente e porosidade

ABSTRACT

The physical properties of the seeds are influenced by the water content. The work presented evaluates the effect of variation of water content on sphericity, volume, actual specific mass, apparent specific mass and porosity of the juá seed and adjusts the experimental values by different mathematical models. The methodologies for determination of sphericity, volume, actual specific mass, apparent specific mass and porosity are analyzed. Sphericity and volume were obtained by measuring the three orthogonal axes. The unit volume contraction of the seeds was determined by the relationship between the volume in each water content and the initial volume. The actual specific mass was determined by the ratio of seed mass to seed volume. The apparent specific mass was determined by the ratio between the mass of the seed occupying the volume of a cylinder and the volume of the cylinder occupied by the seeds. The porosity of the seed mass was determined by the relationship between the apparent specific mass and the actual specific mass. It was concluded that the variation in water content influences sphericity, volume, actual specific mass, apparent specific mass and porosity of juá seeds. By regression analysis were obtained mathematical models that adequately represent the experimental data of the physical properties as a function of the water content.

Index terms: properties, seeds, water content, sphericity, volume, actual specific mass, apparent specific mass and porosity

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS SEMENTES

1. INTRODUÇÃO

As características físicas das sementes têm valores específicos para as condições que são obtidas e para cada espécie de semente. De modo geral, as sementes possuem peculiaridades, espécies-específicas, que limitam a utilização de suas características físicas sob condições diferentes daquelas para as quais foram determinadas. A maioria dos estudos, relativos ao beneficiamento e conservação de sementes, leva em consideração características como: tamanho, forma, porosidade e outras, que estão intimamente ligadas ao teor de água da semente, que por sua vez depende das condições do ambiente e de sua composição química.

O estudo das características físicas das sementes recebeu grande contribuição com o trabalho de MOHSENIN (1986), que sintetizou as características mais importantes que deveriam ser determinadas para compreensão dos processos envolvidos no beneficiamento e conservação de sementes, constituindo um marco no interesse de pesquisadores por esse campo da pesquisa. Depois de Mohsenin, contribuições relevantes para a caracterização de sementes foram dadas, e cada vez mais se percebe que existe um amplo caminho a ser trabalhado e melhorado.

Alguns autores investigaram as variações das propriedades físicas em função do teor de água de diversas sementes, entre eles: LANG & SOKHANSANJ (1993), trigo; RUFFATO et al. (1999), milho pipoca; BARYEH (2002), milheto e ervilha; SAHOO & SRIVASTAVA (2002), quiabo; OZARSLAN (2002), algodão; BART & BARYEH (2003), cacau; AMIN et al. (2004), lentilha e PAKSOY & AYDIN (2004), abóbora. Entretanto, não constata-se em publicações da área, trabalhos realizados com sementes de frutas tropicais.

Considerando a importância do assunto, a variabilidade existente nas propriedades físicas das sementes e a ausência de dados na literatura especializada referente a sementes de frutas tropicais, o trabalho apresentado neste capítulo, teve como objetivo analisar a forma, o volume, a contração volumétrica, a esfericidade, a massa específica real, a massa específica aparente e a porosidade, de sementes das frutas tropicais de juá ao longo do processo de secagem bem como, ajustar diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais, de maneira que representem com fidelidade as características físicas das sementes estudadas em função do teor de água.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Forma e tamanho

As sementes não possuem tamanho nem formas definidas, mas a maioria delas possuem semelhanças com formas geométricas bastantes conhecidas, tais como: Esferóide prolatado, semelhante ao sólido de revolução formado quando uma elipse gira em torno do seu eixo maior; esferóide oblato, semelhante ao sólido de revolução formado quando uma elipse gira em torno do seu eixo menor; cilindro circular reto; paralelepípedo; cone circular reto e esfera.

Quando as sementes apresentam formas semelhantes à figuras geométricas conhecidas, Figura 1, o seu volume e sua área superficial aproximada podem ser determinadas facilmente, utilizando-se as equações matemáticas destas formas geométricas.

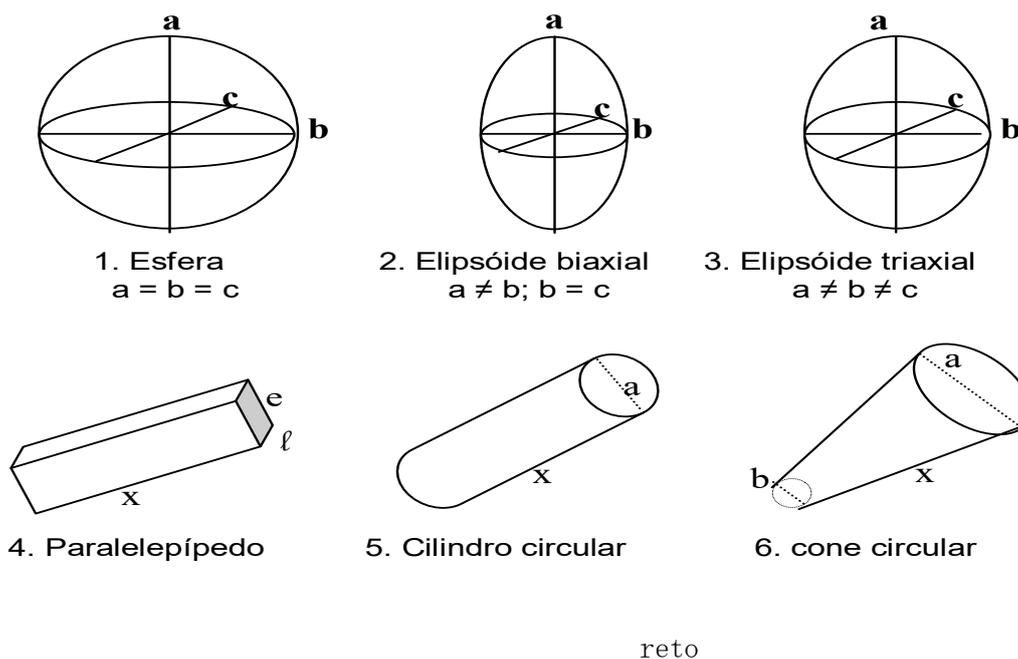


Figura 1 - Figuras geométricas conhecidas com as respectivas medidas que devem ser feitas para definir sua forma e tamanho.

Na maioria das vezes, a simples aproximação dessas sementes para formas de discos ou esferas, satisfaz. Isto pelo fato de muitas das equações, existentes na literatura, para a solução de problemas de transporte de calor, transporte de massa e transportes simultâneos de

calor e massa, comumente trazem relações com parâmetros, geralmente, associados a esta forma.

Portanto, é importante o conhecimento dos conceitos e dos fatores de forma, tais como a esfericidade e a contração volumétrica.

A esfericidade de uma semente é um fator que indica o quão próximo está a forma da semente de uma esfera e a contração volumétrica indica a variação do volume da semente em função do teor de água.

CORRÊA et al. (2002), estudando a variação das dimensões características e a forma dos frutos de café durante o processo de secagem, observaram a diminuição da esfericidade e do volume; RIBEIRO et al. (2004), estudando a forma, tamanho e contração volumétrica do trigo durante o processo de secagem, observaram a diminuição da esfericidade e do volume; RESENDE et al. (2008), estudando a esfericidade de grãos de feijão da cultivar Vermelho Coimbra durante o processo de secagem, observaram o aumento da esfericidade e diminuição do volume.

2.2. Massa específica

A massa específica aparente é calculada pela relação entre a massa das sementes e o volume ocupado por estas sementes (volume do recipiente), nesse caso, a porosidade, também, compõe o volume da amostra.

A massa específica aparente é um indicativo de como estas sementes estão organizadas. Assim, uma massa de sementes mais compacta possui maior massa específica aparente. Como também, está relacionada com a flutuabilidade da massa de sementes. Ou seja, uma massa de sementes flutua sobre outra matéria se sua massa específica aparente for menor do que a desta outra matéria.

Na literatura são relatados trabalhos de estudos da massa específica aparente com a variação do teor de água, no entanto poucos são os trabalhos encontrados de estudos da massa específica aparente em função da variação da temperatura. Na realidade, assume-se que essa variação é pequena, não sendo significativa.

No entanto, percebe-se na prática, que existe uma contração volumétrica do material biológico com a diminuição da temperatura, principalmente quando o produto é mantido a temperaturas muito baixas.

Entre os trabalhos publicados sobre estudo da massa específica aparente, encontram-se: RUFFATO et al. (1999) estudaram milho-pipoca; AFONSO JÚNIOR et al. (2000) estudaram grãos de milho (*Pennisetum glaucum*); RIBEIRO et al. (2007) estudaram grãos de trigo; RESENDE et al. (2008) estudaram grãos de feijão da cultivar Vermelho Coimbra. Es-

tes pesquisadores observaram que a massa específica aparente dos produtos agrários estudados, diminui com o aumento do teor de água. Enquanto COUTO et al. (1999) estudaram grãos de café e PRADO & SARTORI (2002) estudaram sementes com diferentes características superficiais. Estes pesquisadores observaram, que a massa específica aparente dos produtos biológicos estudados, aumenta com aumento do teor de água.

A massa específica real é calculada pela relação entre a massa da semente e o volume da semente, nesse caso, a porosidade não compõe o volume da amostra.

2.3. Porosidade

A porosidade intergranular é definida como sendo a percentagem de espaços vazios existente na massa de sementes. Para ilustrar, considere-se um recipiente com capacidade para 1 m^3 repleto de uma certa massa de sementes, em que $0,3\text{ m}^3$ desse volume é ocupado por espaços vazios, então a porosidade dessa massa de sementes seria a relação entre o volume de espaços vazios e o volume total do recipiente.

O conhecimento da porosidade intergranular de uma massa de sementes é de suma importância, pois é necessário no dimensionamento de estruturas como silos, containeres, caixas, embalagens, unidades transportadoras, além de estar contida dentro dos estudos da transferência de calor e de transferência de massa, nos processos hidrodinâmicos, aerodinâmicos e termoelétricos, dentre outros.

Vários pesquisadores têm trabalhado na determinação da porosidade de uma massa de sementes, e o método utilizado para esta determinação varia de pesquisador para pesquisador.

THOMPSON & ISSACS (1967), determinaram a porosidade de sementes utilizando o mercúrio para ocupar os espaços intergranulares, contudo, perceberam que existiam fontes de erros nessa medição, pois, devido à densidade do mercúrio e de sua tensão superficial, ocorria a formação de espaços não ocupados pelo líquido, o que provocava erros de precisão nas medidas.

ROSSI & ROA (1980) usaram água para determinar a porosidade em sementes. Embora os autores aleguem ter obtido a porosidade intergranular com boa precisão, hoje se sabe, que isso não corresponde à realidade, pois, no caso da água, dependendo do teor de água do produto, pode haver uma diferença significativa em produtos higroscópicos, como é o caso de algumas sementes.

A utilização da água como líquido, para medir o volume dos espaços intergranulares, não elimina as fontes de erros descritas quando se utilizou o mercúrio, podendo, apenas, diminuir. No entanto ocorrem outros possíveis erros como a possibilidade de absorção de água

pelo produto.

Para evitar a absorção de água é que Loperzen utilizou o tolueno em suas medições de porosidade intergranular, no entanto, o uso deste líquido continuou não evitando os erros supracitados.

Como os líquidos não foram satisfatórios para medir a porosidade intergranular de produtos agrícolas, alguns pesquisadores iniciaram trabalhos, utilizando gases como veículo de medição.

Assim, GUSTAFSON & HALL (1972) utilizaram um picnômetro de comparação hélio-ar conjugado com uma bomba a vácuo, para determinar a porosidade de milho, variedade Dekalb XL-66. Com um equipamento similar; ALMEIDA (1979) determinou a porosidade intergranular de amêndoas de cacau em fase final de fermentação.

MOHSENIN (1986) propôs, para medição da porosidade intergranular, um picnômetro de comparação a ar.

CAVALCANTI MATA & FERNANDES FILHO (1994) desenvolveram um picnômetro de comparação a ar com base no princípio proposto por MOHSENIN (1986), para determinar a porosidade intergranular de sementes de mamona e algaroba em função do teor de água.

Utilizando um picnômetro de comparação a ar, CORRÊA et al. (2004), estudaram a porosidade de grãos de trigo durante o processo de secagem e RESENDE et al. (2008), estudaram a porosidade de grãos de feijão da cultivar Vermelho Coimbra.

2.4. Aspectos biológicos

2.4.1. Cultura do juá (*Ziziphus joazeiro*)

2.4.1.1. Aspectos gerais

O Juazeiro cujo nome científico *Ziziphus joazeiro*, Figura 2, também conhecido por **joá**, **laranjeira-de-vaqueiro**, **juá-fruta**, **juá** e **juá-espinho**, é uma árvore típica do semiárido brasileiro. Seus frutos, do tamanho de uma cereja, são comestíveis e utilizados para fazer geleias, além de possuírem uma casca rica em saponina (usada para fazer sabão e produtos de limpeza para os dentes). São também utilizados na alimentação do gado na época seca.



Figura 2 - Juazeiro

É uma árvore perenifólia o ano todo, graças ao amplo e profundo sistema radicial, capaz de coletar a escassa umidade existente no subsolo. Às vezes, embora raramente, quando a água do solo se torna extremamente escassa, pode perder por completo a folhagem (OLIVEIRA, 1976).

As árvores maiores atingem dimensões próximas de 16 m de altura e 53 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo), na idade adulta.

Os frutos são uma drupa globosa, amarelada, de 1,5 cm a 2 cm de comprimento, carnosos, adocicados e ácidos, de casca fina que recobre uma polpa farinácea (parte comestível) no meio da qual estão as sementes envolvidas por uma mucilagem transparente, difícil de separar (SILVA, 1991).



Figura 3 - Frutos do juazeiro (*Ziziphus joazeiro*)

Os frutos maduros ocorrem de junho a julho, no Ceará e em Pernambuco, e de outubro a dezembro, no Estado de São Paulo (ENGEL & POGGIANI, 1985).

O juazeiro é um dos elementos típicos da vegetação dos sertões nordestinos. É uma espécie de maior ocorrência nas caatingas, no Sertão e no Agreste. Não existem matas de juazeiro. Essa espécie apresenta-se isolada dentro e fora das matas xerófilas, espalhando-se nos pés de serra, nas capoeiras degradadas e ao longo das divisórias feitas de madeira, de preferência protegida do alcance dos rebanhos de gado vacum (TIGRE, 1970).

2.4.1.2. Aspectos botânicos

As folhas são alternas, de consistência membranácea a levemente coriácea, ovalada a elíptica, com base cordada a obtusa, ápice curto-acuminado ou agudo, raro emarginado, margem, não raro, finamente serreada, face adaxial ou superior glabrescente a abaxial ou inferior glabrescente, raro pubescente, notadamente ao longo das nervuras, por vezes pubérula na reticulação; medem de 3 cm a 10 cm de comprimento por 2 cm a 6 cm de largura, com três a cinco nervuras inferiormente pubescentes bem visíveis, partindo da base; pecíolo medindo de 0,5 cm a 0,8 cm de comprimento, pubescente; estípulas com 1,0 mm a 1,5 mm de comprimento e 0,8 mm a 1,0 mm de largura.

Sua flores são de coloração amarelo-esverdeada, com 4 mm a 6 mm de comprimento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo das características físicas das sementes de juá na temperatura ambiente foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Alimentos da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos Agrícola do Centro de Tecnologia em Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba.

Para esta pesquisa experimental foram utilizadas sementes provenientes da região polarizada por Campina Grande, com vários teores de água (b.u.).

As sementes foram extraídas dos frutos com teor de água elevado e em seguida, foram submetidas a dessorção na temperatura de 40 °C até atingirem os teores de água desejados. Os teores de água foram aferidos pelo método padrão de estufa (105 ± 3 °C por 24 horas), com três repetições, segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz, BRASIL (2005).

3.1. Forma e tamanho

As sementes de juá foram caracterizadas como um elipsóide triaxial, mostrada na Figura 4, tiveram suas dimensões a, b e c determinadas utilizando-se um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

3.1.1. Esfericidade

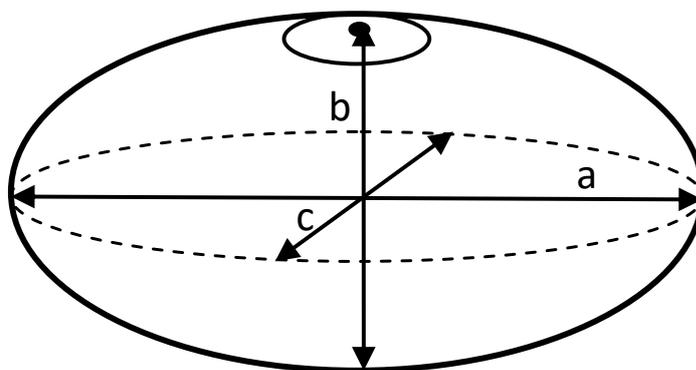


Figura 4 - Desenho esquemático de uma semente, considerada elipsóide triaxial, com suas dimensões características.

Neste estudo, a esfericidade das sementes foi determinada de acordo com a expressão descrita por MOHSENIN (1986), conforme a Equação 1.

$$\varphi = \left[\frac{(abc)^{1/3}}{a} \right] 100 \quad (1)$$

em que,

φ - esfericidade, %

a - maior eixo da semente, cm

b - eixo médio da semente, cm

c - menor eixo da semente, cm.

3.1.2. Contração volumétrica

A contração volumétrica unitária durante a secagem da semente foi determinada pela relação entre o volume em cada teor de água e o volume no teor de água inicial.

O volume de cada semente foi obtido ao longo do processo de secagem de acordo com a expressão proposta por MOHSENIN (1986), Equação 2, que caracteriza a semente como um elipsóide triaxial.

$$V_s = \frac{\pi abc}{6} \quad (2)$$

em que,

V_s - volume da semente, cm³

a - maior eixo da semente, cm

b - eixo médio da semente, cm

c - menor eixo da semente, cm.

3.2. Massa específica real

Para determinar a massa específica real é necessário obter o volume real (V_r) da semente, para isto, foram realizados três pesagens em balança analítica com precisão de 0,001. A primeira pesagem foi a massa da semente, como pode ser visto na Figura 5 (a). A segunda pesagem, Figura 5 (b) é a massa de um recipiente contendo água. Por fim, sustentada por uma haste, a semente é forçada para dentro do recipiente com água, até sua total submersão sem, no entanto, tocar as superfícies do recipiente, neste momento é feita a terceira pesagem, Figura 5 (c), que será determinado pela Equação 3. E determinada a massa específica real (ρ_r) pela Equação 4.

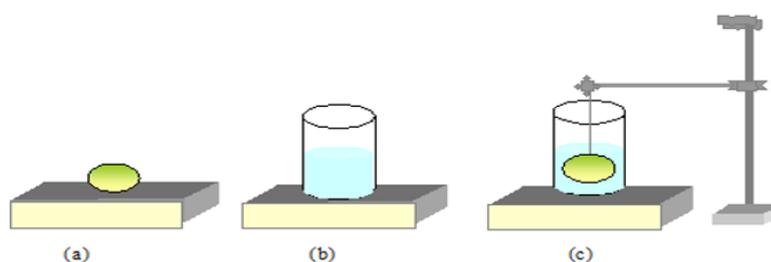


Figura 5 - (a) Primeira pesagem; (b) Segunda pesagem; (c) Terceira pesagem.

$$V_r = \frac{\text{massa de fluido deslocado}}{\text{massa específica do fluido}} \quad (3)$$

em que,

V_r - volume das sementes, cm^3

$$\rho_r = \frac{m}{V_r} \quad (4)$$

em que,

ρ_r - massa específica real, g cm^{-3}

m - massa da semente, g

V_r - volume da semente, cm^3

3.3. Massa específica aparente

A massa específica aparente é obtida pela relação entre o valor da massa de sementes e o volume do recipiente que é ocupado por estas sementes, conforme Equação 5.

Para a determinação da massa específica aparente as sementes foram colocadas aleatoriamente em um recipiente de volume conhecido. Em seguida, esta massa de sementes foi medida numa balança semi-analítica com precisão de 0,01 g. Este procedimento foi repetido três vezes.

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V_a} \quad (5)$$

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, g cm⁻³

m - massa das sementes, que ocupa o volume de um recipiente, g

V_a - volume do recipiente ocupado pela massa de sementes, cm³

3.4. Porosidade

A porosidade da massa de semente foi determinada pela Equação 6.

$$\varepsilon = \left[1 - \left(\frac{\rho_{ap}}{\rho_r} \right) \right] \quad (6)$$

em que,

ε - é a porosidade, %

ρ_{ap} - massa específica aparente, g m⁻³

ρ_r - massa específica real, g cm⁻³

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a obtenção dos dados experimentais há intrinsecamente, erros sistemáticos e erros de paralaxe. Os erros de paralaxe foram minimizados com o aumento do número de medidas, por esta razão a sua influencia é insignificante nos resultados obtidos.

Os erros sistemáticos, oriundos da limitação dos medidores e da própria metodologia utilizada, não podem ser minimizados, pelo contrário se mantêm durante a realização dos experimentos.

A caracterização física das sementes é característica intrínseca de cada semente dependendo do material orgânico que as envolve e do teor de água.

4.1. Forma e tamanho

4.1.1 Esfericidade

Os valores experimentais e estimados da esfericidade das sementes de juá em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura 6.

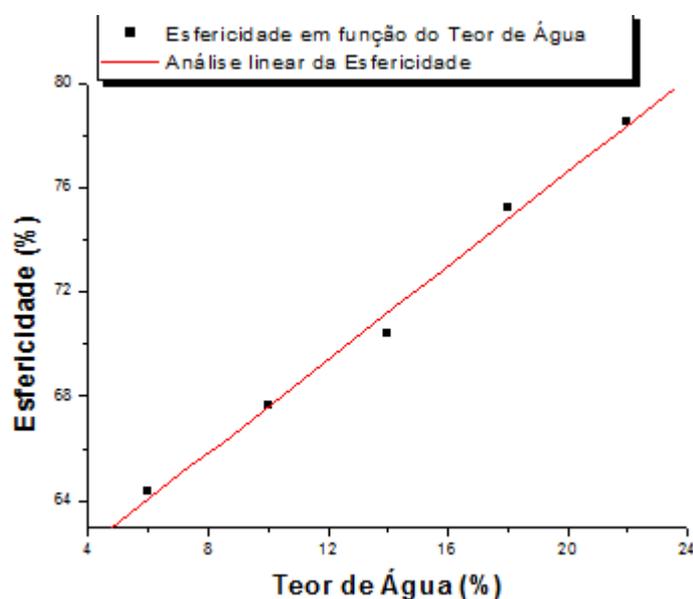


Figura 6 - Valores experimentais e estimados da esfericidade da semente de juá em função do teor de água (b.u.)

Os dados experimentais da esfericidade das sementes de juá foram ajustados através de regressão linear a modelos empíricos, em função do teor de água (b.u.).

A Tabela 1 apresenta o modelo obtido para predição da esfericidade das sementes de juá em função do teor de água.

Tabela 1 - Modelos para predição da esfericidade da semente de juá em função do teor de água (b.u.).

Tipo de semente	Equação	R
Juá	$\varphi = 58,6375 + 0,89875 X$	0,99626

em que,

φ - esfericidade, %

X - teor de água, % b.u.

Os valores de esfericidade das sementes de juá ficaram entre 64,32 a 78,51% para teor de água de 6 a 22% b.u.;

Alguns pesquisadores estudaram a esfericidade de sementes, dentre eles: MAGALHÃES et al. (2000), estudando sementes de cinco espécies diferentes de café; CORRÊA et al. (2002), estudando frutos de café. Ambos observaram que há um aumento da esfericidade com o aumento do teor de água.

Constata-se que há uma variação linear da esfericidade das sementes de juá com a variação do teor de água, houve um aumento da esfericidade, assim como os produtos agrícolas estudados.

Conforme pode ser constatado na literatura especializada, a variação da esfericidade com o teor de água é uma característica intrínseca ao produto agrícola, aumentando ou diminuindo com o aumento do teor de água, devido a textura e a composição do material que constitui o produto agrícola.

Na literatura especializada não se constata trabalhos com sementes de frutas tropicais.

4.1.2. Variação volumétrica

Os valores experimentais e estimados do volume das sementes de juá em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura 7.

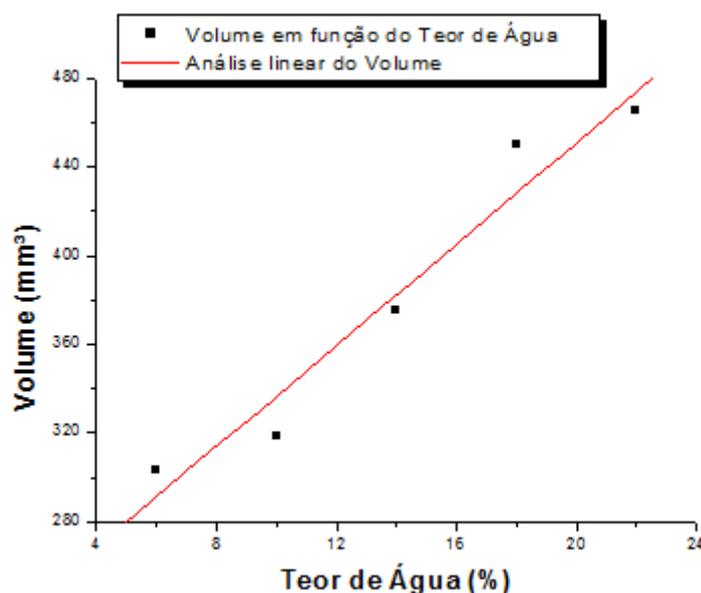


Figura 7 - Valores experimentais e estimados do volume das sementes de juá em função do teor de água (b.u.)

Os dados experimentais do volume das sementes de juá foram ajustados por regressão linear á modelos empíricos, em função do teor de água (b.u.), e o modelo linear representa satisfatoriamente os valores experimentais do volume.

A Tabela 2 apresenta os modelos obtidos para predição do volume da semente de juá em função do teor de água.

Tabela 2 - Modelos para predição do volume da semente de juá em função do teor de água (b.u.).

Tipo de semente	Equação	R
Juá	$V_s = 222,6445 + 11,41125 X$	0,97507

em que,

V_s - volume da semente, cm^3

X - teor de água, % b.u.

O volume de sementes de juá apresentou os valores variaram entre 302,74 a 465,14 cm^3 para o teor de água de 6 a 22% b.u.

Pode-se observar que o volume da semente aumenta linearmente com aumento do teor de água, comportamento semelhante a grande maioria dos produtos agrícolas, conforme trabalhos realizados por vários pesquisadores, dentre eles: AFONSO JÚNIOR et al. (2000), estudando duas cultivares de grãos de milho de pipoca; RIBEIRO et al. (2004), estudando grãos de trigo; RESENDE et al. (2005), estudando grãos de feijão e GONELI et al. (2011), estudando frutos de mamona.

Na literatura especializada não consta trabalhos com sementes de frutas tropicais.

4.2. Massa específica real

Os valores experimentais e estimados da massa específica real de sementes de juá com a faixa de teor de água de 6 a 22% (b.u.), são apresentados na Figura 8.

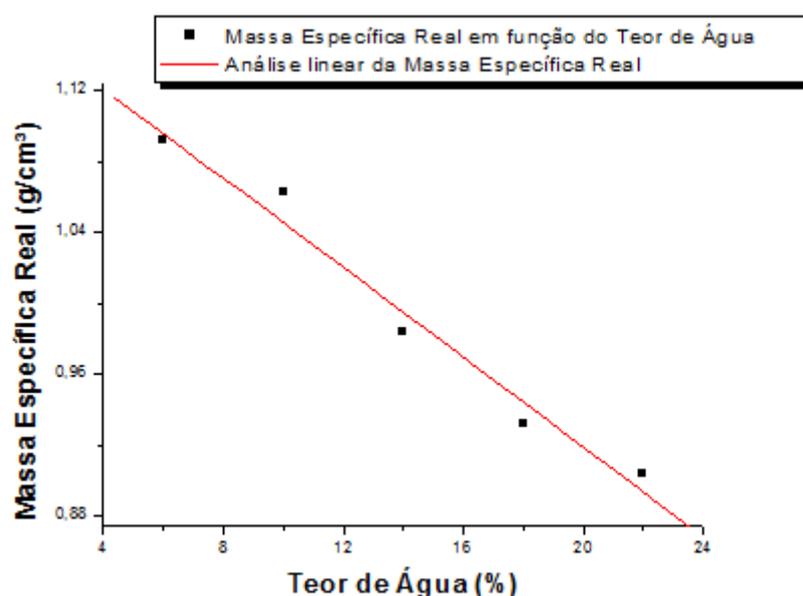


Figura 8 - Valores experimentais e estimados da massa específica real de sementes de juá em função do teor de água (b.u.).

Os dados experimentais da massa específica real de sementes de juá foram ajustados por regressão e o modelo linear representa satisfatoriamente os valores experimentais.

Na Tabela 3 apresenta os modelos obtidos para massa específica real de sementes de juá em função do teor de água.

Tabela 3 - Modelos para predição da massa específica real de sementes de juá em função do teor de água (b.u.).

Tipo de semente	Equação	R
Juá	$\rho_r = 1,1718 - 0,01264 X$	- 0,98698

em que,

ρ_r - massa específica real, g cm^{-3}

X - teor de água, % b.u.

Os valores experimentais da massa específica real de sementes de juá variaram entre 0,9041 a 1,0918 g cm^{-3} para teores de água de 6 a 22% b.u. A massa específica real das sementes de juá decrescem linearmente com o aumento do teor de água.

4.3. Massa específica aparente

Os valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de juá com a faixa de teor de água de 6 a 22% (b.u.), são apresentados na Figura 9.

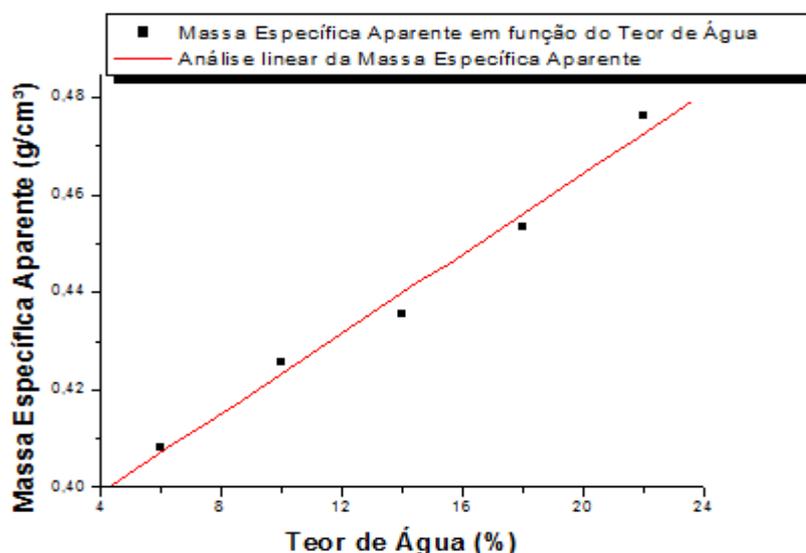


Figura 9 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de juá em função do teor de água (b.u.).

Os dados experimentais da massa específica aparente de sementes de juá foram ajustados por regressão e o modelo linear representa satisfatoriamente os valores experimentais.

Na Tabela 4 apresenta os modelos obtidos para massa específica aparente de sementes de juá em função do teor de água.

Tabela 4 - Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de juá em função do teor de água (b.u.).

Tipo de semente	Equação	R
Juá	$\rho_{ap} = 0,38242 + 0,0041 X$	0,99175

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, g cm⁻³

X - teor de água, % b.u.

Os valores experimentais da massa específica aparente de sementes de juá variaram entre 0,4081 a 0,4761 g cm⁻³ para teores de água de 6 a 22% b.u. A massa específica aparente de sementes de juá cresce linearmente com o aumento do teor de água.

Estes resultados são coerentes com os obtidos por diferentes pesquisadores estudando diferentes produtos biológicos, tais como: COUTO et al. (1999) estudando grãos de café com teor de água (b.u.) entre 18,6% e 62,6% observaram, que a massa específica aparente variaram entre 720,00 a 970,00 kg m⁻³; PRADO & SARTORI (2002) estudaram de sementes com diferentes características superficiais; CORRÊA et al. (2006) estudando grãos de trigo com teor de água (b.u.) entre 10,0% e 40,0% observaram que a massa específica aparente variaram entre 750,00 a 550,00 kg m⁻³, e KOUCHAKZADEH & TAVAKOLI (2010) estudando Iranian Pistachios com teor de água (b.u.) entre 4,3% e 52,8% observaram que a massa específica aparente variou entre 422,6 a 574,1 kg m⁻³.

Estes pesquisadores observaram que a massa específica aparente varia linearmente com o teor de água.

4.4. Porosidade

Os valores experimentais e estimados da porosidade da massa de sementes de juá em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura 10.

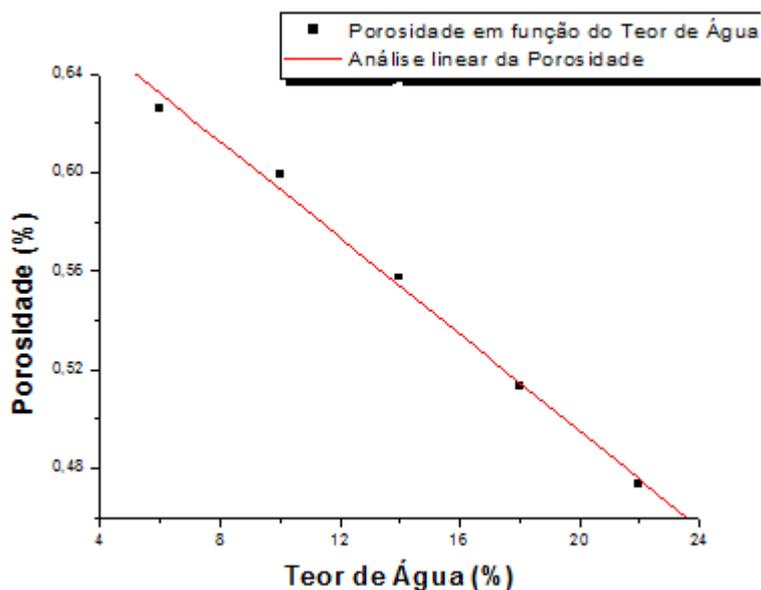


Figura 10 - Valores experimentais e estimados da porosidade da massa de sementes de juá em função do teor de água.

Os dados experimentais da porosidade da massa de sementes de juá em função do teor de água (b.u.) foram ajustados por regressão.

A Tabela 5 apresenta os modelos obtidos para a porosidade da massa de sementes de juá, em função do teor de água.

Tabela 5 - Modelos para predição da porosidade da massa de sementes de juá em função do teor de água (b.u.).

Tipo de semente	Equação	R
Juá	$\mathcal{E} = 0,69098 - 0,00669 X$	- 0,99694

em que,

\mathcal{E} - porosidade, %

X - teor de água, % b.u.

Os valores da porosidade da massa de sementes de juá variaram entre 0,4734 a 0,62621% para faixa de teor de água de 6 a 22% (b.u.).

Vários pesquisadores estudaram a porosidade de produtos agrícolas, entre eles: COU-TO et al. (1999), estudando café, observaram que há uma diminuição da porosidade com o aumento do teor de água; RUFFATO et al. (1999), estudando milho pipoca, observaram que há um aumento da porosidade com o aumento do teor de água; AFONSO JÚNIOR et al. (2000), estudando duas cultivares de grãos de milho, observaram que há um aumento da porosidade com o aumento do teor de água; PRADO & SARTORI (2002), estudando sementes com e sem mucilagem, observaram que há uma diminuição da porosidade com o aumento do teor de água; CORRÊA et al. (2004), estudaram a porosidade de grãos de trigo durante o processo de secagem, observaram que há um aumento da porosidade com o aumento do teor de água; CORRÊA et al. (2005), estudando grãos de feijão comum, observaram uma diminuição linear da porosidade com o aumento do teor de água; RIBEIRO et al. (2005), estudando grãos de soja, observaram que há um aumento da porosidade com o aumento do teor de água; CORRÊA et al. (2006), estudando grãos de trigo, observaram que há um aumento da porosidade com o aumento do teor de água; RESENDE et al. (2008), estudando grãos de feijão, observaram que há um aumento da porosidade com o aumento do teor de água.

Como pode ser constatado, a variação da porosidade com o teor de água é uma característica do produto agrícola, aumentando ou diminuindo com a aumento do teor de água, devido a textura e a composição do material que constitui a casca deste produto. Todavia, a relação da porosidade com o teor de água é sempre linear.

Constata-se que há uma variação linear da porosidade das sementes de juá com a variação do teor de água, porosidade diminui, resultado coerente com os produtos agrícolas estudados por vários pesquisadores.

Na literatura especializada não constam trabalhos com sementes de frutas tropicais.

5. CONCLUSÕES

As características físicas das sementes depende de suas características físicas e biológicas.

1. A forma das sementes de juá é influenciada pela redução do teor de água.
2. A esfericidade, o volume e a massa específica aparente das sementes de juá apresentam um aumento linear dos seus valores com o aumento do teor de água.
3. A porosidade e a massa específica real das sementes de juá diminuem com o aumento do teor de água.
4. As propriedades físicas da semente estudada variam com a diminuição do teor de água, ou seja durante o processo de secagem, sendo esta variação uma característica propriedade-semente.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C.; ANDRADE, E. T. Análise da variação das propriedades físicas e contração volumétrica dos grãos de milheto (*Pennisetum glaucum*) durante o processo de dessecamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.25, n.1, p.15-21, 2000.

ALMEIDA, B. V. **Determinação das propriedades físicas de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.)** Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1979. 70p. (Dissertação de Mestrado).

AMIN, M. N.; OSSAIN, M. A.; ROY, K. C. Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. **Journal of Food Engineering**, London, v.65, p.83-87, 2004.

BART, P. A.; BARYEH, E. A. The physical properties of category B cocoa beans. **Journal of Food Engineering, London**, v.60, p.219-227, 2003.

BARYEH, E. A. Physical properties of millet. **Journal of Food Engineering**, London, v.51, p.39-46, 2002.

BRASIL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 2005.

SANTOS, J. B. **Grande manual globo**. Porto Alegre: Globo, v.3, p.190-191, 1978.

THOMPSON, R. A.; ISSACS, G. W. Porosity determination of grains and seeds with an air comparison pycnometer. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.15, n.2; p.693-696, 1967.

TORRES, W. E.; SANCHES, L., GUANABANO L. A. **Instituto Colombiano Agropecuario**, 1995. 100p. (Manual de Assistência Técnica, 57) .

SAHOO, P. K.; SRIVASTAVA, A. P. Physical properties of okra seed. **Biosystems Engineering**, [S.l.], v.84, n.4, p.441-448, 2002.

CASTRO, F. A.; MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; GUEDES, Z. B. L.; FÉ, J. A. M. Características físicas e químicas da graviola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.3, p.361-365, 1984.

CAVALCANTE, P. C. **Cajá: Perspectivas de industrialização**. Campina Grande 1992.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; FERNANDES FILHO, J. G. Determinação da porosidade de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) e algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC). **Revista Nordestina de Armazenagem**, Campina Grande, v.1, n.1, p.55-64, 1994.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; QUEIROZ, D. M.; SAMPAIO, C. P.; CARDOSO, J. B. Variação das dimensões características e da forma dos frutos de café durante o processo de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.466-470, 2002.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; HENRIQUES, D. R.; SOUZA, M. A. Análise da porosidade, massa específica aparente e real do trigo durante o processo de secagem. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 33, 2004, São Pedro, SP.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; HENRIQUES, D. R.; ANDRÉ LUIZ DUARTE. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão. In: **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.1, p.15-24, 2005.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; BOTELHO F. M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.665-670, 2006.

COUTO, M. S.; MAGALHÃES, A. C.; QUEIROZ, D. M.; BASTOS I. T. Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.61-68, 1999.

DUQUE, J. G. O Nordeste e as lavouras xerófilas. **Escola Superior de Agricultura de Mossoró**. Mossoró, RN. 1980. 316p.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. São Paulo. Nobel, 1989. 448p.

GONELI A. L. D.; CORRÊA, P. C.; MAGALHÃES F. E. A.; BAPTESTINI F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. In: **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.1, p.1-8, 2011.

GURJÃO, K. C. de O.; BRUNOLL, R.L.A.; ALMEIDA, F. de A. C.; PEREIRA, W. E.; BRUNO, G. B. Desenvolvimento de frutos e sementes de tamarindo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v.28, n.3, p103-112, 2006.

GUSTAFSON, J. R.; HALL, G. E. Density and porosity changes of shelled corn during drying. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.15, n.3, p.523-525, 1972.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL, 2005). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 2005.

LANG, W.; SOKHANSANJ, S. Bulk volume shrinkage during drying of wheat and canola. **Journal of Food Process Engineering**, Trumbull, v.16, n.4, p.305-314, 1993.

LORENZI, H. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**. São Paulo. Nobel, 2005. 318p.

MAGALHÃES A. C.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M.; ANDRADE, E. T. Dimensões principais, massa e volume unitários, esfericidade e ângulo de repouso de frutos de café. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.2, p.39-56, 2000.

RUFFATO, S.; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H.; MANTOVANI, B. H. M.; SILVA, J. N. Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.45-48, 1999.

RIBEIRO, D. M.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; GUIMARÃES, F. F.; COSTA, D. R. Forma, tamanho e contração volumétrica do trigo durante o processo de secagem. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 33, 2004, São Pedro, SP. Anais, São Pedro: SBEA, 2004. CD Rom.

MARINHO, J. R. N. **Diagnóstico do agronegócio graviola no sul da Bahia**. 1999. 53f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

MENDES, B. V. Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.): Importante fruteira do semi-árido. Mossoró: **Escola Superior de Agricultura de Mossoró**, 1990. p.67 (ESAM. Coleção Mossoroense, série c, vol.. DLXIV).

MOHSENIN, N. N. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach, 1986. 841 p. seeds. **Journal of Food Engineering**, London, v.65, p.225-231, 2004.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach, 1986. 841 p.

OZARSLAN, C. Physical properties of cotton seed. **Biosystems Engineering**, [S.l.], v.83, n.2, p.169-174, 2002.

PAKSOY, M.; AYDIN, C. Some physical properties of edible squash (*Cucurbita pepo* L.) seeds. **Journal of Food Engineering**, London, v.65, p.225-231, 2004.

PAULL, R. E. Postharvest variation in composition of soursop (*Annona muricata* L.) fruit in relation to respiration and ethylene production. **Journal American Society Science**, London, v.107, n.4, p.582-585, 1982.

PINTO, A. C. Q.; SILVA, E. M. Graviola para exportação: aspectos técnicos da produção. **Brasília: EMBRAPA-SPI**, 1994. 41p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX; 7)

ROSSI, S. J.; ROA, G. **Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural**. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo. p.295, 1980.

RIBEIRO, D. M.; CORRÊA, P. C.; RODRIGUES, H. D.; GONELI, A. L. D. Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.3, n.25, p.611-617, 2005.

PRADO M. M.; SARTORI D. J. M. Estudo do fenômeno de encolhimento durante a secagem de sementes com diferentes características superficiais. **Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra**, Rio de Janeiro, v.21, n.1, p.11-20, 2002.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI A. L. D.; CECON P. R. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.1, p.15-24, 2005.

RESENDE, O.; CORREA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência Agrotécnica**. v.32, n.1, p.225-230, 2008.