

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**MAYARA DÁVILA DE MESQUITA DE LIMA**

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE OVO EM PÓ OBTIDO EM SPRAY DRYER  
PILOTO**

**JOÃO PESSOA-PB**

**2018**

**MAYARA DÁVILA DE MESQUITA DE LIMA**

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE OVO EM PÓ OBTIDO EM SPRAY DRYER  
PILOTO**

Trabalho Final de Curso, submetido à Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, João Pessoa – PB, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Química.

Professora Orientadora: Dra. Veruscka Araújo Silva  
Professor Coorientador: Dr. Heber Sivini Ferreira

JOÃO PESSOA-PB

2018

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

L732o Lima, Mayara Dávila de Mesquita de.

Obtenção e caracterização de ovo em pó obtido em spray dryer piloto / Mayara Dávila de Mesquita de Lima. - João Pessoa, 2018.

68 f. : il.

Orientação: Veruscka Araújo Silva.

Coorientação: Heber Sivini Ferreira.

Monografia (Graduação) - UFPB/Tecnologia.

1. Ovo de galinha. 2. Fonte de proteína. 3. Secagem por atomização. I. Silva, Veruscka Araújo. II. Ferreira, Heber Sivini. III. Título.

UFPB/BC

**MAYARA DÁVILA DE MESQUITA DE LIMA**

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE OVO EM PÓ OBTIDO EM SPRAY  
DRYER PILOTO**

**COMISSÃO EXAMINADORA**




Profa. Dra. Veruscka Araújo Silva  
Departamento de Engenharia Química – UFPB  
(Orientadora)



Prof. Dr. Heber Sivini Ferreira  
Departamento de Engenharia de Materiais – UFPB  
(Co-orientador)



Profa. Dra. Ana Flávia Santos Coelho  
Departamento de Engenharia Química – UFPB  
(Examinadora)



Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva  
Departamento de Engenharia Química – UFPB  
(Examinador)

**JOÃO PESSOA-PB**

2018

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe, Maisa, por sempre acreditar nos meus sonhos e potencial, e por todo o apoio necessário para minha caminhada no curso e na vida.

Às minhas irmãs, Mayra, Maiane e Maria Eduarda, por sempre estarem ao meu lado e torcerem por mim.

A João Pedro, pelo companheirismo, paciência e dedicação.

À minha família e amigos, por todo o carinho e suporte.

À Prof. Dra. Veruscka Araújo Silva e ao Prof. Dr. Heber Sivini Ferreira, pela orientação, ajuda e apoio.

A todas as pessoas que, generosamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

**OBRIGADA.**

## RESUMO

O ovo de galinha é um alimento mundialmente conhecido e consumido. Além de ser fonte de proteínas, possui grande quantidade de nutrientes essenciais para manutenção da vida. Contudo, o ovo é muito perecível à ação do ambiente. Uma maneira de aumentar a vida de prateleira desse alimento é a transformação em pó. Uma técnica bastante utilizada para esse fim é a secagem por atomização ou *spray dryer*. Neste contexto, o presente trabalho buscou a obtenção e caracterização físico-química de ovo em pó obtido por processo de secagem em *spray dryer* piloto. O ovo com clara e gema foram homogeneizados em um agitador e submetido em um *spray dryer* em escala piloto para obter o ovo em pó, nas temperaturas de entrada do ar de 120, 130, 140 e 150°C. As análises físico-químicas realizadas no produto foram sólidos totais, atividade de água, umidade, cinzas, minerais, lipídeos, proteínas, carboidratos, análise granulométrica e microscopia eletrônica de varredura (MEV). O produto em pó obtido apresentou características físico-químicas com valores similares aos encontrados na literatura, com exceção do teor de cinzas. As propriedades relacionadas com a conservação do produto como umidade e atividade de água apresentaram o que indica ótimas condições de armazenamento. As propriedades da atividade de água, umidade, teores de cinzas, minerais, lipídeos, proteínas e as características das partículas não manifestaram influência na escolha da melhor condição de secagem considerando que todas as amostras estavam dentro dos valores para a preservação e estabilidade do produto seco. Dessa forma, a melhor condição observada para a obtenção de ovo em pó por secagem em *spray dryer* em escala piloto foi para a temperatura de entrada do ar igual a 120°C que favoreceu um menor gasto energético.

**Palavras-chave:** ovo de galinha, fonte de proteína, secagem por atomização.

## ABSTRACT

Chicken egg is a world-known and consumed food. Besides being a source of protein, it has many essential nutrients for the maintenance of life. However, the egg is very perishable by the action of the environment. One way to increase the shelf life of this food is to process it into powder. One technique widely used for this purpose is spray drying. In this context, the present work sought to obtain and physicochemical characterization of egg powder obtained by drying process in pilot spray dryer. The whole egg were homogenized on a shaker and subjected to a pilot scale spray dryer to obtain the powdered egg at the air inlet temperatures of 120, 130, 140 and 150 °C. The analyzes performed on the product were yield, total solids, water activity, moisture, ashes, minerals, lipids, proteins, particle size analysis and scanning electron microscopy (SEM). The obtained powder product presented physical-chemical characteristics with values similar to those found in the literature, with the exception of the ash content. The properties related to the conservation of the product as moisture and water activity showed what indicates optimal storage conditions. The properties of water, moisture, ash, minerals, lipids, proteins and particle characteristics showed no influence on the choice of the best drying condition considering that all samples were within the values for the preservation and stability of the dried product. Thus, the best condition observed for powder egg drying by spray dryer drying on a pilot scale was for the air inlet temperature of 120 °C, which favored a lower energy expenditure.

**Keywords:** chicken egg, protein source, spray drying.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Etapas do processo de secagem em <i>spray dryer</i> .....	19
Figura 2- Ovos de galinha brancos tipo extragrande .....	31
Figura 3- Agitador mecânico Fisatom modelo 713D .....	32
Figura 4- <i>Spray dryer</i> usado no processo de secagem.....	33
Figura 5- Amostra de ovo em pó acondicionada em saco plástico zip com fechamento hermético .....	34
Figura 6- Pastilha formada a partir de amostra de ovo em pó.....	37
Figura 7- Espectrômetro Sequencial de Fluorescência de Raios X por Comprimento de Onda XRF-1800.....	38
Figura 8- Equipamento CILAS 1090LD.....	40
Figura 9- Metalizador EMITECH, modelo K550X.....	41
Figura 10- Microscópio eletrônico de varredura LEO, 1430VP.....	42
Figura 11- Análise granulométrica do ovo em pó para a temperatura de entrada de ar de 120° C, amostra 1.....	50
Figura 12- Análise granulométrica do ovo em pó para a temperatura de entrada de ar de 130° C, amostra 2.....	51
Figura 13- Análise granulométrica do ovo em pó para a temperatura de entrada de ar de 140° C, amostra 3.....	51
Figura 14- Análise granulométrica do ovo em pó para a temperatura de entrada de ar de 150° C, amostra 4.....	52
Figura 15- Análise granulométrica o resíduo de ovo em pó, amostra 5 .....	52
Figura 16- MEV do ovo em pó para as amostras (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4, (e) 5 .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição média do ovo de galinha.....	15
Tabela 2- Dados das condições de operação do processo de secagem.....	32
Tabela 3- Temperaturas de entrada e saída do ar na secagem do ovo in natura.....	43
Tabela 4- Atividade de água do ovo em pó.....	44
Tabela 5- Umidade do ovo em pó.....	45
Tabela 6- Cinzas do ovo em pó.....	46
Tabela 7- Percentagem de elementos minerais presentes nas amostras de ovo em pó obtidas com temperaturas de secagem do ar de 120, 130, 140 e 150°C, e para o resíduo.....	47
Tabela 8- Lipídeos no ovo em pó.....	48
Tabela 9- Proteínas no ovo em pó.....	49
Tabela 10- Carboidratos no ovo em pó.....	49
Tabela 11- Valores do Teste T aplicado com nível de confiança de 95% ( $p \leq 0,05$ ) para as amostras de ovo em pó.....	66
Tabela 12- Valores do Teste T aplicado com nível de confiança de 95% ( $p \leq 0,05$ ) para os diâmetros médios das partículas do ovo em pó.....	66
Tabela 13- Valores do Teste T aplicado com nível de confiança de 95% ( $p \leq 0,05$ ) para os elementos minerais presentes nas amostras de ovo em pó.....	67

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo Geral .....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1 Ovo.....	14
3.2 Ovo em pó .....	15
3.3 Secagem.....	16
3.4 Secagem em <i>Spray Dryer</i> .....	17
3.5 Caracterização Físico-Química.....	20
3.5.1 Atividade de água ( $a_w$ ).....	20
3.5.2 Umidade .....	21
3.5.3 Cinzas .....	22
3.5.3.1 Minerais .....	23
3.5.4 Lipídeos.....	24
3.5.5 Proteínas.....	25
3.5.6 Carboidratos .....	26
3.5.7 Análise Granulométrica .....	27
3.5.8 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	28
4. METODOLOGIA.....	31
4.1 Materiais .....	31
4.2 Preparo da Amostra de Ovos .....	31
4.3 Secagem em <i>spray dryer</i> .....	32
4.4 Amostras obtidas.....	33
4.5 Acondicionamento .....	33
4.6 Caracterização físico-química do ovo em pó .....	34

4.6.1 Sólidos Totais.....	35
4.6.2. Atividade de água (aw).....	35
4.6.3. Umidade.....	35
4.6.4. Cinzas.....	36
4.6.5 Fluorescência de Raios X.....	37
4.6.6. Lipídeos.....	38
4.6.7. Proteínas.....	38
4.6.8 Carboidratos.....	40
4.6.9 Análise Granulométrica.....	40
4.6.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
5.1 Temperatura de saída do ar.....	43
5.2 Sólidos Totais.....	43
5.3 Atividade de água (aw).....	44
5.4 Umidade.....	45
5.5 Cinzas.....	46
5.5.1 Minerais.....	47
5.6 Lipídeos.....	48
5.7 Proteínas.....	48
5.8 Carboidratos.....	49
5.9 Análise Granulométrica.....	50
5.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	53
6. CONCLUSÃO.....	57
7. REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE A.....	66

## 1. INTRODUÇÃO

O ovo de galinha é um alimento mundialmente popular, pertencendo ao hábito alimentar de diversos povos. O ovo é bastante utilizado pelos brasileiros, pois além de possuir baixo custo, faz parte de sua prática alimentar. É um alimento fonte de proteínas de alto valor biológico e sua gema é rica em vitamina A (RODRIGUES e SALAY, 2001). Por ser fonte de proteínas de alto valor biológico, é considerado um alimento completo e corresponde a quase 20% das recomendações nutricionais diárias (RDA) de proteína (APPLEGATE, 2000). Devido a esta abundância de nutrientes, os ovos e seus produtos derivados são importantes para a saúde humana, contudo, por ser perecível à ação ambiente, estão sujeitos a degradação química e microbiana e uma das formas para expandir sua vida útil é a secagem por atomização (MASTERS, 1991).

A secagem por atomização ou *spray dryer* é comumente utilizado para a desidratação de alimentos líquidos ou pastosos termossensíveis, em virtude do rápido contato do alimento com a temperatura pré-determinada, alta produção horária e custos relativamente baixos (MASTERS, 1991).

Para o ovo ser utilizável na indústria alimentícia, as propriedades naturais do ovo cru devem ser mantidas. Por esse motivo, o produto desidratado não pode ser cozido, há somente uma evaporação da água. O calor empregado para a evaporação da água pode ser transmitido tanto por condução quanto por convecção. O processo por *spray dryer* permite a evaporação da água em fração de segundos devido a uma ampla área de superfície de contato entre o produto e o meio aquecido (BERGQUIST, 1995).

Nesse processo, produtos líquidos de baixa ou alta viscosidade, na forma de gotículas, são desidratados conforme entram em contato com corrente de ar quente (IGNÁRIO e LANNES, 2007). Segundo Almeida (2017), “a temperatura de entrada do ar nesse processo de secagem em *spray dryer* também é uma variável de grande importância que afeta o produto obtido, ela pode afetar as propriedades do pó como o teor de umidade, a densidade, tamanho de partícula, higroscopicidade e morfologia”.

Apesar do processo de desidratação de ovos por atomização ter surgido em 1865 nos Estados Unidos, o sucesso comercial teve início somente em 1920. Atualmente, esse método é largamente utilizado para a obtenção de ovo em pó (CORRÊA et al., 2002).

Dessa forma, as temperaturas de entrada do ar no processo de secagem em *spray dryer* foram analisadas neste estudo de secagem do ovo e uma caracterização físico-química foi realizada a fim de estudar a viabilidade desse processo observando as características físico-químicas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo geral a obtenção ovo em pó através da secagem em *spray dryer* em diferentes temperaturas do ar de secagem e a caracterização do pó obtido como forma de observar a preservação das características físico-químicas.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Obter ovo em pó em diferentes temperaturas de secagem (120°C, 130°C, 140°C e 150°C);
- Obter a caracterização físico-química do ovo em pó;
- Estabelecer a melhor condição de secagem, preservando as características físico-químicas.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Ovo

O ovo de galinha é um produto muito popular na alimentação. O Brasil é um grande produtor de ovos e, nos últimos anos, vem ocupando um lugar de evidência na escala produtiva de ovos comerciais e se consolidando entre os maiores produtores mundiais (MEDEIROS e ALVES, 2014). No Brasil, a produção de ovos de galinha ficou em 874,40 milhões de dúzias no segundo trimestre do ano de 2018, com alta de 2,0% em relação ao primeiro trimestre de 2018 e com um aumento de 6,6% em relação ao segundo trimestre de 2017 (IBGE, 2018).

O ovo possui grande quantidade de nutrientes essenciais para manutenção da vida, sendo um alimento proteico com reduzido valor de mercado o que facilita sua aquisição, incluindo consumidores com menor poder de compra. De acordo com a Gessulli Agribusiness (2018), ovos são repletos de vitaminas tanto lipossolúveis (A, D, E, K) quanto do complexo B, que são essenciais para a visão, crescimento, desenvolvimento cognitivo, prevenção de doenças, ganho de massa muscular, entre outros benefícios. O ovo possui o maior número de nutrientes essenciais necessários à nutrição humana em relação ao seu material calórico quando comparado a qualquer outra comida (BERTECHINI, 2003).

A composição do ovo está associada a diversos fatores tais como tamanho, alimentação, estado sanitário das aves. A idade do ovo tem influência apenas no tamanho do ovo e não na sua composição. É importante salientar que o ovo não é fonte de fibra (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

O ovo é constituído por casca, clara, gema e membranas. Segundo Amaral et al. (2016), “a casca do ovo é composta principalmente por carbonato de cálcio e tem pequenos poros para a troca de gases. Ela serve de proteção contra os danos físicos e contaminantes, pois é revestida internamente por uma membrana que atua como barreira à penetração de bactérias”. De acordo com Sarcinelli, Venturini, Silva (2007), “a gema representa um terço do volume do ovo sem casca. É composta por 50% água e 34%, lipídeos, 16% de proteína, alguma glucose e sais minerais”. Já clara do ovo é constituída por 88,5% de água e 13,5% de proteínas, vitaminas do complexo B e traços de gorduras (FAO, 2010). E representa cerca de 56% da composição total do ovo (CASTILLO, 2017).

A Tabela 1, mostra a composição média dos ovos de galinha.

Tabela 1- Composição média do ovo de galinha

<b>Componentes</b>	<b>Gema</b>	<b>Clara</b>
Umidade (%)	51 - 52	87 - 88
Gorduras (%)	30 - 34	0,1 - 0,2
Proteínas (%)	16 - 17	10,6 - 10,9
Carboidratos (%)	1 - 1,5	0,8 - 1,5
Sais Minerais (%)	1,5 - 2	0,6 - 0,9
Valor calórico (cal/100g)	360	50

Fonte: Adaptado de Medeiros e Alves (2014).

Por ser um produto de origem animal, o ovo é muito perecível à ação do ambiente, tornando-o predisposto a grande perda do seu valor nutricional, caso não sejam tomadas ações preventivas para a sua conservação (MEDEIROS e ALVES, 2014).

Os produtos à base de ovos são ovos inteiros, claras de ovos e gema de ovo em aspectos congeladas, refrigeradas e secas, existente em diversas formas de produtos. Esses produtos à base de ovos, também conhecidos como ovosproduto, são cada vez mais comuns nas operações de *foodservice*, devido a facilidade de uso, e economia de custos com relação ao controle de mão-de-obra e acondicionamento (AMERICAN EGG BOARD, 2018). Segundo Amaral et al. (2016), “do ponto de vista do consumidor, além do benefício do maior prazo de validade, o uso dos ovoprodutos permite maior praticidade na conservação, na estocagem, no transporte e no manejo, bem como maior segurança alimentar, ao reduzir o risco de contaminação dos produtos” (AMARAL et al., 2016).

### 3.2 Ovo em pó

Os ovos em pó ou ovos secos foram inventados pelo químico William A. Mitchell, e foram amplamente utilizados nos períodos de racionamento civil na II Guerra Mundial, principalmente no Reino Unido e pelos soldados norte-americanos. Algumas das vantagens da utilização de ovos secos em relação aos ovos crus são: preço acessível, peso bem menor, fácil transporte e vida útil mais longa (GESSULLI AGRIBUSINESS, 2016).

Segundo American Egg Board (2018), “os congelados, líquidos refrigerados e produtos de ovos secos são similares aos ovos de casca em valor nutricional e à maioria das propriedades funcionais”.

A atomização é o processo mais comumente utilizado na desidratação dos produtos líquidos de ovos, que remove praticamente toda a água sem afetar a qualidade dos constituintes do ovo. O produto líquido do ovo é finamente atomizado, com as gotículas espalhadas na corrente do ar aquecido, acarretando em uma elevada área superficial fazendo com que a evaporação da umidade seja muito rápida (CASTILLO, 2017).

Segundo Amaral et al. (2016), o ovo em pó possui conveniências em relação ao ovo *in natura*, pois não precisa de refrigeração e possui maior vida útil, já que a umidade presente no ovo *in natura* é o que permite a propagação de microrganismos que deterioram o ovo. De acordo com o mesmo autor, o ovo em pó possibilita a mistura a seco e o cálculo exato das quantidades de clara e gema a serem acrescentadas na receita.

De acordo com Ordóñez et al. (2005), a perda de parte da água contida no ovo, acarretada pelo processo de secagem, reduz o volume do produto e da atividade de água. Por isso, esses produtos têm vantagens sobre outros derivados de ovos; já que podem ser armazenados em temperatura ambiente, tem menor custo de acondicionamento e transporte, são homogêneos, de fácil utilização e permite um controle preciso da quantidade de água acrescida a um produto, podendo ser utilizado também na forma seca.

Segundo Medina (2009), o ovo em pó é muito utilizado em panificadoras, indústrias de massa, pães de queijo, biscoito, confeitarias e cozinhas industriais e apesar de ter custo de produção elevado, reduz perdas no quesito transporte e armazenagem onde um grande número de ovos *in natura* é perdido.

### **3.3 Secagem**

A secagem é um método antigo de conservação de alimentos baseada no emprego de adição de energia na forma de calor para remover a água ou qualquer outro líquido do alimento (MORAIS, 2006).

Segundo Moraes (2006), “a secagem natural é a simples exposição do alimento ao sol colocados em piso apropriado, capaz de reter calor e fazer com que o alimento perca água por

aquecimento do piso e superfície ligeiramente próxima ou ainda em galpões com ventiladores e aspiradores”. De acordo com o mesmo autor, é uma técnica econômica por não ter gastos de energia para a utilização de equipamentos sofisticados de secagem, porém é um método lento e que precisa de grandes áreas para exposição dos alimentos. Além disso, a intensidade da luz do sol depende do clima, o que pode afetar a homogeneidade e qualidade do final do produto. Além disso, ao utilizar utensílios de secagem mais rústicos, os produtos podem ser expostos a ação de microrganismos e contaminantes (DOYMAZ, 2011). Assim, foram desenvolvidos secadores industriais que permitem a secagem artificial e previne esses tipos de problemas.

A secagem artificial é um dos artifícios mais antigos empregado pelo homem para a conservação de alimentos, sendo uma técnica copiada da natureza e aprimorado pelo homem. Possui como benefícios a melhor preservação do produto e abaixamento do seu peso, baixos custos já que esse procedimento é, muitas vezes, mais econômico do que outros métodos de conservação, diminuição da umidade dos alimentos que acarreta em condições adversas para a proliferação microbiana e acréscimo da vida útil do produto (GAVA, 1998). De acordo com Morais (2006), é um método relativamente rápido que permite maior controle de temperatura, umidade e corrente do ar e não exige grandes áreas de secagem, porém é necessário ter capital e mão de obra especializada.

O aumento pela demanda de alimentos em pó tem estimulado tanto pesquisadores quanto indústrias a investir no desenvolvimento e aplicação de novas técnicas de secagem, que conservem a nutrição dos alimentos, e que sejam de baixos gastos e pequeno tempo de operação (ZOTARELLI, 2014).

Há vários tipos de secadores artificiais e a escolha de um determinado tipo é definida pela natureza do produto que vai ser desidratado, pela forma que se deseja dar ao produto processado, pelo fator econômico e pelas condições de operação (GAVA, 1998). Os tipos de secadores utilizados na secagem artificial de alimentos são: secadores de bandeja, secador de túnel, secador de esteira, secador de tambor rotativo, secador de leiteo fluidizado, liofilizador e secador por atomização, também conhecido como *spray dryer* (CELESTINO, 2010).

### **3.4 Secagem em *Spray Dryer***

De acordo com Toledo Hijo (2010), a secagem por atomização, também conhecida como nebulização ou *spray dryer*, surgiu na metade do século XVIII, época que o primeiro

processo de secagem de ovos foi patenteado. Entretanto, apenas em 1920 alcançou escala industrial. Os primeiros produtos de que se tem notícia como obtidos em larga escala por *spray dryer* foram o leite e o sabão em pó. Desde então, essa técnica passou a ser utilizada pela indústria de processos em geral, e notadamente utilizado para a secagem de produtos alimentícios e farmacêuticos.

O secador *spray dryer* é usado para a secagem de alimentos na forma líquida e tem como produto final é obtido na forma de pó. “ O alimento líquido é introduzido na câmara de secagem na forma de gotículas por bicos atomizadores para o aumento da superfície de contato com o ar quente, que percorre a câmara em fluxo contracorrente, concorrente ou como uma combinação dos dois” (CELESTINO, 2010).

O processo de secagem por atomização de alimentos possui três etapas. A primeira, é a dispersão do fluido em gotículas para produzir grande área superficial no material; a segunda etapa se faz com o contato das gotículas com uma corrente quente de ar; na terceira, há a evaporação do solvente e a formação de partículas sólidas, que são posteriormente coletadas (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010). Segundo Tonon (2009), essas fases têm interferência nas características do pó final. A forma de atomizar e as propriedades do líquido atomizado influenciam na dimensão, densidade, aparência e umidade da partícula sólida. O contato líquido – ar quente e a evaporação influenciam não só as características já mencionas, como ainda a aptidão de reter aroma e sabor, enquanto o método de separar o pó do ar seco interfere na granulometria do produto. A Figura 1 mostra as etapas do método de secagem por atomização.

Figura 1- Etapas do processo de secagem em *spray dryer*



Fonte: Oliveira e Petrovick (2010).

As propriedades dos produtos em pó reconstituídos estão sujeitas às características da alimentação selecionadas no equipamento, das condições operacionais da secagem e do tipo de secador. Características da alimentação: concentração de alimento, tipo e concentração de aditivos e temperatura de alimentação. Condições de operação que afetam diretamente a qualidade do produto: temperatura de entrada e saída do ar de secagem, fluxo de ar, taxa de alimentação, taxa de atomização ou pressão do bico de pulverização (KING et al., 1984). Essas variáveis afetam características do material, tal como cor, aromas, propriedades físicas como densidade, umidade e tamanho da partícula (FRANCISCONI et al., 2003).

Na literatura, há diversos estudos realizados sobre obtenção de ovo em pó utilizando secagem por atomização, como o de Carvalho (2010) sobre avaliação de desempenho de *spray dryer* piloto para produção de ovo em pó; Toledo Hijo (2010) sobre a caracterização físico-química de ovo em pó produzido por *spray dryer*; Grassi (2015) sobre desidratação de gemas de ovos por secagem por atomização em diferentes temperaturas; Grassi (2016) sobre desidratação de claras de ovos por atomização; e Aquino (2014) sobre a Análise dos constituintes de gema de ovo de avestruz desidratada por meio de duas metodologias de secagem.

### 3.5 Caracterização Físico-Química

#### 3.5.1 Atividade de água ( $a_w$ )

A quantidade de água contida em um alimento pode estar na forma de molécula livre ou ligada ao substrato. A atividade de água é um fator intrínseco dos alimentos e mede qualitativamente a disponibilidade de água livre que é suscetível a diversas reações (SCOOT, 1957). Esse teor é denominado como  $a_a$  ou  $a_w$  e é determinado em termos de equilíbrio termodinâmico. É um número adimensional que varia numericamente de 0 a 1 e proporcional à umidade relativa de equilíbrio, sendo resultante da pressão de vapor de água do produto pela pressão de vapor da água pura, à mesma temperatura (PARK; ANTONIO, 2006).

A atividade de água é um dos principais fatores que contribui para conservação ou deterioração de um alimento. A quantidade de água livre, que não está ligada as moléculas constituintes do produto, está disponível para reações físicas, químicas e biológicas (PARK; ANTONIO, 2006). O procedimento de desidratação de alimentos por tratamento térmico acarreta em o abaixamento da atividade de água, com inibição da atividade enzimática e do crescimento microbiano. Dessa forma, secar o produto causa a redução sua atividade de água (FIOREZE, 2003).

O valor da atividade de água tem elevada importância no campo de tecnologia alimentícia, pois permite analisar a suscetibilidade de deterioração dos alimentos e, portanto, o tempo de prateleira do produto. De acordo com Quek et al. (2007), o valor da atividade da água é um identificador importante para o pó atomizado visto que pode repercutir na vida de prateleira do pó. Geralmente, alimentos com  $a_w$  menores que 0,6 são avaliados como microbiologicamente estáveis e o acontecimento de deteriorações é induzida por reações químicas ao invés de microrganismos (BARBOSA, 2010; QUEK et al., 2007; PARK e ANTONIO, 2006).

A atividade de água do pó obtido após a secagem em *spray dryer* é comumente influenciada pela temperatura, onde uma maior temperatura de entrada do ar de secagem acarreta em uma maior redução da quantidade de água livre no produto. Essa conduta é notada por Barbosa (2010) na secagem da mistura de polpa de cajá, manga e mamão, onde obteve-se médias de atividade de água de 0,3363 para temperatura de entrada de ar na secagem de 155°C e de 0,2613 para temperatura de entrada do ar de 165°C.

No trabalho de Koç et al. (2011a), propriedades funcionais e físico-químicas do ovo em pó integral: efeito das condições de secagem por pulverização, os valores de atividade de água estão na faixa de 0,052 - 0,141. Já no trabalho de Koç et al. (2011b), caracterização físico-química do pó de ovos inteiros microencapsulado por secagem por pulverização, obteve-se para ovo em pó integral em 17 diferentes condições experimentais de secagem por pulverização, os valores  $a_w$  estão na faixa de 0,094 - 0,180. Segundo Park e Antônio (2006), em ovos em pó com 5% umidade e  $a_w = 0,40$  não há proliferação microbiana.

### 3.5.2 Umidade

O teor de umidade é a medida da quantidade total de água presente em um alimento (água total), e é normalmente expresso em porcentagem (%) do peso total. É uma das medidas analíticas mais importantes, sendo utilizada no processamento e testes de produtos alimentícios e de grande importância econômica por refletir o teor de sólidos de um produto e sua perecibilidade. Segundo Rossi (2013), umidade em desacordo com as indicações técnicas resulta em elevadas perdas na estabilidade química, na deterioração microbiológica e na qualidade geral dos alimentos.

Segundo PARK e ANTONIO (2006), a umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar as seguintes características do produto:

- Estocagem: alimentos estocados com alta umidade irão deteriorar mais rapidamente que os possuem baixa umidade. Por exemplo, grãos com umidade excessiva estão sujeitos a rápida deterioração devido ao crescimento de fungos que desenvolvem toxinas como aflatoxina.
- Embalagem: alguns tipos de deterioração podem ocorrer em determinadas embalagens se o alimento apresentar uma umidade excessiva. Por exemplo, a velocidade do escurecimento em vegetais e frutas desidratadas ou a absorção de oxigênio (oxidação) em ovo em pó podem aumentar com o aumento da umidade, em embalagens permeáveis à luz e ao oxigênio.
- Processamento: a quantidade de água é importante no processamento de vários produtos, como, por exemplo, a umidade do trigo na fabricação do pão e produtos de padaria.

A umidade tem papel primordial em processos microbiológicos, como o desenvolvimento de fungos, leveduras, bactérias e insetos. Para produtos perecíveis, o frio é muito empregado para inibir o processo microbiológico; entretanto, para os produtos deterioráveis a secagem, para teores de umidade até 12% - 13%, é o método mais básico e eficiente. Assim, a informação do teor de umidade das matérias primas é fundamental para a conservação e armazenamento, na manutenção da qualidade e no processo de comercialização (PARK; ANTONIO, 2006).

Toledo Hijo (2010), em seu trabalho sobre caracterização físico-química de ovo em pó produzido por *spray dryer*, afirma que o teor 5% de umidade é o valor máximo para a manutenção das propriedades do ovo em pó e acima disso, a estabilidade do material pode ser afetada.

No trabalho sobre caracterização físico-química de ovo em pó produzido por *spray dryer* realizado por Toledo Hijo (2010), a umidade do pó de ovo integral de galinha foi de 2,94%. Medina (2009), no seu estudo sobre óxidos de colesterol em ovo em pó comercial: ocorrência e efeito do processamento e da adição de tocoferóis no produto armazenado, obteve valores de umidade variando entre 2,19% e 4,31% para os pós de ovos adquiridos na secagem por atomização. No trabalho realizado por Aquino et al. (2014) sobre caracterização físico-química e microscópica de ovos desidratados de avestruz, foram obtidos valores de 3,29% e 3,80% para o ovo integral desidratado de avestruz obtido em *spray dryer*.

### 3.5.3 Cinzas

Cinzas também conhecido como resíduo por incineração é resíduo adquirido pelo aquecimento de um material em altas temperaturas. Esse resíduo pode não retratar toda matéria inorgânica que compõe a amostra, já que alguns sais podem sofrer redução ou volatilização durante o aquecimento. Na maioria das vezes, as cinzas são adquiridas por ignição de quantidade conhecida da amostra (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2009).

Segundo Zambiasi (2010), “o teor de cinzas em alimentos refere-se ao resíduo inorgânico, ou resíduo mineral fixo (sódio, potássio, magnésio, cálcio, ferro, fósforo, cobre, cloreto, alumínio, zinco, manganês e outros compostos minerais) remanescente da queima da matéria orgânica em mufla a altas temperaturas”. De acordo com o mesmo autor, esse teor retrata o conteúdo total de minerais, podendo ser usado para medir a qualidade e como critério

na identificação de alimentos. O conteúdo presente nas cinzas é relevante para os alimentos ricos em certos minerais, o que implica em seu valor nutricional.

No trabalho sobre caracterização físico-química de ovo em pó produzido por *spray dryer* realizado por Toledo Hijo (2010), o teor de cinzas obtido para o pó de ovo integral de galinha foi de 2,94%. Medina (2009), no seu estudo sobre óxidos de colesterol em ovo em pó comercial: ocorrência e efeito do processamento e da adição de tocoferóis no produto armazenado, afirma que o teor de cinzas é de 5% para os pós de ovos adquiridos na secagem por atomização. No trabalho realizado por Aquino et al. (2014) sobre caracterização físico-química e microscópica de ovos desidratados de avestruz, foram obtidos valores de 3,39% e 3,31% para o ovo integral desidratado de avestruz obtido em *spray dryer*. No estudo de Grassi et al. (2015) sobre desidratação de gema de ovos por secagem em diferentes temperaturas a obteve o valor de cinzas de  $4,24 \pm 0,54\%$ ,  $4,65 \pm 0,91\%$  e  $4,88 \pm 0,81\%$  para as temperaturas de 90, 120, 150°C, respectivamente. Já no trabalho sobre desidratação de claras de ovos por atomização, Grassi et al. (2016) obteve o teor de cinzas de  $5,60 \pm 0,41\%$ ,  $6,24 \pm 0,39\%$  e  $5,74 \pm 0,47\%$  para as temperaturas de 90, 120, 150°C, concomitantemente.

### 3.5.3.1 Minerais

Os minerais são elementos inorgânicos, normalmente um metal, associado com um outro grupo de elementos químicos como óxido carbonato, sulfato, fósforo, etc. Atualmente, a Organização Mundial de Saúde (OMS) reconhece o papel de 18 minerais, como zinco, cálcio, ferro, magnésio, iodo, selênio e outros, como indispensáveis para o bom funcionamento do nosso corpo. Porém, o organismo é incapaz de sintetizá-los, se faz necessário adquiri-los através de fontes externas, como os alimentos e os suplementos nutritivos para garantir uma ingestão apropriada (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2008).

Segundo Cozzolino (1997), o estudo dos minerais apresentou grande avanço na década de 1970, com o surgimento de técnicas analíticas mais sensíveis e precisas, que permitiram quantificar elementos encontrados como traços em alimentos. Um dos métodos que permite a análise, de forma qualitativa e quantitativa desses elementos, é a Fluorescência de raios X (FRX).

Medina (2009), no seu estudo sobre óxidos de colesterol em ovo em pó comercial: ocorrência e efeito do processamento e da adição de tocoferóis no produto armazenado, exhibe

resultados dos elementos minerais, e suas respectivas quantidades em unidades de miligramas, presentes no ovo integral cru e integral em pó. No trabalho intitulado como ovo em pó na alimentação de leitões recém-desmamados de Figueiredo (2002), há dados sobre os elementos minerais presentes no ovo em pó e suas quantidades. Na pesquisa de Martucci (1989) sobre produtos desidratados de ovo há dados dos elementos minerais e suas quantidades nos produtos comerciais desidratados através da atomização da clara, gema e ovo. Aguiar et al. (2009) no estudo sobre o ovo e sua contribuição na saúde humana, consta informações dos elementos minerais contidos na gema do ovo.

### 3.5.4 Lipídeos

“O termo lipídio é utilizado para gorduras e substâncias gordurosas. Os lipídios são definidos como componentes do alimento que são insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos, tais como éter etílico, éter de petróleo, acetona, clorofórmio, benzeno e álcoois” (PARK; ANTONIO, 2006). Segundo o Instituto Adolfo Lutz (2008), podem ser classificados como: simples (óleos e gorduras), compostos (fosfolipídios, ceras etc.) e derivados (ácidos graxos, esteróis). Os óleos e gorduras possuem aparência distintas; à temperatura ambiente, os óleos são líquidos e as gorduras, pastosas ou sólidas.

Segundo Park e Antônio (2006), as propriedades físicas dos lipídeos variam muito pouco e, por isso, consideradas constantes. Essas propriedades são classificadas em: físicas (peso específico, índice de refração e ponto de fusão) e químicas (índice de iodo, índice de saponificação, resíduo insaponificável, ácidos graxos livres) e estão associadas à identificação, qualidade e quantidade do óleo ou gordura analisada.

Os diferentes tipos de lipídios têm distintas estruturas e vários papéis nos organismos. Por exemplo, lipídios armazenam energia, fornecem isolamento, compõem membranas celulares, formam camadas repelentes à água em folhas e fornecem blocos de construção para hormônios (SANTANA et al., 2017).

No trabalho sobre caracterização físico-química de ovo em pó produzido por *spray dryer* realizado por Toledo Hijo (2010), os teores de lipídeos obtido para o pó de ovo integral de galinha foi de 33,6%. Carvalho (2010), em seu trabalho sobre avaliação de desempenho em *spray dryer* piloto para produção de ovo em pó, obteve o valor de 38% de lipídeos. Já no trabalho realizado por Aquino et al. (2014), sobre caracterização físico-química e microscópica

de ovos desidratados de avestruz, foram obtidos valores de 36,50% e 39,47% para o ovo integral desidratado de avestruz obtido em *spray dryer*.

No estudo de Grassi et al. (2015) sobre desidratação de gema de ovos por secagem em diferentes temperaturas a obteve o valor de o teor de lipídeos de  $52,99 \pm 1,51\%$ ,  $53,19 \pm 1,71\%$  e  $54,43 \pm 1,79\%$  para as temperaturas de 90, 120, 150°C, respectivamente. Já no trabalho sobre desidratação de claras de ovos por atomização, Grassi et al. (2016) obteve o teor de lipídeos de  $3,34 \pm 1,01\%$ ,  $3,54 \pm 1,85\%$  e  $3,97 \pm 1,65\%$  para as temperaturas de 90, 120, 150°C, concomitantemente. Essa grande variação de valores entre gema e clara é devido ao fato de que a gema compõe entre 28 e 32% do ovo, sendo uma emulsão de gordura em água (52%) composta por dois terços de lipídios, ou seja, 34%. Em contrapartida, a clara constitui 56% do ovo e contém apenas 0,25% de proteínas (CARVALHO, 2010; CASTILHO, 2017; MEDEIROS e ALVES, 2014).

O processo de secagem interfere nos teores lipídeos, ou seja, a quantidade percentual de lipídeos varia entre o ovo líquido in natura e ovo em pó. Nos trabalhos de Carvalho (2010) e Medina (2009), sobre óxidos de colesterol em ovo em pó comercial: ocorrência e efeito do processamento e da adição de tocoferóis no produto armazenado, constam que a quantidade de lipídeos totais presentes no ovo integral cru e no ovo em pó são, respectivamente, 11,66% e 38%. Medina (2009), ainda estuda os valores das percentagens de lipídeos em diferentes lotes, cujo valor varia entre  $10,08 \pm 0,14\%$  e  $12,54 \pm 1,20\%$  para o ovo líquido integral, e entre  $41,51 \pm 1,25\%$  e  $48,84 \pm 3,74\%$  para o ovo integral em pó.

### **3.5.5 Proteínas**

Proteína é uma molécula formada pela mistura complexa de grande número de aminoácidos. Entre esses, destacam-se os aminoácidos essenciais que, por não serem produzidos pelo organismo, precisam ser ingeridos através da alimentação. A ingestão de proteína é feita, fundamentalmente, a partir do consumo de alimentos de origem animal. Segundo Ganong (1995) e Darnell (1990), as proteínas cumprem papéis muito importantes, na grande parte dos processos biológicos, agindo como enzimas, hormônios, neurotransmissores, transportadores através das membranas celulares, entre outros.

Park e Antonio (2006) afirma que “ no processamento de alimentos, as proteínas também apresentam propriedades importantes como a capacidade de gelificação (gelatina),

capacidade de emulsificação (proteína da gema do ovo), capacidade de retenção de água (proteína da soja) ”.

Conforme Resolução 005 de 1991 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento sobre as características físico-químicas dos produtos de ovos, baseada no decreto nº 99427 de 1990, a quantidade mínima de proteínas em ovo integral desidratado é de 45%.

No trabalho sobre caracterização físico-química de ovo em pó produzido por *spray dryer* realizado por Toledo Hijo (2010), o percentual de proteínas obtido para o pó de ovo integral de galinha foi de 48,3%. Medina (2009), no seu estudo sobre óxidos de colesterol em ovo em pó comercial: ocorrência e efeito do processamento e da adição de tocoferóis no produto armazenado, afirma que o teor de proteínas é de 44% para os pós de ovos adquiridos na secagem por atomização. Já no trabalho realizado por Aquino et al. (2014), sobre caracterização físico-química e microscópica de ovos desidratados de avestruz, foram obtidos valores de 46,12% e 49,96% para o ovo integral desidratado de avestruz obtido em *spray dryer*.

No estudo de Grassi et al. (2015) sobre desidratação de gema de ovos por secagem em diferentes temperaturas a obteve o teor de proteínas de  $32,52 \pm 1,10\%$ ,  $34,59 \pm 1,20\%$  e  $32,73 \pm 1,44\%$  para as temperaturas de 90, 120, 150°C, respectivamente. Já no trabalho sobre desidratação de claras de ovos por atomização, Grassi et al. (2016) obteve o teor de proteínas de  $79,44 \pm 3,24\%$ ,  $80,66 \pm 0,57\%$  e  $81,60 \pm 1,49\%$  para as temperaturas de 90, 120, 150°C, concomitantemente. Essa elevada alteração de valores entre gema e clara pode ser aclarada pelo fato de que- para o ovo *in natura*- a gema, apesar de compor entre 28% e 32% do ovo, contém cerca de 16% de proteínas. Enquanto a clara, representa 56% do ovo e contém 13,5% de proteínas (CARVALHO, 2010; CASTILHO, 2017; MEDEIROS e ALVES, 2014).

O método de secagem intervém nos teores proteínas, isto é, o valor percentual sofre alteração entre o ovo líquido *in natura* e ovo em pó. Nos trabalhos de Carvalho (2010) e Medina (2009), constam que a quantidade de proteínas no ovo integral cru e no ovo em pó obtido na secagem por atomização são, respectivamente, 13,86% e 44%.

### 3.5.6 Carboidratos

Os carboidratos são os componentes mais fartos e largamente difundidos entre os alimentos. São compostos químicos formados por átomos de carbono (C), oxigênio (O) e

hidrogênio (H), sob a estrutura de  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ . De acordo com Park e Antonio (2006), apresenta diversos papéis como: nutricional (geram energia), adoçante natural (glicose, frutose, sacarose, etc.), matéria-prima para produtos fermentados, principal componente dos cereais, encarregado por atributos reológicas da maior parte dos mantimentos de procedência vegetal e pela reação de escurecimento em muitos alimentos.

Há diversos métodos para determinação de carboidratos. Os mais utilizados para determinação de açúcares totais e açúcares redutores utilizados em alimentos são: Munson-Walker, Lane-Eynon, Somogyi-Nelson (PARK; ANTONIO, 2006).

Tanto no trabalho de Carvalho (2010) sobre a avaliação de desempenho em *spray dryer* piloto para produção de ovo em pó, quanto no de Medina (2009) sobre óxidos de colesterol em ovo em pó comercial: ocorrência e efeito do processamento e da adição de tocoferóis no produto armazenado, constam que o percentual de carboidratos contidos no ovo integral em pó é de 9%, já a KDT Distribuidora (2018) expõe o valor de 1,6%. Para o ovo em pó integral obtido através de secagem por atomização, o percentual apontado por Salto's Alimentos LTDA (2017) é de 5%. Enquanto que, no estudo realizado por Aquino et al. (2014) sobre a desidratação de ovo integral de avestruz por meio da secagem em *spray dryer*, obteve-se o valor de 10,70% e 3,05%.

O teor de carboidratos contidos no ovo *in natura* registrados nos trabalhos de Carvalho (2010) e Medina (2009) é de 1,42. O artigo de Sarcinelli, Venturini e Silva (2007), características dos ovos, cita que o teor de carboidratos presente no ovo de galinha é de 1,2%, já que a clara contém entre 0,8 e 1,5% e a gema possui entre 1 e 1,5%.

### 3.5.7 Análise Granulométrica

A análise granulométrica de partículas sólidas determina o tamanho de um material, assim como a frequência com que incidem em uma apurada classe ou faixa de tamanho (LIMA e LUZ, 2001). De acordo com O'Hagan et al. (2005), o tamanho das partículas pode ser importante em diversos fatores para os alimentos em pó, como no processamento, manipulação e na determinação de sua vida de prateleira.

Essa análise é importante pois dependendo do produto, o tamanho das partículas pode alterar características importantes para um consumidor e que determinam a viabilidade do

produto final como sabor, cor, textura e odor. O tamanho das partículas também é capaz de influenciar o escoamento dos pós, a mistura de componentes, a compactação e a segregação de uma mistura, na qual as partículas menores permanecem distribuídas na parte inferior e as partículas maiores, na parte superior (TONON, 2009).

A análise granulométrica por difração de laser emprega a metodologia de dispersão de partículas acompanhado de um processo de medição óptica por meio de difração de laser. Nesse procedimento, é combinada a relação proporcional entre a difração do laser e a distribuição de tamanhos de partículas (FERREIRA, 2005). É um método de simplificada operação, oferece rapidez de análise e larga faixa de tamanhos, sendo um método notório para a caracterização das distribuições de tamanho de partículas, dispersas em meio líquido ou em forma de pó seco (INSTRUTÉCNICA, 2009).

Existem diversas formas de se mostrar o tamanho de uma partícula. Em virtude de a esfera ser o único formato que pode ser representado por um único número, habituou-se relacionar as dimensões da partícula aos diâmetros de esferas de diferentes tamanhos. Dessa forma, as dimensões de uma partícula podem ser demonstradas em termos do diâmetro da esfera análoga de igual área superficial, volume ou massa (TONON, 2009).

Os resultados de uma análise granulométrica podem ser validados por uma microscopia varredura, que indicam os tamanhos das partículas, a frequência com que aparecem e a morfologia das mesmas.

No estudo Carvalho (2010) sobre a distribuição granulométrica do ovo em pó pelo método de imagem obtido por *spray dryer*, foi-se observado partículas com diâmetros variando entre 71,2 e 158  $\mu\text{m}$  em uma mesma amostra. Já no trabalho patenteadado Ueda et al. (1996), sobre o ovo em pó processado e o processo de produção do mesmo, há a menção de que a secagem de ovo por atomização utilizando-se de temperaturas entre 130 a 200° C forma partículas com formas esféricas e com diâmetro médio na faixa de 5 a 200  $\mu\text{m}$ , com maior faixa de partículas entre 20 a 150  $\mu\text{m}$ .

### **3.5.8 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é a técnica mais utilizada para analisar a microestrutura de produtos em pó. Segundo Aguilera e Stanley (1990), esse método permite

a avaliação das características internas e da superfície dependendo das técnicas de preparo empregadas.

Segundo Maliska (2017), o Microscópio Eletrônico de Varredura é um aparelho imprescindível em diversos campos como eletrônica, geologia, ciência e engenharia dos materiais, ciências da vida. Particularmente, os surgimentos de novos materiais têm necessitado de um número de dados muito minucioso das características macroestruturais, só possível de ser percebido no MEV.

Segundo Walton (2000), a análise da morfologia das partículas secas proporciona um conhecimento fundamental sobre os princípios da secagem dos alimentos, assim como dos aspectos físicos e químicos que comandam a estrutura das partículas. De acordo com Tonon (2009), esses estudos permitem comparar as taxas de secagem entre distintos alimentos, distintas concentrações, produtos ou formulações, o que permite selecionar e a melhorar as condições de processo.

Nos trabalhos de Koç et al. (2011a,2011b) e Carvalho (2010), sobre a obtenção de ovo integral em pó empregando o processo de secagem por atomização, e no de Oliveira e Petrovick (2010), sobre secagem por aspersão *-spray dryer-* de extratos vegetais, foi-se utilizado a microscopia eletrônica de varredura para a obtenção de imagens das partículas. Nesses trabalhos foi-se observado que as partículas possuíam formas amorfas e com vazios.

De forma geral, foram abordados nesta revisão o ovo de galinha, suas principais características, bem como sua produção nacional e vantagens de se obter esse produto em forma de pó através do processo de secagem.

A secagem é uma operação por meio da qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material. Há vários tipos de secadores artificiais e a escolha de um determinado tipo é definida pela natureza do produto que vai ser desidratado, pela forma que se deseja dar ao produto processado, pelo fator econômico e pelas condições de operação. No presente trabalho, deu-se maior evidência a secagem em *spray dryer* que é um dos processos mais apropriados para desidratação de alimentos, em virtude do rápido contato do material com temperaturas pré-determinadas. Essa técnica de maneira geral, permite que um material líquido seja atomizado por uma corrente de gás quente para gerar um produto seco em pó.

O estudo das propriedades dos alimentos é essencial para otimizar processos, funcionalidades e para a redução de custos. As propriedades químicas e físicas têm recebido muita atenção no caso dos pós produzidos ou utilizados nas indústrias. Portanto, as análises dessas propriedades têm relevância no estudo da viabilidade do método de secagem em *spray dryer*, se esse traz modificações na estrutura ou na composição do produto final seco. Nessa revisão, foi-se analisado aspectos relevantes de caracterizações físico-químicas do ovo, abordando de maneira geral o teor de sólidos totais, atividade de água, umidade, cinzas, minerais, lipídeos, proteínas, análise granulométrica e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Materiais

Os ovos de galinha *in natura* utilizados para a secagem em *spray dryer*, foram comprados no supermercado Bemais na cidade de João Pessoa –PB. Os ovos utilizados foram brancos do tipo extragrande, da marca Tamago, do mesmo lote, com peso total do ovo variando entre 60 e 65 g como mostrado na Figura 2.

Figura 2- Ovos de galinha brancos tipo extragrande



Fonte: Própria autora (2018).

### 4.2 Preparo da Amostra de Ovos

As cascas dos ovos foram quebradas, o conteúdo líquido de volume total de 5 litros dos ovos foi colocado em um recipiente e depois a mistura foi agitada em agitador mecânico Fisatom modelo 713D, mostrado na Figura 3, até total homogeneização.

Figura 3- Agitador mecânico Fisatom modelo 713D



Fonte: Própria autora (2018).

### 4.3 Secagem em *spray dryer*

Para a secagem foi utilizado um *spray dryer* de escala piloto modelo LM – SD 5.0. As condições de operação são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2- Dados das condições de operação do processo de secagem

<b>Condições de operação</b>	<b>Valores</b>
Vazão de alimentação (L/h)	2
Vazão do soprador (m <sup>3</sup> /min)	2,5
Pressão (bar)	4
Vazão do pulverizador de ar comprimido (L/min)	30
Temperatura de entrada do ar (°C)	120, 130, 140 e 150

Fonte: Própria autora (2018).

A Figura 4 mostra o aparelho *spray dryer* em escala piloto utilizado no processo de secagem do conteúdo integral líquido do ovo de galinha.

Figura 4- *Spray dryer* usado no processo de secagem



Fonte: Própria autora (2018).

#### **4.4 Amostras obtidas**

Após o processo de secagem por atomização, foi obtido o total de cinco amostras de ovoprodutos. Entre elas, quatro amostras obtidas por temperaturas de entrada do ar de 120°C, 130°C, 140°C e 150°C, e uma amostra contendo o resíduo resultante da mistura dos remanescentes das quatro amostras de ovo em pó que ficaram contidas no inferior da câmara de secagem do *spray dryer* e que foram colhidas após o final do processo.

#### **4.5 Acondicionamento**

As 5 amostras obtidas foram acondicionadas em 5 sacos plásticos zip com fechamento hermético e devidamente etiquetadas. A Figura 5 mostra o acondicionamento de uma amostra de ovo em pó em um saco plástico com fechamento hermético.

Figura 5- Amostra de ovo em pó acondicionada em saco plástico zip com fechamento hermético



Fonte: Própria autora (2018).

Os sacos plásticos contendo as 5 amostras foram envolvidos em papel alumínio e acondicionados em potes de vidro com tampa para sua conservação para uso em análises posteriores.

#### **4.6 Caracterização físico-química do ovo em pó**

As amostras do ovo em pó foram utilizadas para o estudo das características físico-químicas de atividade de água, umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos foram realizadas em triplicata para a obtenção do valor do resultado da análise e o desvio padrão.

Para as amostras obtidas com temperaturas de secagem do ar de 120, 130, 140 e 150°C, as análises de atividade de água, umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos e análise granulométrica foram submetidas ao método estatístico de Teste T para analisar se todas as medidas estavam estatisticamente confiáveis.

O Teste T testa se a média das amostras são significativamente diferentes. Esse teste foi realizado com índice de confiança de 95% ( $p \leq 0,05$ ), no programa computacional OriginPro8. Para o nível de confiança de 95%, a atividade de água, umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos realizados em triplicata tem grau de liberdade igual a 3 e o valor do Teste T tabelado é de 3,182; já para análise granulométrica realizada para os valores de diâmetro médio das partículas, tem grau de liberdade igual a 2 e o valor do Teste T tabelado é de 4,3027.

Para se ter uma medida confiável, o valor do Teste T obtido deve ser superior ao valor do Teste T tabelado. Todos os valores de teste T obtidos neste trabalho se encontram no Apêndice A.

#### 4.6.1 Sólidos Totais

Segundo o Instituto Adolfo Lutz (2008) “a designação de sólidos totais é aplicada para o resíduo material deixado no recipiente após a evaporação de uma amostra de água e a subsequente secagem completa a uma temperatura definida”.

O cálculo do teor de sólidos totais contidos no ovo *in natura*, foi baseado na metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). O conteúdo líquido da amostra de ovo (aproximadamente 60 ml) foi previamente pesado e depois colocado na estufa, modelo SL-100 da marca Solab, à temperatura de 60°C até a secagem completa da amostra que ocorreu após 63 horas. Para o cálculo da porcentagem de sólidos totais foi-se utilizada a Equação 1.

$$\% \text{ Sólidos Totais} = \frac{\text{massa da amostra seca}}{\text{massa da amostra líquida}} \times 100 \quad (1)$$

#### 4.6.2. Atividade de água ( $a_w$ )

O estudo da atividade de água ( $a_w$ ) foi realizado nas 5 amostras em triplicata utilizando o medidor de atividade de água *Novasina LabMaster AW LabMaster*, com precisão de +/- 0,003 à temperatura de 30°C.

#### 4.6.3. Umidade

Segundo o Instituto Adolfo Lutz (2008), a umidade determinada por secagem é um método bastante utilizado e corresponde a perda em massa experimentada pelo produto ao ser aquecido em condições nas quais a água é extraída. Na verdade, não somente a água é removida, mas outras substâncias que sofrem volatilização nessas condições. O resíduo obtido no aquecimento direto é chamado de resíduo seco.

O teor de umidade foi medido, de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), pelo método gravimétrico com o emprego de calor fundamentado na perda em massa

do material ao ser submetido ao aquecimento em estufa à temperatura de 105°C até a massa constante.

O processo foi realizado em triplicata, onde foi pesado 1g de cada uma das 5 amostras. Após serem retiradas da estufa, as amostras foram resfriadas até a temperatura ambiente em um dessecador de sílica em gel e depois foram pesadas.

O cálculo do teor de umidade pode ser realizado de acordo com a Equação 2.

$$U = \frac{100 \times N}{P} \quad (2)$$

Sabendo que:

U = umidade em porcentagem (%);

N= número em gramas de umidade (perda de massa em gramas);

P= número de gramas da amostra;

#### **4.6.4. Cinzas**

O resíduo por incineração ou cinzas é o resíduo adquirido por aquecimento de um produto em temperatura próxima a 550-570°C por 1 hora (IAL, 2008).

O método usado neste trabalho para a obtenção das cinzas foi baseado na metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), porém foram feitas modificações na temperatura e no tempo de permanência. O resíduo por incineração ou cinzas foi adquirido através do aquecimento das amostras em mufla à temperatura de 1000° C por 30 minutos. Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança analítica para identificar o total de cinzas (minerais). O teor de cinzas foi calculado utilizando a Equação 3.

$$\text{Cinzas} = \frac{100 \times N}{P} \quad (3)$$

Em que:

N = massa em grama de cinzas

P = massa de grama da amostra

#### 4.6.5 Fluorescência de Raios X

A análise dos elementos minerais contidos no ovo em pó foi realizada a partir da técnica de Fluorescência de Raios X. Para esse estudo, foi necessário o preparo das amostras através da utilização de uma prensa hidráulica, marca *Shimadzu*, que possibilita a formação de pastilha compacta e homogênea como mostrado na Figura 6.

Figura 6- Pastilha formada a partir de amostra de ovo em pó



Fonte: Própria autora (2018).

Na fluorescência de raios X (FRX), a irradiação por um feixe de raios X primário de uma ampola de raios X causa a emissão de raios X fluorescentes com energias discretas, características dos elementos presentes na amostra, permitindo uma análise qualitativa e quantitativa das amostras. Para essa análise, utilizou-se o equipamento Espectrômetro Sequencial de Fluorescência de Raios X por Comprimento de Onda XRF-180 como mostrado na Figura 7.

Figura 7- Espectrômetro Sequencial de Fluorescência de Raios X por Comprimento de Onda XRF-1800



Fonte: Própria autora (2018).

#### 4.6.6. Lipídeos

A metodologia utilizada para a determinação de lipídeos totais foi a de Folch et al. (1957). As amostras foram extraídas utilizando uma mistura de clorofórmio e metanol (2:1) e o solvente foi evaporado utilizando estufa a temperatura de 105°C. O cálculo do teor de lipídeos foi feito utilizando a Equação 4.

$$\% \text{ Lipídeos} = \frac{\text{peso do lipídeo na alíquota} \times \text{volume da camada de clorifórmio}}{\text{volume da alíquota do extrato} \times \text{peso da amostra}} \times 100 \quad (4)$$

#### 4.6.7. Proteínas

A medição das proteínas é baseada na determinação do teor de nitrogênio orgânico, ou seja, do nitrogênio proveniente de outras fontes além da proteína, tais como: ácidos nucleicos, alcaloides lipídeos e carboidratos nitrogenados. (PARK; ANTONIO, 2006). De acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008), essa determinação é geralmente realizada pelo processo de

digestão de *Kjeldahl*, idealizado em 1883 e que tem sofrido inúmeras modificações e adaptações, apesar de sempre se basear em três etapas: digestão, destilação e titulação.

- Digestão: a matéria orgânica existente na amostra e decomposta com ácido sulfúrico e um catalisador, onde o nitrogênio é transformado em sal amoniacal.
- Destilação: a amônia é liberada do sal amoniacal pela reação com hidróxido e recebida numa solução ácida de volume e concentração conhecidos.
- Titulação: determina-se a quantidade de nitrogênio presente na amostra titulando-se o excesso do ácido utilizado na destilação com hidróxido.  
(INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008)

A determinação de proteínas pela determinação de nitrogênio nas amostras foi realizada pela metodologia de digestão de *Kjeldahl* com etapas de digestão com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, destilação após alcalinização com solução de NaOH a 40% e titulação com solução de HCl 0,1N na solução de ácido bórico com o destilado. Para o cálculo, foi-se utilizado a Equação 5, e o valor do fator de conversão de nitrogênio total em proteína igual a 6,25 e o fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1N igual a 1,0256.

$$\text{Proteínas totais em g/100g} = \frac{(VA - VB) \times fa \times F \times 0,14}{P} \quad (5)$$

Em que:

VA = volume de ácido clorídrico 0,1N padronizado gasto na titulação da amostra.

VB = volume de ácido clorídrico 0,1N padronizado gasto na titulação do branco.

fa = fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1N.

F = fator conversão de nitrogênio total em proteína.

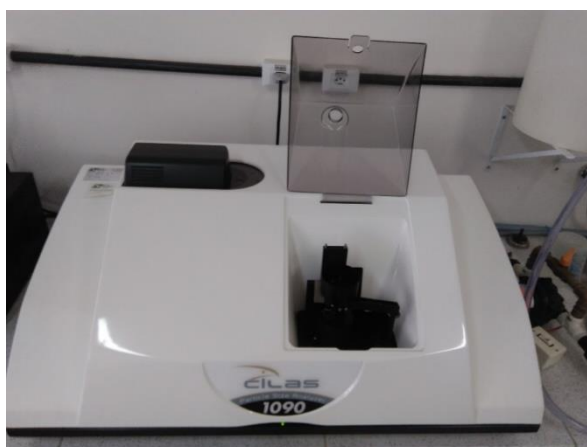
#### 4.6.8 Carboidratos

Nas tabelas nutricionais de alimentos, o conteúdo de carboidratos tem sido dado como carboidratos totais por diferença de acordo com a resolução RDC N° 360, de 23 de dezembro de 2003, publicada pela da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. O teor de carboidratos totais é obtido por carboidratos por diferença, isto é, a soma da percentagem de umidade, minerais, proteínas e lipídeos subtraídos de 100%.

#### 4.6.9 Análise Granulométrica

A análise granulométrica foi realizada por difração de laser utilizando o equipamento foi o CILAS 1090LD como mostrado na Figura 8. A análise consiste no uso do método de dispersão de partículas e medição óptica através de difração de laser, que combina a relação proporcional entre a difração do laser a concentração de partículas. A caracterização do tamanho das partículas dispersas foi realizada operando em modo seco, onde as amostras em pó foram espalhadas através de vibração mecânica sobre jato de ar comprimido com 2500 mb de pressão. Esse espalhamento das partículas foi realizado em um período de 15 segundos e a coleta de dados em 5 segundos.

Figura 8- Equipamento CILAS 1090LD

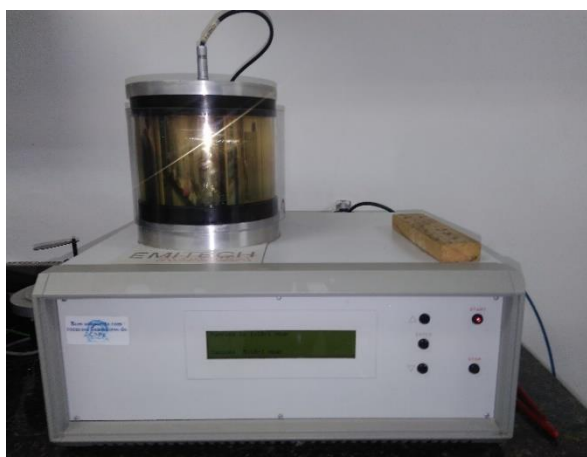


Fonte: Própria autora (2018).

#### 4.6.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A análise da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi realizada para a aquisição de dados topográficos da superfície das amostras, utilizando elétrons secundários (baixa energia) derivadas da interação do feixe primário com a camada de ouro que recobre o espécimen (CASTRO et al., 2002). Uma camada condutora de ouro foi empregada para cobrir o material utilizando metalizador marca EMITECH, modelo K550X, mostrado na Figura 9, regulado a 25mA por 1,5 minutos. A espessura dessa camada foi de 22,5nm correspondente a dois recobrimentos de camada de ouro cada uma com espessura 11,25nm.

Figura 9- Metalizador EMITECH, modelo K550X



Fonte: Própria autora (2018).

O microscópio eletrônico de varredura emprega um feixe de elétrons de pequeno diâmetro para percorrer, ponto a ponto, a superfície da amostra através de linhas consecutivas e propagar o sinal do detector a um painel catódico cuja varredura está sincronizada com a do feixe incidente. O sinal de imagem deriva do contato do feixe incidente com a superfície da amostra. O sinal percebido pelo detector é empregado para fazer a modulação do brilho do monitor e consentir a observação. A maior parte dos aparelhos usa um filamento de tungstênio (W) esquentado como fonte de elétrons, agindo em um intervalo de tensões de aceleração de 1 a 50 kV. A elevada tensão empregada entre o filamento e o ânodo acelera o feixe de elétrons que, logo após, é focado sobre a amostra por três lentes eletromagnéticas com um spot menor que 4 nm. Assim, o feixe interage com a amostra gerando elétrons e fótons que

podem ser recebidos por detectores apropriados e transformadas em um sinal de vídeo que constituem as imagens (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

Para produzir imagens de alta ampliação foi-se utilizado um microscópio eletrônico de varredura LEO, 1430VP, mostrado na Figura 10.

Figura 10- Microscópio eletrônico de varredura LEO, 1430VP



Fonte: Própria autora (2018).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Temperatura de saída do ar

A Tabela 3 mostra os valores da temperatura de saída de ar para cada temperatura de entrada de ar obtidos durante o processo de secagem do ovo *in natura*.

Tabela 3- Temperaturas de entrada e saída do ar na secagem do ovo *in natura*

Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de saída (°C)
120	51
130	53
140	57
150	60

Fonte: Própria autora (2018).

Há dependência entre as temperaturas de saída e as temperaturas de entrada do ar no *spray dryer*. Quanto maior a temperatura do ar de entrada, maior será a temperatura do ar de saída. O aumento na temperatura do material simplifica o processo de secagem, porque geralmente diminui a tensão superficial e a viscosidade, o que facilita o desenvolvimento de gotículas (Soares, 2002).

### 5.2 Sólidos Totais

Com a chegada do processamento de ovos, aumentou-se a importância da análise da proporção relativa de seus constituintes. A informação do teor úmido e de sólidos totais dos ovos é de grande relevância, pois essas variáveis determinam o rendimento de ovos desidratados (SILVERSIDES; BUDGELL, 2004). Segundo Vidal (2009), “o conteúdo de sólidos totais nos ovos inteiros é influenciado pela proporção de gema e albúmen e pelos seus conteúdos de sólidos”.

O teor de sólidos totais calculado para o ovo líquido *in natura* foi de aproximadamente 23,63%. De acordo com a Resolução 005 de 1991, sobre as características físico-químicas dos produtos de ovos, baseada no decreto nº 99427 de 1990, o teor mínimo de sólidos totais para o ovo integral líquido é de 23,0% (FARIA; FARIA FILHO; RIZZO, 2002). Medeiros e Alves (2014), afirmam que, de acordo com a Portaria nº 01, de 21 de fevereiro de 1990 do Ministério

da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o teor mínimo de sólidos totais contido no ovo integral líquido é de 23%.

Nos trabalhos de Carvalho (2010) e Medina (2009) constam que o teor mínimo de sólidos totais contido no ovo integral líquido é de 23% para o pó de ovo integral de galinha obtido por secagem em *spray dryer*.

### 5.3 Atividade de água ( $a_w$ )

Os resultados obtidos para a atividade de água são mostrados nas Tabela 4.

Tabela 4- Atividade de água do ovo em pó

Amostras	Condição	Atividade de água ( $a_w$ )
1	T = 120°C	0,264 ± 0,043
2	T = 130°C	0,275 ± 0,016
3	T = 140°C	0,229 ± 0,014
4	T = 150°C	0,143 ± 0,008
5	Resíduo	0,159 ± 0,012

Fonte: Própria autora (2018).

Há uma relação entre temperatura de entrada do ar e atividade de água, quanto maior a temperatura menor a atividade de água da amostra. No presente trabalho, o valor da atividade de água variou aproximadamente 45,84% entre o ovo em pó obtido na menor temperatura (120°C) e o adquirido na maior temperatura (150°C). O menor valor de  $a_w$  foi apresentado pela amostra produzida com a maior temperatura do ar de secagem e para o resíduo proveniente de dentro do *spray dryer*. Esse comportamento também foi observado nos trabalhos de Barbosa (2010) em que foi constatado uma redução do valor da atividade de água com o aumento da temperatura de entrada do ar na secagem.

Como é constatado na Tabela 4, todas as amostras estudadas apresentaram valores de atividade de água abaixo de 0,3, sendo bastante favorável à estabilidade do alimento já que possui baixo valor  $a_w$ , não estimulando a proliferação microbiana de acordo com Park e Antonio (2006). Os valores de  $a_w$  obtidos neste trabalho estão próximos aos valores obtidos para pó de ovo por Koç et al. (2011b) que estão na faixa de valore de 0,094 – 0,180.

Para os resultados obtidos neste trabalho, os valores de atividade de água não diferem estatisticamente entre si.

#### 5.4 Umidade

Os resultados obtidos para a umidade são mostrados nas Tabela 5.

Tabela 5- Umidade do ovo em pó

Amostras	Condição	Umidade (%)
1	T = 120°C	4,975± 0,025
2	T = 130°C	3,357 ± 0,525
3	T = 140°C	2,500 ± 0,500
4	T = 150°C	2,400 ± 0,460
5	Resíduo	0,960 ± 0,052

Fonte: Própria autora (2018).

A umidade do produto final de secagem é determinada pela temperatura de saída, que por sua vez é dependente da temperatura de entrada. O que está de acordo com a análise dos resultados obtidos, na qual foi constatado que a temperatura do ar de secagem teve influência no teor de umidade das amostras, isto é, o aumento da temperatura acarretou na diminuição do teor de umidade. O valor do teor da umidade variou aproximadamente 55,3% entre a menor temperatura (120°C) e a maior temperatura (150°C). Esse resultado se assemelha ao citado por Tonon (2009) que explica a redução do percentual da umidade com o acréscimo da temperatura pelo fato de temperaturas mais elevadas implicar em um gradiente de temperaturas mais elevado entre o produto atomizado e o ar de secagem, ocasionando em uma maior transferência de calor e, por conseguinte, uma maior evaporação de água do produto, procedendo em umidades mais baixas. Para os resultados obtidos, os valores percentuais de umidade obtidos em todas as amostras não diferiram entre si.

Os teores de umidade obtidos neste estudo estão abaixo de 5%, na faixa percentual de 0,660 - 4,316, considerados aceitáveis para a manutenção das propriedades e da estabilidade do produto seco. Além de estarem próximos aos valores apresentados para o pó de ovo integral de galinha obtido por secagem em *spray dryer* por Toledo Hijo (2010) de 2,94% e por Medina

(2009), com valores variando entre 2,19% e 4,31%, e para o ovo integral desidratado de avestruz obtido em *spray dryer* por Aquino et al. (2014) de 3,29% e 3,80%.

Analisando a Tabela 4 referente aos valores obtidos para a atividade de água e a Tabela 5 pertinente aos teores de umidade das amostras, é possível observar que a medida que o valor de  $a_w$  reduz com o aumento da temperatura, o percentual de umidade também sofre redução. Esse fato evidencia a relação entre temperatura, atividade de água e umidade.

## 5.5 Cinzas

Os resultados obtidos para as cinzas são mostrados nas Tabela 6.

Tabela 6- Cinzas do ovo em pó

<b>Amostras</b>	<b>Condição</b>	<b>Cinzas (%)</b>
1	T = 120°C	11,834 ± 0,547
2	T = 130°C	11,982 ± 0,346
3	T = 140°C	11,089 ± 0,678
4	T = 150°C	12,012 ± 0,653
5	Resíduo	8,839 ± 0,696

Fonte: Própria autora (2018).

Para as amostras analisadas, os teores de cinzas no ovo em pó variaram entre 11% e 12%, com exceção da amostra 5, proveniente do resíduo, que obteve o teor de 8,839%. Esses valores estão acima dos valores apresentados para o pó de ovo integral de galinha obtido por secagem em *spray dryer* por Toledo Hijo (2010) de 2,94%, por Medina (2009) de 5%, e para o ovo integral desidratado de avestruz obtido por *spray dryer* por Aquino et al. (2014) de 3,39% e 3,31%.

Para os resultados obtidos neste trabalho, os valores do teor de cinzas não diferem estatisticamente entre si.

### 5.5.1 Minerais

A análise dos elementos minerais presentes nas amostras de ovo em pó foi realizada através da Análise de Fluorescência de Raios X. Como a porcentagem de cinzas retrata o conteúdo total de minerais, os resultados mostrados na Tabela 7 foram conseguidos através do cálculo da quantidade que cada um dos elementos representa percentualmente no teor total de cinzas de cada uma das amostras.

Tabela 7- Percentagem de elementos minerais presentes nas amostras de ovo em pó obtidas com temperaturas de secagem do ar de 120, 130, 140 e 150°C, e para o resíduo

<b>Minerais (%)</b>	<b>120°C</b>	<b>130°C</b>	<b>140°C</b>	<b>150°C</b>	<b>Resíduo</b>
Cl	4,841	4,830	4,583	4,784	3,711
K	2,123	2,245	2,167	2,180	1,787
P	1,555	1,244	1,140	1,252	0,894
S	1,225	1,576	1,464	1,578	1,142
Ca	1,079	1,141	1,093	1,142	0,934
Ni	0,334	0,091	0,030	0,306	0,002
Fe	0,192	0,351	0,310	0,282	0,169
Cu	0,156	0,151	0,055	0,187	0,002
Na	0,146	0,147	0,104	0,106	0,076
Zn	0,112	0,112	0,102	0,112	0,090
Sr	0,030	0,025	0,028	0,026	0,001
Mg	0,025	0,028	0,028	0,022	0,018
Si	0,014	0,023	0,011	0,022	0,011

Fonte: Própria autora (2018).

Pela análise da Tabela 7, é possível afirmar que a variação da composição percentual dos minerais é mínima entre as amostras de ovo em pó. Os resultados obtidos para os elementos minerais presentes nas amostras não diferem estatisticamente. Assim, o aumento da temperatura do ar de secagem, não interferiu na composição mineral do ovo em pó. Como a composição dos ovos depende de vários fatores como tamanho, alimentação e estado sanitário das aves, essa pequena variação pode ser explicada pela procedência dos ovos utilizados que eram do mesmo lote e do mesmo fabricante, e também pelo fato de terem sido homogeneizados através de um agitador antes do processo de secagem.

Não foi encontrado na literatura, as composições dos elementos minerais dos ovos em quantidades percentuais para comparar com as frações de minerais encontradas nas amostras de ovo em pó estudadas.

## 5.6 Lipídeos

Os resultados obtidos para os lipídeos são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8- Lipídeos no ovo em pó

<b>Amostras</b>	<b>Condição</b>	<b>Lipídeos (%)</b>
1	T = 120°C	32,423 ± 2,043
2	T = 130°C	32,511 ± 3,287
3	T = 140°C	34,102 ± 2,138
4	T = 150°C	32,721 ± 0,181
5	Resíduo	33,078 ± 0,111

Fonte: Própria autora (2018).

Para todas as amostras analisadas, os lipídeos presentes no ovo em pó variaram entre 32% e 34%. Para os resultados obtidos neste trabalho, os valores percentuais de lipídeos não diferem estatisticamente entre si.

Os resultados para os lipídeos estão próximos aos valores apresentados para o pó de ovo integral de galinha obtido por secagem em *spray dryer* por Toledo Hijo (2010) de 33,6% e por Carvalho (2012) de 38%, e para o ovo integral desidratado de avestruz obtido por *spray dryer* por Aquino et al. (2014) de 36,50% e 39,47%.

## 5.7 Proteínas

Os resultados obtidos para as proteínas são mostrados nas Tabela 9.

Tabela 9- Proteínas no ovo em pó

<b>Amostras</b>	<b>Condição</b>	<b>Proteínas (%)</b>
1	T = 120°C	50,025 ± 0,021
2	T = 130°C	50,100 ± 0,989
3	T = 140°C	50,757 ± 0,710
4	T = 150°C	51,350 ± 0,440
5	Resíduo	50,263 ± 0,215

Fonte: Própria autora (2018).

Para todas as amostras analisadas, as proteínas contidas no ovo em pó variaram entre 50% e 51%. Para os resultados obtidos neste trabalho, os valores percentuais de proteínas não diferem estatisticamente entre si.

Esses valores estão próximos aos valores apresentados para o pó de ovo integral de galinha obtido por secagem em *spray dryer* por Toledo Hijo (2010) de 48,3% e por Medina (2009) de 44%, e para o ovo integral desidratado de avestruz obtido por *spray dryer* por Aquino et al. (2014) de 46,12% e 49,96%.

## 5.8 Carboidratos

Os resultados obtidos para os carboidratos são mostrados nas Tabela 10.

Tabela 10- Carboidratos no ovo em pó

<b>Amostras</b>	<b>Condição</b>	<b>Carboidratos (%)</b>
1	T = 120°C	2,337 ± 0,142
2	T = 130°C	3,349 ± 0,689
3	T = 140°C	2,475 ± 0,502
4	T = 150°C	1,043 ± 0,153
5	Resíduo	6,999 ± 0,547

Fonte: Própria autora (2018).

Os teores de carboidratos presentes nas amostras 1, 2, 3 e 4 variaram na casa 1% e 2%. O resíduo (amostra 5) apresenta percentual de carboidratos acima de 6%. Provavelmente, o

resíduo é rico em carboidratos devido ao fato das partículas açucaradas, em altas temperaturas, serem pegajosas e terem facilidade de aderir a superfície do aparelho *spray dryer*. E como, o resíduo é proveniente da raspagem do material contido no *spray dryer* após o final do processo de secagem, o mesmo é rico em açúcar.

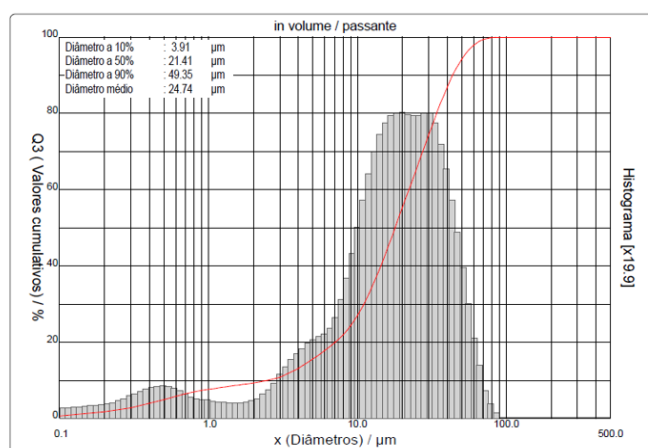
Para os resultados obtidos neste trabalho, os valores percentuais de carboidratos não diferem estatisticamente entre si.

Os valores percentuais de carboidratos presentes em ovo em pó variam muito na literatura. Os valores de carboidratos apresentados por Carvalho (2012) e Medina (2009) é de 9%, pela KDT Distribuidora (2018) é de 1,6% e por Salto's Alimentos LTDA (2017) é de 5%.

### 5.9 Análise Granulométrica

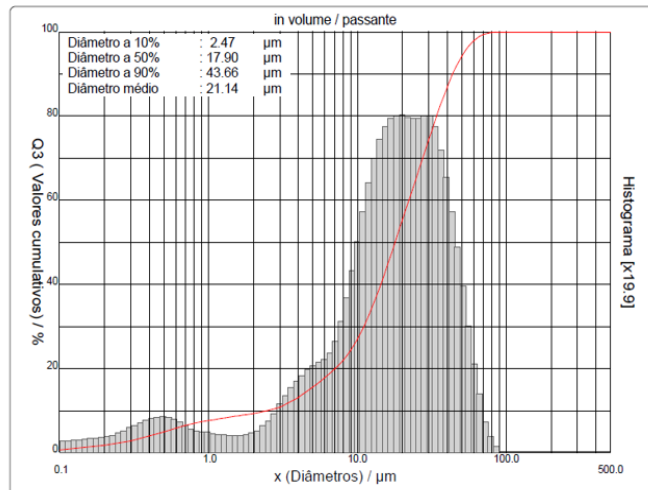
Nas Figuras 11, 12, 13, 14 e 15 estão expostos todos os gráficos adquiridos com a realização da análise granulométrica do ovo em pó para as temperaturas de entrada de ar de 120, 130, 140 e 150 °C e para o resíduo.

Figura 11- Análise granulométrica do ovo em pó para a temperatura de entrada de ar de 120° C, amostra 1



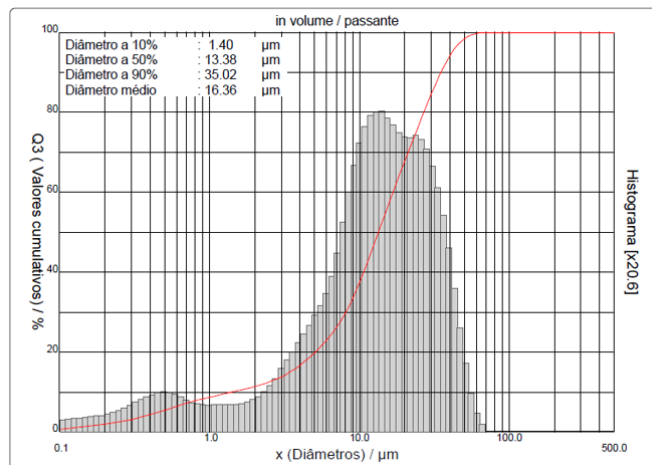
Fonte: Própria autora (2018).

Figura 12- Análise granulométrica do ovo em pó para a temperatura de entrada de ar de 130° C, amostra 2



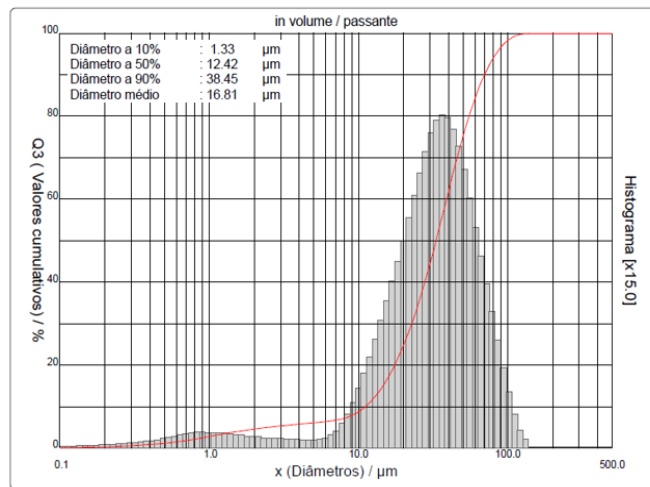
Fonte: Própria autora (2018).

Figura 13- Análise granulométrica do ovo em pó para a temperatura de entrada de ar de 140° C, amostra 3



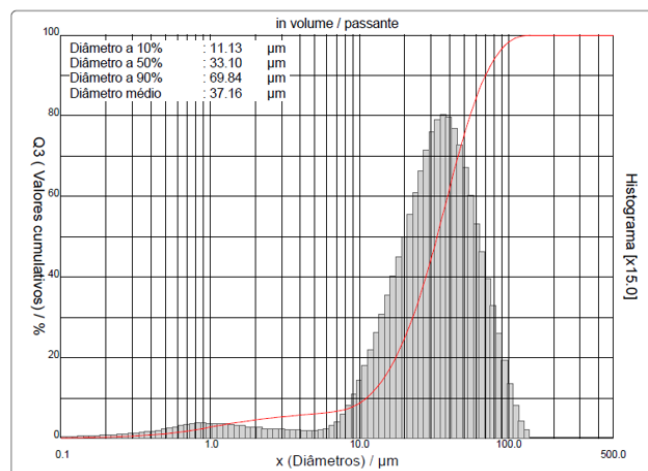
Fonte: Própria autora (2018).

Figura 14- Análise granulométrica do ovo em pó para a temperatura de entrada de ar de 150° C, amostra 4



Fonte: Própria autora (2018).

Figura 15- Análise granulométrica o resíduo de ovo em pó, amostra 5



Fonte: Própria autora (2018).

As amostras 1 e 2, expostas a temperatura do ar de secagem de 120°C e 130°C, possuem diâmetros médios com 24,74 μm e 21,14 μm, respectivamente. Já os diâmetros médios das amostras 3 e 4, expostas as temperaturas de 140°C e 150°C, são, respectivamente, 16,36 μm e 16,81 μm, valores praticamente iguais. A partir da análise desses resultados, percebe-se que os diâmetros médios das partículas das amostras 1, 2, 3 e 4 são bem próximos, sendo estatisticamente iguais. Houve uma pequena alteração do diâmetro médio das partículas com a

mudança da temperatura, porém essa alteração não apresenta uma real influência sobre o diâmetro.

A amostra 5 (resíduo final obtido após o término do processo de secagem onde variou-se as temperaturas do ar de secagem de  $T=120^{\circ}\text{C}$ ,  $T=130^{\circ}\text{C}$ ,  $T=140^{\circ}\text{C}$  e  $150^{\circ}\text{C}$  para a produção das amostras 1, 2, 3 e 4) obteve o maior diâmetro médio com  $37,16\ \mu\text{m}$ , que pode ser explicado pela aglomeração de partículas resultantes da mistura do resíduo das quatro amostras colhida na bandeja de coleta de pó do *spray dryer* após o fim do processo de secagem.

Os gráficos obtidos na análise granulométrica apresentam distribuição de partículas com um comportamento bimodal com a presença de dois picos distintos que mostram a predominância desses tamanhos, com exceção do gráfico da Figura 13 que apresenta comportamento polimodal com três picos. Em todos os gráficos, o primeiro pico é o menor e o segundo, o maior. A predominância do diâmetro das partículas no menor e maior pico foram, respectivamente, para as Figura 11 e Figura 12 são de  $0,5\ \mu\text{m}$  e cerca de  $18\ \mu\text{m}$  a  $32\ \mu\text{m}$ , para a Figura 15 de  $0,5\ \mu\text{m}$  e cerca de  $14\ \mu\text{m}$  a  $16\ \mu\text{m}$ , para as Figuras 14 e Figura 15 de  $0,9\ \mu\text{m}$  e cerca de  $30\ \mu\text{m}$  a  $40\ \mu\text{m}$ . No pico intermediário da Figura 13 o diâmetro predominante é de aproximadamente  $24\ \mu\text{m}$ . De acordo com a análise das figuras, as amostras estudadas apresentam distribuição de partículas similares, com uma distribuição larga, onde a faixa onde há a maior porcentagem de partículas varia de um diâmetro médio de aproximadamente  $2\ \mu\text{m}$  a  $90\ \mu\text{m}$  para as amostras 1, 2, varia de  $2\ \mu\text{m}$  a  $80\ \mu\text{m}$  para a amostra 3, e varia de  $6\ \mu\text{m}$  a  $140\ \mu\text{m}$  para amostra 4 e 5.

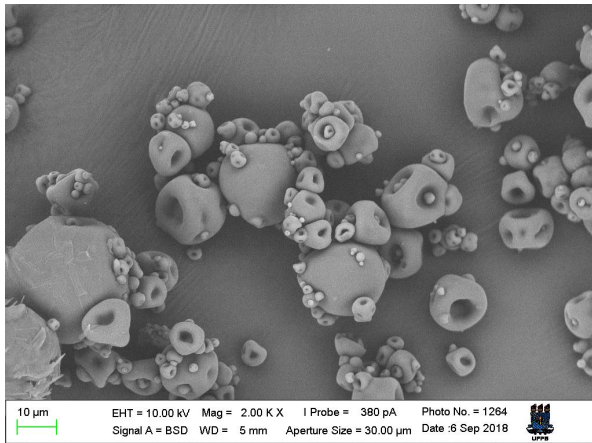
Para os resultados obtidos através da análise granulométrica, os valores de diâmetros médios das partículas obtidos não diferem estatisticamente entre si, ou seja, os diferentes valores das temperaturas de entrada do ar de secagem utilizados não interferiram no tamanho do diâmetro da partícula.

### **5.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

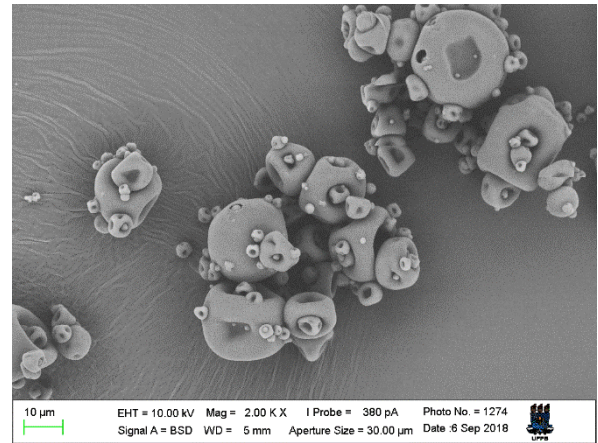
Na Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), um feixe de elétrons varre a superfície da amostra e interage com o material avaliado originando diferentes tipos de sinal que formam imagens. Essas imagens podem proporcionar informações pertinentes à morfologia e topografia (CENTENE, 2017).

As imagens dos resultados obtidos para o MEV, para as temperaturas de entrada de ar de 120, 130, 140 e 150 °C e para o resíduo, são mostradas nas Figura 16. Todas as imagens com aumento de 2000 vezes.

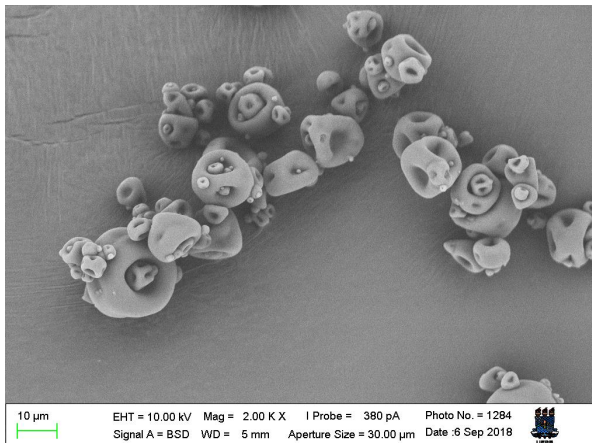
Figura 16- MEV do ovo em pó para as amostras (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4, (e) 5



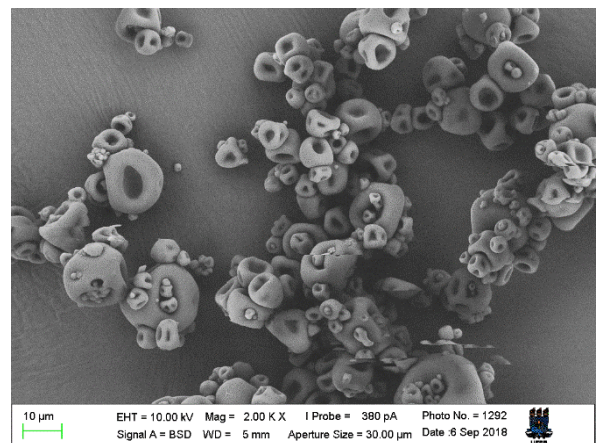
(a)



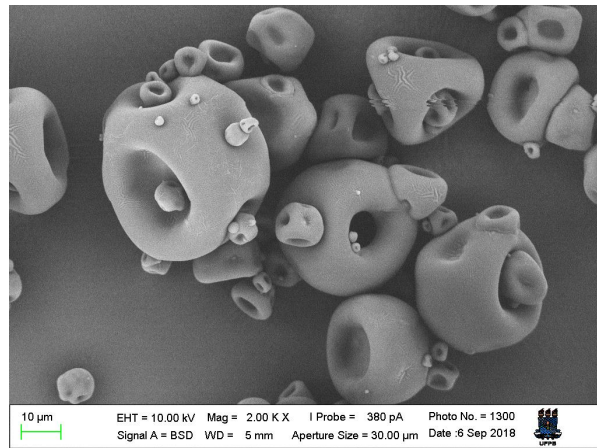
(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Própria autora (2018).

As imagens obtidas através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) exibe composições de tamanhos e morfologia análogas para os pós de ovo para as distintas condições de secagem. Para todas as amostras, é possível ver a existência de partículas de diferentes tamanhos que já havia sido constatado com a distribuição larga ressaltada na análise granulométrica. De acordo com Westergaard (2004), produtos particulados resultantes da técnica de secagem por atomização raramente possuem um único tamanho.

As partículas possuem formato esférico, enrugadas e com vazios, que são características comuns pós produzidos pelo processo de *spray dryer* e similares aos obtidos por Koç et al. (2011a,2011b), Carvalho (2010) e de Oliveira e Petrovick (2010). Segundo Tonon (2009), as rugas ocorrem devido a contração das partículas ao serem submetidas ao processo de secagem e resfriamento e os vazios, ao desenvolvimento de um vacúolo após a formação da “casca” na superfície dessas partículas que incha quando a temperatura extrapola a temperatura de ebulição local e a pressão de vapor dentro deste vacúolo ultrapassa a pressão ambiente local.

Com os resultados obtidos ao longo deste trabalho, pode-se observar que o processo de secagem por *spray dryer* em escala piloto do ovo de galinha nas diferentes temperaturas de entrada do ar de 120, 130, 140 e 150°C gerou um produto em pó como esperado.

Analisando as propriedades determinantes para conservação do produto adquirido, atividade de água e umidade, ambas não mostraram influencia na escolha da melhor condição de secagem considerando que todas as amostras estavam dentro dos valores para a preservação e estabilidade do produto seco. Assim, os resultados obtidos proporcionaram bons valores para uma boa conservação de alimentos, onde a atividade de água ficou abaixo de 0,6 que de acordo com Quek et al. (2007) representa que o material é estável microbiologicamente e a umidade apresentou resultados inferiores ao valor de 5% dado com considerado o máximo para garantir as propriedades do ovo em pó de acordo com Toledo Hijo (2010).

Observando resultados obtidos para atividade de água, umidade, cinzas, minerais, lipídeos, proteínas e carboidratos, constatou-se que todas as amostras estudadas para cada uma desses atributos, apresentaram como resultados valores muito próximos e que não diferem estatisticamente entre si. Assim, os valores obtidos para essas propriedades, não interfere na escolha da melhor temperatura de secagem.

Em relação ao tamanho das partículas obtidos através da análise granulométrica, os valores de diâmetros médios obtidos não diferem estatisticamente entre si, indicando que a alteração da temperatura de entrada do ar de secagem não apresenta uma real influência sobre o diâmetro da partícula.

Ao analisar os resultados obtidos pela microscopia eletrônica de varredura (MEV), as composições de tamanhos e morfologia das partículas são análogas para os pós de ovo adquiridos nas diferentes temperaturas de secagem.

Analisando todos os resultados adquiridos ao longo desse estudo e considerando que não foi possível obter o rendimento das amostras devido à ocorrência de entupimentos durante o processo de secagem, o único resultado determinante para a escolha da melhor condição de secagem foi o uso energético do equipamento. Assim, a melhor condição observada para a obtenção de ovo em pó por secagem em *spray dryer* em escala piloto foi para a temperatura de entrada do ar igual a 120°C que favorece um menor gasto energético.

## 6. CONCLUSÃO

Após a realização do presente estudo, concluiu-se que foi possível a realização da secagem em *spray dryer* do ovo *in natura* utilizando-se as diferentes temperaturas de entrada do ar de 120, 130, 140, 150°C.

Foi possível realizar a caracterização físico-química do ovo em pó. Nessa análise, foram obtidos resultados com valores similares aos encontrados na literatura, com exceção do teor das cinzas. As propriedades físico-químicas do ovo em pó, nas condições de secagem estudadas, apresentam resultados favoráveis sobre os parâmetros de qualidade e conservação do produto.

As propriedades da atividade de água, umidade, teores de cinzas, minerais, lipídeos, proteínas e as características das partículas não manifestaram influência na escolha da melhor condição de secagem considerando que todas as amostras estavam dentro dos valores para a preservação e estabilidade do produto seco. Assim, a melhor condição observada para a obtenção de ovo em pó por secagem em *spray dryer* em escala piloto foi para a temperatura de entrada do ar igual a 120°C que favorece um menor gasto energético.

Dessa forma, o presente trabalho alcançou seu objetivo ao produzir ovo em pó através da secagem em *spray dryer* utilizando diferentes temperaturas do ar de secagem, assim como a obtenção da caracterização do pó obtido e a determinação da melhor condição de secagem.

## 7. REFERÊNCIAS

AGUIAR. et al. O ovo e sua contribuição na saúde humana. **Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal**, v. 10, n. 1, jun. 09, 2009.

AGUILERA, J. M.; STANLEY, D. W. **Microstructural Principles of Food Processing and Engineering**. Cambridge, Elsevier Applied Science, 1990, 343 p.

Alemmar Comercial e Industrial S. A. **Medidor de Atividade de Água LabMaster**. Disponível em: <[http://www.alemmar.com.br/arquivos/%7B163BC6BF-87BF-408E-89CB-26C6E4D3949C%7D\\_Labmaster%20M.D.pdf](http://www.alemmar.com.br/arquivos/%7B163BC6BF-87BF-408E-89CB-26C6E4D3949C%7D_Labmaster%20M.D.pdf)>. Acesso em: 19 ago. 2018.

ALMEIDA, T. C. **Obtenção e caracterização do suco em pó da laranja (*citrus sinensis*) obtido por spray dryer**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

AMARAL. et al. Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **BNDES Setorial** 43, 2016, p. 167-207.

American Egg Board. **Eggs e Egg Products**. Disponível em: <<https://www.aeb.org/foodservice/egg-production/eggs-egg-products>>. Acesso em 19 ago. 2018.

APPLEGATE E. **Introduction: nutritional and functional roles of eggs in the diet**. J. Am. Coll. Nutr. 19(5):495S-498S. 2000.

AQUINO. et al. Caracterização físico-química e microscópica de ovos desidratados de avestruz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.44, n. 4, p. 468-473, out. / dez. 2014.

ASFORA, V. K. **Fluorescência de raios x por dispersão de energia aplicada à caracterização de tijolos de sítios históricos de Pernambuco**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2010. 104 folhas.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba-MG, 2010.

BERGQUIST, D.H. *Egg desydration*. In: STADELMAN, W.J.; COTTERILL, O.J. (Ed.). *Egg science and technology*. 4. ed. Nova York: **Food Products Press**, 1995. 591 p. cap. 14, p. 335-376.

BERTECHINI, A.G. Mitos e verdades sobre ovos de consumo. In: Conferência Apinco 2003 de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2003, Campinas, **Anais Apinco 2003**. Campinas: FACTA, 2003, v. 1. P. 19-26.

CARVALHO, F. **Avaliação de desempenho de *spray dryer* piloto para produção de ovo em pó**. Tese. Universidade Federal de Lavras, 2010.

CASTILLO, C. C. **Aula Teórica Ovos**. Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=39359>>. Acesso em 19 ago. 2018.

CASTRO, L. A. S. et al. Metodologia para observação da camada de cera em maçãs, utilizando microscopia eletrônica de varredura. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 774-775, 2002.

CELESTINO, S. M. C. Princípios de Secagem de Alimentos. **Embrapa Cerrados**. Platina, DF, 2010.

CENTENE. **Microscopia Eletrônica de Varredura**. 2017. Disponível em:<<http://www.cetene.gov.br/pdf/mev.pdf>>. Acesso em: 19 ago.2018.

CORRÊA, P.C.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; STRINGHETA, P.C.; CARDOSO, J.B. Equilíbrio higroscópico e atividade de água para ovo integral processado em “*spray dryer*”. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, p.15-22, 2002. DOI: 10.15871/1517-8595/rbpa.v4n1p15-22.

COZZOLINO, S. M. F. Biodisponibilidade de minerais. **Rev. Nutr.** v. 10, n. 2, p. 87-98, jul. /dez. 1997.

DARNELL, J.; LODISH, H.; BALTIMORE, D.; Molecular Cell Biology. **Scientific American Books**. New York, 1990

DEDAVID, B. A.; GOMES, CARMEM I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: Aplicações e preparação de amostras**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

DOYMAZ, I. Drying of Pomegranate Arils and Selection of a Suitable Drying Model. **Food Biophysics**, v. 6, n. 4, 2011.

Faculdade De Ciências Farmacêuticas /USP – **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tbca/>>. Acesso em: 26 set. 2018.

FAO. **Agribusiness Handbook**. Poultry Meat & eggs, 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/al175e/al175e.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

FARIA, D. E.; FARIA FILHO, D. E.; RIZZO, M. F. Interação nutrição e qualidade de ovos para processamento industrial. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2. 2002, Campinas. Anais.Campinas: CBNA, 2002. p. 191-216.

FERRARI, C. C., RIBEIRO, C. P. e AGUIRRE, J. M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 157-165, jan.-mar. 2012.

FERREIRA, H.S. **Obtenção de argilas organofílicas purificadas para uso em fluidos de perfuração base óleo**. 2005. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005.

FIGUEIREDO, R. W.; LAJOLO, F. M.; ALVES, R. E.; FILGEIRAS, H. A. C. Physical – chemical changes in early dwarf cashew pseudofruits during developments and maturation. **Food Chemistry**, v. 77, n. 3, p. 343-347, 2002.

FIGUREZE, R. **Princípios de Secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora Universitária, 2003. 263 p.

FRANCISCONI, A. D.; CAMPOS, F. R.; PEREIRA, D. B.; OLIVEIRA, V. M.; BORGES, S. V. GAY, J. Propiedades físicas del jugo de maracuyá en polvo- Efecto de la velocidad de atomización y concentración de maltodextrina. **Alimentaria**, v.346, p.97-100, 2003.

FRANKE K, KIEBLING M. Influence of spray drying conditions on functionality of dried whole egg. *Journal of the Science Food and Agriculture*. 2002; 82(15):1837–1841. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.1269>>. Acesso em 17 ago.2018.

FOLCH, J.; LESS, M. ; STANLEY, S.A **simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues**. *Journal of Biological Chemistry*, v. 226, p. 497-509, 1957.

Food Ingredients Brasil. Dossiê: Os minerais na alimentação. **Revista F. I.** N°, 2008.

GANONG, W. F. **Review of Medical Physiology**; 17ª edição, Prentice-Hall Inc. San Francisco, 1995.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. Nobel, São Paulo, 1998.

Gessuli Agribusiness. **Ovo em pó**. 2016. Disponível em: <<https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/ovo-em-po/20110721-134651-d150>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

Gessuli Agribusiness. **Tem início a semana do ovo**. 2018. Disponível em: <<https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/tem-inicio-a-semana-do-ovo/20181009-081627-v942>>. Acesso em: 11 out. 2018.

GRASSI, T. L. M. et al. Desidratação de gemas de ovos por secagem por atomização em diferentes temperaturas. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v.50, n.12, p.1186-1191, dez. 2015.

GRASSI, T. L. M., et al. Desidratação de claras de ovos por atomização. **Ciência Animal Brasileira**. Vol.17 no.4.Goiânia. Out. /dez. 2016.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**, 4 ed, São Paulo, 2008.

IBGE. **Produção de Ovos de Galinha**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/21120-primeiros-resultados-1ovos.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

IGNÁRIO, R.M.; LANNES, S.C. da S. Preparation of powdered egg yolk using a mini spray dryer. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.729-732, 2007. DOI: 10.1590/S0101-20612007000400009.

Instrutécnica. **Difração à laser**. Instrutec. 2009. Disponível em: <<http://www.instrutecnica.com/produtos/particulas/Difracao.html>>. Acesso em 19 ago. 2018.

LIMA, R.M.F; LUZ, J.A.M. Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: lei de Stokes. **Rev. Escola de Minas**, v. 54, n. 2, Ouro Preto, abr/jun., 2001.

KING, C. J.; KIECKBUSCH, T. G.; GREENWALD, C. G. Food quality factors in spray drying. In: MUJUNDAR, A. S. **Advantages in drying**. Washington: Hemisphere, 1984, cap.3, p.71- 80.

KDT Distribuidora. **Ovo em pó.** Disponível em: <  
<https://www.kdtdistribuidora.com.br/ovo-em-po/>>. Acesso em: 29 set.2018.

KOÇ B. et al. Functional and physicochemical properties of whole egg powder: effect of spray drying conditions. **Journal of Food Science and Technology.** (Mar–Apr 2011) 48(2):141–149.DOI 10.1007/s13197-010-0159-1. 2011a.

KOÇ B. et al. Physicochemical Characterization of Whole Egg Powder Microencapsulated by Spray Drying. **Drying Technology**, 29:7, 780-788. 2011b.

MALISKA, A. M. **Microscopia Eletrônica de Varredura. 2017.** Disponível em: [http://www.usp.br/nanobiodev/wp-content/uploads/MEV\\_Apostila.pdf](http://www.usp.br/nanobiodev/wp-content/uploads/MEV_Apostila.pdf). Acesso em: 01 out. 2018.

MARTUCCI, E. T. **Produtos Desidratados de ovo.** Universidade Estadual de Campinas. Tese de doutorado. Campinas, 1989.

MASTERS, K. **Spray drying handbook.** Londres: Longman Scientific and Technical, 1991. 725p.

MASTERS, K. **Spray drying: An introduction to principles, operation, practice and applications.** Londres, Leonard Hill Brooks, 1972.

MEDEIROS, F. M; ALVES, M. G. M. Qualidade de Ovos Comerciais. **Revista Eletrônica Nutritime.** Artigo 257 Volume 11 - Número 04, p. 3515- 3524, julho/agosto 2014.

MEDINA, M. K. J. **Óxidos de colesterol em ovo em pó comercial: ocorrência e efeito do processamento e da adição de tocoferóis no produto armazenado.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MORAIS, S.O. **Secagem de Alimentos.** Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <[www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/ler0140/secagem\\_alimentos.doc](http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/ler0140/secagem_alimentos.doc)>. Acesso em: 20\_out. 2018.

MOURA, M. B. M. **Influência dos parâmetros de secagem por atomização do caju (*anacardium occidentale* L.) utilizando diferentes concentrações de maltodextrina e goma arábica sobre propriedades físico-químicas.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

QUEK, S. Y. et al. The physicochemical properties of spray dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, p. 386-392, 2007.

RODRIGUES, K. R. M.; SALAY, E. Atitudes de granjeiros, atacadistas, varejistas e consumidores em relação à quantidade sanitária do ovo de galinha in natura. **Revista Nutrição**, v. 14, n. 3, p. 185-193, 2001.

RODRIGUES, R. A. F. **Preparo, caracterização e avaliação funcional de microcápsulas obtidas por *spray drying*, contendo extrato de café crioconcentrado**. Campinas, 2004. 227p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

ROSSI, D. **Umidade em alimentos**. Escola Técnica Estadual Tiquatira, São Paulo, 2013.

Salto's Alimentos LTDA. **Tabela nutricional ovo integral pasteurizado desidratado**. Disponível em: [http://www.saltosalimentos.com.br/tabela/Tabela\\_Ovo\\_Integral\\_Desidratado.pdf](http://www.saltosalimentos.com.br/tabela/Tabela_Ovo_Integral_Desidratado.pdf). Acesso em: 29 set.2018.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L.C. Características dos ovos. 2007 Universidade Federal do Espírito Santo - UFES; Pró-reitoria de Extensão - Programa Institucional de Extensão. **Boletim Técnico** - PIE-UFES: 00707 Editado: 20/08/2007.

SANTANA, M.C.A et al. Lipídeos: classificação e principais funções fisiológicas. **Revista Eletrônica de Veterinária**. Volume 18, nº 8, 2017.

SCOOT, W. J. Water relation of food spoilage microorganisms. **Adv. Food Res.**7:83-127,1957.

SILVERSIDES, F.G.; BUDGELL, K. The relationships among measures of egg albumen height, ph, and whipping volume. **Poultry Science**, Champaign, v.83, n.10, p. 1619-1623, 2004.

Sisnano. **Micro e Nanoscopia**. Disponível em: [http://www.sisnano.ufv.br/?area=micro\\_nanoscopia](http://www.sisnano.ufv.br/?area=micro_nanoscopia). Acesso em 01 out.2018.

SOARES, L.A.L. **Obtenção de comprimidos contendo alto teor de produto seco por aspersão de *Maytenus ilicifolia Mart.ex Reissek* – *Celastraceae***. Desenvolvimento

tecnológico de produtos intermediários e final. Porto Alegre, 285p. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, UFRGS. 2002.

OLIVEIRA O. W., PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (spray-drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**. 2010. 20(4): 641-650. -Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2010000400026>>. Acesso em 17 ago.2018.

O'HAGAN, P.; HASAPIDIS, K.; CODER, A.; HELSING, H.; POKRAJAC, G. Particle size analysis of food powders. In: ONWULATA, C. (Ed.). **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton, Taylor & Francis, 2005, p.215-245.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G.D.G.F.; PERALES, L.H.; CORTECERO, M.D.S. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v.1.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C. **Análises de Materiais Biológicos**. Universidade Estadual de Campinas, 2006.

TOLEDO HIJO, A. A. C.; MARQUES, G. R.; BORGES, S. V.; COSTA, J. M. G.; Silva, E.K.; CARVALHO, F. **Caracterização físico-química de ovo em pó produzido por spray drying**. XXIII Congresso da Pós-Graduação da UFLA. 2010.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 444-450, 2009.

UEDA. et al. **Processed egg powder and process for production thereof**. United States Patent, 1996.

VIDAL, T.F. **Qualidade, composição e estabilidade dos ovos de poedeiras alimentadas com farelo da castanha de caju**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

WALTON, D.E. The morphology of spray-dried particles a qualitative view. **Drying Technology**, v.18, n.9, p.1943-1986, 2000.

WESTERGAARD, V. **Milk powder technology: evaporation and spray drying**. Th ed. Copenhage: Niro A/S, 2004. P 69-173.

ZAMBIAZI, R.C. **Análise Físico Química de Alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010.

ZOTARELLI, M. F. **Produção e caracterização de manga desidratada em pó por diferentes processos de secagem**. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

## APÊNDICE A

A Tabela 11 mostra os valores do Teste T obtido através dos dados adquiridos a partir de análises físico-químicas de atividade de água, umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos para as amostras obtidas com temperaturas de secagem do ar de 120, 130, 140 e 150°C.

Tabela 11- Valores do Teste T aplicado com nível de confiança de 95% ( $p \leq 0,05$ ) para as amostras de ovo em pó

<b>Amostras</b>	<b>Atividade de água</b>	<b>Umidade</b>	<b>Cinzas</b>	<b>Lipídeos</b>	<b>Proteínas</b>	<b>Carboidratos</b>
1	10,557	344,678	37,467	27,482	4036,717	28,591
2	28,898	11,074	59,945	17,127	87,734	8,414
3	26,802	8,660	28,311	27,623	123,717	8,541
4	30,552	9,036	31,853	311,425	202,126	11,805

Fonte: Própria autora (2018).

A Tabela 12 mostra o valor do Teste T obtido a partir dos diâmetros médios das partículas de ovo em pó adquiridos através da análise granulométrica das amostras obtidas com temperaturas de secagem do ar de 120, 130, 140 e 150°C.

Tabela 12- Valores do Teste T aplicado com nível de confiança de 95% ( $p \leq 0,05$ ) para os diâmetros médios das partículas do ovo em pó

<b>Análise Granulométrica</b>
9,989

Fonte: Própria autora (2018).

A Tabela 13 mostra o valor do Teste T obtido os elementos minerais presentes no ovo em pó adquiridos para as amostras obtidas com temperaturas de secagem do ar de 120, 130, 140 e 150°C.

Tabela 13- Valores do Teste T aplicado com nível de confiança de 95% ( $p \leq 0,05$ ) para os elementos minerais presentes nas amostras de ovo em pó

<b>Minerais</b>	
Cl	79,173
K	86,366
P	14,505
S	17,604
Ca	68,430
Ni	20,871
Fe	8,4185
Cu	4,807
Na	10,489
Zn	43,800
Sr	24,578
Mg	17,930
Si	5,916

Fonte: Própria autora (2018).