



Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária

Relatório de Estágio

**Implementação e Caracterização do Sistema de  
Instrumentalização Rheomat para avaliação da viscosidade e a  
sua correlação com o sistema Brookfield**

**Nuno Miguel Mação Pires**

**Engenharia Biológica e Alimentar**

**Orientador interno: Prof. António Duarte Canatário**

**Orientador externo: Eng.º Nuno Santos**

**Castelo Branco**

**Outubro 2008**

**“As doutrinas expressas neste trabalho  
são da inteira responsabilidade do seu autor”**

O presente Estágio foi realizado na Danone Portugal S.A. sob a orientação da Eng.º Nuno Santos, por parte da empresa, e do Professor António Canatário Duarte, por parte da Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

## **Agradecimentos**

Este trabalho final de curso não representa apenas o resultado de extensas horas de estudo, reflexão e dedicação durante as diversas etapas que o constituíram. É igualmente o culminar de um objectivo académico a que me propus e que não seria possível sem a ajuda de um número considerável de pessoas. Gostaria de demonstrar a minha sincera e profunda admiração por todos aqueles que na Danone Portugal S.A. me proporcionaram uma primeira e fantástica experiência profissional tão agradável e enriquecedora. Demonstrar também o respeito que tenho por todos estes, não só pela forma como me integraram, mas também pela simpatia com que me receberam, e com os quais eu tive o enorme prazer de trabalhar.

Antes de passar aos nomes gostava de dizer que todos foram fantásticos na forma como me trataram desde o princípio até ao fim deste estágio, e que por mim nunca serão esquecidos.

Aos elementos do departamento de R&D que me receberam e ajudaram bastante na obtenção de resultados, assim como ao pessoal do laboratório da Danone, que me ajudaram nos momentos mais difíceis naquele espaço.

Ao professor António Duarte Canatário, que muito me ajudou a ultrapassar os difíceis momentos da elaboração deste relatório, com a sua compreensão e espírito de ajuda.

A professora Ofélia Anjos pela sua disponibilidade e ajuda que me deu durante a elaboração deste meu trabalho final de curso.

Como se costuma dizer os últimos são sempre os primeiros e é por isso que queria agradecer ao Eng.º Nuno Santos com um sincero obrigado, pela simpatia, pela disponibilidade, pelo profissionalismo e pela forma como me tratou, como colega e como amigo. Lembrar que não seria possível sem ele, de eu ter realizado este estágio, um verdadeiro obrigado por o abrir desta oportunidade.

Aos meus pais e irmã, por incutirem o amor ao estudo e à realização profissional, entre outros valores que regem a minha vida. Ào resto da minha família e a Marta, pela sua tolerância, compreensão e carinho quando estava a escrever em vez de atender às suas necessidades. Estou ainda em dívida para com muitas pessoas e amigos pela sua ajuda, apoio e paciência.

# Índice

---

	Páginas
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. Caracterização da Empresa Danone Portugal, S.A .....	1
<b>1.2 Algumas considerações sobre o iogurte .....</b>	<b>2</b>
1.2.1. Processamento do iogurte .....	3
<b>1.3. Viscosidade do produto como característica de qualidade .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Classificação dos fluidos segundo comportamento reológico.....</b>	<b>7</b>
1.4.1. Viscosidade dinâmica.....	9
Fluidez .....	9
1.4.3. Viscosidade Cinemática .....	9
1.4.4. Viscosidade Aparente .....	9
1.4.5. Tensão de Corte .....	10
1.4.6. Velocidade de Corte .....	10
<b>1.5. Factores que afectam a viscosidade .....</b>	<b>10</b>
1.5.1. Temperatura.....	10
1.5.2. Concentração de Solute .....	11
1.5.4. Peso Molecular do Solute .....	11
1.5.5. Pressão.....	11
1.5.6. Matéria Suspensa.....	11
<b>1.6. Objectivos .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Materiais e Métodos.....</b>	<b>12</b>
2.1. Sistema de Medição Brookfield .....	12
2.2. Sistema de Medição Rheomat.....	13
<b>3.0. Trabalhos Realizados .....</b>	<b>15</b>
<b>4.0. Análise e discussão de resultados .....</b>	<b>17</b>
4.1. Análise de resultados utilizando teste de Scheffé (constituição de grupos homogeneos).17	
4.2. Estabelecimento dos limites de viscosidade acordo com resultados.....	20
4.3. Comportamento das médias e desvios padrão por lote de cada .....	24
<b>5.0 Conclusões.....</b>	<b>28</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>30</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>32</b>

---

## Índice de Tabelas

	Página
<b>Tabela 1</b> - Teste de Scheffé para comparação de diferentes amostras do lote CDP.....	16
<b>Tabela 2</b> - Teste de Scheffé para comparação de diferentes amostras do lote CDMC.....	16
<b>Tabela 3</b> - Teste de Scheffé para comparação de diferentes amostras do lote CDML.....	17
<b>Tabela 4</b> - Teste de Scheffé para comparação de diferentes amostras do lote CDMG.....	17
<b>Tabela 5</b> - Teste de Scheffé para comparação de diferentes amostras do lote CDMF.....	17
<b>Tabela 6</b> - Teste de Scheffé para comparação de diferentes amostras do lote CDMK.....	18
<b>Tabela 7</b> - Teste de Scheffé para comparação de diferentes amostras do lote CDA.....	18
<b>Tabela 8</b> - Teste de Scheffé para comparação de diferentes amostras do lote CDMO.....	19

# Índice de Figuras

	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b> - Esquema de produção de iogurte batido.....	5
<b>Figura 2</b> - Movimento do fluido em diferentes camadas com velocidades diferentes.....	7
<b>Figura 3</b> - Vários tipos de fluidos e a sua classificação.....	7
<b>Figura 4</b> - Curvas padrão de alguns fluidos.....	8
<b>Figura 5</b> – Fenómeno de Tixotropia.....	8
<b>Figura 6</b> – Fenómeno de Reopexia.....	8
<b>Figura 7</b> – Comportamento da viscosidade com a variação da temperatura e concentração.....	10
<b>Figura 8</b> - Equipamento Brookfield .....	13
<b>Figura 9</b> - Spindel nº3 .....	13
<b>Figura 10</b> - Equipamento RheolabQC .....	14
<b>Figura 11</b> - Spindel e Copo .....	14
<b>Figura 12</b> - Gráfico de limites máximos e mínimos para a família CD no sistema Rheomat.....	21
<b>Figura 13</b> - Gráfico de limites máximos e mínimos para a família CD no sistema Brookfield.....	21
<b>Figura 14</b> - Gráfico de limites máximos e mínimos para a família ML no sistema Rheomat.....	22
<b>Figura 15</b> - Gráfico de limites máximos e mínimos para a família ML no sistema Brookfield.....	22
<b>Figura 16</b> - Gráfico de limites máximos e mínimos para a família A no sistema Rheomat.....	23
<b>Figura 17</b> - Gráfico de limites máximos e mínimos para a família A no sistema Brookfield.....	23
<b>Figura 18</b> - Gráfico de Médias e desvios padrão da amostra da família CD para o sistema Rheomat.....	25
<b>Figura 19</b> - Gráfico de Médias e desvios padrão da amostra da família CD para o sistema Brookfield.....	25
<b>Figura 20</b> - Gráfico de Médias e desvios padrão da amostra da família A para o sistema Rheomat.....	26
<b>Figura 21</b> - Gráfico de Médias e desvios padrão da amostra da família A para o sistema Brookfield.....	26
<b>Figura 22</b> - Gráfico de Médias e desvios padrão da amostra da família ML parao sistema Rheomat.....	27
<b>Figura 23</b> - Gráfico de Médias e desvios padrão da amostra da família ML parao sistema Brookfield.....	27

## Resumo

O presente trabalho foi elaborado na empresa Danone Portugal S.A, com o objectivo de implementar e caracterizar um novo sistema de medição de viscosidade de iogurtes, com o equipamento Rheolab. O conhecimento básico desta propriedade é essencial para o desenho de uma linha de processo industrial e a para a sua evolução em termos de qualidade de produto. A viscosidade como propriedade intrínseca de um iogurte líquido tem forte influência na aceitação do consumidor logo torna-se numa propriedade importante de controlo de qualidade. Segundo a classificação reológica o iogurte líquido insere-se no grupo dos fluidos não newtonianos e classificados como fluídos Tixotrópico visto que o seu comportamento é dependente de vários factores como a temperatura do produto, o tempo da leitura da viscosidade, partículas suspensas, velocidade de rotação na leitura de viscosidades. Para se realizar as leituras de viscosidade utilizou-se o equipamento Rheolab em simultâneo com o Brookfield. Tendo em conta estes factores foi importante fazer a implementação e caracterização de um novo sistema de instrumentalização (Rheomat) para avaliação das viscosidades e a sua correlação com o sistema já existente Brookfield. Os resultados mostram que a viscosidade é afectada fortemente pelos preparados de fruta utilizados e pela sua constituição e presença no produto final, mas não só a temperatura do produto a velocidade de rotação foram factores que fazem variar a viscosidade de um iogurte líquido.

Palavras-chave: Iogurte, Viscosidade, Sistema Brookfield, Sistema Rheomat.

## **Abstract**

The present work was elaborated in the company Danone Portugal S.A, with the purpose to implement and to characterize a new system of measurement of yoghurt viscosity, with the equipment Rheolab. The basic knowledge of this property is important for the drawing of an industrial process line and for its evolution of product quality. Viscosity as an intrinsic property of liquid yoghurt has strong influence in the consumer's acceptance therefore becoming an important property of quality control. According to rheology classification, the liquid yoghurt was inserted in the group of non Newtonians and thixotropics fluids because its behavior is dependent of some factors such as the temperature of the product, measurement time, suspended particles and speed of rotation used in the measurement of viscosities. To make the viscosity measurements the equipment used was the Rheolab equipment, simultaneously with the Brookfield equipment. Having in account these factors it was important to make the implementation and characterization of a new system (Rheomat) for the evaluation of viscosities and its existing correlation with the system already in use (Brookfield). The results in this work show that viscosity is strongly affected by fruits preparations, its constitution and presence in the final product, and not only by the product's temperature and rotation speed affect used in the measurement.

Key-Word: Yoghurt, Viscosity, System Brookfield, System Rheomat.