

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 03/03/2018.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA-QUÍMICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS MATERIAIS**

**AVALIAÇÃO DO SORO DE LEITE COMO COAGULANTE  
DO LÁTEX DE BORRACHA NATURAL**

**LUCIANO BATELLO**

Ilha Solteira-SP  
2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Ilha Solteira

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS MATERIAIS**

# **AVALIAÇÃO DO SORO DE LEITE COMO COAGULANTE DO LÁTEX DE BORRACHA NATURAL**

**LUCIANO BATELLO**

**Orientador:** Prof. Dr. José Antonio Malmonge

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia -  
UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do  
título de Mestre em Ciência dos Materiais.

Área de conhecimento: Física da Matéria Condensada

Ilha Solteira – SP

Março/2016

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Batello, Luciano.

B335a      Avaliação do soro de leite como coagulante do látex de borracha natural /  
Luciano Batello. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2016  
59 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia  
de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Física da Matéria Condensada, 2016

Orientador: José Antonio Malmonge

Inclui bibliografia

1. Coagulação do látex de borracha natural. 2. Borracha natural. 3. Soro de  
queijos. 4. Propriedades tecnológicas da borracha natural.

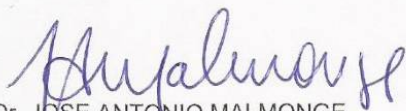
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** Avaliação do soro de leite como coagulante do látex de borracha natural.

**AUTOR:** LUCIANO BATELLO

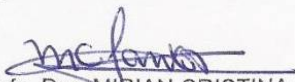
**ORIENTADOR:** JOSE ANTONIO MALMONGE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA DOS MATERIAIS, área: FÍSICA DA MATERIA CONDENSADA, pela Comissão Examinadora:



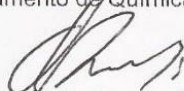
Prof. Dr. JOSE ANTONIO MALMONGE

Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Profa. Dra. MIRIAN CRISTINA DOS SANTOS

Departamento de Química Analítica / Instituto de Química de Araraquara



Prof. Dr. CICERO RAFAEL CENA DA SILVA

Instituto de Física / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Ilha Solteira, 03 de março de 2016

## **DEDICATÓRIA**

A Minha esposa Katiuscy pelo amor e cumplicidade, ao meu filho Miguel que representa a alegria da minha vida, amor incondicional, aos meus pais José Carlos e Lucinéa pelo apoio e parceria, aos meus irmãos e cunhadas por sempre me apoiar.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, fonte de toda vida e sabedoria.

A minha esposa Katiusczy, que deixou tudo para realizar meu sonho, que ao meu lado representa amor, carinho e perseverança e que nas minhas quedas sempre me levanta. OBRIGADO!

Ao meu filho Miguel, que a cada sorriso e cada palavra traz a pureza e a esperança, alegrando meus dias.

Ao Prof. Dr<sup>o</sup> José Antônio Malmonge, pela orientação, amizade, respeito, dedicação, conselhos, que se fez primordial para a conclusão deste trabalho.

Ao Sr. Amarildo, gerente do laticínio Tirolez de Monte Aprazível, por não medir esforço e atender-me sempre que precisei fornecendo soro de queijos.

Ao Sr. Adiel gerente da Braslátex Ind. e Com. de Borrachas LTDA por me receber e ceder o espaço do laboratório para a realização de análise.

Ao Sr. Benildes, analista responsável do laboratório de análises da Braslátex Ind. e Com. de Borrachas LTDA, por realizar as análises das propriedades tecnológicas da BN.

Aos amigos Doutorando Alex e Elisa, pela parceria e ajuda na realização das análises das propriedades da BN.

Aos Profs. do departamento de Física e Química, Dr. Luiz Francisco Malmonge, Dr. Keizo Yukimito, Dr. João Carlos Silos Moraes, Dr. Fernando Rogério de Paula, Dr. Fauze Ahmad Aouada, Dr<sup>a</sup>. Márcia Regina de Moura Aouada, Dr<sup>a</sup>. Mirian Cristina dos Santos, Dr. Rafael Zadorosny e a todos os professores e amigos do Departamento de Física e Química da UNESP de Ilha Solteira.

Aos meus pais José Carlos e Lucinéa que acreditaram e não mediram esforços para que realizasse meus sonhos, meus planos.

Aos meus irmãos João Carlos e Marcos e minhas cunhadas Guiomar e Adriana, por cada palavra de incentivo, pelo amor fraterno.

Aos meus sogros Baltazar e Adelícia que sempre me apoiaram e acreditaram em minha capacidade e com palavras me motivaram.

E enfim a toda a minha família que de uma forma direta ou indireta contribuíram para a realização dos meus estudos.

## RESUMO

A proporção aquosa liberada do leite durante a fabricação convencional de queijos é denominado soro de leite, este é considerado poluente devido a sua elevada carga orgânica, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), como também pelo volume gerado. Para produzir 1 kg de queijo são gerados aproximadamente 9 kg de soro. Do total do soro produzido mundialmente estima-se que 50% sejam descartados em estações de tratamento de água ou reutilizados, como por exemplo, para alimentação de animais em fazendas. Também o fato do soro conter lactose, vitaminas e minerais, ele pode ser aproveitado principalmente para fabricação de alimentos. Procurando uma alternativa para este descarte produzido por pequenas e médias indústrias de laticínios e também com a necessidade de produzir materiais verdes e ecologicamente corretos, este trabalho avaliou a potencialidade do emprego do soro de leite como coagulante para látex de borracha natural (BN) e sua influência nas propriedades térmicas, mecânicas e tecnológicas da borracha crua da seringueira *Hevea brasiliensis* clone RRIM 600, cultivada na Fazenda Experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – SP. Foram avaliados os soros resultantes da produção de queijos muçarela, minas e cottage e como referência foi utilizado o coagulante ácido acético 3 mol L<sup>-1</sup>, o qual é utilizado pelas indústrias do setor. Para este estudo foi analisada a influência da temperatura e do tempo na acidez dos soros. Foram analisadas as propriedades: plasticidade Wallace (P<sub>0</sub>), índice de retenção de plasticidade [PRI (%)], Viscosidade Mooney (V<sub>R</sub>) e análise termogravimétrica (TG) das borrachas coaguladas utilizando os diferentes tipos e proporções do soro. Os resultados mostraram que a acidez do soro pode ser acelerada com o tratamento térmico, sendo a maior variação para temperatura de 45° C no intervalo de 24 horas, mantendo-se constante após esse tempo. As propriedades tecnológicas (P<sub>0</sub>, V<sub>R</sub> e PRI) apresentaram pequenas variações entre os diferentes soros sendo os resultados estatisticamente iguais (teste t) exceto para as borrachas coaguladas com soro muçarela nas proporções de 50 e 100%, mas todos os resultados estão dentro dos padrões estabelecidos pela norma da ABNT. Os termogramas e os ensaios de tração-deformação para as borrachas coaguladas com os soros apresentaram o mesmo comportamento e valores aos dos ensaios obtidos com a do ácido acético. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que o soro de queijos pode ser utilizado como coagulante para o látex de BN em substituição ao ácido acético. Destaca-se que o soro cottage pode ser utilizado *in natura*, isto é, sem nenhum tratamento térmico prévio. Observa-se também que as borrachas coaguladas com soro

apresenta um cheiro menos intenso, o que não acontece quando ela é coagulada naturalmente ou com ácido.

**Palavras chaves:** Soro de Leite, Látex, Coagulação e Borracha Natural.

## ABSTRACT

The aqueous released milk ratio during manufacturing of cheese is called whey, this is considered a pollutant because of its high organic load, Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD), as well as by the volume generated. To produce 1 kg of cheese are generated approximately 9 kg of serum. Of the total serum produced worldwide it is estimated that 50% are dropped in water treatment plants or reused, e.g. for feeding of animals on farms. The serum also contain lactose, vitamins and minerals, it can be used mainly for food manufacturing. Looking for an alternative to this disposal produced by small and medium-sized dairy industries and also with the need to produce green materials and eco-friendly, this study assessed the employment potentiality of the whey as coagulant for natural rubber latex (BN) and its influence on thermal, mechanical and technological properties of raw rubber of rubber trees *Hevea brasiliensis* clone RRIM 600, grown in the Experimental Farm of the Faculty of engineering of Ilha Solteira-SP. Were evaluated the resulting from the production of mozzarella cheese, mines and cottage and as reference was used coagulant acetic acid 3 mol L<sup>-1</sup>, which is used by the industries in the sector. This study examined the influence of temperature and time on acidity of serum. Were analyzed the properties: plasticity Wallace (P<sub>0</sub>), plasticity retention index [PRI (%)], Mooney Viscosity (V<sub>R</sub>) and thermogravimetric analysis (TG) of rubber coagulated using different types and proportions of the serum. The results showed that the acidity of the whey can be accelerated with heat treatment, being the largest variation for temperature of 45° C in the range of 24 hours, keeping constant after this time. The technological properties (P<sub>0</sub>, V<sub>R</sub> and PRI) showed small variations between the various serum being the results statistically equal (t test) except for the rubber coagulated with serum mozzarella in the proportions of 50 and 100%, but all results are within the standards established by ABNT. The thermograms and tensile-strain tests for rubber coagulated with serum exhibited the same behavior and the values of the tests obtained with acetic acid. The results obtained in this study indicate that the serum of cheeses can be used as coagulant for the BN latex instead of acetic acid. Highlights that the serum cottage can be used *in natura*, this is, without a prior heat treatment. It is observed that the rubber coagulated with serum offers a less intense smell, which doesn't happen when it is coagulated naturally or with acid.

**Keywords:** whey, latex, coagulation and Natural rubbe

### **Lista de Figuras**

|                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.2 - Estrutura e composição da micela de caseína.....                                                                                                                            | 17 |
| Figura 2.3.1 - Esquema da ação do coalho na micela de caseína. ....                                                                                                                      | 18 |
| Figura 2.4 - Estruturas químicas dos poli-isopreno na forma trans e cis. ....                                                                                                            | 22 |
| Figura 3.1: Soro após tratamento térmico armazenados em garrafas PET. ....                                                                                                               | 26 |
| Figura 3.2 - Foto da extração do látex em corte meio espiral com inclinação de 25-30°. ....                                                                                              | 27 |
| Figura 3.3 - Foto da Coagulação da BN em bandeja, utilizando como coagulante soro do<br>queijo cottage.....                                                                              | 28 |
| Figura 3.3.1 - Foto da BN coagulada com soro cottage após vinte e quatro horas na estufa a 28                                                                                            |    |
| Figura 3.7 - Padrão de corpos de prova utilizados.....                                                                                                                                   | 31 |
| Figura 4.1 - Variação do pH do soro de queijos em função do tempo de tratamento térmico a<br>45°C.....                                                                                   | 33 |
| Figura 4.2 - Variação do DRC para as coletas realizadas em cinco meses de 2015. ....                                                                                                     | 34 |
| Figura 4.3.1 - Tempo médio de coagulação do látex com diferentes coagulantes. ....                                                                                                       | 35 |
| Figura 4.4.1 - Variação da VR, para as amostras de BN com diferentes tipos de coagulantes<br>nas proporções de 25, 50 e 100%. ....                                                       | 37 |
| Figura 4.4.2 - Variação do P <sub>0</sub> , para as amostras de BN com diferentes tipos de coagulantes nas<br>proporções de 25,50 e 100%. ....                                           | 39 |
| Figura 4.4.3 - Variação do PRI, para as amostras de BN com diferentes tipos de coagulantes<br>nas proporções de 25,50 e 100%. ....                                                       | 40 |
| Figura 4.5 - TG das amostras de BN coagulada com A. Acético, S. Cottage, S. Minas e S.<br>Muçarela.....                                                                                  | 42 |
| Figura 4.5.1 - TG de amostras de BN coaguladas com 25, 50 e 100% de soro cottage. ....                                                                                                   | 43 |
| Figura 4.5.2 - TG de amostras de BN coaguladas com 50 e 100% de soro minas. ....                                                                                                         | 43 |
| Figura 4.5.3 - TG de amostras de BN coaguladas com 50 e 100% de soro muçarela. ....                                                                                                      | 44 |
| Figura 4.6.1 - Ensaio de tração e deformação de amostras de BN coaguladas com soro de<br>queijo muçarela nas proporções de (25, 50 e 100%) e ácido acético na proporção de 25%.<br>..... | 45 |
| Figura 4.6.2 - Ensaio de tração e deformação de amostras de BN coaguladas com soro de<br>queijo minas nas proporções de (25, 50 e 100%) e ácido acético na proporção de 25%..            | 45 |
| Figura 4.6.3 - Ensaio de tração e deformação de amostras de BN coaguladas com soro de<br>queijo cottage nas proporções de (25, 50 e 100%) e ácido acético na proporção de 25%.<br>.....  | 46 |

### **Lista de Tabela**

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 2.2 - Classificação e composição do soro doce e soro ácido. ....                                             | 20 |
| Tabela 3.6 - Composição do látex de seringueira hevea brasiliensis RRIM 600. ....                                   | 24 |
| Tabela 4.6- Deformação e tensão no ponto de ruptura. ....                                                           | 47 |
| Tabela 4.6.1 - Valores das forças de tensão para as deformações de 100, 300 e 500%. ....                            | 47 |
| Tabela1 - DRC para coletas de látex de seringueira durante cinco meses de 2015.....                                 | 56 |
| Tabela 1 - Tempo de coagulação do látex para os coagulantes A. Acético, S. Cottage, S.<br>Minas e S. Muçarela. .... | 57 |
| Tabela 1 - Dados estatísticos para os ensaios de (P0),(PRI) e (VR), utilizando 25% de<br>coagulante.....            | 58 |
| Tabela 2 - Dados estatísticos para os ensaios de (P0),(PRI) e (VR), utilizando 50% de<br>coagulantes. ....          | 59 |
| Tabela 3 - Dados estatísticos para os ensaios de (P0),(PRI) e (VR), utilizando 100% de<br>coagulantes. ....         | 59 |

### **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BN: borracha natural

DBO: demanda bioquímica de oxigênio

CMC: carboximetilcelulose

DRC: drying rubber content

V<sub>R</sub>: Viscosidade Mooney

P<sub>0</sub>: plasticidade Wallace

PRI: índice de retenção de plasticidade

P<sub>30</sub>: termo degradados

TG: termogravimétrica

S. Cottage: soro do queijo cottage.

S. Muçarela: soro do queijo muçarela.

S. Minas: soro do queijo minas.

A. Acético: ácido acético 3N

## **SUMÁRIO**

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 1- INTRODUÇÃO.....                                     | 12 |
| CAPÍTULO 2 .....                                       | 15 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                         | 15 |
| 2.1. QUEIJO.....                                       | 15 |
| 2.1.1. Queijo Muçarela.....                            | 15 |
| 2.1.2. Queijo Minas.....                               | 15 |
| 2.1.3. Queijo Cottage .....                            | 16 |
| 2.2. CASEÍNA .....                                     | 16 |
| 2.3. TIPOS DE COAGULAÇÃO .....                         | 17 |
| 2.3.1. Coagulação Enzimática .....                     | 17 |
| 2.3.2. Coagulação Ácida .....                          | 19 |
| 2.4. SORO DE QUEIJO .....                              | 19 |
| 2.4.1. Tipos de soro e sua composição.....             | 20 |
| 2.4.2. O poder poluente do soro.....                   | 21 |
| 2.4.3. Utilização do soro .....                        | 21 |
| 2.5. BORRACHA NATURAL .....                            | 22 |
| 2.5.1. Propriedades físicas da borracha natural .....  | 23 |
| 2.6. LÁTEX .....                                       | 23 |
| 2.6.1. Composição do látex da seringueira.....         | 24 |
| 2.6.2. Coagulação natural do látex.....                | 24 |
| 2.6.3. Coagulação química do látex.....                | 25 |
| 2.6.4. Estado da arte.....                             | 25 |
| CAPÍTULO 3 .....                                       | 26 |
| 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....                     | 26 |
| 3.1. COLETA E PREPARAÇÃO DO SORO DE QUEIJOS .....      | 26 |
| 3.2. COLETA DO LÁTEX.....                              | 27 |
| 3.3. COAGULAÇÃO DO LÁTEX .....                         | 27 |
| 3.4. ANÁLISE DE ROTINA NO LÁTEX.....                   | 29 |
| 3.4.1. Conteúdo de borracha seca no látex (DRC) .....  | 29 |
| 3.5. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA BN ..... | 29 |
| 3.5.1. Viscosidade Mooney ( $V_R$ ).....               | 29 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5.2. Plasticidade Wallace ( $P_0$ ) e Índice de Retenção de Plasticidade (PRI)..... | 29 |
| 3.6. ANÁLISE TÉRMICA .....                                                            | 30 |
| 3.6.1. Análise Termogravimétrica (TG) .....                                           | 30 |
| 3.7. ENSAIO MECÂNICO .....                                                            | 30 |
| 3.7.1. Tração e Deformação .....                                                      | 30 |
| CAPÍTULO 4 .....                                                                      | 32 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                       | 32 |
| 4.1. TRATAMENTO DO SORO DE QUEIJO .....                                               | 32 |
| 4.1.1. Medidas do pH do soro.....                                                     | 32 |
| 4.2. ANÁLISE DO LÁTEX.....                                                            | 33 |
| 4.2.1. Conteúdo de borracha seca no látex (DRC) .....                                 | 33 |
| 4.3. COAGULAÇÃO DO LÁTEX .....                                                        | 34 |
| 4.3.1. Tempo de coagulação do látex.....                                              | 34 |
| 4.4. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA BN .....                                | 36 |
| 4.4.1. Viscosidade Mooney ( $V_R$ ) .....                                             | 36 |
| 4.4.2. Plasticidade Wallace ( $P_0$ ).....                                            | 38 |
| 4.4.3. Índice de retenção plástica (PRI) .....                                        | 40 |
| 4.5. ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TG) .....                                             | 41 |
| 4.6. ENSAIO MECÂNICO .....                                                            | 44 |
| 4.6.1. Tração e Deformação .....                                                      | 44 |
| CAPÍTULO 5 .....                                                                      | 48 |
| 5. CONCLUSÃO.....                                                                     | 48 |
| SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTUROS .....                                                 | 49 |
| REFERÊNCIAS .....                                                                     | 50 |

## CAPÍTULO 1

### 1- INTRODUÇÃO

A degradação do meio ambiente decorre direta ou indiretamente da ação humana. Pode-se perceber que ao longo de décadas, em todo o mundo o meio ambiente tem sofrido degradações severas tanto devido à exploração predatória dos recursos naturais, quanto de descartes de subprodutos e/ou resíduos industriais sem tratamento prévio. Todo e qualquer tipo de indústria gera resíduos e subprodutos que poderiam ser tratados antes de serem despejados no meio ambiente, porém em virtude dos custos econômicos, muitas indústrias realizam o descarte de forma “*in natura*” [1,2].

Porém, em decorrência da mudança postural das pessoas que optam por adquirir produtos que sejam considerados verdes e de uma legislação ambiental cada vez mais rígida, governos e indústrias têm buscado soluções para minimizar os impactos no meio ambiente. Para isso, as indústrias têm adotado sistema de gestão ambiental que permite controlar de forma eficiente os efeitos ambientais de todo o seu processo de produção, levando-as a atuarem de forma mais sustentável [1]. Contudo, esse processo tem sido bastante lento nos países subdesenvolvidos como o Brasil, exemplarmente, pode-se citar as pequenas e médias indústrias do setor de alimentos que têm forte impacto no descarte de resíduos e subprodutos na natureza, principalmente em rios e lagos [2-4]. Entre as indústrias alimentícias, destacam-se as indústrias de laticínio na produção de queijo e derivados de leite que tem como resíduo e/ou subproduto o soro de leite.

O soro gerado durante a fabricação do queijo ou manufatura da caseína representa 85-90% do volume do leite, ou seja, para cada quilo de queijo produzido, aproximadamente nove quilos de subproduto com alta concentração de matéria orgânica é gerado, tornando-se um grande problema para pequenas e médias empresas o descarte desse resíduo [37].

Esse soro, se rejeitado no leito de rios constitui-se em um potencial poluente, devido à elevada carga orgânica e conseqüentemente alta DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) [5-8]. Portanto, 50.000 litros de soro lançados nos leitos de rios, equivalem a um montante proporcional ao esgoto gerado por uma cidade de aproximadamente 25.000 habitantes [2].

Desse modo, faz-se necessário repensar sobre a reutilização desse subproduto, agregando valor ao mesmo e reduzindo a carga poluente gerada pelos laticínios [9-11], uma vez que apesar do seu potencial poluente, o soro de leite apresenta vantagem quando

reutilizado de forma correta. Assim, as alternativas destacadas para reuso do soro são: alimentação animal, fabricação de ricota e de bebida láctea, produção de soro em pó, bioenergia, secagem das proteínas e lactose [12-17].

Além de preocupar-se com a degradação e poluição do meio ambiente, que decorrem dos descartes de subprodutos industriais na natureza, as indústrias têm que se preocupar com o possível esgotamento de recursos naturais, como o petróleo e também com a necessidade de produzir materiais verdes e ecologicamente corretos [23,24]. Nesse sentido, materiais provenientes de fontes abundantes e naturais, como a borracha natural e a celulose vêm sendo cada vez mais requeridos.

Devido às excelentes propriedades da borracha natural, como elasticidade, flexibilidade, resistência à abrasão e à corrosão, fácil adesão a tecidos e alta impermeabilidade, a gama de aplicação desse material abrange um universo de mais de 50 mil produtos, entre eles destacam-se: adesivos, produtos pneumáticos, luvas descartáveis, material cirúrgico, preservativos, pisos e revestimentos, impermeabilização de fios e tecidos [25,26].

A borracha natural produzida pela seringueira (*Hevea brasiliensis*) é um polímero linear composto de unidades isoméricas do tipo *a cis 1,4-poli-isopreno* com configuração do tipo cabeça-cauda, de alto peso molecular [25-27]. No látex, a borracha natural encontra-se na forma de partícula envolvida por uma casca interna de fosfolipídios e outra externa de proteínas, que confere carga negativa à partícula. O diâmetro destas partículas varia de 5,0 a 3.000 nm, sendo que a maioria delas está na faixa de 1000 nm. No látex encontram-se também substâncias não borrachas que são [28]: aminoácidos, sais inorgânicos, ácidos nucléicos, lipídeos, proteínas, carboidratos, ácidos graxos etc. O teor de borracha seca no látex de seringueira está entre 30 e 45% e depende de diversos fatores como: clone, estação do ano, solo, etc. [29,33].

O processo de extração do látex ocorre por meio de circuncisão no tronco da árvore de seringueira, geralmente na forma espiral para baixo, com uma faca apropriada. O látex flui e escorre da circuncisão caindo dentro de potes plásticos. Dessa forma, o látex pode ser armazenado na sua forma líquida ou na forma de borracha bruta (látex coagulado). Para que o látex seja preservado na forma líquida, logo após a coleta é adicionada amônia (NH<sub>3</sub>), que proporciona uma hidrólise lenta dos lipídios, formando ácidos graxos que são absvidos pela superfície das partículas [28]. Para obter a borracha bruta, o látex precisa ser coagulado. A coagulação pode ser espontânea, por defumação ou por ação de produtos químicos (processo convencional), sendo este último o mais utilizado.

No processo convencional de coagulação, os ácidos mais utilizados são o ácido acético e fórmico [30-32]. Dependendo do ácido utilizado na coagulação do látex, as propriedades tecnológicas da borracha como a plasticidade Wallace, viscosidade Mooney podem ser afetadas.

Mediante aos fatores apresentados, este trabalho tem como objetivo o estudo da utilização do soro do leite como coagulante substituindo o ácido acético no processo de coagulação convencional do látex de BN, avaliando sua influência nas propriedades, mecânica, térmicas e tecnológicas da borracha crua. Como consequência também deste trabalho, esperamos apresentar uma alternativa ambientalmente correta para a destinação do soro do leite.

Este estudo está disposto em 5 capítulos. No capítulo 1 está apresentada a introdução. O capítulo 2 consiste de uma breve revisão da literatura sobre soro de leite e sobre a borracha natural de *Hevea brasiliensis* na qual busca-se enfatizar o estado da arte. No capítulo 3 estão descritos os materiais e métodos utilizados. Já no capítulo 4 estão apresentados os resultados e discussão. No capítulo 5 têm-se as conclusões e finalmente estão apresentadas as referências

## CAPÍTULO 5

### 5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para os ensaios padrões realizados neste trabalho mostram que para as amostras de BN coaguladas com ácido acético e com soro de queijo muçarela, minas e cottage na proporção de 25% coagulante/látex, os valores são estatisticamente iguais. Para as amostras de BN coaguladas com soro de queijo muçarela, minas e cottage nas proporções de 50 e 100%, os resultados estão dentro dos padrões estabelecidos pela norma da ABNT.

O tratamento térmico do soro de queijos a 45°C acelera o processo de fermentação láctica, diminuindo o pH, observando uma queda mais acentuada do pH para o soro doce proveniente dos queijos muçarela e minas, estes tendem a estabilizar seu pH à 3,6 e 4,1 respectivamente após 24 horas de tratamento. Para o soro ácido proveniente do queijo cottage a queda é mais lenta, pois no processo de fabricação do mesmo, ocorre a fermentação láctica, diminuindo a quantidade de lactose e aumentando a quantidade de ácido láctico, portanto quando exposto ao tratamento térmico o pH diminui após 16 horas e estabiliza em 32 horas com pH de 3,8.

O tempo de coagulação mostra a eficiência do coagulante. Foi observado que o soro cottage coagula o látex sem nenhum tratamento térmico prévio, pois o mesmo passa pelo processo de fermentação láctica em sua fabricação. O tempo estimado de coagulação foi diferentes para os três tipos de coagulantes sendo que o soro cottage apresentou o menor tempo, sendo igual ao do ácido acético usado como referência. O soro muçarela foi que teve o maior tempo estimado (~14,2 min.) de coagulação, seguido do soro de minas (~8,0 min.).

As análises das propriedades tecnológicas da BN, viscosidade mooney ( $V_R$ ), plasticidade Wallace ( $P_0$ ) e índice de retenção de plasticidade (PRI), apresentaram poucas variações entre os coagulantes e também entre as relação soro/látex (25, 50 e 100% vol/vol). Os resultados estão estatisticamente iguais e acima dos padrões mínimos estabelecidos pelas normas SMR e ABNT.

Nas análises termogravimétricas observou-se que todas as amostras apresentam uma boa estabilidade térmica tendo a máxima degradação na região entre (300 - 397°C), atribuída à degradação estrutural da borracha. Uma perda de massa correspondente a 4% é observada no intervalo de aproximadamente 150 a 300 °C, para as amostras coaguladas com Soro Minas e Soro Muçarela na proporção 100%. Esta perda foi atribuída a componentes não borracha do latex e a matéria orgânica residual existente no soro.

As curvas de tração e deformação do ensaio mecânicos das amostras de BN coaguladas com soro de queijos apresentam o mesmo padrão comparando com as coaguladas com ácido acético, apresentando os valores de tensão em diferentes deformações estatisticamente iguais.

Finalizando, conclui-se que o soro obtido da produção dos queijos Muçarela, Minas e Cottage, podem ser utilizados como coagulantes de látex da borracha natural em substituição ao ácido acético. Particularmente o Soro Cottage apresenta uma vantagem em relação aos demais, pois o mesmo pode ser utilizado sem prévio tratamento, isto é, usado *in natura*. Salienta-se que além de dar uma nova alternativa para um descarte poluente, as borrachas coaguladas com o soro dos queijos apresentam um cheiro agradável, diferentemente do cheiro desagradável que fica quando a coagulação é feita naturalmente (microorganismo).

## REFERÊNCIAS

1. Mazzer, C.; Cavalcanti, O. A., Introdução à gestão ambiental de resíduos, *Infarma*, 16, 67, 2004.
2. Mizubuti, I. Y., Soro de leite: composição, processamento e utilização da alimentação. *Semina: Ciências Agrárias*, 15, 80, 1994.
3. Oliveira, D. F.; Bravo, C. E. C.; Tonial, I. B., Soro de leite: um subproduto valioso. *Rev. Inst. Latic. "Cândido Tostes"*, 67, 64, 2012.
4. Silva, M. E. C.; Pacheco, M. T. B.; Antunes, A. E. C., Estudo da viabilidade tecnológica da aplicação de coacervado de proteínas de soro de leite com carboximetil celulose em iogurte probiótico *Braz. J. Food Technol.*, 13, 30, 2010.
5. Ghaly, A. E.; Kamal, M. A., Submerged yeast fermentation of acid cheese whey for protein production and pollution potential reduction. *Water Research*, 38, 631, 2004.
6. Marwaha, S. S.; Kennedy, J. F., Whey-pollution problem and potential utilization. *International Journal of Food Science & Technology*, 23, 323, 1988.
7. Carvalho, F.; Prazeres, A. R.; Rivas, J., Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of the Total Environment*, 445–446, 385, 2013.
8. Ghaly, A. E.; Singh, R. K., Pollution Potential Reduction of Cheese Whey Through Yeast Fermentation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 22, 181, 1989.
9. Siso, M. I. G., The biotechnological utilization of cheese whey: A Review. *Bioresource Technology*, 57, 1, 1996.
10. Pelegrini, D. H. G.; Carrasqueira, R. L. Aproveitamento do soro do leite no enriquecimento nutricional de bebidas. *Brazilian Journal Food Technology*, 62, 1004, 2008.
11. Gutiérrez, J. L. R.; Encina, P. A. G.; Polanco, F. F., Anaerobic treatment of cheese-production wastewater using a UASB reactor, *Bioresource Technology*, 37, 271, 1991.
12. Capitani, C. D.; Pacheco, M. T. B.; Gumerato, H. F.; Vitali, A.; Schmidt, F. L., Recuperação de proteínas do soro de leite por meio de coacervação com polissacarídeo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40, 1123, 2005.
13. Cuartas-Urbe, B.; Alcaina-Miranda, M.I.; Soriano-Costa, E.; Bes-Piá, A., Comparison of two nanofiltration membranes NF200 and Ds-5 DL to demineralize whey. *Desalination*, 199, 43, 2006.
14. Ariyanti, D.; Hadiyanto, H., Ethanol Production from Whey by *Kluyveromyces marxianus* in Batch Fermentation System: Kinetics Parameters Estimation. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 7, 179, 2013.

15. Sansonetti, S.; Curcio, S.; Calabro, V.; Iorio, G., Bio-ethanol production by fermentation of ricotta cheese whey as an effective alternative non-vegetable source. *Biomass and Bioenergy*, 33, 1687, 2009.
16. Raganati, F.; Olivieri, G.; Procentese, A.; Russo, M. E.; Salatino, P.; Marzocchella, A., Butanol production by bioconversion of cheese whey in a continuous packed bed reactor. *Bioresource Technology*, 138, 259, 2013.
17. Dalev, P. G., Utilization of waste whey as a protein source for production of iron proteinate: An antianaemic preparation. *Bioresource Technology*, 48, 75, 1994.
18. Gheri, E. O.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação desoroácido de leite. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38, 753, 2003.
19. Gabardo, S.; Rech, R.; Ayub, M. A. Z., Performance of different immobilized-cell systems to efficiently produce ethanol from whey: fluidized batch, packed-bed and fluidized continuous bioreactors *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 87, 1194, 2012.
20. Dragone, G.; Mussatto, S. I.; Silva, J. B. A.; Teixeira, J. A., Optimal fermentation conditions for maximizing the ethanol production by *Kluyveromyces fragilis* from cheese whey powder. *Biomass and Bioenergy*, 35, 1977, 2011.
21. Guo, X.; Zhou, J.; Xiao, D., Improved Ethanol Production by Mixed Immobilized Cells of *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces cerevisiae* from Cheese Whey Powder Solution Fermentation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 160, 532, 2010.
22. Bilder, F., Laboratório produz etanol a partir de soro de leite. *Pesquisa Fapesp*, 199, 16, 2012. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/09/14/laboratorio-produz-etanol-a-partir-de-soro-de-leite/> Acessado em 15/05/2013.
23. Deepa, B.; Abrahama, E.; Cherian, B.M.; Bismarck, A.; Blaker, J.J.; Pothan, L.A.; Leao, A.L.; Souza, S.F.; Kottaisamy, M. Structure, morphology and thermal characteristics of banana nano fibers obtained by steam explosion. *Bioresource Technology*, 102, 1988, 2011.
24. Rosa, M.F.; Medeiros, E.S.; Malmonge, J.A.; Gregorski, K.S.; Wood, D.F.; Mattoso, L.H.C.; Glenn, G.; Orts, W.J.; Imam, S.H. Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior. *Carbohydrate Polymers*, 81, 83, 2010.
25. van Beilen, J. B.; Poirier, Y., Establishment of new crops for the production of natural rubber, *Trends in Biotechnology*, 25, 522, 2007.
26. Rippel, M. M.; Bragança, F. C., Borracha natural e nanocompósitos com argila. *Química Nova*, 32, 818, 2009.

27. Joseph, S.; Jacob, M.; Thomas, S. Natural Fiber–Rubber Composites and Their Applications. In: MOHANTY, A.K.; MISRA, M.; DRZAL, L.T. (Eds.). *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites*. New York, Taylor & Francis, 2005, 852 p.
28. Rippel, M.M.; Caracterização microestrutural de filmes e partículas de látex de borracha natural. 2005, 316 f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade de Campinas, Campinas, 2005.
29. Rao. P.S.; Saraswathamma, C.K.; Sethuraj, M.R.; Studies on the relationship between yield and meteorological parameters of para rubber tree (*Hevea brasiliensis*). *Agricultural and Forest meteorology*, 90, 235, 1998.
30. Baimark, Y.; Niamsa, N., Study on wood vinegars for use as coagulating and antifungal agents on the production of natural rubber sheets. *Biomass and Bioenergy*, 33, 994, 2009.
31. Ferreira, V. S.; Rêgo, I. N. C.; Jr. F. P.; Mandai, M. M.; Mendes, L. S.; Santos, K. A. M.; Rubim, J. C.; Suarez, P. A. Z., The use of smoke acid as an alternative coagulating agent for natural rubber sheets production. *Bioresource Technology*, 96, 605, 2005.
32. Best, L. L.; Morrell, S. H., Effect of Sulfuric Acid Coagulation on Properties of Natural Rubber. *Rubber Chemistry and Technology*, 28, 1185, 1995.
33. John, S.; Issac, J. M.; Joseph, R., Mechanical Properties of Natural Rubber Latex Coagulated by a Novel Coagulant-Yeast. *International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies*, 8, 177, 2013.
34. Werathirachot, R.; Danwanichakul, P.; Kongkaew, C.; Loykulnant, S., Water Soluble Chitosan as an Environment-Friendly Coagulant in Removal of Rubber Particles from Skim Rubber Latex. *Journal of Metals, Materials and Minerals*. 18, 93, 2008.
35. Katia S. P.; Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. *Quim. Nova*, Vol. 27, No. 2, 293-300, 2004.
36. American Society for Testing and Materials. ASTM D 412. “Standard Methods for Natural Rubber and Thermoplastic Elastomers: Tension” (1998).
37. Poppi FA, Costa MR, De Rensis CMVB, Sivieri K; Soro de Leite e Suas Proteínas: Composição e Atividade Funcional/ UNOPAR Cient., Ciênc. Biol. Saúde. 2010;12(2):31-7
38. VALSECHI, Octávio Antônio. O leite e seus derivados. Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciência Agrárias; Departamento de Tecnologia agroindustrial e socioeconômica rural. Araras, SP, 2001. Disponível em: <http://www.cca.ufscar.br/~vico/O%20LEITE%20E%20SEUS%20DERIVADOS.pdf>, acesso em: 26.set.2015.

39. ANTUNES, A. J. Funcionalidade de proteínas do soro de queijo bovino. Barueri: Manole, 2003. 135 p. ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2006.
40. FOX, P. F. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. London: Elsevier applied Science, 1987, v.1.
41. SMITHERS, G.W. Whey and whey proteins: from “gutter to gold”. *International Dairy Journal*. v.18, p.695-704. 2008.
42. FERREIRA, R. M. Produção de etanol a partir do soro de queijo utilizando a levedura *Kluyveromyces marxianus*. Uberlândia; UFU, 2003. 69 f.
43. COSTA, Amália Michelle Gomes. **Desempenho de filtro anaeróbico no tratamento de efluentes formulado com diferentes concentrações de soro de queijo**. Viçosa, 2008. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: [http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde\\_arquivos/39/TDE-2009-06-02T073147Z-1640/Publico/texto%20completo.pdf](http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_arquivos/39/TDE-2009-06-02T073147Z-1640/Publico/texto%20completo.pdf) , acesso em: 02.out.2015.
44. VIEIRA, Viviane Figueiredo. **Características físico-químicas e sensoriais de queijos mussarela elaborados a partir de leites com diferentes contagens de células somáticas**. Itapetinga, 2010. 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga. Disponível em: <http://www.uesb.br/ppgengalimentos/dissertacoes/2011/CARACTER%C3%8DSTICAS%20F%C3%8DSICOQU%C3%8DMICAS%20E%20SENSORIAIS%20DE%20QUEIJOS%20MUSSARELA%20ELABORADOS%20A%20PARTIR%20DE%20LEITES%20C.pdf>, acesso em: 03.out.2015.
- 45- BRUMANO, Larissa Pereira; COSTA JÚNIOR, Luiz Carlos Gonçalves; COSTA, Renata Golin Bueno; SOBRAL, Denise; **Avaliação de aspectos físico-químicos do queijo Minas padrão comercializado nos últimos 12 anos e suas variações**. Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, 5p, 2011, Belo Horizonte. Disponível em: [www.epamig.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=2465](http://www.epamig.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=2465), acesso em: 03.out.2015.
- 46- FOOD INGREDIENTS BRASIL Nº 16 – 2011, p38.DOSSIÊ ENZIMAS.A evolução das enzimas coagulantes. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/164.pdf>, acesso em : 04.out.2015.
- 47- PAULA, Junio César Jacinto de; CARVALHO, Antônio Fernandes de; FURTADO, Mauro Mansur; princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. Rev. Inst.

Latic. “Cândido Tostes”, Mar/Jun, nº 367/368, 64: 19-25p, 2009. Disponível em : <http://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/download/76/82> , acesso em : 04.out.2015.

48- AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. *Bioteχνologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos*. São Paulo: Edgard Bllucger, 2001. v. 4. 523p.

49- Queijos no Brasil, Disponível em: <http://www.queijosnobrasil.com.br/portal/tudo-sobre-queijo/129-queijo-cottage> , acesso em: 08.out.2015.

**50-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em:**<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1086&z=t&o=24>, **acesso em: 09.out.2015,** **disponível para download em:** <http://www.sidra.ibge.gov.br/download/excel-127.zip> .

51. Mark, H. F., Bikales, N. M., Oberberger, C. G., Menges, G.: **Encyclopedia of polymer science and technology**. 3ª ed., Vol. 9, New York: *John Wiley & Sons*, 2003, 3112 p.

52. Akida, M.; Hashim, A. S.; Vulcanization and crosslinking in elastomers. *Progress in Polymer Science*, 22, 475, 1997.

**53- Revista Eletrônica de Ciências, A seringueira e a importância da borracha natural no Brasil e no mundo, disponível em:** [http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_49/seringueiras.html](http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_49/seringueiras.html) , **acesso em:11.out.2015.**

54- Pierozan, Nilson José, DOSSIÊ TÉCNICO ,Fabricação de Artefatos de Látex, disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br> , acesso em : 12.out.2015.

55- Collantes, Hugo David Chirinos; desenvolvimento do processo de fabricação de tubos hospitalares por rvnrl: otimização e protótipo de extrusão a baixas temperaturas, disponível em : <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-06112003-182641/publico/TDE-06112003-182641.pdf> ; acesso em : 13.out.2015.

56- BEAL, C.; LOUVET,P.; CORRIEU, G. Influence of controlled pH and temperature on the growth and acidification of pure cultures of *Streptococcus thermophilus* 404 and *Lactobacillus bulgaricus* 398. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 32, p. 148-154, 1989.

57- Marques, M. D.; Pedrosa, C.; Pierucci, A. P. T. R.; Esteves, A. C., Propriedades Biológicas das Proteínas do Soro do Leite Bovino Benéficas à Saúde Humana. *Ceres*,4; 87, 2009.

- 58- Nair, S. Dependence of bulk viscosities (Mooney and Wallace) on molecular parameter of natural rubber. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia**, Kuala Lumpur, v.23, n.1, p. 76-86,1970.
- 59- Galiani, Patrini Danielle. Avaliação e caracterização de borracha natural de diferentes clones de seringueira cultivadas nos estados de Mato Grosso e Bahia. São Carlos: (UFSCar, 2010) 178 f. Tese (doutorado), 2010.
- 60- Rubber Research Institute of Malaysia Revisions to Standard Malaysian Rubber Scheme, SMR Bulletin 9 (1979).
- 61- Norma NBR 1159 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – Borracha Natural (1996).
- 62- American Society for Testing and Materials. ASTM D 412. “Standard Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers: Tension” (1998).
- 63- Imagem disponível em:  
[http://www.urisan.tcche.br/~lemm/arquivos/ensaios\\_mecanicos.pdf](http://www.urisan.tcche.br/~lemm/arquivos/ensaios_mecanicos.pdf) , acesso em : 03.fev.2016.
- 64- ABREU, L. R. Processamento do Leite e Tecnologia de Produtos Lácteos. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 194 p. (Texto acadêmico). Disponível em:  
[http://tecnologiadefabricacaodequeijo.blogspot.com.br/2009\\_03\\_01\\_archive.html](http://tecnologiadefabricacaodequeijo.blogspot.com.br/2009_03_01_archive.html) , acesso em : 03.fev. 2016
- 65- Camilo. Egiane Carla. Caracterização do Látex e da Borracha Natural provenientes da Mangabeira e da Seringueira. Ilha Solteira (UNESP). 2005. 64f. Dissertação (mestrado. 2005.
- 66 - Alexander Jones, Abhyuday Mandal, Suraj Sharma, Protein-based bioplastics and their antibacterial potential J. APPL. POLYM. SCI. 2015, DOI: 10.1002/APP.41931