

# Gestão de Resíduos Sólidos 2

Leonardo Tullio  
(Organizador)



**Leonardo Tullio**  
(Organizador)

# **Gestão de Resíduos Sólidos**

## **2**

**Atena Editora**  
**2019**

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G393 Gestão de resíduos sólidos 2 [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Gestão de Resíduos Sólidos; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-188-6

DOI 10.22533/at.ed.886191403

1. Lixo – Eliminação – Aspectos econômicos. 2. Pesquisa científica – Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.).  
3. Sustentabilidade. I. Tullio, Leonardo. II. Série.

CDD 363.728

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Neste Volume II, são apresentados 18 artigos que analisaram o potencial de uso de diversos materiais em vários setores, propondo destino correto a esses resíduos.

A construção civil apresenta-se como elevado potencial na incorporação desses resíduos industriais, que podem ser utilizados como matéria-prima alternativa, uma vez que disponíveis em grandes quantidades e sem destinação pela indústria que o produz, sua utilização pode levar a vantagens econômicas, técnicas e ecológicas, ademais solução de muitos problemas da indústria.

Também se observa o potencial de utilização de resíduos da atividade agrícola no meio urbano, sendo assim o aproveitamento, além de minimizar os problemas ambientais, é visto como atividade complementar, que pode contribuir para a diversificação dos produtos e para a diminuição do custo final de produtos.

Todavia, a correta destinação de um resíduo deve ser estudada e tratada com cautela, pois o "desleixo" causa impactos ambientais incalculáveis na sociedade.

Bons estudos.

Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
SUSTENTABILIDADE: USO DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL E EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
<i>Cristine Machado Schwanke</i> <i>Juliana Young</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8861914031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
UTILIZAÇÃO DE CARVÃO DE CAROÇOS DE BUTIÁ ( <i>BUTIA CAPITATA</i> ) COMO MEIO DEPURIFICAÇÃO ALTERNATIVA DE ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO	
<i>Beatriz Stoll Moraes</i> <i>Ferdinando Bisogno de Castro</i> <i>Maick Bravo da Silva</i> <i>Paulo Roberto Diniz da Silva</i> <i>Daniela Lilge Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8861914032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
USO DE RESÍDUOS DE CELULOSE NA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	
<i>Genyr Kappler</i> <i>Carlos Alberto Mendes Moraes</i> <i>Regina Célia Espinosa Modolo</i> <i>Juliana Damasio Waschevicz</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8861914033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>34</b>
REJEITOS RADIOATIVOS DO MAIOR ACIDENTE RADIOLÓGICO DO BRASIL	
<i>Lení Maria de Souza</i> <i>Francisco Itami Campos</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8861914034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
PRODUÇÃO DE CARBOXIMETILCELULASE E AVICELASE PELO BACILLUS SP SMIA-2 EM MEIO CONTENDO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR	
<i>Andréia Boechat Delatorre</i> <i>Silvania Alves Ladeira</i> <i>Marcela Vicente Vieira Andrade Gonçalves</i> <i>Cristiane de Jesus Aguiar</i> <i>Thiago Freitas de Almeida</i> <i>Meire Leles Leal Martins</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8861914035</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO MERCADO DE EQUIPAMENTOS GAMER	
<i>Felipe Elsemann Barreto</i> <i>Ana Júlia Senna Sarmiento Barata</i> <i>Ricardo Ribeiro Alves</i> <i>Djulia Regina Ziemann</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8861914036</b>	



**CAPÍTULO 7 ..... 68**

ESTUDO PARA INSTALAÇÃO DE CENTROS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO RIO DE JANEIRO EM SEROPÉDICA

*Hélio Fernandes Machado Júnior*

*Rui de Góes Casqueira*

*Fabíola Oliveira da Cunha*

**DOI 10.22533/at.ed.8861914037**

**CAPÍTULO 8 ..... 78**

ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA SERICINA EMPÓ RESULTANTE DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DESIDRATADA EM “SPRAY DRYER”

*Ana Paula Sone*

*Camilo Freddy Mendoza Morejon*

*Marcelino Luiz Gimenes*

**DOI 10.22533/at.ed.8861914038**

**CAPÍTULO 9 ..... 92**

ESTUDO DA CONFORMIDADE DE BLOCOS CERÂMICOS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE CHAMOTE E CASCA DE ARROZ

*Ivando Stein*

*Maurício Livinali*

*Éder Claro Pedrozo*

*Lucas Fernando Krug*

**DOI 10.22533/at.ed.8861914039**

**CAPÍTULO 10 ..... 103**

ESTUDO COMPARATIVO DO LIXIVIADO GERADO POR RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICO E ELETROELETRÔNICO EM SIMULAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO

*Beatriz Rodrigues de Barcelos*

*Caio Soares Camargos*

*Gabriel Alves Teixeira*

*Lorena Silva Pereira*

*Ygor dos Santos Carneiro*

**DOI 10.22533/at.ed.88619140310**

**CAPÍTULO 11 ..... 116**

DESMONTAGEM E CARACTERIZAÇÃO DE LÂMPADAS LED PARA RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS

*Emanuele Caroline Araujo dos Santos*

*Alini Luísa Diehl Camacho*

*Leonardo Daniel Rauber*

*Carlos Alberto Mendes Moraes*

**DOI 10.22533/at.ed.88619140311**

**CAPÍTULO 12 ..... 126**

CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PETROLINA/PE

*David José Oliveira da Silva*

*Iago Santos Calábria*

*Walter de Moraes Calábria Junior*

**DOI 10.22533/at.ed.88619140312**

**CAPÍTULO 13 ..... 136**

AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE RESÍDUOS GERADOS PELA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE COMO MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA A INDÚSTRIA CIMENTEIRA

*Joana Gomes Meller*  
*Letícia Torres Maia*  
*Oscar Rubem Klegues Montedo*  
*Dachamir Hotza*  
*Hiany Mehl Zanlorenzi*  
*Silvana Meister Sommer*

**DOI 10.22533/at.ed.88619140313**

**CAPÍTULO 14 ..... 147**

ANÁLISE DOS PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DO PARANÁ

*Daniel Poletto Tesser*  
*Luciana Janoni Botelho de Freitas do Nascimento*  
*Antônio Carlos de Francisco*  
*Cassiano Moro Piekarski*

**DOI 10.22533/at.ed.88619140314**

**CAPÍTULO 15 ..... 160**

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO AQUECIMENTO DE ÁGUA ATRAVÉS DE UM AQUECEDOR SOLAR FEITO COM MATERIAL RECICLÁVEL

*Maiara Stein Wünsche*  
*Nadine Rech Medeiros Serafim*  
*Rafaela Picolotto*

**DOI 10.22533/at.ed.88619140315**

**CAPÍTULO 16 ..... 170**

ANÁLISE DA MISTURA DO AGREGADO RECICLADO DE RCD ASSOCIADO AO SOLO LATERÍTICO PARA UTILIZAÇÃO NA CAMADA DE BASE DE PAVIMENTOS

*Natássia da Silva Sales*  
*Caio César Luz Araújo*

**DOI 10.22533/at.ed.88619140316**

**CAPÍTULO 17 ..... 182**

ANÁLISE DA ECOEFICIÊNCIA DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM USINA SUCROALCOOLEIRA NO PIAUI

*Lilian de Castro Moraes Pinto*  
*Maria do Socorro Lira Monteiro*

**DOI 10.22533/at.ed.88619140317**

**CAPÍTULO 18 ..... 191**

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA NACIONAL E INTERNACIONAL SOBRE TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

*Manoela Paiva de Amorim Santos*  
*Rafael de Freitas Taves*  
*Alexandre Lioi Nascentes*  
*Armando Borges de Castilhos Junior*

**DOI 10.22533/at.ed.88619140318**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 203**

## ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA SERICINA EM PÓ RESULTANTE DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DESIDRATADA EM “*SPRAY DRYER*”

### Ana Paula Sone

Universidade Estadual do Oeste do Paraná,  
Toledo, Paraná, Brasil.  
anapaulasone@hotmail.com

### Camilo Freddy Mendoza Morejon

Universidade Estadual do Oeste do Paraná,  
Toledo, Paraná, Brasil.  
camilo\_freddy@hotmail.com

### Marcelino Luiz Gimenes

Universidade Estadual de Maringá, Maringá,  
Paraná, Brazil  
marcelino.gimenes@gmail.com

**RESUMO:** Nas indústrias de seda destaca-se a grande quantidade de efluente líquido com elevado teor de sericina e o aproveitamento desse material requer, além dos processos de extração a desidratação e a caracterização dos mesmos. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi estudo e caracterização da sericina em pó resultante do aproveitamento de resíduos industriais desidratada em *spray dryer*. A metodologia contemplou as análises do espectro de dicróismo circular da sericina desidratada em “*spray dryer*”, caracterização colorimétrica, solubilidade, espectroscopia de absorção no infravermelho com transformada de fourier, difração de raios-x e a microscopia eletrônica de varredura correspondente a cinco métodos de extração de sericina. Os resultados apontam com que a secagem por “*spray*

*dryer*” produziu partículas de sericina que não apresentam diferença na estrutura secundária, sendo amorfas (pico bem definido e estreito em 19,9° e um ombro em 23,1°), esféricas e não ocorre mudanças estruturais na proteína (grupos funcionais). Desta forma explicita-se as diferenças estruturais e morfologias que a proteína pode apresentar para o caso da desidratação em “*spray dryer*”.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sericina, Secagem, Aproveitamento de resíduos.

**ABSTRACT:** In the silk industries, the high amount of liquid effluent with high sericin content is highlighted, and the use of this material requires, in addition to the dehydration extraction processes and their characterization. In this context, the objective of the study was to study and characterize the sericin powder resulting from the use of industrial waste dehydrated in *spray dryer*. The methodology included analyzes of the circular dichroism spectrum of dehydrated sericin in *spray dryer*, colorimetric characterization, solubility, infrared absorption spectroscopy with fourier transform, x-ray diffraction and scanning electron microscopy corresponding to five methods of extraction of sericin. The results indicate that *spray dryer* drying produced sericin particles that did not show any difference in the secondary structure, being amorphous (well defined and narrow peak



at 19.9° and one shoulder at 23.1°), spherical and not there are structural changes in the protein (functional groups). In this way the structural differences and morphologies that the protein can present in the case of spray dryer dehydration are explained.

**KEYWORDS:** Sericina, Drying, waste utilization.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os bichos-da-seda mais explorados comercialmente são os pertencentes ao filo Arthropoda, ordem Lepidoptera, classe Insecta e família Bombycidae, pois produzem seda de melhor qualidade e são obtidos a partir do bicho-da-seda comumente domesticado, *Bombyx mori*, que se alimentam de folhas da planta conhecida popularmente como amoreira, *Morus* spp (KUNDU et al., 2008).

O processo de secagem por “*spray-dryer*” é vantajoso pela sua simplicidade, reprodutibilidade, baixo custo e condições brandas de operação, além de ser um processo esterilizável e escalonável (ALVES, 2003). O processo é composto por quatro etapas básicas que são: atomização da solução de alimentação; contato das gotículas produzidas com o fluido de secagem (normalmente ar); evaporação do solvente; e recuperação do produto (NATH e SATPATH, 1998).

Considerando que se tem elevados custos para o tratamento do efluente proveniente da extração do fio de seda, pode-se substituir o tratamento do efluente para recuperação da sericina e utiliza-la como matéria prima para vários fins (VAITHANOMSAT, 2008).

A sericina, que até recentemente era considerada um produto residual da indústria de processamento da seda, possui várias propriedades e utilidades importantes, como: excelente absorção de umidade (GENÇ et al., 2009), a resistência à radiação ultravioleta (PATEL et al., 2011), anticoagulante, antioxidantes (SAROVART et al., 2003), ação inibitória da tirosinase (ARAMWIT et al., 2007) e tratamento em curativos de queimaduras (SONE, 2017).

## 2 | OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi estudo e caracterização da sericina em pó resultante do aproveitamento de resíduos industriais desidratada em *spray dryer*.

## 3 | METODOLOGIA

A sericina em pó, obtida por meio da secagem em “*spray dryer*”, foram caracterizados quanto: colorimetria, solubilidade em água, dicroísmo circular, espectroscopia de absorção no infravermelho com transformada de Fourier, difração

de raios-X e a microscopia eletrônica de varredura. Todas essas análises foram realizadas com as cinco amostras obtidas por secagem no “spray dryer”.

### 3.1 Análise de Cor

A cor do pó de sericina foi determinada em colorímetro Minolta, modelo CR-300, utilizando o sistema CIELAB (GONÇALEZ, 1993). No espaço colorimétrico CIELAB, definido por  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h$ . Onde a coordenada  $L^*$  corresponde à luminosidade, coordenada cromática verde-vermelho ( $a^*$ ), coordenada cromática amarelo-azul ( $b^*$ ), cromaticidade ( $C^*$ ) e ângulo de tinta ( $h$ ). Para o cálculo desses parâmetros, foi utilizado o mesmo procedimento adotado por Gonçalves (1993), segundo o sistema CIELAB 1976, por meio das equações 1 e 2:

$$C = (a^{*2} + b^{*2})/2 \quad (1)$$

$$H^* = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (2)$$

Os pigmentos vermelho, verde, amarelo e azul são definidos, respectivamente, pelas coordenadas  $+a^*$ ,  $-a^*$ ,  $+b^*$  e  $-b^*$  que variam de 0 a 60 adimensionais.

As análises de cor do pó de sericina foram realizadas no Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Maringá - UEM.

### 3.2 Análise de solubilidade em água

A análise de solubilidade em água foi realizada com o objetivo de determinar a quantidade do pó de sericina que se dissolve em água, e verificar se o método de obtenção de sericina incluindo a secagem alterou a solubilidade da mesma em água.

A solubilidade em água foi realizada da seguinte maneira. Em 40 mL de água destilada adicionou-se aproximadamente 0,4 g de sericina em pó obtendo aproximadamente uma concentração de  $10 \text{ g L}^{-1}$ , misturando-se em uma rotação de 1000 rpm, em um mixer da marca Quimis, por 5 minutos. A solução foi colocada em tubos com tampas e centrifugada a 3000 rpm durante 10 minutos. Uma alíquota de 10 mL do sobrenadante foi colocada em placas de Petri previamente pesadas, que foram submetidas à secagem em estufa a vácuo à temperatura de  $75 \text{ }^\circ\text{C}$  por 5 horas. A solubilidade (%) foi calculada por diferença de peso, segundo a metodologia modificada proposta por Eastman e Moore (1984) que sugere a Equação 3. As análises foram realizadas em triplicata no Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá - UEM.

$$\% \text{ de solubilidade} = \frac{ms \cdot 4}{ma} 100 \quad 3$$

Sendo:  $ms$  a massa do sólido no sobrenadante e  $ma$  a massa da amostra inicial.

### 3.3 Dicroísmo Circular

A técnica de espectropolarimetria de dicroísmo circular em pós de sericina informa sobre as características da estrutura secundária, quais mudanças ocorrem na conformação da proteína, e permite correlacioná-las com as características do meio circundante. Estima-se que os solventes são capazes de modificar a estrutura da proteína, e se essas modificações de estrutura afetam a atividade biológica da macromolécula (CARNEIRO, 2006).

Realizaram-se os experimentos no Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa – COMCAP da UEM no espectropolarímetro JASCO J-815 CD, com a temperatura controlada através de um sistema interno de controle de temperatura JULABO AWC-100. Os espectros de dicroísmo circular no UV distante (190 – 400 nm) foram obtidos utilizando-se uma cubeta de quartzo de 5 mm de caminho óptico, com velocidade de varredura de 200 nm.min<sup>-1</sup>, tempo de resposta de 1 segundo e resolução de 1 nm. Obteve-se o espectro final através da acumulação de 3 varreduras. Todos os espectros de dicroísmo circular foram obtidos a temperatura constante de 25 °C. A concentração de sericina em solução foi de 0,5 % (m / v). O “software” utilizado para tratamento dos dados foi o SpectraAnalysis, acoplado ao equipamento Jasco.

### 3.4 Espectroscopia de absorção no infravermelho com transformada de Fourier

Esta análise foi realizada no Laboratório de Espectrofotometria no Infravermelho do complexo de centrais de apoio a pesquisa (COMCAP). Os espectros de absorbância na região do infravermelho (400 a 4000 cm<sup>-1</sup>) com transformada de Fourier (FTIR), da mesma quantidade de amostra na forma de pastilhas, foram obtidos em um instrumento Bruker modelo Vertex 70v, com resolução de 4,0 cm<sup>-1</sup> e 100 varreduras para cada espectro. As amostras de sericina em pó (1,5 mg) foram homogeneizadas em almofariz e pistilo de ágata com 150 mg de brometo de potássio (KBr) grau espectroscópico (Vetec) previamente seco a 140 °C. A mistura foi submetida à compressão de 6,0 ton min<sup>-1</sup> em prensa hidráulica Perkin-Elmer modelo 4037.

### 3.5 Difração de raios-X

O equipamento utilizado para análise foi o difratômetro de raios-X D8 AdvanceBruker, com fonte de Cu 40 kV e 50 mA. Os parâmetros utilizados foram: ângulo (2θ) entre 5 e 50°; tempo/passo de 10s; e velocidade de 0,015°s<sup>-1</sup>, do Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa – COMCAP da Universidade Estadual de Maringá - UEM.

### 3.6 Microscopia Eletrônica de varredura

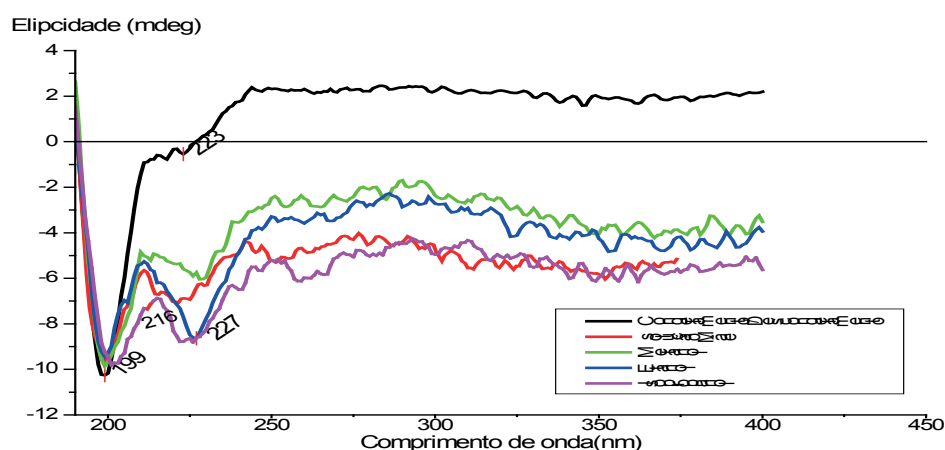
As micrografias do pó de sericina foram obtidas por meio de um microscópio eletrônico de varredura (Shimadzu SS-550) do Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa – COMCAP da UEM. Esta técnica permite uma observação superficial de sólidos. Por meio de um estreito feixe de elétrons, varre-se a superfície da amostra,

ponto a ponto, em seqüência de tempos determinados. Os sinais obtidos são captados por detectores, capazes de produzir imagens tridimensionais aumentadas. Para realizar a análise as amostras foram aderidas a um porta amostra, com a utilização de uma fita dupla-face condutora de carbono, metalizadas com ouro, para garantir a condutividade elétrica de sua superfície de observação. O tratamento dos dados foi realizado com auxílio do software Superscan SS-550.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Dicroísmo Circular

Na Figura 1, se apresenta os resultados do espectro de dicroísmo circular da sericina em pó obtido pelo processo de desidratação em “spray dryer”. Nesse gráfico pode-se verificar modificações na estrutura secundária da sericina para os diversos métodos de extração. O espectro de dicroísmo circular, que analisa a estrutura secundária de uma proteína, pode ser comprovado pela posição de intensos picos positivos e negativos. Para a estrutura  $\alpha$ -hélice um pico positivo em 192 nm e dois picos negativos em 208 e 222 nm que são corrente observadas em proteínas. Já para a estrutura folha beta é identificada por um pico negativo, próximo a 216 nm, e um pico positivo próximo a 198 nm. A estrutura aleatória é identificada por um pico negativo próximo a 198 nm (Oh et al., 2011). Picos ou ombros abaixo de zero no comprimento de onda de aproximadamente 220 nm sugerem a existência de outras estruturas, coexistindo com a aleatória. Folha beta e a beta turn exibem picos negativos próxima de 216 e, entre 220 e 230 nm, respectivamente (HUANG et al., 2003).



**Figura 1** Espectro de dicroísmo circular da sericina obtida por secagem em “spray dryer”.

Conforme Figura 1, o pó de sericina obtido a partir de separações utilizando solventes orgânicos e da solução mãe (logo após extração) apresentam espectros semelhantes, com um pico mais intenso e negativo em 199 nm e outro negativo entre

223 e 227 nm, mais no decorrer de toda a varredura os picos estão presentes na região negativa. O pico forte negativo em 199 nm é característico da estrutura aleatória, e os picos negativos em 223 e 227 nm é característico da estrutura beta turn. Comparando os picos da sericina precipitada com solvente orgânico e da solução mãe, nota-se somente diferenças em relação a intensidade, concluindo que conforme aumenta a intensidade do pico maior é a interação proteína-solvente. O pico mais intenso é da sericina precipitada com isopropanol mostrando mais estrutura beta turn e menos estrutura aleatória. O pico menos intenso é a sericina precipitada com metanol apresentando menos estrutura beta turn e mais estrutura aleatória.

Os autores Cho et al. (2003), Tsukada et al. (1979), Lee et al. (2003), Dash et al. (2007) reportam que a sericina apresenta um pico intenso negativo em 199 nm e um pico negativo de baixa intensidade em 223 nm. Kunduet al. (2008) e Dash et al. (2007) defenderam que a sericina se apresenta parcialmente no estado desdobrado, com 63% de estrutura aleatória, 35% de estrutura folha beta e 10,6% de estrutura beta turn, sem traços de estrutura helicoidal. Conforme resultados obtidos não se observa para os materiais investigado a existência dessa estrutura helicoidal, uma vez que não existe pico positivo no espectro, em 192 nm.

Wu et al. (2007), no que se refere ao espectro de dicroísmo circular com sericina obtida por “*spray dryer*” a partir da sericina precipitada com etanol, observaram a presença de um pico negativo em 198 nm, representativo de estrutura aleatória, e um pico negativo em 218 nm, representativo de estrutura folha beta.

Em relação à sericina em pó precipitada pelo método de congelamento/descongelamento, apresenta um forte pico negativo em 199 nm e um ombro negativo próximo 223 nm. O pico em 199 nm caracteriza presença de estrutura aleatória presente em maior quantidade, e o ombro em 223 nm indica a presença de estrutura beta turn. Comparativamente, a sericina precipitada utilizando alcoóis apresenta uma quantidade maior da estrutura folha beta característica do pico negativo em 216 nm que não foi observada na sericina separada pelo congelamento/descongelamento. Concluindo assim que a forma de separação altera a estrutura secundária da proteína

## 4.2 Análise de cor

Na Tabela 1, se apresenta os resultados dos parâmetros colorimétricos da sericina em pó, este desidratado pelo método da secagem em “*spray dryer*”.

	Variáveis				
	L*	a*	b*	C	h*
SM	92,67	-5,01	12,53	13,49	111,79
Cong/ Desc	90,40	-3,94	20,31	20,69	101,05
MeOH	94,15	-4,86	10,64	11,69	114,59
EtOH	94,05	-4,72	10,20	11,24	114,85
IsoOH	94,34	-4,76	10,12	11,18	115,19

**Tabela 1** Valores médios de caracterização colorimétrica do pó de sericina pelo método de secagem em “spray dryer”

Em que: L\* = luminosidade; a\* = (+) vermelho, (-) verde e b\* = (+) amarelo, (-) azul; C = saturação; h\* = ângulo de tinta.

Pode-se observar que dentre as amostras de pó de sericina obtidas pelo método de secagem em “spray dryer”, a mais clara (variável L\*) é a amostra que foi precipitada com isopropanol, e a menos clara é aquela precipitada pelo método de congelamento/descongelamento. De certa forma, todas as amostras apresentaram valores de luminosidade elevado (são claras) e bastante próximos entre si.

Todas as amostras acima, apresentaram quantidade de pigmentação verde (definido pelo valor -a\*), sendo que a amostra mãe (-5,01), apresenta uma maior quantidade dessa pigmentação em relação as demais amostras, e a amostra precipitada pelo método de congelamento/descongelamento apresenta a menor quantidade dessa pigmentação (-3,94).

A variável b\* identifica que a amostra precipitada pelo método de congelamento/descongelamento é mais amarela que as demais (+20,31), e o parâmetro C, mostra a saturação do pigmento, mostrando assim que o método de congelamento/descongelamento apresenta coloração mais saturada, conseqüentemente, mais escura que foi confirmada pelo método h\* que apresenta o menor ângulo de tinta, e esse valor mais próximo do parâmetro b\* (pigmentação amarela).

#### 4.3 Análise de solubilidade de sericina em pó em água

Na Tabela 2, para os diversos métodos de extração, apresenta-se os resultados da solubilidade em água da sericina em pó.



Método de separação	Solubilidade em água (%)	
	Método de secagem “spray dryer”	
SM	21,8293 ± 0,9383 <sup>a</sup>	
Cong/Desc	37,3319 ± 0,2743 <sup>b</sup>	
MeOH	8,8340 ± 0,2593 <sup>c</sup>	
EtOH	9,5575 ± 0,2503 <sup>c</sup>	
IsoOH	9,6412 ± 0,5062 <sup>c</sup>	

**Tabela 2** Solubilidades em água do pó de sericina.

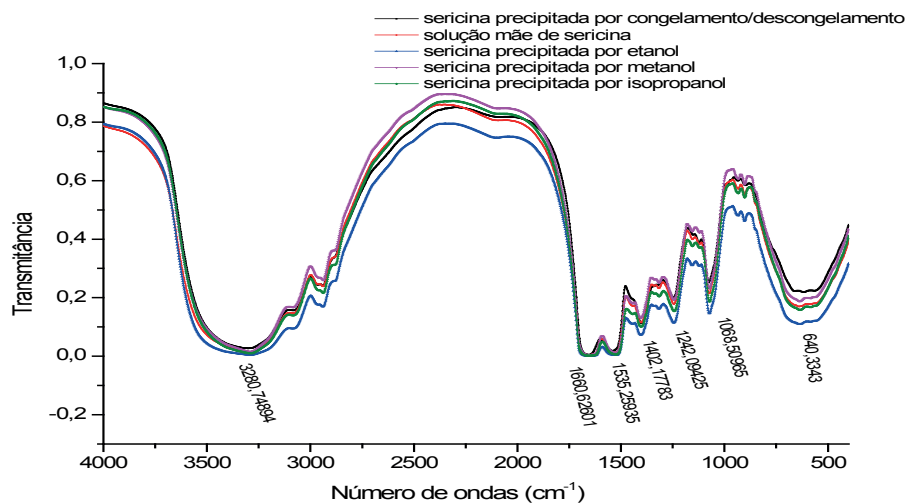
Média ± desvio padrão (3 repetições). Nota: letras diferentes, na mesma coluna, representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias obtidas através do Teste de Tukey, as diferenças são apresentadas somente entre os reagentes, e não entre o método de secagem.

Observa-se na Tabela 2, que a sericina obtida pelo método de separação por congelamento/descongelamento seca por “spray dryer” é bem mais solúvel em água, do que aquelas obtidas quando se usou solvente orgânico. O efeito do solvente contribui para mudar a conformação da proteína, possivelmente diminuindo a exposição de grupos hidrofílicos que facilitam a hidratação, fazendo com que o material sericina obtido seja menos solúvel na água.

Comparando somente os pós de sericina obtido utilizando solvente orgânico, verificou-se que o isopropanol, etanol e metanol se comportam de maneira similar, estatisticamente.

#### 4.4 Espectroscopia de absorção no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Na Figura 2, se apresenta o resultado da FTIR de amostras de sericina em pó da solução mãe, separadas com solvente orgânico (metanol, etanol e isopropanol) e pelo método de congelamento/descongelamento. As referidas amostras foram secas em “*spray dryer*” e a técnica de espectroscopia de absorção no infravermelho mostra a frequência vibracional específica do eixo principal dos polipeptídios e possibilita analisar as ligações e grupos funcionais, determinando as mudanças conformacionais nas moléculas de proteína.



**Figura 2** Espectro de FTIR da sericina obtida pelo método de secagem em “spray dryer”.

Os espectros FTIR da sericina em pó exibiram bandas de absorção características de amidas. Existem quatro diferentes bandas de vibração distinta associado a essa proteína: As bandas das amida I, II e III e IV presentes nos espectros de FTIR que são características do composto devido às amins ricas em resíduos de glicina e prolina e estão diretamente relacionadas à conformação peptídica (Anghilieriet *al.* 2007). Segundo Anghilieriet *al.* (2002, 2007) a banda da amida I, com frequências características entre 1600 e 1700  $\text{cm}^{-1}$  é associada principalmente com as vibrações de estiramento de grupos carbonila (C=O). Há também contribuições em menor escala das vibrações de estiramento de C-N e de flexão de N-H. As frequências de vibração de cada ligação C=O dependem da força das ligações de hidrogênio com o oxigênio da carbonila, bem como das interações entre as unidades de amidas, ambas influenciadas pela conformação peptídica local relacionada com a estrutura secundária. Na região da amida II há bandas entre 1520-1545  $\text{cm}^{-1}$ , estas bandas vibracionais estão relacionadas a uma combinação fora de fase de flexão de ligações N-H e estiramento de ligações C-N. Na amida III, as bandas estão localizadas entre 1243-1253  $\text{cm}^{-1}$ , e são relacionadas com as vibrações de estiramento C-N e amida IV (640- 660  $\text{cm}^{-1}$ ). Pode-se observar uma banda de absorção larga entre 3280  $\text{cm}^{-1}$ , característico de ligações de hidrogênio intramolecular com carbonila (TERAMOTO et. al., 2005).

Muyongaet al. (2004) relatam que as mudanças nas bandas destas amidas para menores comprimentos de onda, aumento ou diminuição na intensidade de absorbância da amida III e a ampliação da da amida I estão associados ao aumento de interações intermoleculares (através de ligações de hidrogênio).

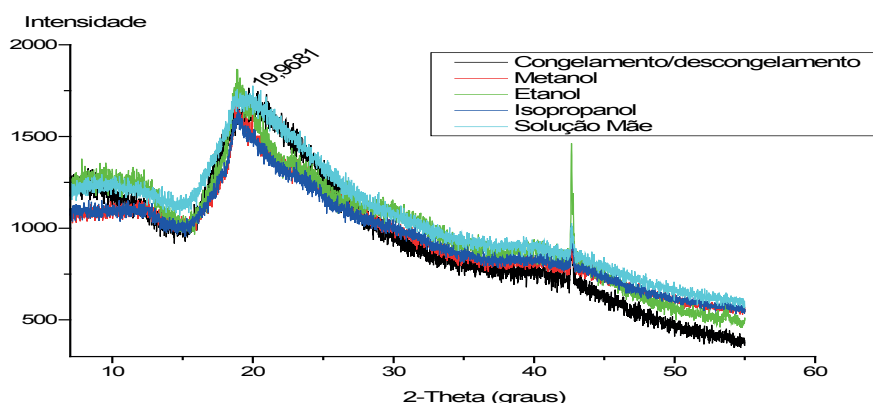
Tomadon (2011) revela que a sericina secada por “spray dryer” e a sericina comercial apresentam espectros similares, ao contrário da sericina precipitada por congelamento/descongelamento. A sericina secada por “spray dryer” apresenta estrutura folha beta, com pico em 1527  $\text{cm}^{-1}$ , estrutura aleatória, com pico em 1650

cm<sup>-1</sup> e estrutura beta turn, com pico em 1672 cm<sup>-1</sup>. Nesse estudo são visualizados picos próximos a esses valores.

Dos resultados apresentados, na Figura 2, verifica-se que não houve diferenças nos espectros no que se refere ao perfil, mostrando que todas as amostras apresentam as mesmas bandas, assim, a sericina não foi alterada em relação a ligações e grupos funcionais, ocorreu somente mudanças nas intensidades dos picos, mostrando que o pó de sericina precipitado por etanol apresenta maior intensidade, isto indica que o etanol induz a proteína se conformar com estrutura folha beta.

#### 4.6 Difração de raios-X

Na Figura 3, se apresenta o resultado da difração de raio-X da sericina em pó precipitada com os três diferentes solventes orgânicos, pelo método de congelamento/descongelamento e com a solução mãe de sericina. Todas as amostras foram secadas por “spray dryer” e os resultados conferem informações sobre a estrutura cristalina da sericina e suas conformações.



**Figura 3** Espectro de difração de raio X da sericina obtida pelo método de secagem em “spray dryer”.

A sericina separada por diferentes solventes orgânicos e pelo método de congelamento/descongelamento apresentaram pouca diferenças em seu material, pois como se observa na Figura 3, todas as amostras apresentam um pico bem definido e estreito em 19,9° e um ombro em 23,1°, que é característico de um material amorfo, mas diferenças em relação a intensidade. Conforme verificado em Lee et al. (2003), o primeiro pico ( 19,9°) representa as ligações de hidrogênio intermoleculares da sericina que, por sua vez, corresponde à estrutura folha beta.

A diferença de intensidade observada nas amostras ocorreu devido à diferença na estrutura, pois quanto mais intenso o difratogramas, maior a sua estrutura cristalina. A sericina obtida com o uso do solvente etanol foi a que apresentou estrutura um pouco mais cristalina, conseqüentemente maior quantidade de estrutura folha beta, seguido por sericina obtida com uso de congelamento/descongelamento estrutura mais aleatoria, e sericina obtida com metanol e por último a obtida com uso de isopropanol.

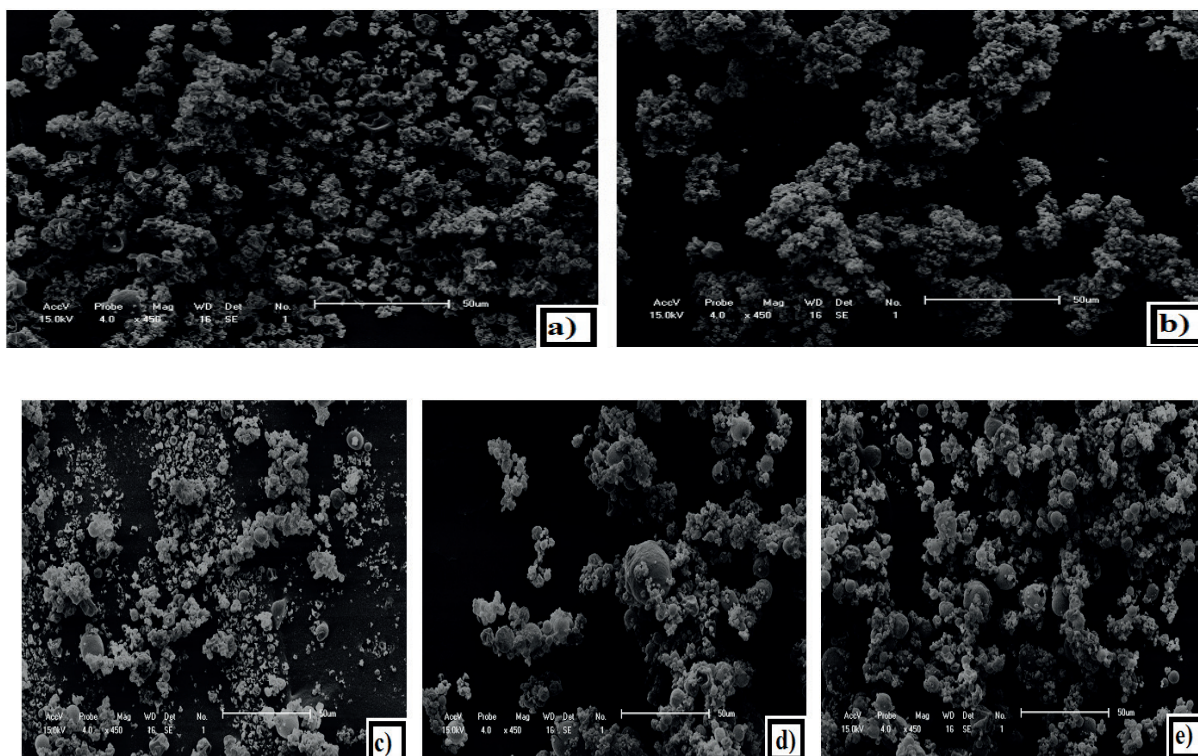
Tomadon (2011) afirma que a adição de etanol causa ainda mais mudança na estrutura secundária da sericina, isto é, além da mudança estrutural ocorrida durante o processo de extração, o etanol induz a um aumento ainda maior na quantidade de estrutura cristalina presente na sericina, fato representado pela estrutura folha beta.

Dash et al. (2009) também observaram modificações na estrutura secundária da sericina através da adição de etanol. Seus difratogramas mostraram uma transformação de estrutura aleatória para folha beta devido às pontes de hidrogênio intermoleculares, ou seja, constataram um aumento na cristalinidade com a adição de etanol.

Pode-se verificar com as Figura 3, que a sericina em pó obtida é predominantemente um material amorfo apresentando pouca estrutura cristalina.

#### 4.7 Microscopia Eletrônica de varredura

Para realizar o estudo morfológico da sericina em pó, obtida com diferentes métodos separação/insolubilização e secagem em “spray dryer”, fez-se a microscopia eletrônica de varredura (MEV), cujos resultados são apresentados na Figura 4.



**Figura 4** Microscopia das partículas obtidas quando se utilizou a) solução mãe, b) separação por congelamento/descongelamento, c) separação com solvente metanol, d) separação com solvente etanol e e) separação com solvente isopropanol.

A Figura 4, demonstra que a estrutura de partículas de sericina quando seca por “spray dryer” apresenta-se na forma de pós muito finos. Esses pós de sericina, quando aumentado, apresentaram forma esférica bastante irregular. Esta forma de partículas é característica do processo de secagem “spray dryer” em que se inicia a secagem com uma gotícula (esférica) formando uma partícula que teria forma final relativamente esférica. Como a concentração de proteínas na gotícula não é tão elevada à saída de

água com a secagem faz as partículas terem forma muito irregular.

Tomadon (2011) descreve que a sericina, secada por “spray dryer”, apresenta partículas de tamanhos diminutos, ultrafinas, e sua forma se assemelha a uma gota enrugada. Reporta o autor que esta estrutura é característica do processo de secagem por “spray dryer” onde uma gota de sericina é lançada de encontro a uma corrente de ar quente e isto provoca uma evaporação muito rápida da água. O fenômeno faz com que as partículas de sericina permaneçam com a forma de gota, porém pela evaporação da água, a partícula enrugada.

Gençet al.(2009) estudaram e caracterizaram sericina seca por “spray dryer”. Observaram que, após secagem, uma variedade de partículas desde esferas porosas até partículas não porosas lisas ou enrugadas coexistem. Eles reportam que as fotos apresentaram diferentes formas de partículas, tamanhos e distribuição de tamanho da sericina em pó. Como aquelas que tiveram uso de álcoois que apresentam-se com tamanho menor.

#### 4 | CONCLUSÃO

Com base em todo este estudo concluiu que a secagem por “spray dryer” produziu partículas que não apresentam diferença na estrutura secundária. Partículas de sericina obtidas quando se usa “spray dryer” são luminosas e solúveis. No geral, as partículas de sericina obtidas são amorfas não ocorrendo mudanças estruturais na proteína (grupos funcionais). Mudanças morfológicas visualizadas na microscopia eletrônica de varredura mostram partículas produzidas por “spray dryer” são esféricas.

#### REFERÊNCIAS

- ALVES, G.P. **Estudo do processo de produção de partículas lipídicas sólidas e lipossomas: estudo de variáveis e Encapsulação de medicamentos de primeiro tratamento para tuberculose**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Química – Unicamp, Campinas, São Paulo, 2003.
- ARAMWIT, P.; SANGCAKUL, A. **The effects of sericin cream on wound healing in rats**. *Bioscience Biotechnology Biochemistry*, v.71, n. 10, p. 2473-2477, 2007.
- CARNEIRO, F. R. G. **Análises Estruturais e Estudos das interações das Proteínas Int6 e NyRen-21**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2006.
- CHO, K. Y.; MOON, J. Y.; LEE, Y. W.; LEE, K. G.; YEO, J. H.; KWEON, H. Y.; KIM, K. H.; CHO, C. S. **Preparation os self-assembled silk sericin nanoparticles**. *Int.J. Biol. Macromol.*, v. 32, p. 36-42, 2003.
- DASH, R.; GHOSH, S.K.; KAPLAN, D. L.; KUNDU, S.C. **Purification and biochemical characterization of a 70 kDasericin from tropical tasar silkworm, *Antheraea mylitta***. *Comp. Biochem. Phys. B.*, v. 147, p. 129-134, 2007.
- DASH, R.; MANDAL, B. B.; KUNDU, S.C. **Silk gland sericin protein membranes: fabrication**



**and characterization for potential biotechnological applications.** J. Biotechnol., v. 144, p. 321-329, 2009.

EASTMAN, J.E.; MOORE, C.O., **Cold water soluble granular starch for gelled food composition** .U.S. Patent 4465702, 1984.

GENÇ, G., BAYRAKTAR, O., BASAL, G., **A research on the production of silk sericina powders by using spray drying method.** Tekstil ve Konfeksiyon 19 (4), p. 273- 279. 2009.

GONÇALEZ, J. C. **Caracterisation technologique de quatre especes peu connues da la forêt Amazonienne: anatomie, chimie, couler, propriétés physiques et mécaniques.** Nancy, 1993. 446f. : il. Thèse (Doctorat) – Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Nancy, 1993.

HUANG et al., 2003

KUNDU S.C., DASH B.C., DASH R., KAPLAN D.L. **Natural protective glue protein, sericin bioengineered by silkworms: potential for biomedical and biotechnological applications.** Prog. Polym.Sci., 33, p. 998–1012, 2008.

LEE, K.; KWEON, H. Y.; YEO, J. H.; WOO, S. O.; LEE, Y. W.; CHO, C.; KIM, K. H.; PARK, Y. H. **Effect of methyl alcohol on the morphology and conformational characteristics of silk sericin.** Int. J. Biol. Macromol., v. 33, p. 75-80, 2003.

MUYONGA J.H COLE., C.G.B., DUODU K.G., **Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopic study of acid soluble collagen and gelatin from skins and bones of young and adult Nile perch (Latesniloticus).** Food Chemistry, 86, p. 325–332, 2004.

NATH, S.; SATPATHY, G. R. **A systematic approach for investigation of spray drying processes.** Dry. Technol., v.16 (6), p. 1173 – 1193, 1998.

OH, H.; LEE, Y.; KIM, M. K.; UM, I. C.; LEE, K. H. **Refining hot -water extracted silk sericin by ethanol-induced precipitation.** Int. J. Biol. Macromol., v.48, p. 32-37, 2011.

PATEL, R.J., MODASIYA, M.K., **Sericin-pharmaceutical applications.** Int. J. Res. Pharm. Biomed. Sci. 2, p.919-917, 2011.

SAROVART, S., SUDATIS, B., MEESILPA, P., GRADY, B.P., MAGARAPHAN, R., **The use of sericin as antioxidant and antimicrobial for polluted air treatment.** Rev. Adv. Mater. Sci. 5, p. 193-198, 2003.

SONE, A. P. **Utilização da sericina no preparo de biomaterias para aplicação como curativos destinados a queimaduras.** 2017. 142f. Tese (Doutorado em Engenharia de Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá: 2017.

TERAMOTO, J., MIYAZAWA, M. **Molecular orientation behaviour of silk sericin film as revealed by ATR infrared spectroscopy.** Biomacromolecules, v. 6, p. 2049-2057, 2005.

TOMADON JR., J. **Obtenção da proteína sericina, com alta massa molecular, a partir de casulos Bombyx mori.** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, Dissertação de Mestrado, 2011.

TSUKADA, M.; KOMOTO, T.; KAWAI, T. **Conformation of liquid silk sericin.** Polym.J. v. 11 (6), p. 503-505, 1979.

VAITHANOMSAT, P, KITPREECHAVANICH. V. **Sericin separation from silk degumming wastewater. Separation and Purification Technology.** 59, p. 129–133, 2008.



WU, J. H., WANG, Z., XU, S.Y. **Preparation and characterization of sericin powder extracted from silk industry wastewater**. FoodChemistry, v. 103, p.1255–1262, 2007.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Leonardo Tullio** - Doutorando em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná – UFPR (2019-2023), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (2014-2016), Especialista MBA em Agronegócios – CESCAGE (2010). Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009). Atualmente é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-188-6

