

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**PROCESSAMENTO DE QUEIJO TIPO QUARK POR  
ULTRAFILTRAÇÃO: EFEITO DA PRESSÃO  
TRANSMEMBRANA E VELOCIDADE DE ESCOAMENTO**

**FÁBIO GRACIA DOS REIS**  
Engenheiro de Alimentos

**Prof. Dr. LUIZ ANTÔNIO VIOTTO**  
Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da  
Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de  
Mestre em Engenharia de Alimentos

**Campinas – SP**  
**2002**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

R187p Reis, Fábio Gracia dos  
Processamento de queijo tipo quark por ultrafiltração: efeito da pressão transmembrana e velocidade de escoamento / Fábio Gracia dos Reis. – Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Luiz Antônio Viotto  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos

1.Ultrafiltração. 2.Queijo. 3.Leite. 4.\*Fluxo de Permeado. 5.\*Petit Suisse. I.Viotto, Luiz Antônio. II.Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.Título.

## **Membros da Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Luiz Antonio Viotto  
(DEA – FEA – Unicamp)  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig  
(DTA – FEA – Unicamp)  
(Membro)

---

Profa. Dra. Maria Angela de A. Meireles  
(DEA – FEA – Unicamp)  
(Membro)

---

Profa. Dra. Fernanda Elizabeth X. Murr  
(DEA – FEA – Unicamp)  
(Membro)

“A causa primária da desordem em nós mesmos  
é a busca da realidade prometida por outros”

(J. Krishnamurti)

**Aos meus pais,  
irmãos, cunhados  
e sobrinho**

pelo carinho  
e compreensão

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Ao professor e amigo Viotto, sabendo que estas poucas linhas são muito pouco para retribuir a tudo que você fez por mim. Obrigado acima de tudo pela oportunidade, orientação, dedicação, paciência, compreensão e principalmente pelos bate-papos nas horas mais difíceis. Você é o responsável maior desta conquista!!;

Aos professores Salvador, Maria Ângela e Fernanda pelas sugestões fundamentais que em muito colaboraram para a qualidade final deste trabalho;

À professora Walkíria pelos valiosos ensinamentos, conselhos técnicos e aos papos descontraídos no corredor do DTA, além dos almoços aos finais de semana. Obrigado!;

Ao DTA por nos garantir espaço físico para a realização da parte experimental desta pesquisa de dissertação, sem o qual não seria possível completar este trabalho;

Ao professor Ademir pela ajuda no planejamento experimental;

Ao professor Nilo pela ajuda na análise sensorial e principalmente pela amizade e momentos de descontração nestes últimos anos;

Aos meus pais Jair e Ancilla por todo carinho, amor e apoio durante toda a vida e principalmente nestes anos de mestrado. Vocês são os responsáveis por tudo isso!! Obrigado também pela ajuda financeira!!!;

À Chris, minha irmã, por todos os dias em que você me acolheu em seu coração e me escutou pacientemente por horas a fio. Não saberia viver sem ter alguém como você para desabafar e me aconselhar;

Aos meus irmãos Marcos e Adriana e aos meus cunhados Márcio, Edmar e Taís, por me proporcionarem tantos momentos alegres nos finais de semana e pelo carinho dado!!;

À Clarissa, pela grande amizade, conselhos e fundamental ajuda durante os longos dias e noites de trabalho no laboratório de leite e derivados!! Pessoas como você são poucas!!;

À Gabi pelo carinho e amizade construída neste último ano!! Obrigado pelos jantares de todos os dias e da companhia nos processamentos de madrugada!! Não sei como lhe agradecer por tanto carinho!!! Você é especial para mim!!;

À Caroline, pelos inúmeros dias em que você ficou conversando comigo e me ouvindo pacientemente!!! Obrigado por me animar mesmo nos piores dias!! Você é uma amiga e tanto!!;

À Fara, muito obrigado pelos momentos divididos e pela amizade que tanto você demonstrou ter por mim!! Saiba que considero você uma grande amiga!! Obrigado pelos longos papos!! Não sei como retribuir tanto carinho e amor que você me dá!!!;

À Guida, pelos momentos de descontração no primeiro ano, pela paciência de me escutar e dar conselhos todos os dias e pela amizade construída durante este período;

Ao Dib e ao Saraiva por dividirem moradia por longos anos e não se queixarem de nada!! Obrigado pelas inúmeras vezes em que vocês me divertiram e me ensinaram a pensar de uma maneira diferente!;

Ao Xuchu, por incentivar todas as decisões tomadas e por saber que tenho um amigo para contar a qualquer hora, mesmo que distante!! Um abraço!!

À Bete pela grande paciência em me explicar e me ajudar sempre que precisei de sua ajuda no laboratório de leite! Muito obrigado!!!;

A toda turma 94, em especial a Patinha, Rolha, Palitão, Bauru, Gabriel, Botuca, Jaú, Renatinha, Fobe, Dani Bin e Lia, saibam que tudo começou a 8 anos atrás e que sem a amizade e momentos inesquecíveis da graduação seria impossível chegar até aqui!!;

Aos amigos do laboratório de leite e derivados: Marina, Viviane, Leila, Chris, Paty, Darlila, Raquel, Dani, Olim, Luciano, Salles, Jorge e Zé Raimundo, muito obrigado por me aguentarem falando sem parar e pelo apoio.;

Aos amigos da pós: Ana Paula, Ângela, Kelly, Nádia, Luciana, Maria Ivone, Fábio, Júnior, Raggi, Divair, Tina, Larissa, Jú, Levy, Peckolt, Bei, Mateus, agradeço pelo apoio e principalmente carinho do pessoal da engenharia.;

Ao pessoal do vôlei (Fred, Leo, Gui, Hélio, Hurric e Marcelo), por me obrigar a comparecer aos jogos de quarta-feira, pois assim conseguia descansar um pouco os pensamentos!!!;

À minha prima Bia, por conversar horas ao telefone quando estava me sentindo sozinho em casa!! Muito obrigado!!;

Ao Alê, pelo imenso apoio na hora da escolha de fazer o mestrado!! Obrigado pela amizade!!;

Ao Jonas, por sempre estar disposto a tirar xerox!!! Mesmo nas horas mais ocupadas e sempre fazendo o serviço com urgência!! Obrigado por ficar depois do expediente por minha causa!! Valeu pelos jogos no estádio e o almoço na cantina!!;

Aos demais amigos da graduação e aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho, mas que tenham sido acidentalmente esquecidos, muito obrigado!;

À Capes pela bolsa de estudo que foi fundamental para que eu pudesse realizar este trabalho.;

À CLC por nos fornecer o leite desnatado, mesmo quando fazíamos o pedido em cima da hora;

À Kerry do Brasil, Rhodia, Dragoco, CPKelco pelo fornecimento de gomas que serão utilizadas em uma próxima etapa complementar a este trabalho; agradecendo também a Kerry pelo fornecimento de polpa de morango para a preparação do “Petit Suisse”;

Ao Maurício pelo capricho imenso e pronta atenção na confecção dos tanques de aço e demais equipamentos necessários para a realização dos experimentos;

Aos obstáculos surgidos durante este período, pois foram eles que ao serem ultrapassados deram a força necessária para alcançarmos o objetivo final: a dissertação!!;

**Obrigado de coração!!**

# ÍNDICE

<b>Resumo.....</b>	<b>xvi</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xvii</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Revisão bibliográfica.....</b>	<b>5</b>
3.1. Ultrafiltração.....	5
3.2. Fluxo de permeado.....	6
3.3. Ultrafiltração aplicada ao setor de laticínios.....	8
3.4. Fabricação de queijo quark.....	10
<b>4. Material e métodos.....</b>	<b>15</b>
4.1. Material.....	15
4.2. Processamento.....	17
4.3. Análises químicas.....	20
4.4. Análise sensorial.....	20
4.5. Planejamento experimental.....	21
4.6. Retenção e rendimento protéico.....	22
4.7. Modelos matemáticos.....	23
4.8. Limpeza da membrana.....	24
4.9. Análise estatística dos resultados.....	25
<b>5. Resultados e discussão.....</b>	<b>26</b>
5.1. Composição química, retenção e rendimento protéico.....	26
5.2. Fluxo de permeado.....	33
5.3. Ajuste aos modelos matemáticos.....	39
5.4. Análise sensorial.....	48
<b>6. Conclusões gerais.....</b>	<b>55</b>
<b>7. Propostas de trabalhos futuros.....</b>	<b>57</b>
<b>8. Referências bibliográficas.....</b>	<b>58</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>64</b>



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Níveis estudados no planejamento experimental.....	21
<b>Tabela 2.</b> Corridas realizadas no planejamento experimental.....	21
<b>Tabela 3.</b> Quantidade de componentes principais nas amostras de leite, alimentação, retentado e permeado das corridas experimentais de ultrafiltração.	27
<b>Tabela 4.</b> Valores percentuais de permeação de proteínas do soro, recuperação de proteínas e extrato seco total, em relação à quantidade inicial presente no leite.....	30
<b>Tabela 5.</b> Valores dos coeficientes de retenção, retenção e rendimento protéico das corridas experimentais de ultrafiltração.....	31
<b>Tabela 6.</b> Anova resultante do estudo do efeito das variáveis sobre o rendimento protéico.....	32
<b>Tabela 7.</b> Efeito das variáveis e p-valor sobre o rendimento protéico.....	32
<b>Tabela 8.</b> Valores de fluxo de permeado utilizados como resposta para análise dos efeitos das variáveis independentes.....	36
<b>Tabela 9.</b> Anova resultante do estudo do efeito das variáveis sobre o fluxo de permeado à FC 3,5.....	36
<b>Tabela 10.</b> Anova resultante do estudo do efeito das variáveis sobre o fluxo de permeado médio.....	36
<b>Tabela 11.</b> Efeito das variáveis e p-valor sobre o fluxo de permeado à FC 3,5 e fluxo de permeado médio.....	36
<b>Tabela 12.</b> Valores de $R^2$ para as curvas ajustadas aos modelos matemáticos de Kuo & Cheryan (1983) e Wu (1991).....	39
<b>Tabela 13.</b> Valores dos coeficientes dos modelos matemáticos determinados através do ajuste dos dados das corridas experimentais.....	40
<b>Tabela 14.</b> Médias obtidas em cada atributo pelas amostras de “Petit Suisse” após 7 dias de fabricação.....	49
<b>Tabela 15.</b> Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 1.....	64
<b>Tabela 16.</b> Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 2.....	65
<b>Tabela 17.</b> Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 3.....	66
<b>Tabela 18.</b> Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 5.....	67
<b>Tabela 19.</b> Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 6.....	68
<b>Tabela 20.</b> Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 7.....	69
<b>Tabela 21.</b> Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 1....	73
<b>Tabela 22.</b> Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 2....	74
<b>Tabela 23.</b> Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 3....	75

**Tabela 24.** Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 5.... 76

**Tabela 25.** Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 6.... 77

**Tabela 26.** Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 7.... 78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estágios do declínio do fluxo de permeado durante a ultrafiltração: estágio I = polarização da concentração, estágio II = início do efeito de “fouling”, estágio III = consolidação da camada de “fouling”.....	7
<b>Figura 2.</b> Desenho esquemático da unidade piloto de ultrafiltração.....	16
<b>Figura 3.</b> Foto ilustrativa do sistema de ultrafiltração.....	16
<b>Figura 4.</b> Fluxograma do processamento.....	17
<b>Figura 5.</b> Curvas de permeação (fluxo acumulado) das corridas experimentais..	34
<b>Figura 6.</b> Curvas de permeação (fluxo instantâneo) das corridas experimentais.	38
<b>Figura 7.</b> Gráfico de dispersão dos resíduos em função dos valores preditos para o ajuste dos dados da corrida 3 ao modelo de Wu (1991).....	40
<b>Figura 8a.</b> Ajuste dos dados da corrida 1 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983)..	42
<b>Figura 8b.</b> Ajuste dos dados da corrida 1 ao modelo de Wu <i>et al.</i> (1991).....	42
<b>Figura 9a.</b> Ajuste dos dados da corrida 2 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983)..	43
<b>Figura 9b.</b> Ajuste dos dados da corrida 2 ao modelo de Wu <i>et al.</i> (1991).....	43
<b>Figura 10a.</b> Ajuste dos dados da corrida 3 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983).	44
<b>Figura 10b.</b> Ajuste dos dados da corrida 3 ao modelo de Wu <i>et al.</i> (1991).....	44
<b>Figura 11a.</b> Ajuste dos dados da corrida 5 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983).	45
<b>Figura 11b.</b> Ajuste dos dados da corrida 5 ao modelo de Wu <i>et al.</i> (1991).....	45
<b>Figura 12a.</b> Ajuste dos dados da corrida 6 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983).	46
<b>Figura 12b.</b> Ajuste dos dados da corrida 6 ao modelo de Wu <i>et al.</i> (1991).....	46
<b>Figura 13a.</b> Ajuste dos dados da corrida 7 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983)	47
<b>Figura 13b.</b> Ajuste dos dados da corrida 7 ao modelo de Wu <i>et al.</i> (1991).....	47
<b>Figura 14.</b> Gráfico radar com a média de aceitação dos diferentes atributos.....	48
<b>Figura 15.</b> Histograma da aparência.....	51
<b>Figura 16.</b> Histograma da cor.....	51
<b>Figura 17.</b> Histograma do aroma.....	51
<b>Figura 18.</b> Histograma do sabor.....	52
<b>Figura 19.</b> Histograma da textura.....	52
<b>Figura 20.</b> Histograma da acidez.....	52
<b>Figura 21.</b> Histograma da intenção de compra.....	53
<b>Figura 22.</b> Agrupamento das amostras de “petit suisse” em relação aos atributos sensoriais, obtido pela análise de cluster.....	53

<b>Figura 23.</b> Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 1.....	64
<b>Figura 24.</b> Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 2.....	65
<b>Figura 25.</b> Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 3.....	66
<b>Figura 26.</b> Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 5.....	67
<b>Figura 27.</b> Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 6.....	68
<b>Figura 28.</b> Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 7.....	69

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Gráficos do fluxo de permeado vs. tempo e dados coletados durante a etapa de ultrafiltração.....	64
ANEXO 2. Ficha de avaliação sensorial.....	70
ANEXO 3. Notas da avaliação sensorial.....	73
ANEXO 4. Termos citados no teste de consumidor das amostras de petit suisse.	79

## NOMENCLATURA

FC	- Fator de concentração;
MF	- Microfiltração;
UF	- Ultrafiltração;
NF	- Nanofiltração;
RO	- Osmose reversa;
TQ	- Tanque de alimentação;
MEM	- Membrana cerâmica;
BB	- Bomba de deslocamento positivo;
MMV	- Medidor magnético de vazão;
VB	- Válvula borboleta;
VM	- Válvula micrométrica;
MN	- Manômetro;
T	- Termômetro;
BL	- Balança digital;
BA	- Balde;
NT	- Nitrogênio total;
NNP	- Nitrogênio não protéico;
NNC	- Nitrogênio não caseico;
EST	- Extrato seco total;
L	- Amostra de leite;
A	- Amostra de alimentação;
P	- Amostra de permeado;
R	- Amostra de retentado;
Exp	- Corrida experimental;
v	- Velocidade de escoamento;
P <sub>trans</sub>	- Pressão transmembrana;
Rend.	- Rendimento;
Prot.	- Proteínas;
CR	- Coeficiente de retenção;
Y <sub>p</sub>	- % do componente analisado no permeado;
Y <sub>r</sub>	- % do componente analisado no retentado;
Y <sub>l</sub>	- % do componente analisado no leite;
Y	- % de um determinado componente no retentado ou permeado;
R <sub>ep</sub>	- Rendimento protéico;
RT	- Retenção protéica, a um certo FC;
J <sub>acum.</sub>	- Fluxo de permeado acumulado (kg/hm <sup>2</sup> );

$J_{inst}$	- Fluxo de permeado instantâneo ( $kg/hm^2$ );
$m_{total}$	- Massa total de permeado acumulada (kg);
$m_p$	- Massa de permeado (kg);
$m_r$	- Massa de retentado (kg);
$m_l$	- Massa de leite (kg);
$\Delta m$	- Variação da massa de no intervalo de tempo (kg);
$\Delta t$	- Intervalo de tempo (min);
$S$	- Área de permeação da membrana ( $m^2$ ).
$J_t$	- Fluxo em função do tempo ( $kg/hm^2$ );
$J_1$	- Fluxo no tempo 1 minuto ( $kg/hm^2$ );
$t$	- Tempo de processamento (min);
$b$	- Índice de “fouling”;
$J$	- Fluxo de permeado ( $kg/hm^2$ );
$J_{cal}$	- Fluxo calculado ( $kg/hm^2$ );
$J_f$	- Fluxo obtido no instante final do experimento ( $kg/hm^2$ );
$K$	- Constante;
$K_p$	- Coeficiente devido à polarização da concentração;
$K_f$	- Coeficiente devido ao “fouling”;
$SS$	- Soma dos quadrados;
$MS$	- Soma dos quadrados médios;
$F$	- Valor estatístico;
$p$	- p-valor;
$R^2$	- Coeficiente de regressão;
CLC	- Cooperativa dos produtores de leite da região de Campinas;
DBO	- Demanda bioquímica de oxigênio;

## RESUMO

Leite pasteurizado desnatado foi inoculado com cultura láctica mesofílica e deixado em repouso a  $30\pm 2^{\circ}\text{C}$  até que o pH  $4,45\pm 0,05$  fosse atingido. A massa resultante foi então termizada a  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$  por 2 minutos, resfriada até  $40\pm 1^{\circ}\text{C}$  e em seguida ultrafiltrada até fator de concentração 3,5, utilizando uma unidade piloto de ultrafiltração composta por membrana cerâmica (alumina) multitubos, com diâmetro de poro de 0,1 microns e área de permeação de  $0,241\text{ m}^2$ . Foram realizados 7 experimentos de acordo com o planejamento fatorial ( $2^2$ ), onde foram estudados os efeitos da pressão transmembrana entre 1,0 e 2,0 bar, da velocidade de escoamento entre 2,5 e 5,0 m/s, à temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ , sobre o fluxo de permeado e retenção protéica. Leite, massa coagulada, permeado e retentado foram analisados quanto ao teor de sólidos totais, nitrogênio total e não-protéico. Dentro da faixa estudada, os valores absolutos de fluxo de permeado médio variou entre 80,1 e  $112,8\text{ kg/h.m}^2$  e do rendimento protéico entre 93,4 e 95,3%. A análise estatística demonstrou que os efeitos da pressão transmembrana e da velocidade de escoamento sobre o fluxo de permeado e rendimento protéico não foram significativos. Ao retentado (quark) foram adicionados polpa de fruta, açúcar e creme para a fabricação de “petit suisse”, que analisado sensorialmente, obteve boa avaliação quanto aos atributos aparência, cor, aroma, sabor e acidez, não havendo diferença significativa entre as amostras de cada corrida. As notas menores para a textura foram devido à falta de consistência do produto final.



## ABSTRACT

Pasteurized skim milk was heated to  $30\pm 2^{\circ}\text{C}$  and a mesophilic starter was inoculated. When the pH reached  $4.45\pm 0.05$ , the curd was termized to  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$  for 2 minutes, cooled to  $40\pm 1^{\circ}\text{C}$  and ultrafiltered until concentration factor 3.5, using a pilot scale system composed of a multitube ceramic membrane (alumina) with pore size of  $0.1\mu\text{m}$  and permeation area of  $0.241\text{m}^2$ . According to a factorial design  $2^2$ , 7 runnings were made to evaluate the influence of transmembrane pressure and flow velocity over permeate flux and protein yield at  $40^{\circ}\text{C}$ , being used the range of 1.0 to 2.0 bar and 2.5 to 5.0 m/s, respectively. Milk, curd, permeate and retentate were chemically analysed and the quantity of total solid, total nitrogen and non-protein nitrogen determined. At the range studied, the permeate flux average varied between 80.1 and  $112.8\text{ kg/h.m}^2$  while the protein retention coefficient within 93,4 and 95,3%. The effect of both operation parameters over these responses, were not statistically significant (95%). Petit Suisses gotten by addition of fruit pulp, milk cream and sugar to the retentate were submitted to a sensory evaluation, getting good marks to appearance, colour, odour, taste and acidity. There was not significant statistical difference among the samples. The lower marks to texture were explained due to the low consistency of ultrafiltered Petit Suisse.

## 1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de membranas tem sido mundialmente utilizada na fabricação de alimentos há algumas décadas. Apesar da expressiva utilização desta tecnologia no exterior, principalmente na área de laticínios, no Brasil, a aplicação do processo de membranas tem se expandido de forma lenta, em parte por aspectos econômicos e em parte devido a questões técnicas ainda não totalmente resolvidas. Um dos fatores mais importantes à implantação da ultrafiltração é a significativa redução do fluxo de permeado, causada pelo “fouling” da membrana.

Na indústria de queijos (principalmente “soft cheese”), o uso da ultrafiltração tem apresentado um maior rendimento através da incorporação das proteínas do soro e melhora do valor nutricional dos produtos, permitindo ainda o processamento em regime contínuo. Dentro deste grupo de produtos encontra-se o queijo quark, que apresenta destacada importância e tem expressivo consumo no mercado brasileiro, servindo como base para o preparo do “petit suisse”, através da incorporação de polpa de fruta, gordura e açúcar.

A tecnologia de membranas não é empregada no processo tradicional de fabricação do queijo tipo quark, que é obtido através da centrifugação da coalhada para separação do soro. Porém com o surgimento de vários processos alternativos para a elaboração deste tipo de queijo, foram sendo estabelecidas e incorporadas várias etapas durante a fabricação deste produto, tais como o prévio abaixamento do pH do leite, a termização e a inclusão do processo de separação por membranas para a etapa de concentração, onde a ultrafiltração tem demonstrado inúmeras vantagens.

No caso do queijo tipo quark a ultrafiltração permite a incorporação de proteínas do soro ao produto, aumentando o rendimento do processo de fabricação e uma melhora do ponto de vista nutricional, uma vez que a relação caseína / proteína do soro passa a ser 4:1, enquanto que no processamento tradicional a relação é da ordem de 16:1 (Puhan & Gallmann, 1980 e Eriksen, 1985). Outra vantagem é a diminuição da poluição ambiental, uma vez que há

uma diminuição de até 20% no valor de DBO do resíduo industrial, já que o permeado não contém gorduras e apresenta menor quantidade de proteínas do soro, resultando em economia no tratamento de efluentes, contribuindo para a preservação ambiental (El-Gazzar & Marth, 1991).

Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos aplicando a tecnologia de membranas na fabricação de queijo quark com resultados promissores quanto ao processo e à qualidade do produto, porém poucas informações estão disponíveis em relação aos parâmetros operacionais da ultrafiltração de leite coagulado. O uso de leite coagulado parece reduzir o “fouling” da membrana, com conseqüente melhora no fluxo de permeado, aparentemente pela formação de uma camada secundária mais porosa (Pasilac, 1984 citado por Peres, 1997).

Em trabalho realizado no Departamento de Tecnologia de Alimentos (FEA – Unicamp), Veiga (1999) obteve o quark (depois “petit suisse”) por ultrafiltração em membrana cerâmica com poro de 0,08 $\mu$ m, a partir de leite desnatado e fermentado por culturas lácticas (*Lactococcus lactis* ssp *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp *cremoris*), apresentando características sensoriais muito similares ao processo tradicional, muito embora o tempo de processamento da etapa de ultrafiltração inviabilizaria o seu uso industrial.

Da literatura sabe-se que os parâmetros de processo tais como: temperatura, pressão transmembrana e velocidade de escoamento são importantes para definir o fluxo de permeado. Assim, como desdobramento natural do trabalho acima citado e na tentativa de obtenção de uma solução para o problema do baixo fluxo de permeado, surgiu a necessidade de se estudar o comportamento do fluxo de permeado em função da pressão transmembrana e velocidade de escoamento durante a ultrafiltração de leite coagulado por fermentação láctica, verificando a retenção de proteínas no produto final e a qualidade sensorial do “petit suisse” obtido por formulação a partir do quark produzido. Para isto, foi utilizado um sistema de ultrafiltração em escala piloto,

constituído por membrana cerâmica (alumina) com diâmetro de poro de  $0,1\ \mu\text{m}$  e área de permeação de  $0,241\ \text{m}^2$ .

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo, avaliar o efeito da pressão transmembrana e da velocidade de escoamento sobre o fluxo de permeado, durante a etapa de concentração por ultrafiltração do leite fermentado para a produção de massa de queijo quark, utilizando uma membrana cerâmica (alumina) de 0,1 $\mu$ m de porosidade. Foi verificado também o efeito destas variáveis no rendimento e na retenção das proteínas pela membrana.

Ajustar através das curvas de permeação, os dados experimentais a modelos matemáticos, descritos na literatura, que descrevem o comportamento do fluxo de permeado em relação ao tempo.

Produzir queijo tipo “petit suisse” a partir da incorporação de polpa de morango, creme de leite e açúcar ao retentado obtido na ultrafiltração, assim como, verificar a aceitação por meio de análise sensorial (teste de consumidor).

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. ULTRAFILTRAÇÃO

De acordo com Eriksen (1985), a ultrafiltração que é um dos processos de membrana, cuja força motriz principal é a pressão, vem sendo utilizada para o fracionamento e concentração de soluções contendo colóides e componentes de alto peso molecular através de um material seletivo semipermeável que retém os componentes de alto peso molecular e ao mesmo tempo permite a passagem das moléculas de baixo peso molecular, originando respectivamente o retentado e o permeado. Conforme Benito (1980), esta separação dependerá do valor da massa molecular de corte (“cut off”) da membrana, representado teoricamente pela massa molecular da menor molécula retida pela membrana. A ultrafiltração caracteriza-se pelo uso de membranas com diâmetro de poro entre 0,007 e 0,12 µm e pressões de até 7,0 bar.

Renner e Abd El-Salan (1991), definem a pressão transmembrana como sendo o gradiente entre a pressão do lado do retentado e do permeado, na entrada e saída da membrana. Porém, na prática é calculada como a média das pressões de entrada e saída da membrana. O termo Fator de Concentração (FC) é definido como:

$$FC = \frac{\text{Volume inicial}}{\text{Volume de retentado}} \quad (1)$$

Cheryan (1986), apresenta, em relação aos materiais, três gerações de membranas, sendo a primeira delas basicamente o acetato de celulose, que foi sendo substituído devido às características pouco compatíveis com a sanitização e higienização necessárias na indústria de alimentos, como a intolerância ao cloro, faixa de uso restrita aos valores de pH entre 3 e 7 e temperaturas abaixo de 35°C.

A segunda geração é constituída de inúmeros polímeros e são melhores que as de primeira geração porque mantêm rigidez mesmo quando úmidas,

podendo suportar temperaturas de até 100°C e operar a qualquer valor de pH, sendo também resistentes ao cloro (El-Gazzar & Marth, 1991).

Lawrence (1989), descreve que as membranas de terceira geração são as minerais, compostas à base de óxido de zircônio ou de alumina, em um suporte de carbono em forma de grafite ou cerâmica porosa, possuindo alta resistência (qualquer pH, temperaturas de até 400°C e resistência a altas pressões). Peres (1997), cita que embora a primeira patente date de 1973, apenas a partir da década de 80, com o surgimento desta geração de membranas foi possível estudar a ultrafiltração de leite coagulado, pois as mesmas permitem a operação com fluidos de alta viscosidade.

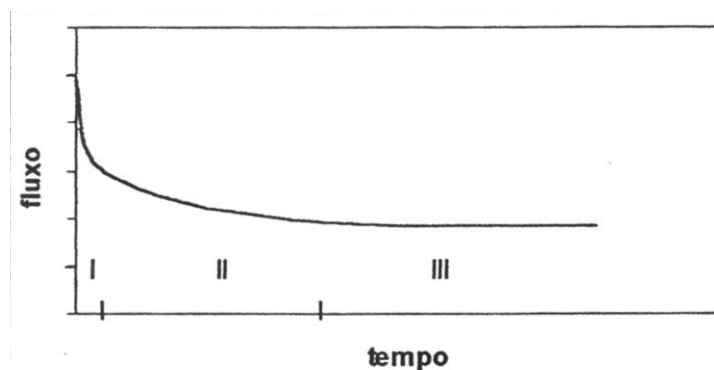
Quanto à estrutura dos materiais, as membranas podem ser homogêneas, assimétricas ou compostas; densas ou porosas (Veyre, 1984). Elas podem ainda ser classificadas em relação à sua conformação, como tubulares, planas, espirais e fibras ocas ou tubos capilares (Cheryan, 1986).

### **3.2. FLUXO DE PERMEADO**

Segundo Cheryan (1986), existem 4 fatores principais que afetam o fluxo de uma membrana de microfiltração ou ultrafiltração: pressão de operação, temperatura de ultrafiltração, velocidade de escoamento do fluido e concentração da alimentação. Quanto à pressão transmembrana, o fluxo aumenta com o aumento da pressão, até que se atinja um valor limite onde qualquer aumento na pressão, acarretará apenas em aumento da resistência da camada gel polarizada e do “fouling”, mantendo-se o fluxo em um patamar. Um aumento na temperatura diminui a viscosidade do fluido e aumenta a difusão, melhorando o fluxo da membrana. Porém, em temperaturas muito altas, pode haver precipitação de sais na superfície da membrana, provocando o “fouling” e conseqüentemente levando à diminuição do fluxo de permeado.

Ainda segundo Cheryan (1986), um acréscimo na velocidade de escoamento ou na turbulência do fluido a ser ultrafiltrado causam arraste das partículas retidas na superfície da membrana, diminuindo a camada gel polarizada e aumentando o fluxo de permeado. O fluxo decresce exponencialmente com o aumento da concentração de alimentação, devido ao aumento na viscosidade.

Ramachandra Rao *et al.* (1994) e Rosenberg (1995), indicam que um dos maiores obstáculos para a disseminação do uso de membranas na indústria leiteira é o declínio do fluxo com o tempo durante o processamento. De acordo com Marshall & Daufin (1995), o declínio no fluxo de permeado durante o processo de ultrafiltração ocorre em três etapas, como indicado na Figura 1. Nos primeiros minutos ocorre uma rápida diminuição no fluxo devido à polarização da concentração. Em seguida, ocorre uma etapa intermediária que é conhecida como “fouling” e posteriormente tem-se uma terceira etapa, que apresenta um lento declínio do fluxo, determinado pela consolidação da camada de “fouling”.



**Figura 1.** Estágios do declínio do fluxo de permeado durante a ultrafiltração: estágio I = polarização da concentração, estágio II = início do efeito de “fouling”, estágio III = consolidação da camada de “fouling”.

Segundo Caric' *et al.* (2000), o declínio do fluxo durante a ultrafiltração tem sido atribuído à formação de uma camada polarizada e ao “fouling” da membrana. Peres (1997), afirma que as moléculas ou macromoléculas que são rejeitadas tendem a se acumular sobre a superfície da membrana, criando o fenômeno conhecido como polarização da concentração, ou camada gel polarizada. De



acordo com Daufin *et al.* (1991), o “fouling” da membrana ocorre por depósitos ou incrustações do material a ser ultrafiltrado na superfície interna dos poros da membrana, no decorrer do processo.

A adsorção de proteínas, que depende do material da membrana e do diâmetro dos poros, pode ocasionar uma significativa redução do fluxo de permeado. Ramachandra *et al.* (1994), acrescentam que depois da proteína do leite, o cálcio solúvel retido tem um efeito considerável e a lactose um efeito muito pequeno na redução do fluxo de permeado. Além disso, as bactérias e a gordura também contribuem para o efeito do “fouling”.

### **3.3. ULTRAFILTRAÇÃO APLICADA AO SETOR DE LATICÍNIOS**

Maubois (2002), estima que no setor de laticínios a área instalada de membranas (incluindo MF, UF, NF e RO) corresponde a aproximadamente 400 mil m<sup>2</sup>, sendo que mais de 300 mil m<sup>2</sup> correspondem às membranas de ultrafiltração. Ottosen (1996), leva em consideração que 50 plantas de ultrafiltração foram entregues por uma empresa do setor entre 1981 e 1995, para mostrar que esta tecnologia tornou-se bastante aceita na indústria de queijos.

Benito (1980), Cheryan (1986) e El-Gazzar & Marth (1991), citam inúmeras vantagens do processo de membrana tais como: baixo consumo de energia, operação em baixas temperaturas, uso para materiais sensíveis, espaço reduzido, flexibilidade e facilidade de alteração da planta, menor custo de energia e mão-de-obra e automatização do processo.

Jevons (1997) e Benito (1980), relatam que os processos com membranas são usados para substituir, total ou parcialmente, outros processos convencionais da indústria leiteira como a evaporação e a separação centrífuga, proporcionando o desenvolvimento de produtos tradicionais, além da criação de outros novos produtos.

O sucesso da ultrafiltração depende de questões relacionadas com a qualidade e funcionalidade dos queijos ultrafiltrados e da utilização do permeado

como co-produto (Chandan, 1982). Já Rosenberg (1995), ao analisar as possibilidades de uso das membranas em laticínios na fabricação de queijos, afirma que é necessária uma escolha criteriosa da membrana a ser utilizada, das condições de separação e do tratamento térmico.

Eriksen (1985) cita os seguintes tipos de uso da ultrafiltração para produção de queijos: padronização da quantidade de proteína; pré-concentração parcial do leite; concentração até composição requerida no queijo e por último, a ultrafiltração do leite acidificado, sendo que nas três primeiras aplicações, o retentado é então sujeito ao processo tradicional de coagulação e transformação em queijo.

Conforme Benito (1980), a aplicação da ultrafiltração tem objetivado principalmente a fabricação de queijos moles, cremosos ou frescais. El-Gazzar & Marth (1991), evidenciam que o uso de ultrafiltração está bem estabelecido para queijos moles que não necessitam de maturação. Porém, para este tipo de queijo ainda existem vários problemas sensoriais a serem resolvidos, além da necessidade do aumento do tempo de cura.

Um aspecto bastante atrativo da ultrafiltração na produção de queijos macios é o aumento do rendimento na fabricação dos mesmos, através da incorporação das proteínas do soro no retentado (Maubois *et al.*, 1971). Segundo Chandan (1982), este aumento é da ordem de 16 a 19%. Para os queijos ultrafiltrados, as proteínas do soro correspondem aproximadamente a 18% do total de proteínas, enquanto que nos tradicionais correspondem a apenas 1% (Antoniou, 1995). Isto ocasiona aumento no valor nutricional, explicado por Puhan & Gallmann (1980) como sendo consequência da nova proporção caseína / proteína do soro que passa a ser de 4:1.

No processo de ultrafiltração do leite verifica-se que quando o leite é concentrado, antes da acidificação, há uma maior dificuldade em se atingir o valor do pH final requerido, por volta de 4,6, devido ao forte efeito tamponante do retentado, uma vez que proteínas e fosfato de cálcio estão presentes, sendo

necessária então uma maior produção de ácido (Covacevich & Kosikowski, 1979). El-Gazzar e Marth (1991), verificaram que as culturas lácticas, incubadas a 32°C, demoraram mais para reduzir o pH dos retentados com altos valores de FC. Segundo Mistry & Kosikowski (1985), nos retentados cujo FC é maior que 4,3 vezes, não foi possível atingir o pH 4,6, pois o teor de lactose agiu como fator limitante.

### 3.4. FABRICAÇÃO DE QUEIJO QUARK

O queijo tipo quark é definido como sendo uma massa branca, desnatada, macia e pastosa, não maturada, com sabor levemente ácido, que pode ser utilizada para a fabricação de diversos tipos de queijos, dependendo dos ingredientes que venham a ser adicionados à massa (Morgado & Brandão, 1998). Como exemplo importante, temos a adição de creme, polpa de frutas e açúcar ao queijo tipo “quark” resultando no produto comumente chamado de “petit suisse”. Já para Jelen & Renz-Schauen (1989), o queijo tipo quark é essencialmente uma pasta de proteínas do leite, obtida através de coagulação ácida do leite por culturas lácticas próprias, com uma pequena adição de coágulo.

Anon (1969), enfatiza o alto valor nutritivo e fisiológico do queijo tipo quark, destacando-se o alto valor biológico da proteína, bem como o seu acentuado grau de digestibilidade e assimilação pelo organismo humano.

Segundo Van Dender (1985), o processo de fabricação do quark tradicional é iniciado com adição de cultura láctica ao leite desnatado e pasteurizado, à temperatura entre 20 e 30°C. O leite é incubado até o pH atingir o valor de 6,3, quando então é adicionada a renina em pequenas quantidades para evitar sabores estranhos. Quando o pH atingir o valor de 4,5, faz-se a drenagem do soro. A massa obtida é o queijo quark, ao qual pode-se adicionar os ingredientes de acordo com o seu uso. Seguem-se então as etapas de embalagem e refrigeração para finalizar o processo de produção.

Um dos problemas do quark tradicional é que a separação do soro durante o processamento não é completa, tendendo a continuar depois de embalado (Darrington, 1987). A apresentação de soro separado na superfície do queijo quark produzido pelo processo tradicional é um defeito físico que já existe há muitos anos (Morgado & Brandão, 1998).

Em contraste com o método tradicional o queijo tipo termoquark é obtido através de um tratamento térmico, denominado termização, após a coagulação, acarretando a precipitação das proteínas do soro presentes, que serão componentes do produto final (Puhan *et al.*, 1994 citados por Morgado & Brandão, 1998). De acordo com Mann (1978), esta termização aumenta o rendimento do processo de fabricação em cerca de 10%. Segundo Morgado & Brandão (1998), a dessoragem do termoquark é inferior ao tradicional e superior ao ultrafiltrado.

Puhan & Gallmann (1980), sugerem a ultrafiltração de leite parcialmente acidificado (pH entre 5,9-5,4) antes da fermentação principal do retentado. Porém, Bhat (1986) citado por Jelen & Renz-Schauen (1989), conclui que neste tipo de processamento ocorre um “off-flavor” possivelmente em razão da alta concentração de cálcio que leva ao surgimento do amargor.

Considerando os problemas encontrados, Baurle *et al.* (1984), revelam que atualmente o processo de quark ultrafiltrado mais utilizado apresenta as seguintes etapas: aquecimento, fermentação e concentração. Patel *et al.* (1986) e Sachdeva *et al.* (1993), descrevem que o processamento de quark através da ultrafiltração após a acidificação é aquele que mais se aproxima do tradicional, sem apresentar gosto amargo.

Em termos de rendimento na fabricação de queijo tipo quark, considerando o volume de leite utilizado na fabricação de 1 kg de queijo, temos a relação de 4,6 litros de leite / kg produzido, pelo método tradicional (Friis, 1981 citado por Morgado & Brandão, 1992), enquanto que pelo método por ultrafiltração esta relação diminui para até 3,8 litros de leite / kg produzido (Gungerich, 1981 citado por Morgado & Brandão, 1992), representando uma melhora de cerca de 20%.

Outra vantagem citada por Morgado & Brandão (1998) é a ausência de soro livre, explicada pela grande capacidade de retenção de água das proteínas do soro incorporadas ao produto final. De acordo com Pasilac (1984) citado por Peres (1997), se a ultrafiltração for feita a partir de leite coagulado, tem-se um aumento de até 10 vezes no fluxo de permeado, reduzindo-se assim o tempo de processamento.

Chandan (1982), descreve o processamento do “petit suisse” da seguinte maneira: tratamento do leite desnatado, resfriamento a 35°C e adição de cultura láctica. Após o período de incubação (com valor de pH final 4,7), o leite acidificado é aquecido a 49°C e então ultrafiltrado a esta mesma temperatura até a porcentagem de sólidos requerida (cerca de 18% para o quark). O produto é então resfriado a 4,5°C e a ele são adicionados o creme e a base de frutas dando as características do “petit suisse”.

Mann (1987), descreve um processamento industrial na Alemanha, similar ao descrito no parágrafo anterior, sendo que após o tratamento térmico (95°C/5min), “starter”, cuja concentração é 0,5%, é adicionado e a temperatura mantida por volta de 28°C por um período de 2 a 3 horas. A seguir então é adicionado o coagulante a 0,0007% e mantido em repouso por aproximadamente 16 horas, até que o pH atinja o valor entre 4,5 e 4,6. Segue-se então a ultrafiltração e o resfriamento até o valor entre 8 e 12°C. Uma alternativa dada é inserir uma termização a 58°C, por um curto período de tempo, antes da ultrafiltração a 38°C.

Sachdeva *et al.* (1993), mostram que a termização (60°C/5min) duplicou o “shelf life” do quark ultrafiltrado tornando-a necessária, para diminuir a ação das bactérias que estão presentes em alta concentração no produto.

Patel *et al.* (1986), avaliam que o primeiro tratamento térmico a temperaturas maiores que a de pasteurização, resultam em um queijo com textura mais suave. Sachdeva *et al.* (1993), explicam que este tratamento estabiliza as proteínas. Baurle *et al.* (1984), sugerem que o binômio tempo (5min) / temperatura

(95°C) é a melhor combinação para a produção de quark ultrafiltrado levando-se em conta o fluxo de permeado. Porém, Veiga (1999), comparando dois tratamentos térmicos na produção de quark ultrafiltrado, obteve um fluxo de permeado maior quando utilizou temperatura de 72°C por 15 s ao invés de 85°C por 30 min.

De acordo com Sachdeva *et al.* (1993) a temperatura de ultrafiltração é um fator que interfere no fluxo de permeado, cujo aumento ocorre com o aumento da temperatura, e afeta diretamente a qualidade do produto, principalmente se o fluido a ser ultrafiltrado é o leite coagulado. O quark produzido a partir de ultrafiltração à temperatura de 40°C, demonstrou ter uma ótima textura (cremoso e suave) e aroma agradável. Esta temperatura é a de melhor relação fluxo / consumo de energia. Temperaturas maiores podem contribuir para a obtenção de um produto granular e arenoso.

El-Gazzar & Marth (1991), citam que a alta quantidade de minerais do retentado de ultrafiltração pode ocasionar um sabor ácido e uma textura arenosa. Sutherland & Jameson (1981), dizem que o nível de minerais influencia nas propriedades físicas e às vezes nas propriedades sensoriais do queijo processado por ultrafiltração.

Um problema característico no quark ultrafiltrado é o surgimento de sabor amargo. Sohal *et al.* (1988), confirmaram que a principal causa de amargor está relacionada ao excessivo uso de coagulante no produto, fazendo com que sua atividade residual produza pequenos peptídeos causadores de amargor. Sachdeva *et al.* (1993), afirmam que nenhuma diferença foi notada em quarks ultrafiltrados produzidos com ou sem adição de coagulante, mas que a adição de 0,001% de coagulante já foi o suficiente para desenvolver o amargor.

Entretanto, para Morgado & Brandão (1998), a adstringência é um outro defeito que está relacionado com o teor de cálcio, sendo necessário manter sua concentração baixa. O leite no seu pH normal tem cerca de 60% do cálcio na forma associada às caseínas que são retidos pela membrana (Puhan & Gallmann,

1980). Mahaut *et al.* (1982) citado por Jameson (1983), inferem que o sabor indesejável em razão da excessiva retenção de cálcio pode ser reduzido pela ultrafiltração do leite coagulado a pH 4,4.

Desta forma é possível controlar a adstringência com o controle do pH do leite na ultrafiltração. Com abaixamento do pH ocorre um aumento da quantidade de cálcio solúvel. Como este cálcio não está associado a nenhuma molécula grande, durante a ultrafiltração ele permeia a membrana, diminuindo assim a sua concentração no retentado com conseqüente redução na adstringência (Morgado & Brandão, 1998).

Veiga (1999), trabalhando com ultrafiltração de leite coagulado a pH 4,4 sem adição de coagulante, obteve um “petit suisse” com grande aceitação sensorial, obtendo um produto similar ao tradicional, sendo que em nenhum instante foi citada pelos provadores a presença de amargor ou sabor estranho. Em relação ao fluxo de permeado, para o tratamento térmico de 72°C por 15 s, o fluxo se estabilizou no valor de 9,8 kg/h.m<sup>2</sup>, enquanto que com tratamento térmico de 85°C por 30 min este valor caiu para 3,5 kg/h.m<sup>2</sup>. O tempo total de processo foi, para este último, aproximadamente 4 vezes maior em relação ao outro tratamento térmico.

Com o intuito de minimizar o tempo da etapa de ultrafiltração obtido por Veiga (1999), este trabalho teve como objetivo principal avaliar o efeito da pressão transmembrana e velocidade de escoamento sobre o fluxo de permeado e na concentração por ultrafiltração de leite fermentado para produção de quark. Ajustou-se os dados experimentais a modelos matemáticos descritos na literatura e avaliou-se sensorialmente o “petit suisse” produzido a partir do retentado da ultrafiltração (quark).

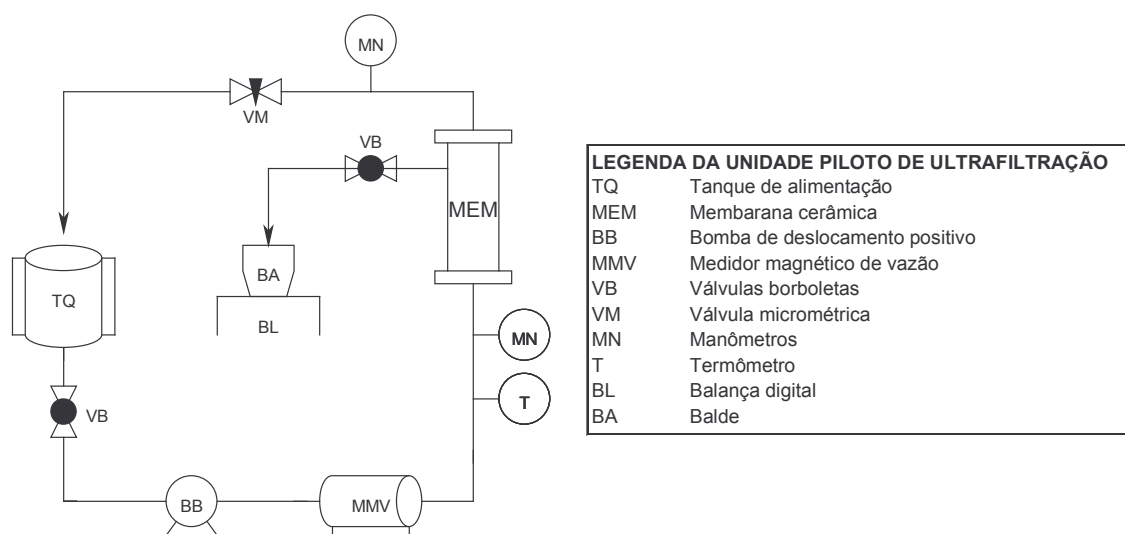
## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. MATERIAL

Na realização deste projeto de pesquisa foram utilizados: leite pasteurizado desnatado proveniente da Cooperativa dos Produtores de Leite da Região de Campinas (CLC), cultura láctica mesofílica tipo O, constituída de *Lactococcus lactis* ssp *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp *cremoris* (marca EZAL®, série MA, fornecida pela RHODIA), para acidificação. Para a fabricação do “petit suisse” foram utilizados creme de leite pasteurizado e açúcar refinado de marcas comerciais, além de polpa de morango fornecida pela KERRY do Brasil Ltda.

Os processamentos foram efetuados em planta piloto de ultrafiltração, composta por: membrana cerâmica tubular de porosidade 0,1  $\mu\text{m}$ , constituída de alumina –  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (suporte e elemento filtrante), comprimento 1,02 m, com 19 canais de 4 mm de diâmetro, resultando em 0,241  $\text{m}^2$  de área de permeação, marca Membralox®, da SCT (Société des Ceramiques Techniques), modelo 1P19-40; tanque de alimentação de aço inoxidável, encamisado e com capacidade de 100 litros; bomba de deslocamento positivo com acionamento manual do variador de rotações e pressão máxima de 3 bar, marca PCM, modelo 32-75; válvulas borboletas, micrométricas, eliminadora de ar e conexões sanitárias em aço inoxidável; medidor eletromagnético de vazão (vazão 0 – 15  $\text{m}^3/\text{h}$  com precisão de 0,01  $\text{m}^3/\text{h}$ ), marca Krohne, modelo IFS 4000/6 com conversor de sinal IFC 090K; termômetro, 0 a 100°C, marca Zürich; manômetros, 0 – 10 bar, marca Zürich; e, balança digital com capacidade para 20 kg e precisão de 0,005 kg, marca MARTE, modelo LC20, conforme sistema mostrado nas Figuras 2 e 3.





**Figura 2.** Desenho esquemático da unidade piloto de ultrafiltração.



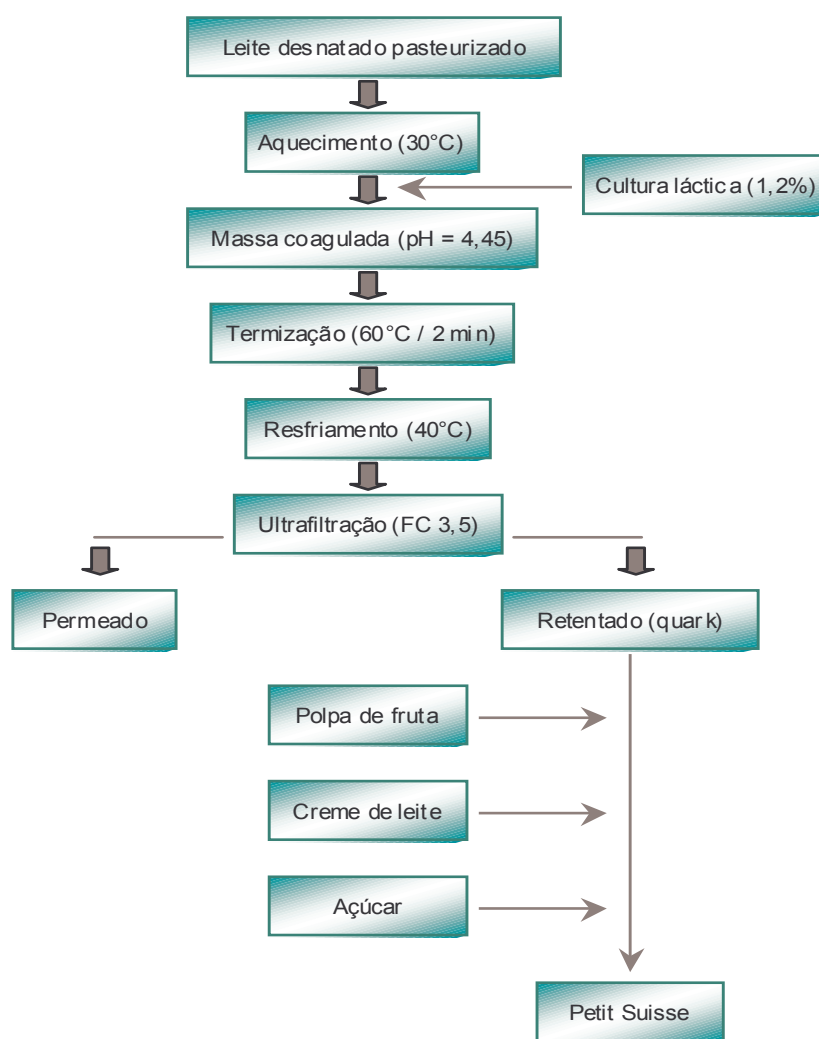
**Figura 3.** Foto ilustrativa do sistema de ultrafiltração.

Para a realização das análises químicas foram utilizados os seguintes equipamentos: balança analítica (marca METLER, modelo AE 200), balança semi-analítica (marca MARTE, modelo AS2000C), centrífuga (marca FANEM, modelo 202), banho-maria (marca FANEM, modelo 102/6), bloco digestor de proteínas para micro e macro-Kjeldahl (marca SARGE, modelo TE-036/1), destilador de nitrogênio (marca TECNAL, modelo TE036), estufa de secagem e esterilização

(marca FANEM, modelo 315 SE), além de utensílios e vidrarias específicas de laboratório.

#### 4.2. PROCESSAMENTO

Os processamentos foram realizados na Planta Piloto de Laticínios do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA – UNICAMP, conforme o fluxograma de processo apresentado na Figura 4.



**Figura 4.** Fluxograma do processamento.

Leite desnatado pasteurizado proveniente da CLC (42 litros) foi aquecido a 30°C e então foi adicionado 1,2% de fermento láctico (preparado previamente através da inoculação de 0,025g de bactérias liofilizadas em leite e incubadas até coagulação). O leite foi então mantido em repouso para que ocorresse uma boa formação da coalhada até que o pH atingisse o valor de 4,45. Ao atingir este pH, a massa resultante foi submetida ao processo de termização, correspondente à temperatura de 60°C por 2 minutos. Este processo de termização tem como objetivos complexar as proteínas do soro juntamente com a caseína para que haja maior incorporação daquelas e garantir também uma maior vida de prateleira do produto pronto. Após a termização, a massa foi resfriada até 40°C, considerada a temperatura de melhor relação fluxo de permeado / qualidade do quark produzido por ultrafiltração (Sachdeva *et al.*, 1993) e então submetida à etapa de ultrafiltração. Nesta etapa de concentração, foram retirados 30 litros de permeado, para que fosse atingido o FC 3,5, tido como o necessário para que o retentado tivesse a porcentagem de sólidos característica do queijo quark (cerca de 18%). As corridas de ultrafiltração foram realizadas com valores de pressão transmembrana (1,0 a 2,0 bar) e velocidade de escoamento (2,5 a 5,0 m/s), valores estes obtidos a partir das condições operacionais limites do sistema. Diante disto foi elaborado o planejamento experimental. Durante cada corrida estas condições operacionais foram mantidas relativamente fixas e a massa de permeado era coletada sobre baldes e pesada constantemente para a determinação do fluxo de permeado em relação ao tempo. O retentado obtido a FC 3,5 é o queijo tipo quark que através da incorporação do creme de leite, polpa e açúcar gerou o “petit suisse” para posterior análise sensorial.

A construção das curvas de fluxo de permeado foram realizadas de 2 maneiras: uma levando em consideração o fluxo de permeado acumulado (equação 2) e outra o fluxo de permeado instantâneo (equação 3), descritos pelas seguintes equações:

$$J_{acum.} = 60 \cdot \frac{m_{total}}{t \cdot S} \quad (2)$$

$$J_{inst.} = 60 \cdot \frac{\Delta m}{\Delta t \cdot S} \quad (3)$$

onde:  $J_{acum.}$  = fluxo de permeado acumulado (kg/h.m<sup>2</sup>);

$J_{inst.}$  = fluxo de permeado instantâneo (kg/h.m<sup>2</sup>);

$m_{total}$  = massa total de permeado acumulada (kg);

$\Delta m$  = variação da massa de permeado no intervalo de tempo (kg);

$t$  = tempo de processamento (min);

$\Delta t$  = intervalo de tempo (min);

$S$  = área de permeação da membrana (m<sup>2</sup>).

Ainda, em relação ao processamento, não foi utilizado coagulante, por ser este talvez, o responsável pelo aparecimento de amargor no produto final, através do surgimento de pequenos peptídeos em virtude da ação deste sobre as caseínas (Sohal *et al.*, 1988).

A etapa de termização foi utilizada pois, observações da literatura indicam que através dela, se obtém um quark com características mais próximas do tradicional (Jelen & Renz-Schauen, 1989). Além disso, em ensaios exploratórios realizados, com a ultrafiltração de leite acidificado diretamente pela adição de ácido láctico, verificou-se que o fluxo de permeado estabilizou em um valor maior, aproximadamente 110 kg/h.m<sup>2</sup>, quando utilizada a termização, em relação ao processo sem termização, 70 kg/h.m<sup>2</sup>, como consequência da formação de uma camada secundária mais porosa, em virtude da presença de maiores agregados protéicos devido ao tratamento térmico. Com a termização efetuada, quando o pH atinge o valor de 4,45, ocorre precipitação das proteínas do soro sobre a micela de caseína, gerando glóbulos maiores que quando formam uma camada de proteínas sobre a superfície da membrana, apresentam maior espaço livre entre si e conseqüente aumento da porosidade da camada secundária, facilitando o fluxo de permeado.

### 4.3. ANÁLISES QUÍMICAS

Amostras de leite, alimentação, permeado e retentado a FC 3,5 foram analisadas em triplicatas segundo os métodos oficiais da AOAC, quanto ao teor de sólidos totais, em estufa a 105°C (AOAC 33.2.09 A), teor de nitrogênio total (AOAC 33.2.11), nitrogênio não protéico (AOAC 33.2.12) e nitrogênio não caséico (leite e permeado) (AOAC 33.2.18), sendo que a determinação de nitrogênio foi realizada pelo método de Kjeldhal. Estas determinações serão utilizadas para calcular o rendimento protéico. Para a determinação da quantidade equivalente em proteínas do leite, a diferença entre as porcentagens de NT e NNP foi multiplicada por 6,38, enquanto que para a determinação do teor de proteínas do soro a diferença entre NNC e NNP foi multiplicada por este mesmo valor.

O retentado a FC 3,5 foi analisado quanto ao teor de gordura pelo método de Gerber (Atherton e Newlander, 1981) e o teor de lactose seguindo o método descrito por Lanara (1981), para posterior padronização destes componentes na produção do “petit suisse”. Além disso, o retentado foi submetido ao teste de dessoragem descrito por Lucey *et al.* (1998) que consiste em verificar a presença de soro livre após 16 horas de fabricação.

### 4.4. ANÁLISE SENSORIAL

Ao queijo tipo quark (retentado a FC 3,5), obtido na etapa de ultrafiltração, após 7 dias de fabricação, foram adicionados polpa de morango, açúcar e creme de leite para a produção de “petit suisse” padronizado (7,0% de polpa de fruta, 11,0% de açúcar e 5,8% de gordura). O “petit suisse” de cada corrida experimental foi então submetido à análise sensorial através de um teste de aceitação / consumidor.

Os testes foram conduzidos em cabines individuais com luz branca, sendo o painel sensorial composto por 50 provadores não treinados de ambos os sexos, pertencentes à comunidade da UNICAMP, com faixa etária variando entre 12 e 55

anos. Os atributos aparência, cor, aroma, sabor, textura e acidez foram analisados utilizando-se escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando entre gostei extremamente e desgostei extremamente, enquanto a intenção de compra foi analisada com escala hedônica de 5 pontos, variando entre certamente compraria e certamente não compraria (Anexo 2). Após cada atributo o provador tinha a opção de mencionar o que mais gostou e o que menos gostou em relação à amostra.

#### 4.5. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para a observação do efeito da pressão transmembrana e da velocidade de escoamento no processamento de quark por ultrafiltração, foi utilizado um planejamento experimental e o método de superfície de resposta, sendo realizadas 7 corridas experimentais, compostas pelos 4 pontos fatoriais e mais 3 pontos centrais, sendo estas realizadas de maneira aleatória. Neste estudo as variáveis respostas foram o fluxo de permeado e o rendimento protéico em cada corrida. Os níveis das variáveis independentes estudadas estão apresentados na Tabela 1, enquanto que a Tabela 2 apresenta o planejamento experimental para as 7 corridas realizadas.

**Tabela 1.** Níveis estudados no planejamento experimental.

Níveis estudados	-1	0	+1
Pressão transmembrana (bar)	1,00	1,50	2,00
Velocidade de escoamento (m/s)	2,50	3,75	5,00

**Tabela 2.** Corridas realizadas no planejamento experimental.

Exp	Níveis Codificados		Níveis Decodificados	
	Pressão	Velocidade	Pressão (bar)	Velocidade (m/s)
1	-1	-1	1,00	2,50
2	+1	-1	2,00	2,50
3	0	0	1,50	3,75
4	0	0	1,50	3,75
5	0	0	1,50	3,75
6	-1	+1	1,00	5,00
7	+1	+1	2,00	5,00

#### 4.6. RETENÇÃO E RENDIMENTO PROTÉICO

Com os dados da quantidade de proteína e água presentes no retentado e no permeado, foi possível determinar os coeficientes que definem a capacidade da membrana em reter proteínas.

Uma das equações mais utilizadas, em estudos de ultrafiltração, para determinar o coeficiente de retenção é aquela citada por Breslau (1982) e é matematicamente definida pela equação (4):

$$CR = 1 - \frac{Y_p}{Y_r} \quad (4)$$

onde: CR = coeficiente de retenção do componente (proteína);

$Y_p$  = % do componente analisado no permeado (proteína);

$Y_r$  = % do componente analisado no retentado (proteína).

Esta equação tem como problema, não levar em conta que a concentração dos componentes só é possível através da remoção da fase aquosa. Levando-se em conta esta condição, Glover citado por Bastian *et al.* (1991) sugeriu que o coeficiente de retenção, para componentes com retenção parcial, fosse expresso como porcentagem da fase aquosa do retentado:

$$Y_{solução} = 100 \cdot \frac{Y}{\%água + Y} \quad (5)$$

onde: Y = % de um determinado componente no retentado ou permeado.

Substituindo-se a equação (5) em (4), temos uma nova equação para determinar a retenção:

$$RT = 1 - \frac{(Y_p) \cdot (\%água_p + Y_p)}{(Y_r) \cdot (\%água_r + Y_r)} \quad (6)$$

A partir deste valor de retenção (RT) então, calculamos o rendimento protéico, da etapa de ultrafiltração de cada corrida, através da seguinte fórmula:

$$R_{ep} = FC^{RT-1} \quad (7)$$

onde:  $R_{ep}$  = rendimento protéico;

FC = fator de concentração;

RT = retenção protéica, a um certo FC.

#### 4.7. MODELOS MATEMÁTICOS

Devido à ausência de equações gerais envolvendo todos os mecanismos que regem os escoamentos em meios porosos no estudo dos processos de separação por membranas e sabendo que a formação da camada de “fouling” é a causa maior da resistência à transferência de massa, alguns autores apresentam modelos matemáticos empíricos para descrever o declínio do fluxo de permeado.

Os dados obtidos durante este trabalho foram então ajustados a dois modelos existentes para determinação das constantes destas equações. O primeiro modelo utilizado foi proposto por Kuo & Cheyan (1983), durante o estudo do efeito de alguns parâmetros no fluxo de permeado, na ultrafiltração de soro de queijo:

$$J_t = J_1 \cdot t^{-b} \quad (8)$$

onde:  $J_t$  = fluxo em função do tempo ( $\text{kg/h.m}^2$ );

$J_1$  = fluxo no tempo 1 minuto ( $\text{kg/h.m}^2$ );

$t$  = tempo de processamento (min);

$b$  = índice de “fouling”.

O segundo modelo, apresentado por Wu *et al.* (1991), baseia-se no efeito da polarização da concentração e no entupimento (“fouling”) para explicar esta queda de fluxo de permeado. Este modelo foi determinado para soluções que continham uma única espécie de proteína. Para gerar o modelo, os autores primeiramente inferem que a variação do fluxo de permeado ( $J$ ) com o tempo ( $t$ ) é proporcional a este mesmo fluxo.



$$\frac{dJ}{dt} = -KJ \quad (9)$$

Sendo que:

$$K = K_p \cdot \exp(-K_f \cdot t) \quad (10)$$

Substituindo (10) em (9) e resolvendo a integral, Wu *et al.* (1991) chegaram ao seguinte modelo empírico:

$$J_{cal} = \exp\{\ln J_f + \exp[\ln(K_p/K_f) - K_f \cdot t]\} \quad (11)$$

onde:  $J_{cal}$  = fluxo calculado (kg/h.m<sup>2</sup>);

$J_f$  = fluxo obtido no instante final do experimento (kg/h.m<sup>2</sup>);

$t$  = tempo (min);

$K$  = constante;

$K_p$  = coeficiente devido à polarização da concentração;

$K_f$  = coeficiente devido ao “fouling”.

De acordo com as equações (9) e (10) que geraram este modelo, observa-se que o aumento do coeficiente  $K_f$ , relativo ao “fouling”, implica em uma menor variação do fluxo de permeado com o tempo, enquanto que um aumento do coeficiente  $K_p$ , relativo à polarização da concentração, implica em uma maior variação do fluxo em relação ao tempo, representando assim uma maior queda de fluxo.

#### 4.8. LIMPEZA DA MEMBRANA

Ao fim de cada corrida foi efetuado o processo de limpeza descrito pelo fabricante da membrana para evitar que houvesse uma maior aderência de componentes do leite à superfície filtrante. Esta limpeza tinha como objetivo a restauração do fluxo para a corrida subsequente e garantir uma maior vida útil da membrana.

Primeiramente foi feito enxágüe da membrana com água deionizada até que fosse observada a saída de água sem nenhuma coloração branca pelo lado do retentado (enxágüe com recirculação de água quente por 0,5 minuto). Em seguida, era circulada solução alcalina (NaOH 1%) à temperatura de 50°C por 30 minutos e novamente água deionizada para enxágüe, até que o pH estivesse neutro. Após esta etapa, solução ácida de limpeza (1% ácido nítrico) era circulada a 40°C por 20 minutos e a membrana novamente enxaguada com água deionizada até o pH neutro. A membrana era então inundada com solução de detergente enzimático, sendo esta preparada através da adição de detergente Divos 124 (2-3 gotas em 500 mL) à água deionizada até que o pH atingisse valor 10,0 e solução enzimática Divos 80 (1%), sendo então a “housing” mantida em banho-maria a 40-45°C por uma semana. O pH e a temperatura eram rigorosamente controlados, uma vez que estas eram as condições ótimas de atuação das enzimas, portanto, fundamentais para a boa eficiência do processo de limpeza da membrana.

#### **4.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS**

A Análise estatística dos dados foi realizada através da utilização do software Statística 5.5. Através deste programa foi possível a análise dos efeitos das variáveis independentes (pressão transmembrana e velocidade de escoamento) sobre o fluxo de permeado e rendimento protéico, tendo como ferramentas estatísticas o método de superfície de resposta, ANOVA e o conceito de p-valor com nível de significância de 95%. O software foi também utilizado para a realização da regressão para o ajuste dos dados das corridas experimentais aos modelos matemáticos e determinação dos coeficientes. Os dados da análise sensorial foram submetidos ao teste de Tuckey para verificar se houve diferenças significativas (95%), nos atributos sensoriais, entre as amostras de “petit suisse” obtidos e também submetidos à análise de Cluster para agrupar as amostras por similaridades.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A princípio seriam utilizados, para a verificação dos resultados, todas as 7 corridas, porém observou-se que um dos pontos centrais, referente à corrida 4, apresentava dados inconsistentes o que levou ao uso de apenas 2 pontos centrais, uma vez que mesmo com a repetição deste ponto central excluído, não haveria interferência qualitativa nos resultados apresentados. Esta inconsistência dos dados pode ser explicada por um problema ocorrido durante o processamento, mais especificamente na etapa de termização. Possivelmente houve uma excessiva dessora e perda de umidade da massa, levando ao maior entupimento da membrana e também a um produto final de características bem distintas dos outros, apresentando uma textura heterogênea e arenosa.

### **5.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA, RETENÇÃO E RENDIMENTO PROTÉICO**

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos, através das análises químicas, das quantidades de proteínas, proteínas do soro, sólidos totais e umidade das amostras de leite (L), alimentação (A), correspondente ao leite após fermentação, permeado (P) e retentado (R) das diversas corridas de ultrafiltração, bem como o teor de gordura e lactose do retentado.

Analizando a Tabela 3, verificamos que existe uma diferença no teor de proteínas do leite (2,922 a 3,218%) e do soro (0,417 a 0,477%) na matéria-prima inicial fornecida pela CLC, representando variações de 10,1% e 14,4% destes componentes, respectivamente. Este é um aspecto natural desta matéria-prima e isto tem implicações durante o processamento e principalmente na composição do produto final, dificultando assim, uma análise direta das quantidades destes componentes no retentado e no permeado. Esta variação da matéria-prima está dentro da normalidade, uma vez que a composição do leite, varia com a raça, de animal para animal, época do ano e também da alimentação (Corbin & Whittier, 1965).

**Tabela 3.** Quantidade de componentes principais nas amostras de leite, alimentação, retentado e permeado das corridas experimentais de ultrafiltração (a).

Exp	v (m/s)	Ptrans (bar)	Produto	NT*	NNP**	NNC***	Proteínas (%)	Proteínas do soro (%)	Sólidos Totais (%)	Umidade (%)	Gordura (%)	Lactose (%)
1	2,50	1,0	L	0,496±0,004	0,032±0,001	0,106±0,001	2,960±0,004	0,477±0,001	7,8±0,4	92,2±0,4	-	-
			A	0,487±0,001	0,034		2,887±0,001		7,9±0,2	92,1±0,2	-	-
			P	0,09±0,02	0,028±0,001	0,051±0,001	0,37±0,02	0,147±0,001	4,6±0,7	95,4±0,7	-	-
			R	1,53±0,02	0,034		9,56±0,02		14,9±0,2	85,1±0,2	0,48±0,07	3,65±0,08
2	2,50	2,0	L	0,490±0,006	0,032	0,104±0,005	2,922±0,006	0,459±0,005	8,0±0,6	92,0±0,6	-	-
			A	0,459±0,003	0,038±0,001		2,689±0,003		7,54±0,04	92,46±0,04	-	-
			P	0,10±0,02	0,031±0,001	0,046±0,006	0,44±0,02	0,096±0,006	4,7±0,1	95,3±0,1	-	-
			R	1,36±0,01	0,046±0,003		8,40±0,01		15,2±0,2	84,8±0,2	0,500	3,45±0,07
3	3,75	1,5	L	0,492±0,004	0,031±0,003	0,096±0,005	2,940±0,005	0,417±0,006	7,76±0,07	92,24±0,07	-	-
			A	0,459	0,042±0,003		2,660±0,003		7,2±0,6	92,8±0,6	-	-
			P	0,095±0,001	0,035±0,003	0,048±0,001	0,380±0,003	0,085±0,003	4,2±0,6	95,8±0,6	-	-
			R	1,50±0,05	0,041		9,31±0,05		14,8±0,8	85,2±0,8	0,500	3,57±0,04
5	3,75	1,5	L	0,51±0,02	0,036±0,007	0,103±0,001	3,01±0,02	0,429±0,007	7,44±0,09	92,56±0,09	-	-
			A	0,48±0,01	0,039		2,84±0,01		7,81±0,04	92,19±0,04	-	-
			P	0,091±0,001	0,036±0,006	0,048	0,348±0,006	0,077±0,006	4,3±0,1	95,7±0,1	-	-
			R	1,496	0,039		9,296		15,1±0,2	84,9±0,2	0,48±0,07	3,6±0,1
6	5,00	1,0	L	0,52±0,03	0,038±0,001	0,105±0,002	3,07±0,03	0,431±0,002	8,0±0,5	92,0±0,5	-	-
			A	0,480	0,041±0,001		2,804±0,001		8,33±0,07	91,67±0,07	-	-
			P	0,096±0,001	0,036±0,006	0,053	0,380±0,006	0,108±0,006	4,9±0,1	95,1±0,1	-	-
			R	1,469±0,001	0,048±0,003		9,061±0,003		15,80±0,06	84,20±0,06	0,500	3,75±0,08
7	5,00	2,0	L	0,54±0,02	0,033±0,001	0,103±0,001	3,22±0,02	0,444±0,001	7,5±0,3	92,5±0,3	-	-
			A	0,47±0,02	0,031±0,002		2,80±0,02		6,823±0,007	93,177±0,007	-	-
			P	0,097±0,004	0,034±0,001	0,045±0,001	0,404±0,004	0,070±0,001	4,39±0,03	95,61±0,03	-	-
			R	1,57±0,02	0,041±0,002		9,73±0,02		15,0±0,4	85,0±0,4	0,500	3,52±0,05

(a) Valores das quantidades expressos com 2 desvios padrões

\* NT – nitrogênio total

\*\* NNP – nitrogênio não protéico

\*\*\* NNC – nitrogênio não caseico

Outra consideração que pode ser feita através da Tabela 3 é que as quantidades de proteínas referentes à alimentação são muito distintas do leite inicial (cerca de 7% abaixo). Provavelmente a diferença surgida ocorreu devido à dificuldade de amostragem na retirada de uma reduzida quantidade de amostra, embora representativa, uma vez que a alimentação corresponde à massa a pH 4,6, apresentando então fases bem distintas (partículas de massa e soro separados). Por este motivo, quando foram necessárias comparações e balanços de massa com as quantidades iniciais, foram utilizadas aquelas referentes ao leite.

Um outro fator importante que deve ser considerado é a quantidade de proteínas do soro. Neste caso, o método quantifica o nitrogênio não caseíco através da precipitação da caseína. No caso da alimentação e do retentado o processo de termização já leva a esta precipitação das proteínas do soro com as micelas de caseína. Portanto, a aplicação do método levaria a resultados inconsistentes na quantificação de proteínas do soro nestas amostras.

A observação entre o diâmetro do poro da membrana utilizada, 0,1 $\mu$ m, correspondente a aproximadamente 100.000 Da e o tamanho e massa molecular das proteínas do soro, respectivamente, 1 a 5 nm e 7000 a 200.000 Da, permite a conclusão de que há passagem das proteínas do soro de baixo peso molecular através da membrana. Deve-se observar ainda que o processo de termização da massa coagulada a pH 4,45 provoca a complexação das proteínas do soro com a caseína, ficando assim retidas no retentado sem atravessar a membrana, porém verifica-se pela Tabela 3 que há presença de proteínas do soro no permeado, indicando que mesmo assim houve passagem de parte destas pelos poros da membrana.

A Tabela 4 mostra os valores percentuais de permeação de proteínas do soro, recuperação de proteínas e de sólidos totais, para as diversas corridas realizadas. A recuperação de proteínas e de sólidos totais (EST) foram calculadas a partir do balanço de massa (equação 12), correspondendo à razão entre quantidade na saída (massa de retentado multiplicada pela porcentagem do

componente somado ao produto da massa de permeado e porcentagem do componente) e a quantidade na entrada (massa de leite multiplicada pelo percentual do componente). Como não foi determinada a quantidade de proteínas do soro no retentado, uma vez que a termização, que tem efeito de precipitar as proteínas do soro com as caseínas, impede a detecção destas no retentado pelo método de análise por precipitação das caseínas, ao invés de recuperação, denominamos apenas de permeação de proteínas do soro, a razão entre a massa final (permeado) e inicial (leite) de proteínas do soro (equação 13).

$$Recuperação_{componente} = \frac{(m_p \cdot Y_p) + (m_r \cdot Y_r)}{(m_l \cdot Y_l)} \quad (12)$$

$$Permeação_{componente} = \frac{(m_p \cdot Y_p)}{(m_l \cdot Y_l)} \quad (13)$$

onde:  $m_p$  = massa de permeado (kg);

$m_r$  = massa de retentado (kg);

$m_l$  = massa de leite (kg);

$Y_p$  = % do componente analisado no permeado;

$Y_r$  = % do componente analisado no retentado;

$Y_l$  = % do componente analisado no leite.

**Tabela 4.** Valores percentuais de permeação de proteínas do soro, recuperação de proteínas e extrato seco total, em relação à quantidade inicial presente no leite.

Exp	v (m/s)	Ptrans (bar)	Permeação Prot. Soro (%)	Recuperação Proteínas (%)	Recuperação EST (%)
1	2,50	1,0	22,0	101,2	96,8
2	2,50	2,0	14,9	93,0	96,9
3	3,75	1,5	14,6	99,8	93,1
5	3,75	1,5	12,8	96,6	99,5
6	5,00	1,0	17,9	93,1	100,1
7	5,00	2,0	11,3	95,4	99,3

Através dos valores de recuperação de proteínas e de sólidos totais apresentados na Tabela 4, verifica-se que embora estes sejam elevados, próximos a 100%, não é possível indicar nenhuma relação destes valores com os parâmetros de processo estudados.

Na relação entre as proteínas do soro no permeado em relação ao leite pode ser observado que o aumento na pressão, diminui a permeação destas proteínas, ficando uma maior quantidade relativa destas proteínas no retentado ou então adsorvidas à membrana, devido ao efeito da alta pressão que compacta a camada secundária, levando a uma menor porosidade. Verifica-se uma menor permeação de proteínas do soro (%) através da membrana quando há um aumento de pressão transmembrana e mantida a velocidade constante ou quando há um aumento de velocidade mantida a pressão transmembrana constante.

A presença destas proteínas do soro foi então, provavelmente, responsável pela ausência de dessora no queijo tipo quark (retentado) após 16 horas de processamento. Para mensurar a dessora no quark, utilizou-se o método descrito por Lucey *et al.* (1998) e verificou-se ausência de dessoragem para todas as amostra, após este período.

Em termos de gordura e lactose, os retentados das 6 corridas experimentais apresentaram teores muito próximos entre si. A diferença no teor de lactose, que esteve entre 3,45 e 3,75%, pode ser explicada pela maior ou menor

quantidade de lactose do leite utilizada pela cultura láctica, para a produção de ácido láctico, durante a fermentação. Estes valores próximos resultaram em uma composição muito parecida da massa, o que implicou, para a preparação do petit suisse, em uma pequena variação na quantidade de creme de leite e açúcar comercial adicionados.

A partir dos dados da Tabela 3 foram calculados os coeficientes de retenção (CR), a retenção protéica (RT) e o rendimento protéico através das equações (4), (6) e (7), gerando então os dados apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Valores dos coeficientes de retenção, retenção protéica e rendimento protéico das corridas experimentais de ultrafiltração.

Exp	v (m/s)	Ptrans (bar)	CR (%)	RT (%)	Rend. Prot. (%)
1	2,50	1,0	96,1	96,1	95,2
2	2,50	2,0	94,7	94,6	93,4
3	3,75	1,5	95,9	95,9	94,9
5	3,75	1,5	96,3	96,2	95,3
6	5,00	1,0	95,8	95,7	94,8
7	5,00	2,0	95,8	95,7	94,9

Como pode ser verificado na Tabela 5, os valores do coeficiente de retenção (CR), retenção (RT) e rendimento protéico, calculados a FC 3,5, são muito próximos para todas as corridas, sendo que o rendimento protéico da membrana ficou próximo dos 95 %, indicando uma grande retenção de proteínas pela membrana. Esta retenção protéica é correspondente àquela obtida por Veiga (1999), 95% (utilizando membrana cerâmica 0,08 $\mu$ m, temperatura de 35°C e pressão transmembrana de 1,0 bar) e menor que a observada por Sachdeva *et al.* (1993), que foi de 98,1 %. Neste caso, foi usada uma membrana polimérica de 25000 Daltons, portanto bem mais fechada em relação à utilizada neste trabalho, temperatura de 40°C e pressão transmembrana de 5,5 bar, fatores estes que justificam este rendimento protéico mais elevado.



Do ponto de vista da elevada eficiência de retenção no processo de ultrafiltração os parâmetros CR e RT são parâmetros que tendem a assumir valores próximos a 100%. No caso, estes valores ligeiramente menores devem-se ao de que a camada secundária é bastante porosa e o poro da membrana é suficientemente grande para a passagem das proteínas do soro que ainda permanecem livres após a termização.

Quando aplicamos o método de superfície de resposta para analisar o efeito das variáveis independentes (pressão transmembrana e velocidade de escoamento), utilizando como resposta os rendimentos protéicos apresentados na Tabela 5, obtivemos como resultado a Anova apresentada na Tabela 6, com os respectivos efeitos das variáveis e significância (p-valor) descritos na Tabela 7.

**Tabela 6.** Anova resultante do estudo do efeito das variáveis sobre o rendimento protéico.

ANOVA	SS	Graus de liberdade	MS	F	p
Pressão	0,72505	1	0,72505	9,10864	0,20369
Velocidade	0,25150	1	0,25150	3,15956	0,32624
Pressão*Velocidade	0,90345	1	0,90345	11,34981	0,18369
Falta de ajuste	0,43434	1	0,43434	5,45651	0,25751
Erro puro	0,07960	1	0,07960		
Total	2,39395	5			

**Tabela 7.** Efeito das variáveis e p-valor sobre o rendimento protéico.

Variáveis Independentes	Rendimento Protéico (%)	
	Efeito	p-valor
Pressão	-0,8515	0,2037
Velocidade	0,5015	0,3262
Pressão*Velocidade	0,9505	0,1837

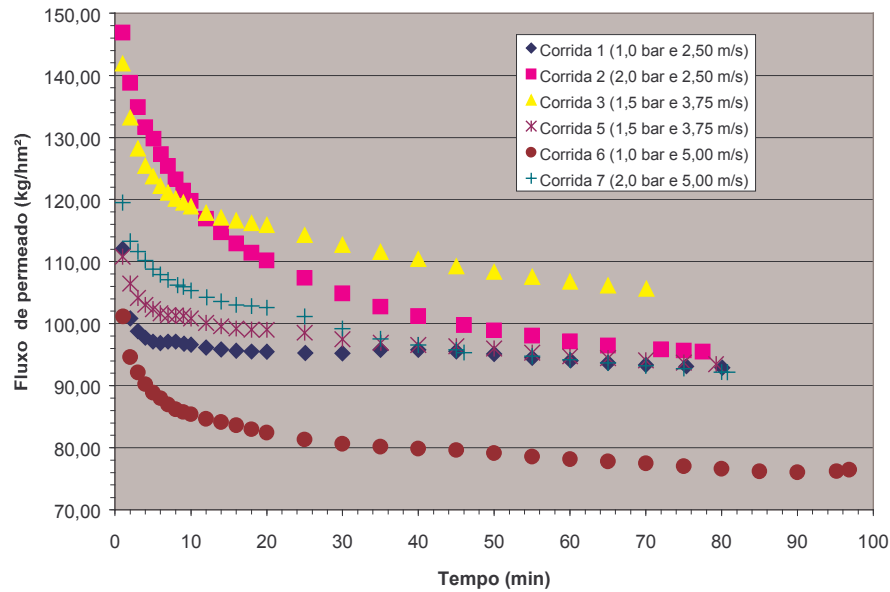
É possível através das Tabelas 6 e 7, que não houve efeito de curvatura na faixa estudada de pressão transmembrana e velocidade de escoamento. Pelos p-valores, observou-se que os efeitos destas variáveis independentes sobre o rendimento protéico não foi significativo, determinando que estas variáveis não influíram neste coeficiente. Esta constatação está de acordo com a descrição dos

processos de ultrafiltração da literatura já que este rendimento protéico é função da interação produto e membrana (principalmente diâmetro do poro), não sendo afetado pelos parâmetros de processo estudados nesta pesquisa.

## **5.2. FLUXO DE PERMEADO**

Pela análise da Figura 5, observa-se que as curvas de fluxo de permeado em função do tempo, obtidas através dos dados experimentais (através da relação entre a massa acumulada e o tempo acumulado, equação 2), verificamos que estas apresentaram comportamento característico dos processos de separação por membranas, sendo constituídas por 3 fases como definido na Figura 1: polarização da concentração, formação da camada de “fouling” e consolidação da camada de “fouling” (Marshall & Daufin, 1995).

Excetuando-se a corrida 2, que apresenta um perfil um pouco distinto, observa-se um rápido declínio do fluxo de permeado com o tempo logo nos primeiros minutos e uma queda mais suave após o tempo de 20 minutos. Comparando a corrida 2 com a corrida 3, verificamos que a primeira apresenta fluxo inicial ligeiramente maior e tem uma queda global mais acentuada quando comparamos o fluxo inicial e final, sendo que após aproximadamente 12 minutos de processamento, os fluxos de permeado se invertem. Apesar de ambos apresentarem tendência de queda continuada, a corrida 2 apresenta valores menores de fluxo de permeado, consequência da atuação da maior pressão transmembrana sobre a camada secundária e do “fouling” e da sua consolidação.



**Figura 5.** Curvas de permeação (fluxo acumulado) das corridas experimentais.

Considerando o volume inicial de aproximadamente 42 litros de leite fermentado para todas as corridas, em termos do tempo de processamento, de acordo com a Figura 5, e fluxos de permeado a FC 3,5 apresentados na Tabela 8, podemos separar as corridas em 3 grupos: a corrida 3 (ponto central) que foi aquela que apresentou o menor tempo de processamento (70 minutos) em consequência de um fluxo de permeado maior, durante a etapa de ultrafiltração, e apresentou também o maior valor de fluxo de permeado à FC 3,5 (105,63 kg/h.m<sup>2</sup>). As corridas 1, 2, 5 e 7 apresentaram um tempo de processamento um pouco maior, cerca de 80 minutos e fluxo de permeado ao fim do processo entre 92,17 e 95,87 kg/h.m<sup>2</sup>; e, por fim a corrida 6 que apresentou o maior tempo de processamento (97 minutos) e o menor valor de fluxo de permeado à FC 3,5 (76,45 kg/h.m<sup>2</sup>).

A observação somente da Figura 5 pode levar à conclusão de que o ponto central, representado pelas corridas 3 e 5, seria aquele que apresenta melhor resposta em termos de fluxo de permeado, e portanto o mais indicado para aplicação em escalas maiores na prática de produção de quark por ultrafiltração.

Porém, quando é aplicado o método de superfície de resposta para analisar o efeito das variáveis independentes (pressão transmembrana e velocidade de escoamento), utilizando como resposta tanto o fluxo de permeado à FC 3,5 e também o fluxo de permeado médio, calculado através da regra do trapézio e apresentados na Tabela 8, é possível constatar que existe um problema de repetibilidade no estudo efetuado, devido ao erro puro elevado.

Embora os valores de fluxo apresentados indiquem um efeito positivo da pressão transmembrana (quanto maior a pressão, maior o fluxo) e um efeito negativo da velocidade (aumento da velocidade, diminuição do fluxo), efeito este contrastante com a literatura, estes efeitos das variáveis independentes não foram significativos na resposta fluxo de permeado (Tabelas 9 a 11). Isto pode ser explicado devido ao erro puro elevado, decorrente das diferenças absolutas ocorridas entre as corridas 3 e 5 (pontos centrais), que deveriam apresentar valores mais próximos, como pode ser observado na Tabela 8.

Fatores como: variação da composição da matéria-prima, processo fermentativo e termização podem ter influenciado nas características da matéria-prima utilizada na ultrafiltração. Um outro fator importante que também deve ter contribuído foi a condição inicial do fluxo de água permeado na membrana antes do início do processo, pois este parâmetro variou em relação ao padrão do fluxo inicial da membrana quando nova. Estes podem ter sido os principais fatores que devem ter gerado este elevado erro puro.

Com isso, não é possível fazer uma consideração conclusiva a respeito do ponto ótimo, em relação à pressão transmembrana e velocidade de escoamento para a obtenção de maior fluxo de permeado, pois este erro puro elevado pode estar distorcendo os valores obtidos em cada corrida. Sendo assim, também os efeitos das variáveis independentes no fluxo de permeado não podem ser indicados nem de forma qualitativa.

**Tabela 8.** Valores de fluxo de permeado utilizados como resposta para análise dos efeitos das variáveis independentes.

Exp	v (m/s)	Ptrans (bar)	Fluxo de Permeado (kg/hm <sup>2</sup> ) FC 3,5	Fluxo de Permeado (kg/hm <sup>2</sup> ) Médio
1	2,50	1,0	92,89	95,23
2	2,50	2,0	95,47	105,55
3	3,75	1,5	105,63	112,78
5	3,75	1,5	93,47	97,18
6	5,00	1,0	76,45	80,06
7	5,00	2,0	92,17	98,37

**Tabela 9.** Anova resultante do estudo do efeito das variáveis sobre o fluxo de permeado à FC 3,5.

ANOVA	SS	Graus de liberdade	MS	F	p
Pressão	83,7225	1	83,7225	1,132413	0,480222
Velocidade	97,4169	1	97,4169	1,317641	0,456237
Pressão*Velocidade	43,1649	1	43,1649	0,58384	0,584631
Falta de ajuste	141,5907	1	141,5907	1,915127	0,398356
Erro puro	73,9328	1	73,9328		
Total	439,8278	5			

**Tabela 10.** Anova resultante do estudo do efeito das variáveis sobre o fluxo de permeado médio.

ANOVA	SS	Graus de liberdade	MS	F	p
Pressão	204,9765	1	204,9765	1,684122	0,417965
Velocidade	124,7912	1	124,7912	1,025306	0,496023
Pressão*Velocidade	15,96003	1	15,96003	0,13113	0,778819
Falta de ajuste	138,163	1	138,163	1,13517	0,479835
Erro puro	121,7112	1	121,7112		
Total	605,6019	5			

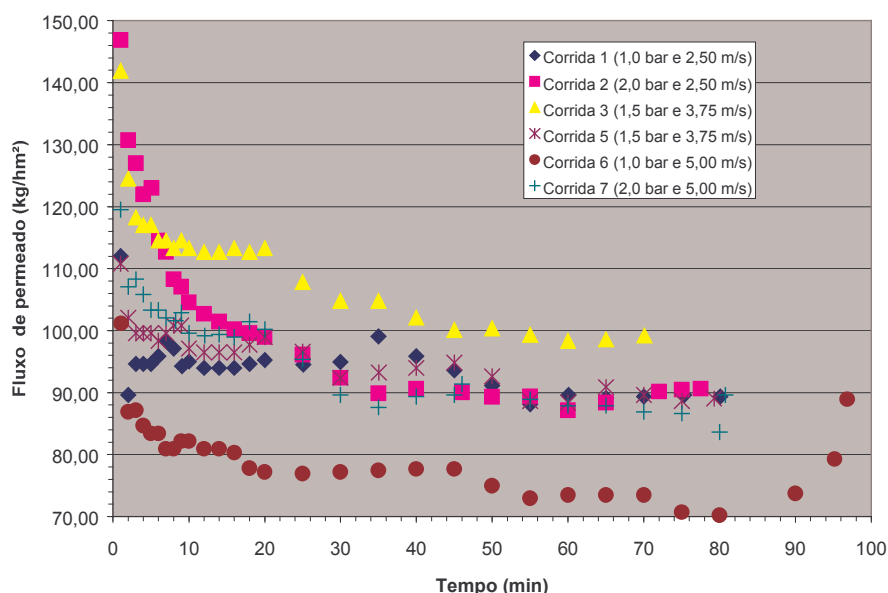
**Tabela 11.** Efeito das variáveis e p-valor sobre o fluxo de permeado à FC 3,5 e fluxo de permeado médio.

Variáveis Independentes	Fluxo de permeado (FC 3,5)		Fluxo de permeado (médio)	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Pressão	9,15	0,4802	14,32	0,4180
Velocidade	-9,87	0,4562	-11,17	0,4960
Pressão*Velocidade	6,57	0,5846	3,99	0,7788

Quando é plotado então o fluxo de permeado instantâneo pelo tempo de processamento (Figura 6), verificamos um comportamento interessante que não é possível observar na Figura 5. Este fenômeno, que ocorre de forma sistemática em todas as corridas, é a rápida queda de fluxo nos primeiros minutos e a existência de um patamar que se estende aproximadamente até o vigésimo minuto, quando então o fluxo de permeado volta a cair.

Provavelmente, nestes primeiros 20 minutos, houve formação de uma camada secundária com uma determinada porosidade, que com o tempo de processamento recebeu maior quantidade de depósitos de solutos, diminuindo assim a porosidade da mesma, que aliada ao entupimento dela própria e da membrana, gerou uma diminuição do fluxo. Esta mudança na camada secundária foi observada para todas as corridas, inclusive as de baixa pressão transmembrana (corrida 1 e 6).

No caso da corrida 6 especificamente, definem-se 3 patamares. O baixo fluxo de permeado verificado para esta corrida pode ser explicado pela alta velocidade e baixa pressão que obrigaram o sistema a trabalhar com a válvula micrométrica, na saída da membrana, totalmente aberta, sem nenhuma contrapressão, não oferecendo nenhuma resistência à passagem do retentado. No final, o aumento da viscosidade do produto em virtude do aumento da concentração, impossibilitou a manutenção da pressão transmembrana em 1,0 bar, elevando-a para 1,5 bar, mesmo com a válvula totalmente aberta, gerando assim um aumento significativo no fluxo de permeado nos últimos vinte minutos de processamento, de cerca de 70 para 90 kg/h.m<sup>2</sup>.



**Figura 6.** Curvas de permeação (fluxo instantâneo) das corridas experimentais.

Em geral, à medida que se aumenta o FC há uma diminuição do fluxo de permeado, assim no caso, para FC 3,5, os valores de fluxo, apesar de serem os menores, mostraram-se elevados, ao redor de 100 kg/h.m<sup>2</sup>. O produto apresenta elevada concentração de bactérias e proteínas, que por sua vez, são constituídas de caseínas com proteínas do soro aglomeradas ao seu redor, devido ao efeito da termização, gordura, lactose e sais minerais. Os componentes maiores tenderão a formar uma camada secundária bastante porosa levando a um alto fluxo de permeado. Esta camada secundária ao reter componentes entupidores também contribui para um “fouling” menor da membrana.

Se compararmos com aqueles fluxos de permeado, obtidos por Veiga (1999), na média entre 10 a 15 kg/h.m<sup>2</sup> (utilizando membrana cerâmica 0,08µm, temperatura de 35°C e pressão transmembrana de 1,0 bar) e Sachdeva *et al.* (1993), 64,46 kg/h.m<sup>2</sup> (membrana polimérica de 25000 Daltons, temperatura de 40°C e pressão transmembrana de 5,5 bar), verificamos um valor elevado de fluxo de permeado neste trabalho. Isto pode significar boas possibilidades de vir a ser viável a aplicação industrial deste processo, já que estes valores de fluxo são considerados bastante razoáveis para membranas cerâmicas de 0,1µm.

### 5.3. AJUSTE AOS MODELOS MATEMÁTICOS

A escolha dos dois modelos matemáticos foi feita tendo em vista uma melhor compreensão dos efeitos da polarização da concentração e do “fouling”. Assim, a obtenção dos coeficientes destes modelos, ainda que tenham sido gerados pelos autores para produtos diferentes (soro de queijo no trabalho de Kuo & Cheryan (1983) e soluções de proteínas no trabalho de Wu(1991)) do utilizado neste trabalho, verifica-se que, para a faixa de condições operacionais estudada e o FC alcançado, é possível considerar o ajuste satisfatório.

A análise somente dos valores de  $R^2$ , apresentados na Tabela 12, obtidos através dos ajustes dos dados experimentais aos modelos matemáticos de Kuo & Cheryan (1983) e de Wu (1991), pode indicar que os dados se ajustaram bem aos modelos, pois os seus valores são iguais ou maiores que 0,90 o que representa um bom ajuste, à exceção da corrida 1 que apresentou baixa concordância entre os valores experimentais e os preditos pelos 2 modelos.

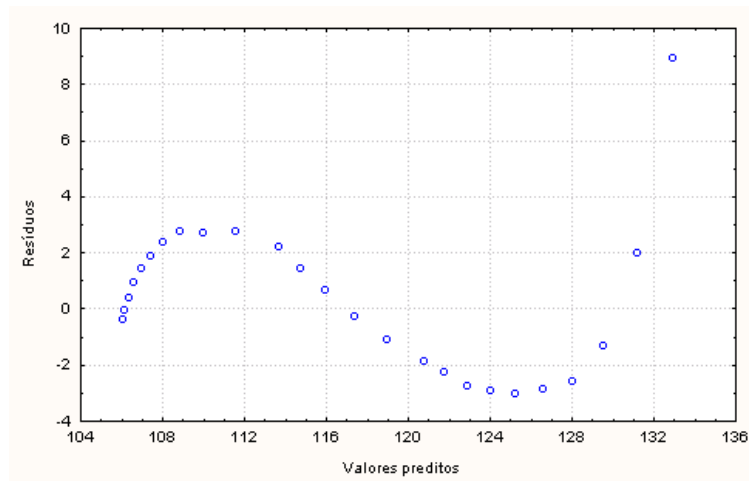
**Tabela 12.** Valores de  $R^2$  para as curvas ajustadas aos modelos matemáticos de Kuo & Cheryan (1983) e Wu (1991).

Exp	v (m/s)	Ptrans (bar)	$R^2$ (Kuo & Cheryan, 1983)	$R^2$ (Wu, 1991)
1	2,50	1,0	-	0,6078
2	2,50	2,0	0,9804	0,9905
3	3,75	1,5	0,9626	0,9044
5	3,75	1,5	0,9490	0,8977
6	5,00	1,0	0,9342	0,9260
7	5,00	2,0	0,9876	0,9620

Entretanto, através da análise da distribuição gráfica dos resíduos em função dos valores preditos pelos modelos matemáticos, observa-se um comportamento típico de não dispersão para todas as corridas. Uma dispersão positiva ou negativa, em torno de zero para os diversos valores de fluxo de permeado, é um indicativo de um bom ajuste. A Figura 7 mostra o exemplo do comportamento dos resíduos quando ajustados os dados da corrida 3 ao modelo matemático proposto por Wu (1991). Este comportamento indica a necessidade de



utilização de um modelo distinto, no qual os dados se ajustam de uma forma que seus resíduos fiquem dispersos.



**Figura 7.** Gráfico de dispersão dos resíduos em função dos valores preditos de fluxo de permeado para o ajuste dos dados da corrida 3 ao modelo de Wu (1991).

As figuras 8 (a, b) a 13 (a, b) apresentam os gráficos obtidos através do software Statistica 5.5, sendo a notação a e b relativa ao modelo de Kuo & Cheryan (1983) e Wu (1991) respectivamente. Os pontos azuis representam os dados obtidos experimentalmente, enquanto que a curva em vermelho define os valores de fluxo teórico calculado através do respectivo modelo. A equação resultante foi determinada e apresenta-se exposta na parte superior do gráfico, sendo que os valores dos coeficientes para os 2 modelos estão apresentados na Tabela 13 para melhor visualização.

**Tabela 13.** Valores dos coeficientes dos modelos matemáticos determinados através do ajuste dos dados das corridas experimentais.

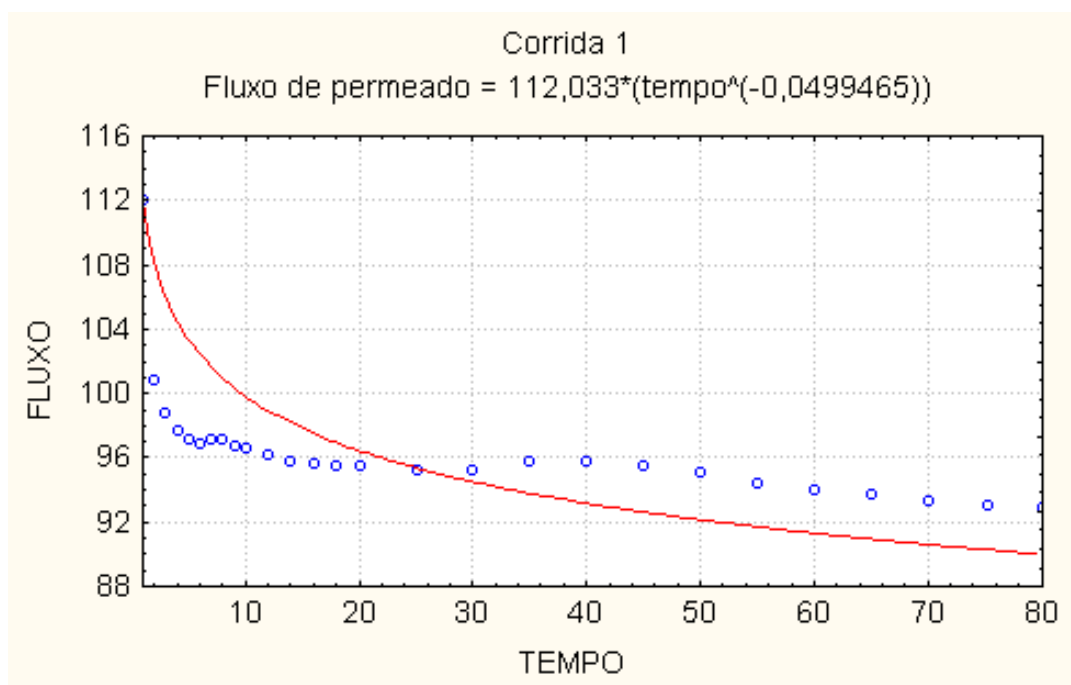
Exp	v (m/s)	Ptrans (bar)	Kuo & Cheryan (1983)	Wu (1991)	
			b	Kp	Kf
1	2,50	1,0	0,0499	0,0378	0,2154
2	2,50	2,0	0,0965	0,0238	0,0569
3	3,75	1,5	0,0712	0,0147	0,0602
5	3,75	1,5	0,0390	0,0057	0,0442
6	5,00	1,0	0,0684	0,0149	0,0637
7	5,00	2,0	0,0569	0,0094	0,0424

Como os ajustes dos dados da corrida 1 aos modelos matemáticos não foram satisfatórios, gerando valores de  $R^2$  muito baixos e conseqüentemente determinando valores errôneos das variáveis dependentes (respostas) referente a um dos pontos fatoriais (-1, -1), ficou impossibilitada a análise dos efeitos das variáveis independentes sobre os coeficientes dos modelos através do método de superfície de resposta. Verificamos também uma falta de repetibilidade para todos os coeficientes dos 2 modelos, uma vez que para as corridas 3 e 5 os valores absolutos apresentaram uma diferença elevada, provavelmente em função daquele conjunto de fatores já analisados no item 5.2.

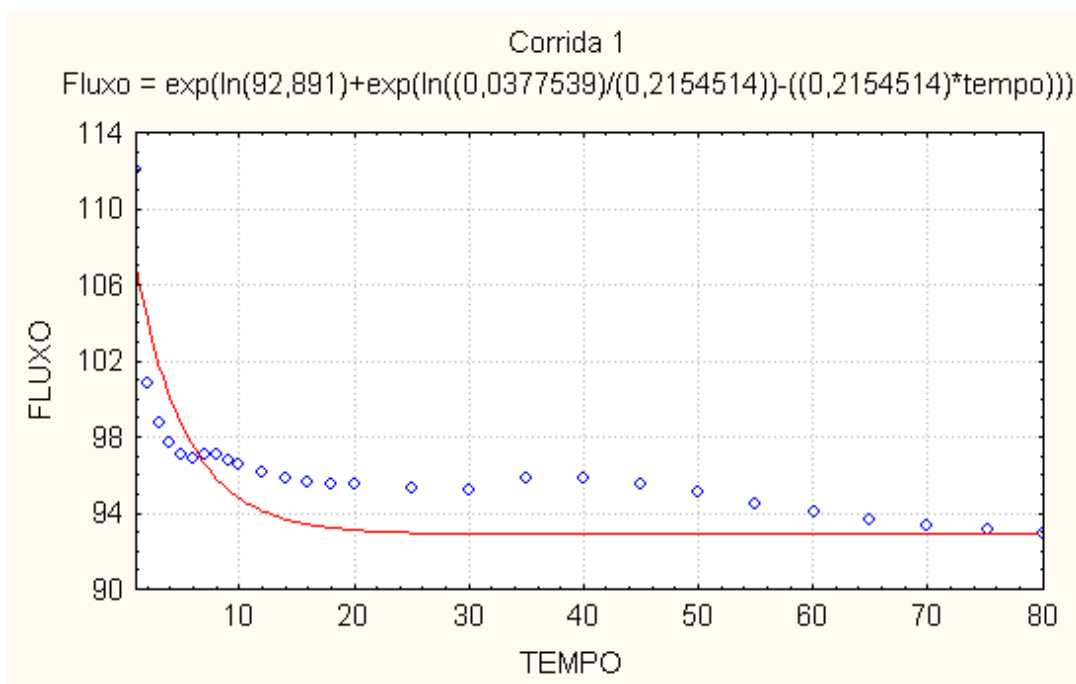
Com isso, nos valores absolutos dos coeficientes dos 2 modelos apresentados na Tabela 13, podem estar inseridos ruídos que dificultam uma comparação entre eles com embasamento estatístico. Portanto as diferenças nos valores dos coeficientes de cada corrida encontradas na tabela podem não ser representativas, não sendo então possível fazer uma correlação entre estes coeficientes e a pressão transmembrana e velocidade de escoamento.

Na corrida 2, verifica-se que a baixa velocidade (2,5 m/s) e alta pressão (2,0 bar) dentro das condições estudadas, o valor de  $K_p$  foi o mais elevado (exceção à corrida 1), podendo resultar em 2 efeitos simultâneos. Um devido à baixa velocidade que tende a tornar a camada polarizada mais espessa e o outro de alta pressão, tornando-a mais compacta, levando assim à uma maior variação de fluxo de permeado em relação ao tempo.

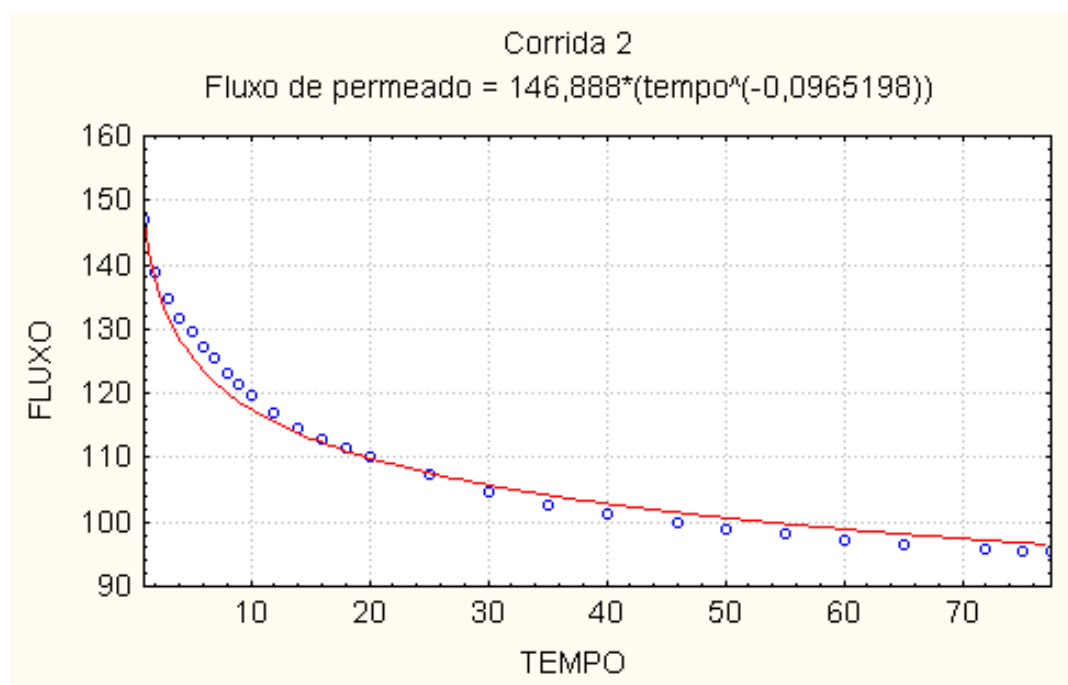
Já na corrida 7, utilizando alta velocidade (5,0 m/s) e alta pressão (2,0 bar), prevaleceu o efeito maior de “fouling”, pois o valor de  $K_f$  é o menor, implicando em maior variação do fluxo com o tempo e o valor de  $K_p$  é relativamente baixo, mostrando que o efeito de polarização da concentração tem menor efeito devido à alta velocidade, implicando em alta turbulência e o efeito de maior pressão transmembrana (2,0 bar) demonstra maior influência do “fouling”.



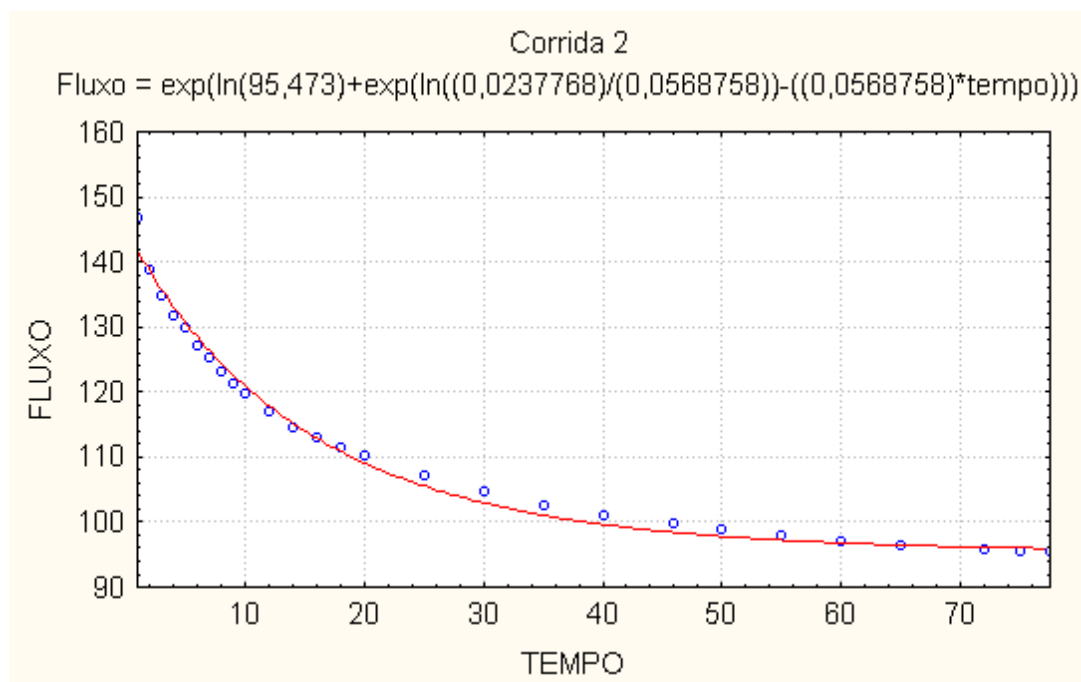
**Figura 8a.** Ajuste dos dados da corrida 1 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983).



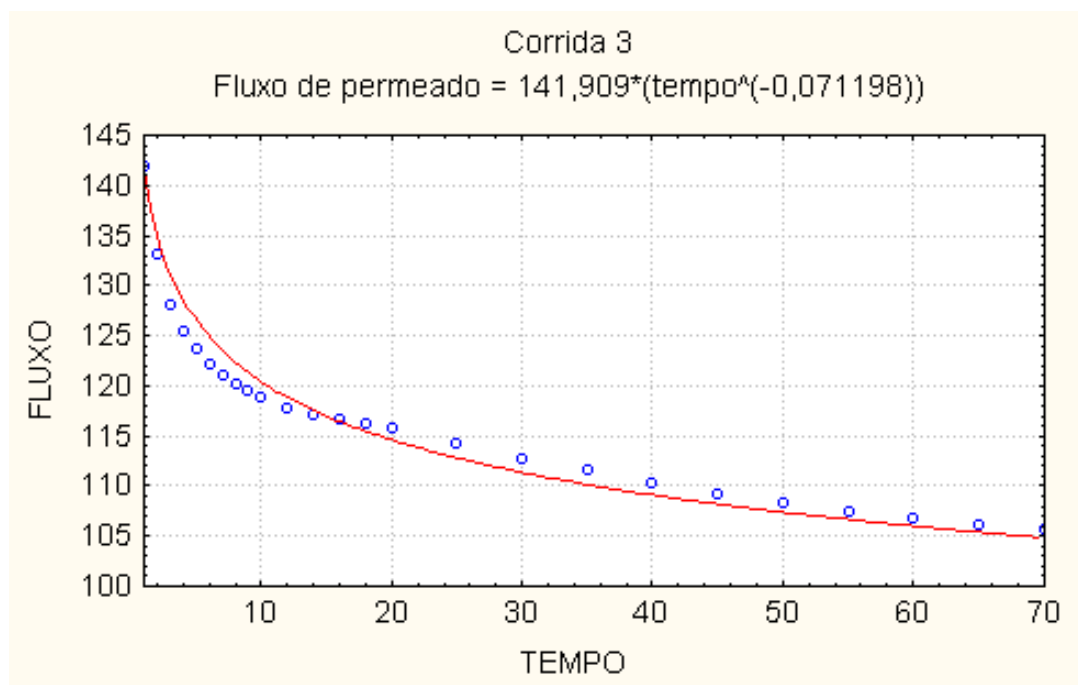
**Figura 8b.** Ajuste dos dados da corrida 1 ao modelo de Wu *et al.* (1991).



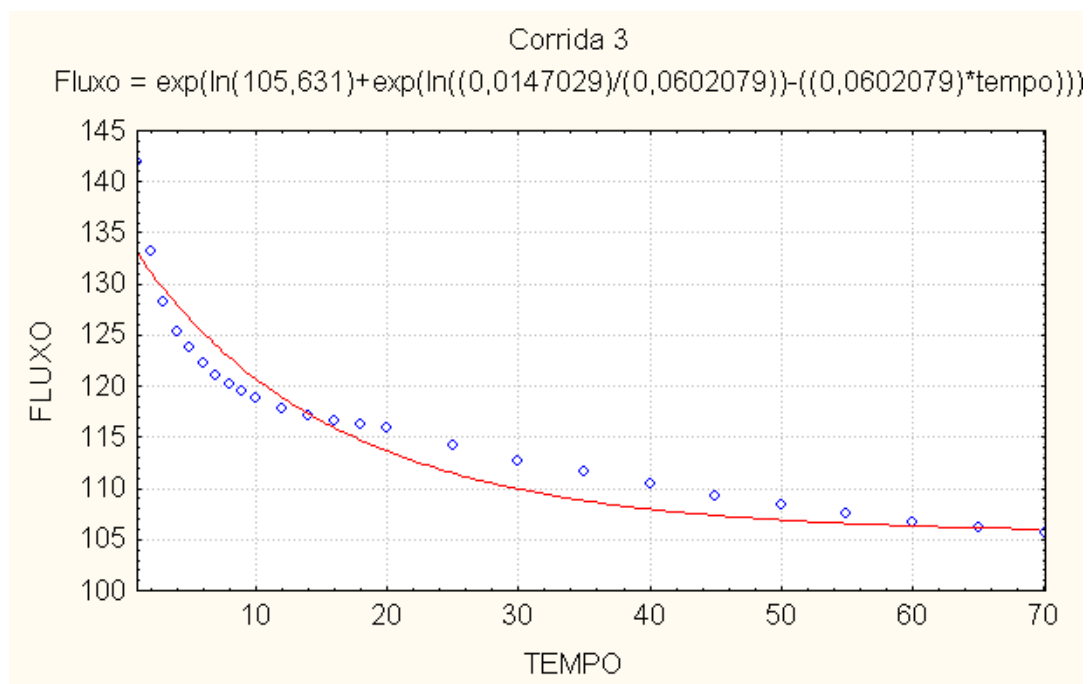
**Figura 9a.** Ajuste dos dados da corrida 2 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983).



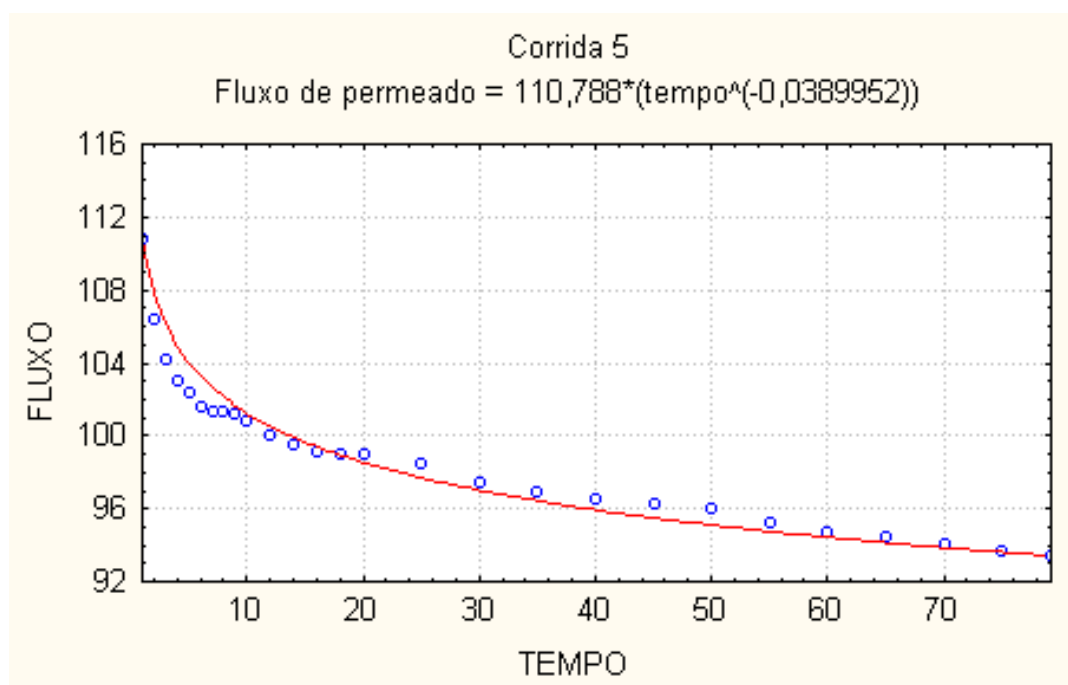
**Figura 9b.** Ajuste dos dados da corrida 2 ao modelo de Wu *et al.* (1991).



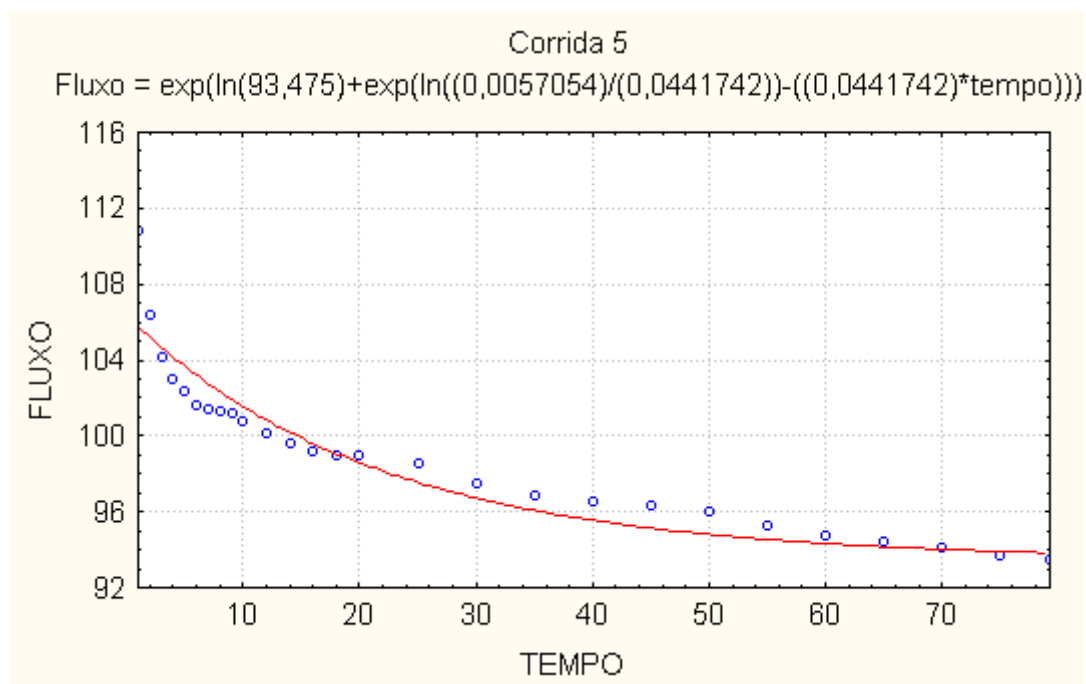
**Figura 10a.** Ajuste dos dados da corrida 3 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983).



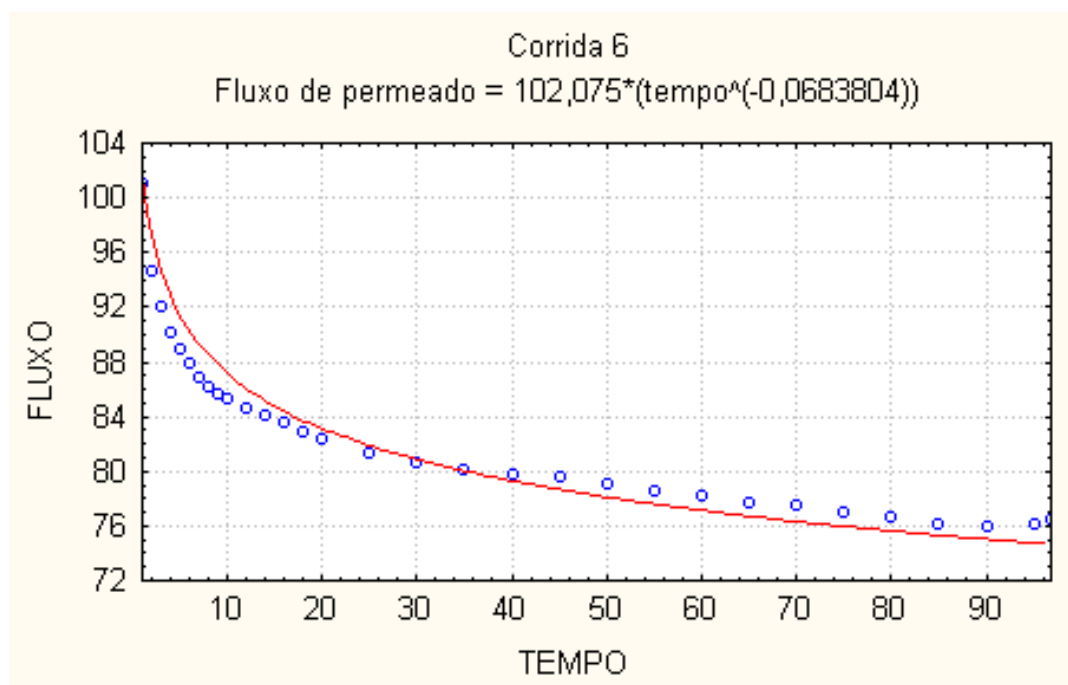
**Figura 10b.** Ajuste dos dados da corrida 3 ao modelo de Wu *et al.* (1991).



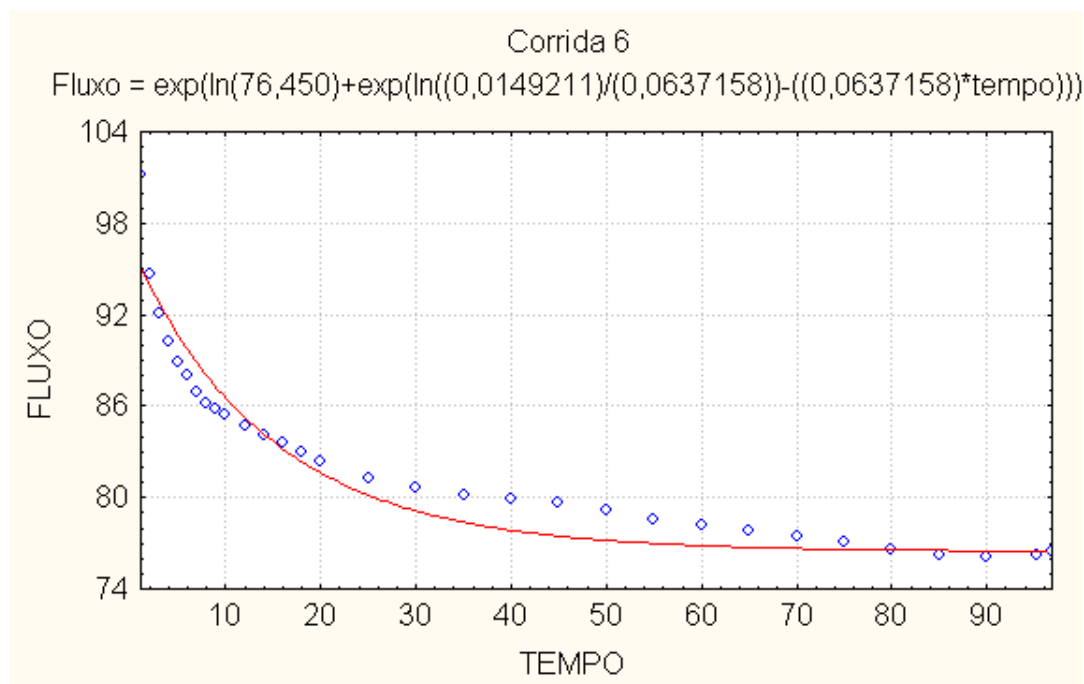
**Figura 11a.** Ajuste dos dados da corrida 5 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983).



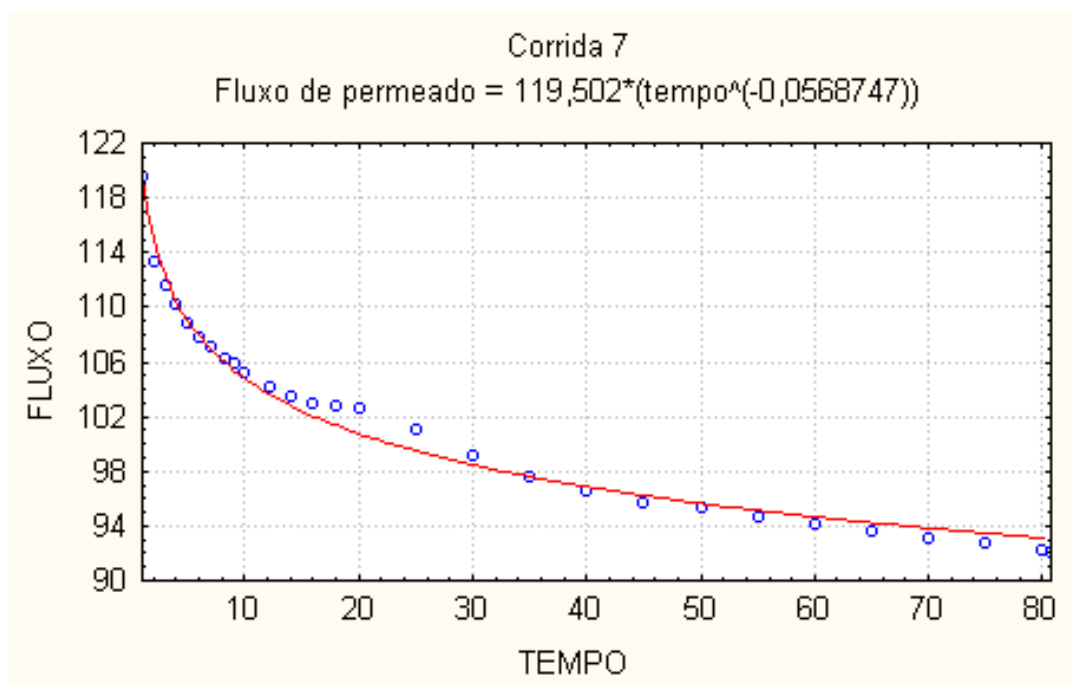
**Figura 11b.** Ajuste dos dados da corrida 5 ao modelo de Wu *et al.* (1991).



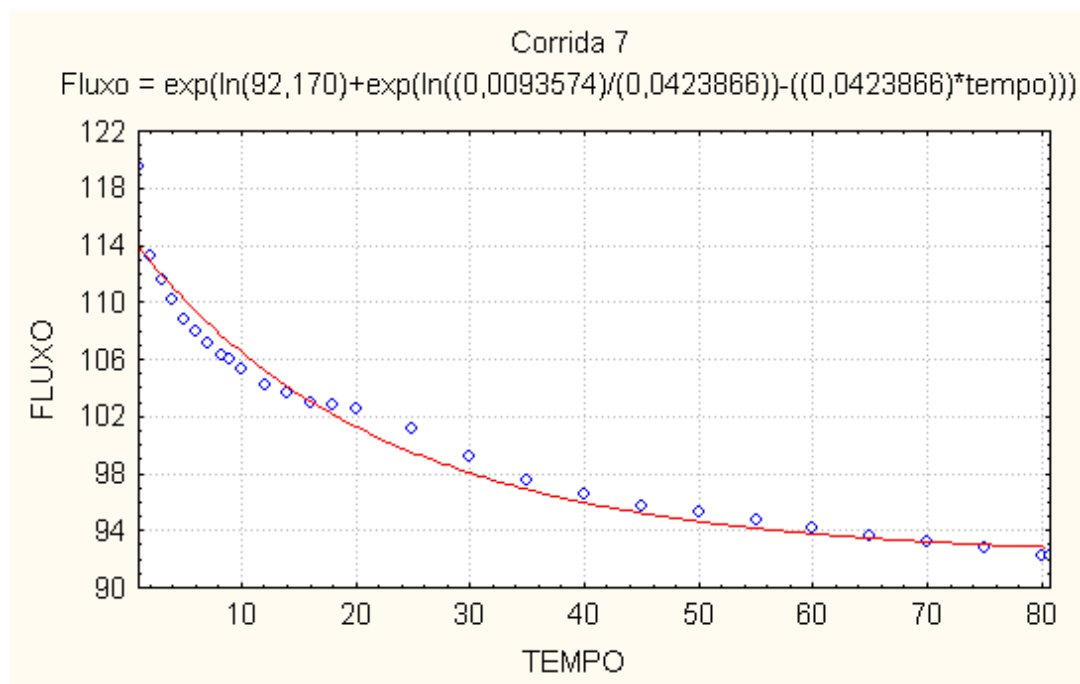
**Figura 12a.** Ajuste dos dados da corrida 6 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983).



**Figura 12b.** Ajuste dos dados da corrida 6 ao modelo de Wu *et al.* (1991).



**Figura 13a.** Ajuste dos dados da corrida 7 ao modelo de Kuo & Cheryan (1983).

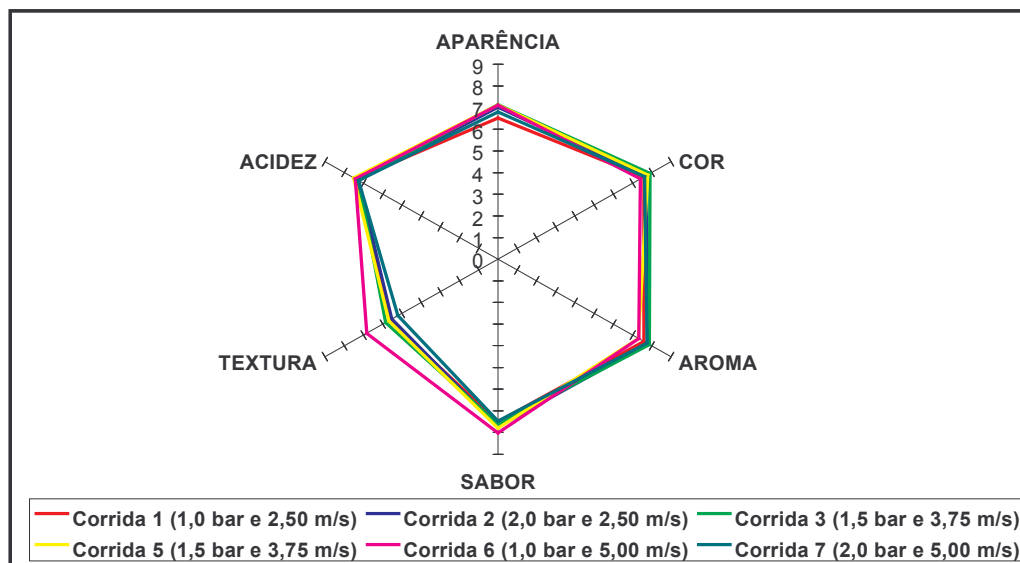


**Figura 13b.** Ajuste dos dados da corrida 7 ao modelo de Wu *et al.* (1991).



#### 5.4. ANÁLISE SENSORIAL

A Figura 14 apresenta o gráfico radar com o valor médio de aceitação dos atributos sensoriais: aparência, cor, aroma, sabor, textura e acidez.



**Figura 14.** Gráfico radar com a média de aceitação dos diferentes atributos.

Neste gráfico, quanto maior a sobreposição das amostras, maior a semelhança das amostras em relação aos atributos, sendo que a escala de 1 a 9 representa os pontos da escala hedônica variando de 1 (desgostei extremamente) até 9 (gostei extremamente). O valor referente a cada atributo é definido através da intersecção da linha correspondente a cada corrida experimental com o eixo correspondente ao atributo. Podemos verificar que para quase todos os atributos, excetuando-se a textura, os “petit suisses” receberam avaliação entre gostei ligeiramente e gostei muito.

Os “petit suisses” obtidos de todas as corridas experimentais obtiveram notas de aceitação sensorial boas em quase todos os atributos, a não ser em relação à textura. Isto pode ser explicado pela baixa consistência que o produto final apresentou após o preparo. Este problema poderia ser solucionado através do aumento do fator de concentração (o que asseguraria que o quark resultante tivesse pelo menos 18% de sólidos totais) ou a adição de um creme de leite com maior teor de gordura. Estas soluções não foram tomadas inicialmente porque em

ensaios preliminares utilizando uma outra bomba de deslocamento positivo, o “petit suisse” apresentou textura característica. Além disso, não seria possível alterar nenhum parâmetro de processo entre uma corrida e outra, uma vez que a avaliação sensorial era uma resposta a ser analisada quanto ao efeito das variáveis independentes.

Na Tabela 14, complementando a Figura 14, podemos observar e comparar as médias obtidas em cada atributo por cada amostra de “petit suisse” na avaliação sensorial. Em uma mesma coluna, letras iguais correspondem a amostras que não diferiram considerando um nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ), de acordo com o teste de Tuckey.

**Tabela 14.** Médias obtidas em cada atributo pelas amostras de “Petit Suisse” após 7 dias de fabricação.

Exp	v (m/s)	Ptrans (bar)	Aparência	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Acidez	Intenção de Compra
1	2,50	1,0	6,52 <sup>a</sup>	7,58 <sup>a</sup>	7,58 <sup>a</sup>	7,50 <sup>a</sup>	5,66 <sup>b</sup>	7,40 <sup>a</sup>	3,64 <sup>b</sup>
2	2,50	2,0	7,02 <sup>a</sup>	7,70 <sup>a</sup>	7,80 <sup>a</sup>	7,74 <sup>a</sup>	5,52 <sup>b</sup>	7,26 <sup>a</sup>	3,90 <sup>ab</sup>
3	3,75	1,5	7,14 <sup>a</sup>	7,90 <sup>a</sup>	7,86 <sup>a</sup>	7,62 <sup>a</sup>	5,94 <sup>ab</sup>	7,26 <sup>a</sup>	4,00 <sup>ab</sup>
5	3,75	1,5	7,12 <sup>a</sup>	7,78 <sup>a</sup>	7,30 <sup>a</sup>	7,80 <sup>a</sup>	5,68 <sup>b</sup>	7,52 <sup>a</sup>	3,96 <sup>ab</sup>
6	5,00	1,0	7,10 <sup>a</sup>	7,40 <sup>a</sup>	7,32 <sup>a</sup>	8,02 <sup>a</sup>	6,84 <sup>a</sup>	7,42 <sup>a</sup>	4,24 <sup>a</sup>
7	5,00	2,0	6,80 <sup>a</sup>	7,62 <sup>a</sup>	7,74 <sup>a</sup>	7,48 <sup>a</sup>	5,20 <sup>b</sup>	7,26 <sup>a</sup>	3,58 <sup>b</sup>

Pode ser verificado ainda, através da Tabela 14, que as amostras não diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação aos atributos aparência, cor, aroma, sabor e acidez, demonstrando que a variação da pressão transmembrana e da velocidade de escoamento não influenciaram estes aspectos do produto quando foi feita a análise sensorial dos mesmos.

Quando verificamos a textura, percebemos que o “petit suisse” resultante da corrida 6 apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação a quase todas as amostras, não diferindo apenas ao obtido pela corrida 3. Uma hipótese para esta diferença e nota mais elevada, poderia ser baseada na quantidade de sólidos totais presentes no retentado, embora a diferença seja muito pequena para ser sensorialmente observada. Apesar do retentado da corrida 6 ser aquele que

apresenta maior quantidade de sólidos totais (15,800%), o retentado da corrida 3 é aquele que apresenta menor valor (14,793%).

Outra dificuldade em explicar esta diferença na textura, baseia-se no fato de que a corrida 6 foi aquela que teve o maior tempo de processamento e sob maior velocidade, sendo então o retentado submetido ao cisalhamento por um maior período, o que teoricamente prejudicaria a textura final do “petit suisse”, porém na prática o efeito foi ao contrário.

Verificamos ainda através da Tabela 14, que a textura teve reflexos diretos na intenção de compra, pois a corrida 6, que apresentou melhor nota para textura e sabor, foi aquela que obteve maior valor absoluto de intenção de compra, enquanto que a corrida 7 que apresentou menor intenção de compra teve as piores avaliações de textura e sabor.

Sabendo que somente a média de cada atributo é um dado único que não demonstra como foi a dispersão das notas da avaliação sensorial em torno desta média, as Figuras 15 a 21 mostram os histogramas de frequência das observações, onde é possível verificar se as amostras apresentam o mesmo perfil, assim as notas foram divididas em níveis para melhor verificar esta distribuição.

Através destas Figuras, podemos perceber que para algumas corridas em determinados atributos há um deslocamento para a esquerda, aumentando o valor da média (caso da corrida 6 na textura – Figura 18) ou para a direita, diminuindo o valor da média (caso da corrida 1 na aparência – Figura 14). Muitas vezes, a diminuição num nível foi compensada por um acréscimo maior em um nível consecutivo, fazendo com que as amostras não diferissem significativamente na maioria dos atributos.

Fica claro pela análise destas figuras que a intenção de compra deste produto pode ser melhorada. Os atributos cor, aroma sabor e acidez dos produtos apresentaram bom desempenho enquanto que aparência e textura são aspectos que precisam ser melhorados.

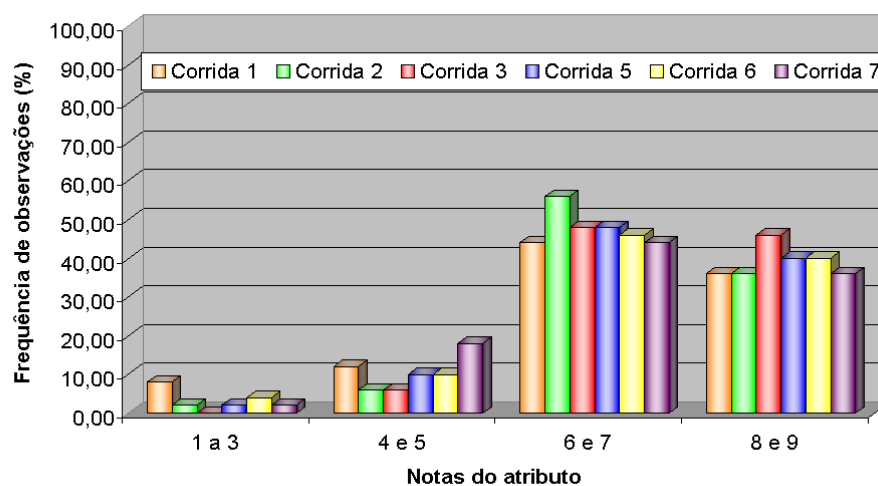


Figura 15. Histograma da aparência.

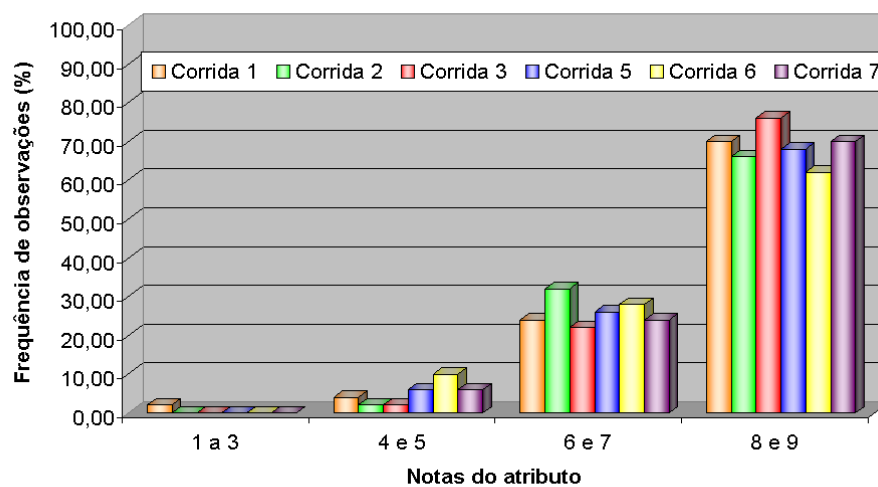


Figura 16. Histograma da cor.

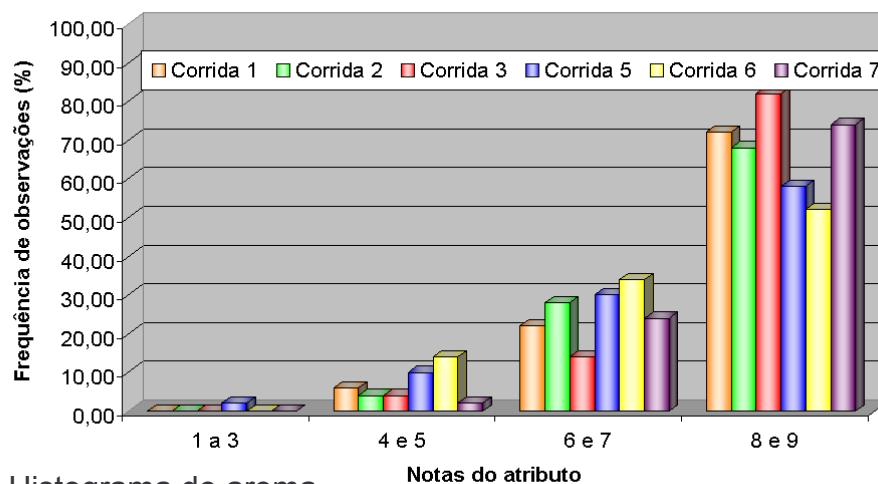


Figura 17. Histograma do aroma.

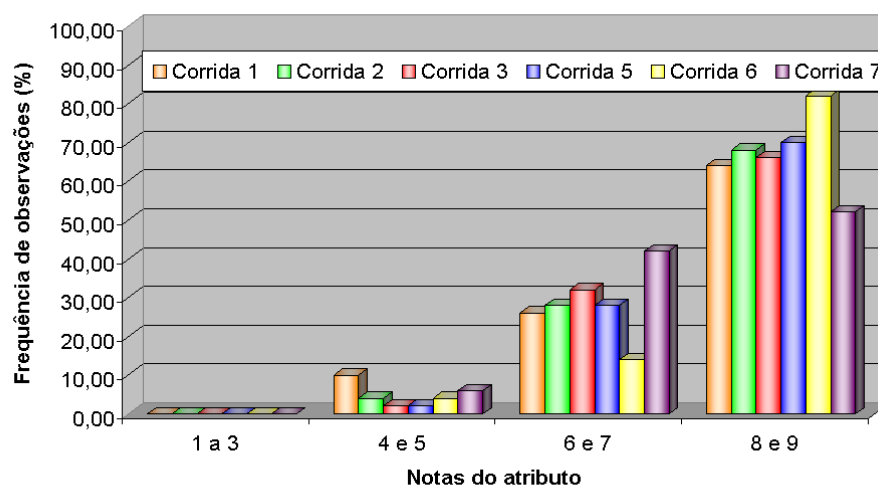


Figura 18. Histograma do sabor.

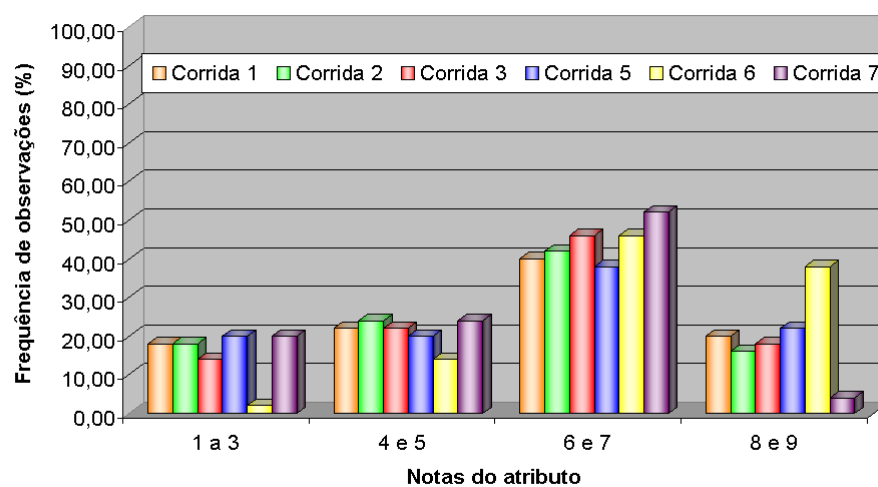


Figura 19. Histograma da textura.

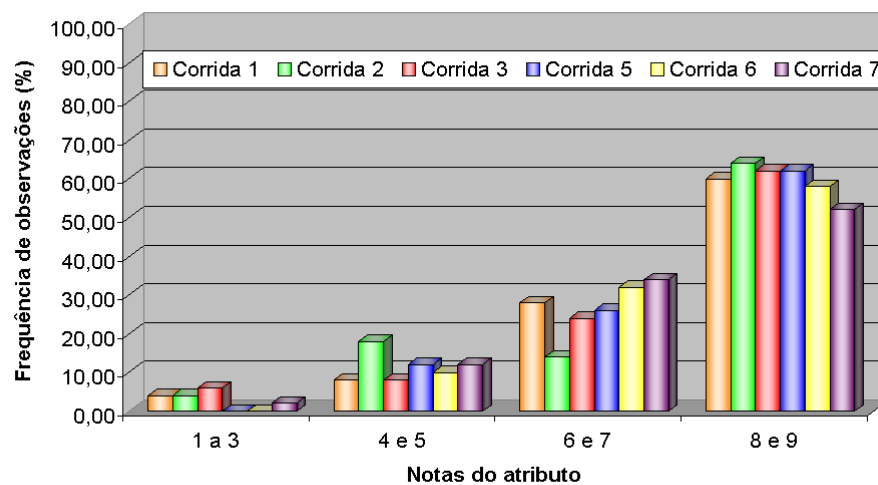
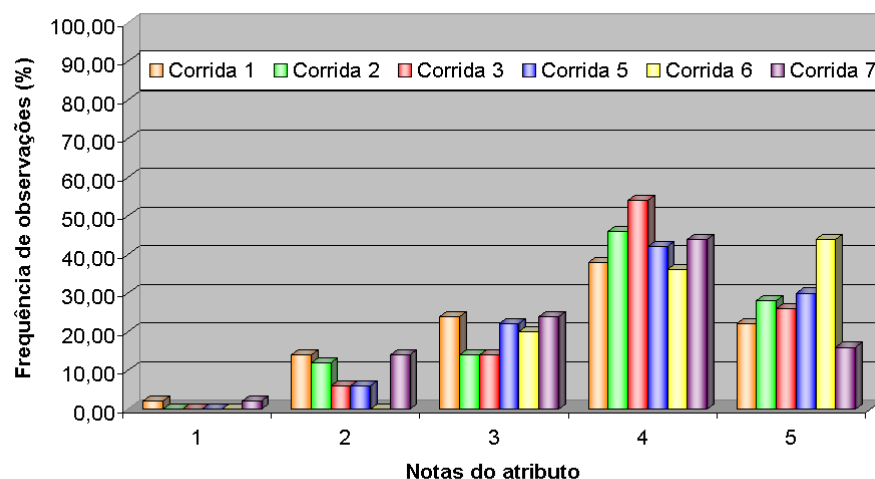
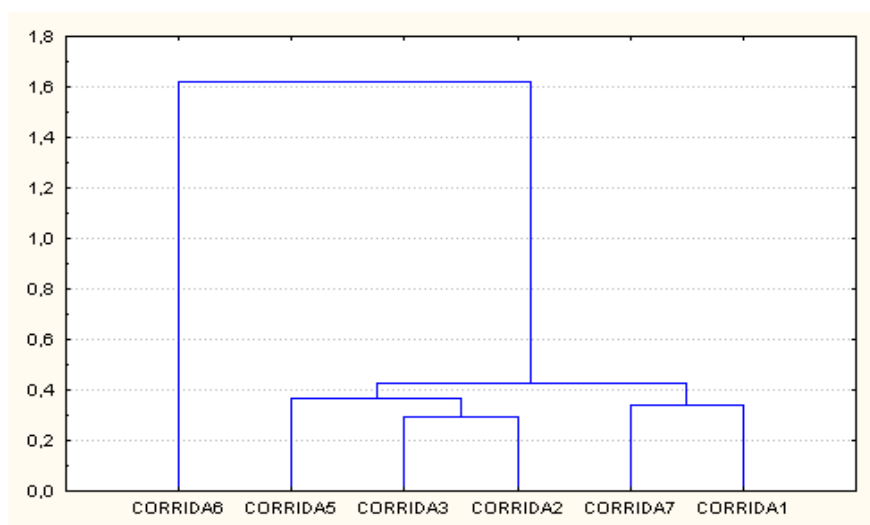


Figura 20. Histograma da acidez.



**Figura 21.** Histograma da intenção de compra.

A Figura 22 apresenta o gráfico resultante da análise de cluster, onde as amostras são agrupadas por similaridades e quanto menor a distância da linha horizontal que une as amostras em relação ao eixo x, menor a diferença entre elas. Portanto, as amostras de “petit suisse” das corridas foram distribuídas em grupos: a corrida 6 que foi a de melhor aceitação geral; as corridas 5, 3 e 2 (estas duas últimas as mais semelhantes entre todas) com uma aceitação intermediária; e, com menor aceitação (mas ainda com boas notas) as corridas 1 e 7. Estes dois últimos grupos formaram então um quarto grupo mais genérico.



**Figura 22.** Agrupamento das amostras de “petit suisse” em relação aos atributos sensoriais, obtido pela análise de cluster.

Quando comparamos as médias obtidas pelos “petit suisses” deste trabalho com as notas obtidas por algumas marcas comerciais avaliadas sensorialmente no trabalho de Veiga (1999), verificamos que os quarks produzidos por ultrafiltração receberam notas maiores em relação ao sabor, variando de 7,48 a 8,02, e a aparência, variando de 6,52 a 7,14, em relação aos comerciais, cujas notas estiveram nas faixas de 5,76 a 7,27 e 3,93 a 7,56, respectivamente. Entretanto para textura nossos queijos tiveram notas menores, entre 5,20 e 6,84, enquanto que os comerciais apresentaram notas entre (6,76 e 7,54).

Quando observamos os termos citados durante a análise sensorial (anexo 4) verificamos que os termos mais citados estiveram relacionados com a falta de textura da amostra tais como: “muito líquido”, “muito mole”, “aguado” e “pouco consistente”.

Os termos relacionados a amargor e arenosidade, que são problemas relatados na literatura para o queijo quark obtido por ultrafiltração foram citados por um número muito pequeno de pessoas (menos que 10%), demonstrando que o produto final não apresentou estas características, considerada como defeito, ou se apresentou, houve um número muito reduzido de pessoas que detectaram as suas presenças.

A falta de amargor pode estar relacionada pela ultrafiltração do leite previamente acidificado até pH 4,45, o que faz com que o teor de cálcio no queijo quark seja reduzido. Segundo Mahaut *et al.* (1982) citado por Jameson (1983), o sabor indesejável em razão da excessiva retenção de cálcio pode ser reduzido pela ultrafiltração do leite coagulado a pH 4,4.

Outra possibilidade para o não surgimento de sabor amargo é ausência do uso de coagulante durante a acidificação. Sohal *et al.* (1988), recentemente confirmaram que a principal causa de amargor está relacionada ao excessivo uso de coagulante no produto, fazendo com que sua atividade residual produza pequenos peptídeos causadores de amargor. A simples adição de 0,001% de coagulante já foi suficiente para desenvolver o amargor no produto .

## 6. CONCLUSÕES GERAIS

1. O elevado fluxo de permeado médio obtido nas corridas de ultrafiltração, aproximadamente  $100 \text{ kg/h.m}^2$ , quando comparado a resultados obtidos por outros autores, indica possível viabilidade de aplicação industrial do processo utilizado neste trabalho.

2. Apesar do elevado erro puro não permitir indicar tendências, verifica-se que a faixa de pressão de 1,5 a 2,0 bar mostrou ser mais adequada para a obtenção de alto fluxo de permeado, enquanto que a velocidade de escoamento não apresentou efeito significativo, provavelmente, devido à consistência homogênea e viscosa do retentado.

3. A dificuldade na obtenção de uma repetibilidade dos experimentos deveu-se basicamente a duas razões. A primeira delas é a própria membrana que, no caso, apresentou variações na permeabilidade da água devido a dificuldades de limpeza. A segunda delas é o próprio processo onde fatores como: variação de composição da matéria-prima, tempo de fermentação, condições da termização, estrutura da coalhada que depende destes 2 últimos fatores, agitação e dessora, que também contribuem no sentido de dificultar uma boa repetibilidade.

4. O ajuste dos dados experimentais ao modelo de Wu (1991) apresentou valores dos parâmetros,  $K_f$  e  $K_p$ , próximos aos encontrados para soluções de proteína pura pelo autor, apesar do quark apresentar uma composição mais complexa.

5. Não foi observado nenhum efeito significativo da pressão transmembrana e da velocidade de escoamento sobre o desempenho da membrana em termos de retenção de proteínas, sendo que os coeficientes de retenção (CR) e retenção protéica (RT) ficaram entre 92,6 a 94,4% e 94,6 a 96,1%, respectivamente. O rendimento protéico obtido foi elevado, próximo de 95%.



6. O rendimento global do processo também foi muito bom com uma relação de 3,5 litros de leite para a produção de 1 kg de quark, quando valores do processo convencional correspondem a 4,6 litros de leite.

7. Os “petit suisses” de todas as corridas apresentaram notas muito boas na avaliação sensorial, para quase todos os atributos, ficando a desejar na aparência e na textura. Observou-se uma relação direta entre uma boa avaliação de textura e uma maior intenção de compra. Quando comparados com as notas de “petit suisse” comerciais analisados sensorialmente por Veiga (1999), o produto final obtido do quark ultrafiltrado em nosso trabalho, apresentou notas maiores em relação a sabor e menores em relação à textura.

8. As menores notas para a textura foram causadas pela falta de consistência do produto que se apresentou muito líquido, em virtude da baixa quantidade de sólidos totais no retentado (entre 14,8 e 15,8 %).

9. Outro aspecto positivo do quark produzido foi a eliminação da dessoragem, que é um problema comum neste queijo. Isto ocorreu devido a uma maior incorporação de proteínas do soro pela termização. Além disso, o “petit suisse” apresentou número bastante reduzido de observações a respeito de arenosidade e amargor, problemas comuns e muito citados na literatura quando o processo de obtenção do queijo tipo quark inclui a ultrafiltração.

## **7. PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS**

1) Melhoria no processo de controle da temperatura nas fases de aquecimento, manutenção e resfriamento durante a termização no trocador de calor, uma vez que esta etapa provavelmente foi responsável, pelo menos em parte, pelo grande erro puro obtido no fluxo de permeado, uma vez que foi difícil a manutenção das mesmas condições para as várias corridas.

2) Aumentar o FC, para cerca de 4,0 a 4,2, como forma de obter um queijo quark com 18% de sólidos totais, melhorando muito provavelmente a textura do “petit suisse” produzido.

3) Realizar um estudo semelhante empregando a técnica de acidificação direta do leite, que leva a uma significativa redução do tempo de processo, e analisando: o desempenho da membrana, rendimentos protéicos e característica sensorial.

4) Realizar um estudo comparando os custos de produção do “petit suisse” pelo método tradicional e pelo método de ultrafiltração, considerando também o rendimento e os custos inerentes a cada um dos processos.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ANON. Queso blando (spei-sequark) – Un alimento de valor nutritivo y fisiológico. **La Industria Lechera**, n.599-600, p.205, 1969.
2. ANTONIOU, D.; KIOULAFI, P.; SAKELLAROPOULOS, G. Studies on the application of ultrafiltration for the manufacture of Teleme cheese. **Milchwissenschaft**, v.50, n.10, p.560-565, 1995.
3. AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16.ed. 3.rev. Maryland, 1997. v.2. p.10-12. (Seção 33).
4. ATHERTON, H. V.; NEWLANDER, J. A. **Chemistry and testing of dairy products**. 4.ed. Westport, AVI, 1981. 396p.
5. BAURLE, H. W.; WALENTA, W.; KESSLER, H. G. Manufacture of skim milk quarg using ultrafiltration. **Deutsche-Molkerei-Zeitung**, v.105, n.12, p.356-363, 1984.
6. BARROS NETO, B.; SCARMINO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Ed. Unicamp. Campinas, 1995. 299p.
7. BENNASAR, M.; TARODO de la FUENTE, B. Model of the fouling mechanism and of the working of a mineral membrane in tangential filtration. **Science des Aliments**, v.7, p.647-655, 1987.
8. BENITO, J. J. S. Processamento de leite desnatado por ultrafiltração e hiperfiltração. trad. Pasilac A. S.: Skimmilk processing by ultrafiltration and hiperfiltration. **Revista do ILCT**, Juiz de Fora, p.41-47, nov.-dez., 1980.
9. BRESLAU, B. R. Ultrafiltration, theory and practice. In: **Corn Refiners Association Scientific Conference**, 1982, Lincolnshire.

- 10.CARIC', M. D.; MILANOVIC', S. D.; KRSTIC', D. M.; TEKIC', M. N. Fouling of inorganic membranes by adsorption of whey proteins. **Journal of Membrane Science**, v.165, p.83-88, 2000.
- 11.CHANDAN, R. Can ultrafiltration give cheesemakers the cutting edge? **Dairy Record**, v.83, n.12, p.144-145, Nov., 1982.
- 12.CHERYAN, M. **Ultrafiltration handbook**. Pennsylvania: Technomic Publishing Company Inc. Lancaster, 1986. 375p.
- 13.CORBIN, E. A.; WHITTIER, E. O. Composition of milk. In: **Fundamentals of dairy chemistry**. Connecticut: The AVI publishing company, 1965. cap1. p.1-36.
- 14.COVICEVICH, H.; KOSIKOWSKI, F. V. Buffer, lactic fermentation, and rennet coagulation properties of skim milk retentates produced by ultrafiltration. **Journal of Dairy Science**, v.62, n.2, p.204-207, 1979.
- 15.DARRINGTON, H. Cheese: na ultrafiltration debut. **Food Manufacture**, v.62, n.2, p.57, Feb., 1987.
- 16.DAUFIN, G.; MERIN, U.; LABBÉ, J. P.; QUÉMERAIS, A.; KERHERVÉ, F. L. Cleaning of inorganic membranes after whey and milk ultrafiltration. **Biotechnology and Bioengineering**, v.38, p.82-89, June, 1991.
- 17.ERIKSEN, J. New technology applied to cheese production. **Food Technology in New Zealand**, p.29 & 36, June, 1985.
- 18.EL-GAZZAR, F. E.; MARTH, E. H. Ultrafiltration and reverse osmosis in dairy technology: a review. **Journal of Food Protection**, v.54, n.10, p.801-809, Oct., 1991.
- 19.JAMESON, G. W. Some recent advances in cheese technology. **CSIRO Division of Food Research**, v.43, n.3, p. 57-66, Sept., 1983.

- 20.JELEN, P.; RENZ-SCHAUEN,A. Quarg manufacturing innovations and their effects on quality, nutritive value, and consumer acceptance. **Food Technology**, p.74-81, Mar., 1989.
- 21.JEVONS, M. Separate & Concentrate. **Dairy Industries International**, v.62, n.8, p.19 & 21, Aug., 1997.
- 22.KUO, K.; CHERYAN, M. Ultrafiltration of acid whey in a spiral-wound unit: effect of operating parameters on membrane fouling. **Journal of Food Science**, v.48, p.1113-1118, 1983.
- 23.LANARA. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos Analíticos Oficiais para Controle de Produtos de Origem Animal e seus Ingredientes II. Métodos Físicos e Químicos**, 1981. 221p.
- 24.LAWRENCE, R. C. The use of ultrafiltration technology in cheesemaking. **Bulletin of the International Dairy Federation**, Brussels, v.240, p.2-15, 1989.
- 25.LUCEY, J. A.; MUNRO, P. A.; SINGH, H. Whey separation in acid skim milk gels made with glucono-delta lactone: effects of heat treatment and gelation temperature. **Journal of Texture Studies**, v. 29, n.4, p. 413-426, 1998.
- 26.MANN, E. J. Digest of international dairy publications: quarg and tvorog (part 1). **Dairy Industries International**, v. 43, n.4, p.42-43, Mar., 1978.
- 27.MANN, E. J. Quarg and tvorog. **Dairy Industries International**, v.52, n.8, p.12-13, 1987.
- 28.MARSHALL, A. D.; DAUFIN, G. Physico-chemical aspects of membrane fouling by dairy fluids. **Fouling and Cleaning in Pressure Driven Membrane Processes**. International Dairy Federation, p. 8-29, 1995.

29. MAUBOIS, J. L.; MOCQUOT, G.; THAPON, J. L.; HUMILIER, M. C.; CHOPIN, A.; GOUDEDRANCHE, H.; DUPAS, C.; BLANC-PATIN, E.; PIOT, M.; FAUQUANT, J. Préparation de fromage à partir de “pré-fromage liquide” obtenu par ultrafiltration du lait. **Le Lait**, v.51, n.508, p.495-533, 1971.
30. MAUBOIS, J. L.; KREYSA, G.; JÜTTNER, K. M.; DITTMAYER, R.; FEUSTEL-BÜEHL, J.; BINOT, R.; STRATHMANN, H.; KEDEM, O.; CHARPENTIER, J. C.; RIOS, G.; STANKIEWICZ, A.; AKAY, G. An international report on membranes science and technology perspectives and needs. In: International Conference on Membranes (ICOM), 2002, Toulouse.
31. MERIN, U.; CHERYAN, M. Factors affecting the mechanism of flux decline during ultrafiltration of cottage cheese whey. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.4, p.183-198, 1980.
32. MISTRY, V. V.; KOSIKOWSKI, F. V. Growth of lactic acid bacteria in highly concentrated. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.10, p. 2536-2543, 1985.
33. MORGADO, F. E. F.; BRANDÃO, S. C. C. Diferença tecnológica comparativa na fabricação de queijo tipo quark obtido pelo método de ultrafiltração direta do leite em comparação com o processo tradicional. **Revista do ILCT**, v.47, n.279-281, p.104-108, 1992.
34. MORGADO, F. E. F.; BRANDÃO, S. C. C. Ultrafiltração do leite para produção de queijo tipo petit suisse. **Indústria de Laticínios**, p.35-39, jan.-fev., 1998.
35. OTTOSEN, N. The use of membranes for the production of fermented cheese. **Bulletin of the International Dairy Federation**, Brussels, v.311, p.18-20, 1996.
36. PATEL, R. S.; REUTER, H.; PROKOPEK, D. Production of quarg by ultrafiltration. **Journal of the Society of Dairy Technology**, v.39, n.1, p.27-31, Jan., 1986.

- 37.PERES, L. **Estudo da ultrafiltração por membranas minerais de leite coagulado enzimaticamente.** Campinas, 1997. 135p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- 38.PUHAN, Z.; GALLMANN, P. Ultrafiltration in the manufacture of kumys and quark. **Cultured Dairy Products Journal**, v.15, p.12-16, Feb., 1980.
- 39.RAMACHANDRA RAO, H. G.; LEWIS, M. J.; GRANDISON, A. S. Effect of soluble calcium of milk on fouling of ultrafiltration membranes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.65, p.249-256, 1994.
- 40.RENNER, E.; ABD EL SALAM, M. H. **Application of ultrafiltration in the dairy industry.** London / New York: Elsevier Science Publishers LTD, 1991. 371p.
- 41.ROSENBERG, M. Current and future applications for membrane processes in the dairy industry. **Trends in Food Science and Technology**, v.6, p.12-19, Jan., 1995.
- 42.SACHDEVA, S.; REUTER,H.; PROKOPEK, D.; KLOBES, H. Technological aspects of quarg making by ultrafiltration of coagulated milk. **Cultured Dairy Products Journal**, v.28, n.4, p.21-26, Nov., 1993.
- 43.SOHAL, T. S.; ROEHL, D.; JELEN, P. Rennet as a cause of bitterness development in quarg. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.12, p.3188-3196, 1988.
- 44.SUTHERLAND, B. J.; JAMESON, G. W. Composition of hard cheese manufactured by ultrafiltration. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v.36, n.4, p.136-143, Dec., 1981.
- 45.WU, D.; HOWELL, J. A.; TURNER, N. M. A new method for modeling the time-dependence of permeation flux in ultrafiltration. **Food and Bioprocesses Processing**, v.69 (C2), p.77-82, 1991.

- 46.VAN DENDER, A. G. F.; VALLE, J. L. E.; GARCIA, S.; MORENO, I. Adaptação da tecnologia de fabricação e termização do queijo quark. **Revista do ILCT**, v.40, n.239, p.33-53, 1985.
- 47.VEIGA, P. G. **Fabricação de queijo petit suisse por ultrafiltração de leite coagulado**. Campinas, 1999. 117p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- 48.VEYRE, R. Utilisation des membranes minérales Cabosep em industrie agro-alimentaire. **Le Lait**, v.64, n.638-639, p.261-275, avr.-mai, 1984.



## ANEXOS

## ANEXO 1. GRÁFICOS DO FLUXO DE PERMEADO VS. TEMPO E DADOS COLETADOS DURANTE A ETAPA DE ULTRAFILTRAÇÃO

## a) Corrida 1 (pressão = 1,0 bar e velocidade = 2,50 m/s)

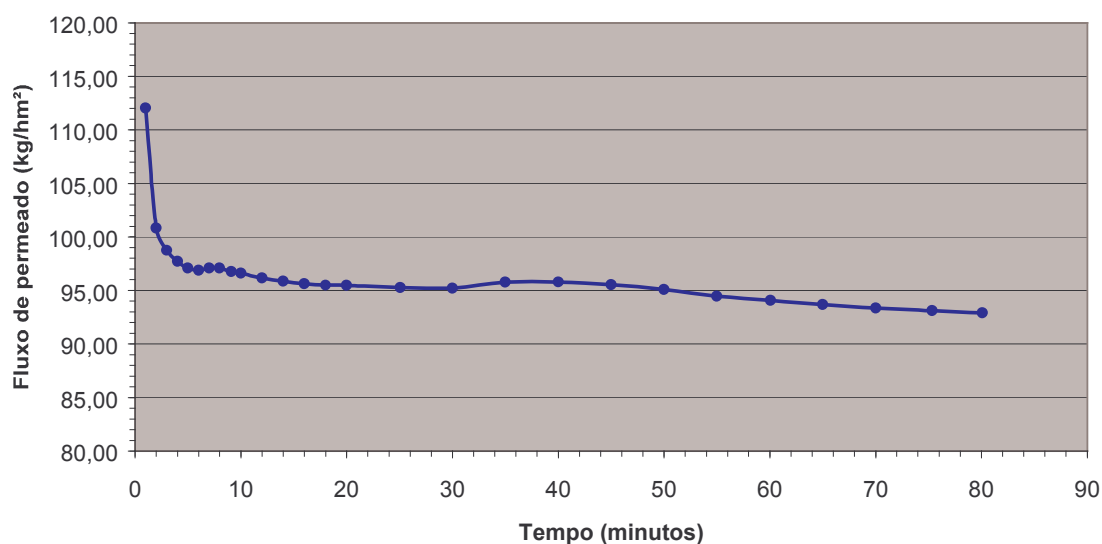
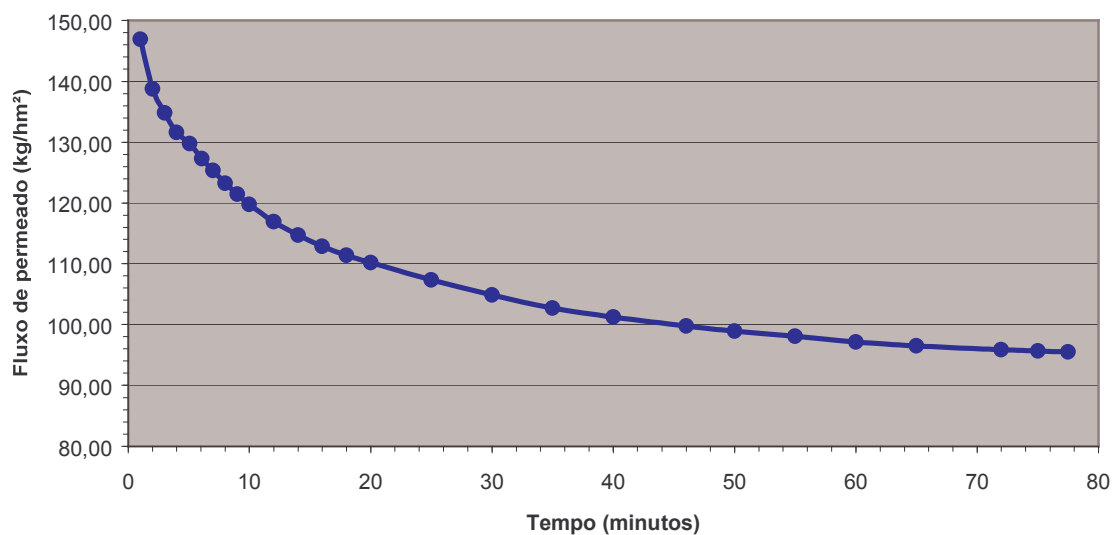


Figura 23. Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 1.

Tabela 15. Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 1.

Corrida = 1	Acidez do leite = 6,72
Pressão desejada = 1,0 bar	Acidez da massa = 4,45
Temperatura desejada = 40°C	Início da fermentação = 9:30
Velocidade desejada = 2,5 m/s	Fim da fermentação = 15:00
Vazão desejada = 2,14 m³/h	Volume / Peso Inicial = 41,830 kg
FC desejado = 3,5	

Tempo (min)	Massa de permeado (kg)	Temperatura (°C)	Pressão 1 (bar)	Pressão 2 (bar)	Vazão volumétrica (m³/h)	FC	J instantâneo (kg/hm²)	J acumulado (kg/hm²)
1	0,450	40	1,4	0,6	2,40	1,01	112,03	112,03
2	0,810	40	1,4	0,6	2,37	1,02	89,63	100,83
3	1,190	40	1,4	0,6	2,18	1,03	94,61	98,76
4	1,570	40	1,4	0,6	2,08	1,04	94,61	97,72
5	1,950	40	1,4	0,6	2,08	1,05	94,61	97,10
6	2,335	40	1,4	0,6	2,11	1,06	95,85	96,89
7	2,730	40	1,4	0,6	2,13	1,07	98,34	97,10
8	3,120	40	1,4	0,6	2,12	1,08	97,10	97,10
9,083	3,530	40	1,4	0,6	2,36	1,09	94,25	96,76
10	3,880	40	1,4	0,6	2,30	1,10	95,02	96,60
12	4,635	40	1,4	0,6	2,16	1,12	93,98	96,16
14	5,390	40	1,4	0,6	2,16	1,15	93,98	95,85
16	6,145	40	1,4	0,6	2,16	1,17	93,98	95,62
18	6,905	40	1,4	0,6	2,13	1,20	94,61	95,50
20	7,670	40	1,4	0,6	2,13	1,22	95,23	95,48
25,083	9,600	40	1,4	0,6	2,14	1,30	94,53	95,29
30	11,475	40	1,4	0,6	2,14	1,38	94,94	95,23
35	13,465	40	1,4	0,6	2,34	1,47	99,09	95,78
40	15,390	40	1,4	0,6	2,17	1,58	95,85	95,79
45	17,270	40	1,3	0,7	2,17	1,70	93,61	95,55
50	19,100	39	1,3	0,7	2,40	1,84	91,12	95,10
55	20,870	39	1,3	0,7	2,30	2,00	88,13	94,47
60,083	22,700	39	1,4	0,6	2,20	2,19	89,63	94,06
65	24,460	40	1,4	0,6	2,15	2,41	89,11	93,69
70	26,255	40	1,6	0,4	2,16	2,69	89,38	93,38
75,333	28,175	40	1,8	0,2	2,12	3,06	89,63	93,11
80,083	29,880	42	2,4	0,0	2,08	3,50	89,36	92,89

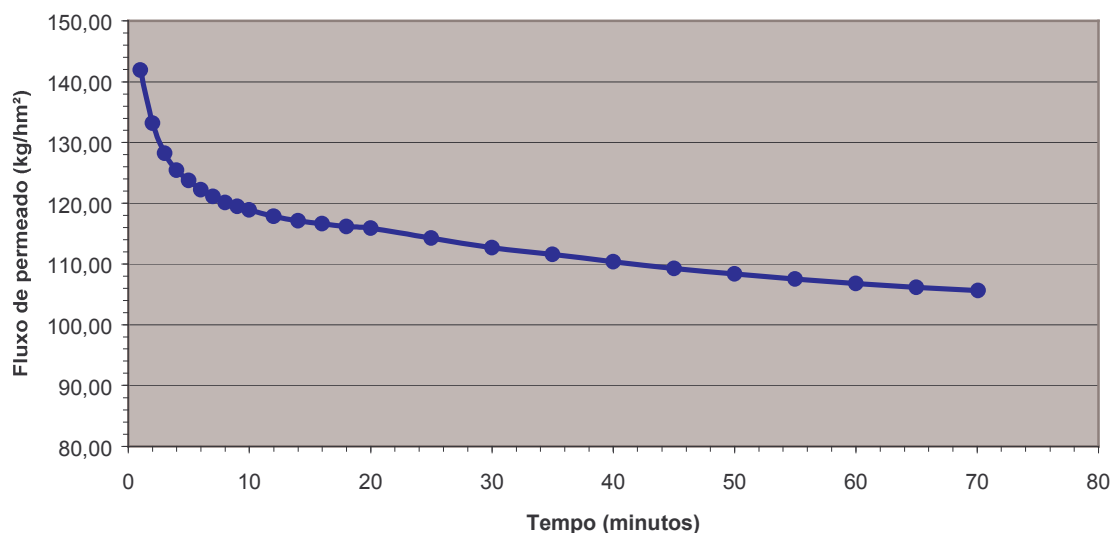
**b) Corrida 2 (pressão = 2,0 bar e velocidade = 2,50 m/s)**

**Figura 24.** Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 2.

**Tabela 16.** Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 2.

Corrida = 2	Acidez do leite = 6,73
Pressão desejada = 2,0 bar	Acidez da massa = 4,47
Temperatura desejada = 40°C	Início da fermentação = 16:00
Velocidade desejada = 2,5 m/s	Fim da fermentação = 24:00
Vazão desejada = 2,14 m³/h	Volume / Peso Inicial = 41,610 kg
FC desejado = 3,5	

Tempo (min)	Massa de permeado (kg)	Temperatura (°C)	Pressão 1 (bar)	Pressão 2 (bar)	Vazão volumétrica (m³/h)	FC	J instantâneo (kg/hm²)	J acumulado (kg/hm²)
1	0,590	42	2,4	1,6	2,20	1,01	146,89	146,89
2	1,115	42	2,3	1,7	2,20	1,03	130,71	138,80
3	1,625	42	2,3	1,7	2,07	1,04	126,97	134,85
4	2,115	42	2,3	1,7	2,07	1,05	121,99	131,64
5,083	2,650	42	2,3	1,7	2,15	1,07	122,99	129,80
6,083	3,110	42	2,3	1,7	2,17	1,08	114,52	127,28
7	3,525	41	2,3	1,7	2,16	1,09	112,67	125,37
8	3,960	40	2,3	1,7	2,17	1,11	108,30	123,24
9	4,390	40	2,3	1,7	2,10	1,12	107,05	121,44
10	4,810	40	2,3	1,7	2,16	1,13	104,56	119,75
12	5,635	40	2,3	1,7	2,12	1,16	102,70	116,91
14	6,450	40	2,3	1,7	2,12	1,18	101,45	114,70
16	7,255	40	2,3	1,7	2,13	1,21	100,21	112,89
18	8,055	40	2,3	1,7	2,13	1,24	99,59	111,41
20	8,850	40	2,3	1,7	2,13	1,27	98,96	110,17
25	10,780	40	2,3	1,7	2,06	1,35	96,10	107,35
30	12,635	40	2,3	1,7	2,16	1,44	92,37	104,85
35	14,440	40	2,3	1,7	2,15	1,53	89,88	102,71
40	16,260	40	2,3	1,7	2,17	1,64	90,62	101,20
46	18,430	40	2,3	1,7	2,17	1,80	90,04	99,75
50	19,865	40	2,3	1,7	2,15	1,91	89,32	98,91
55	21,660	40	2,3	1,7	2,15	2,09	89,38	98,05
60	23,410	40	2,3	1,7	2,16	2,29	87,14	97,14
65	25,185	40	2,4	1,6	2,16	2,53	88,38	96,46
72	27,720	41	2,6	1,4	2,10	3,00	90,16	95,85
75	28,810	41	2,6	1,4	2,20	3,25	90,46	95,63
77,5	29,720	42	2,8	1,2	2,10	3,50	90,62	95,47

**c) Corrida 3 (pressão = 1,5 bar e velocidade = 3,75 m/s)**

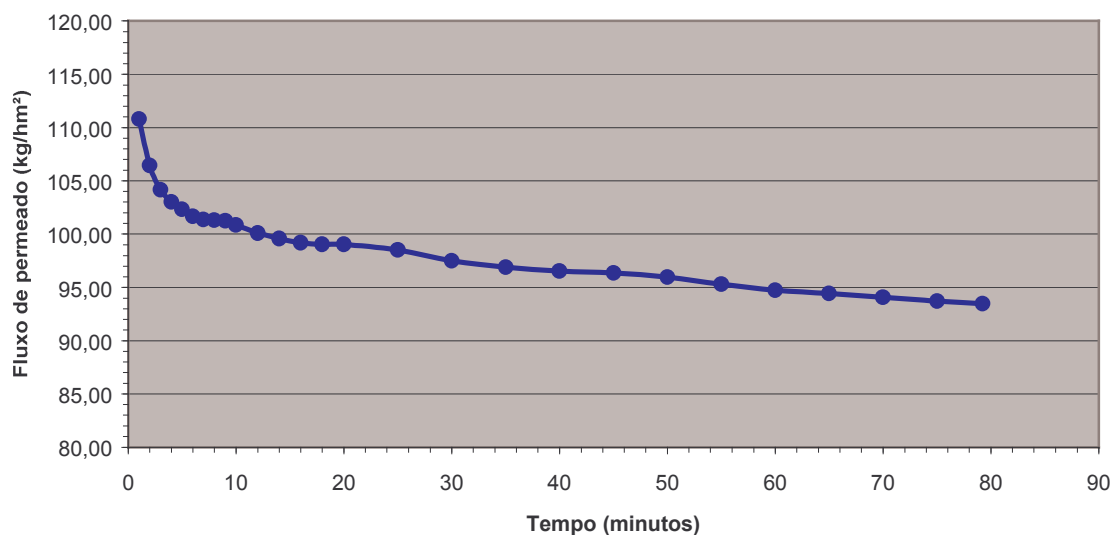


**Figura 25.** Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 3.

**Tabela 17.** Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 3.

Corrida = 3	Acidez do leite = 6,70
Pressão desejada = 1,5 bar	Acidez da massa = 4,45
Temperatura desejada = 40°C	Início da fermentação = 11:20
Velocidade desejada = 3,75 m/s	Fim da fermentação = 19:30
Vazão desejada = 3,21 m³/h	Volume / Peso Inicial = 41,630 kg
FC desejado = 3,5	

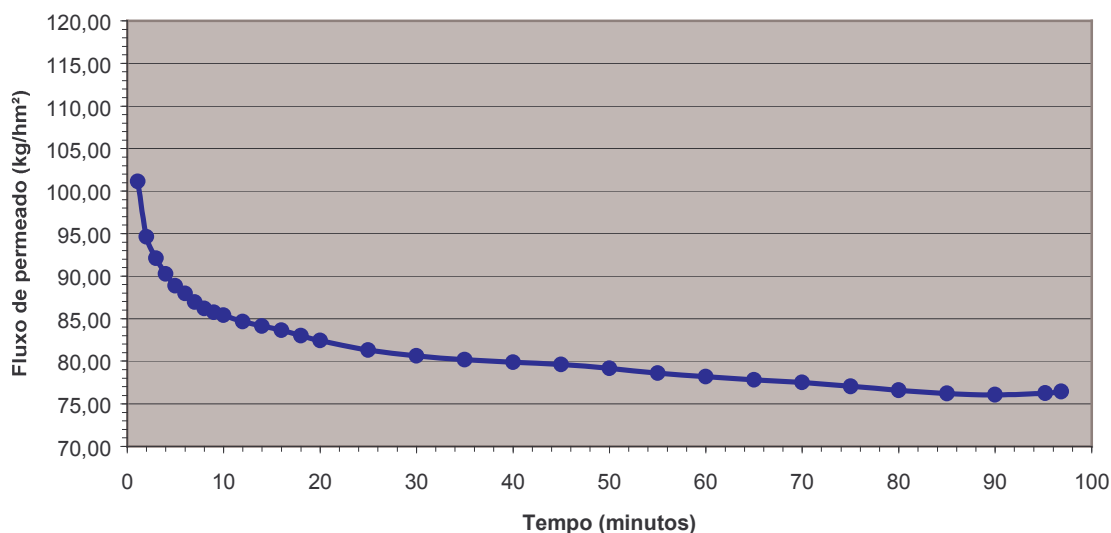
Tempo (min)	Massa de permeado (kg)	Temperatura (°C)	Pressão 1 (bar)	Pressão 2 (bar)	Vazão volumétrica (m³/h)	FC	J instantâneo (kg/hm²)	J acumulado (kg/hm²)
1	0,570	40	2,0	1,0	3,40	1,01	141,91	141,91
2	1,070	40	2,0	1,0	3,18	1,03	124,48	133,20
3	1,545	40	2,0	1,0	3,18	1,04	118,26	128,22
4	2,015	40	2,0	1,0	3,18	1,05	117,01	125,41
5	2,485	40	2,0	1,0	3,18	1,06	117,01	123,73
6	2,945	40	2,0	1,0	3,19	1,08	114,52	122,20
7	3,405	40	2,0	1,0	3,19	1,09	114,52	121,10
8	3,860	40	2,0	1,0	3,19	1,10	113,28	120,12
9	4,320	40	2,0	1,0	3,19	1,12	114,52	119,50
10	4,775	40	2,0	1,0	3,20	1,13	113,28	118,88
12	5,680	40	2,0	1,0	3,20	1,16	112,66	117,84
14	6,585	40	2,0	1,0	3,20	1,19	112,66	117,10
16	7,495	40	2,0	1,0	3,21	1,22	113,28	116,62
18	8,400	41	2,0	1,0	3,21	1,25	112,66	116,18
20	9,310	41	2,0	1,0	3,21	1,29	113,28	115,89
25	11,475	40	2,0	1,0	3,21	1,38	107,80	114,27
30	13,580	40	2,0	1,0	3,20	1,48	104,81	112,70
35	15,685	40	2,0	1,0	3,21	1,60	104,81	111,57
40	17,735	40	2,0	1,0	3,21	1,74	102,07	110,38
45	19,745	40	2,0	1,0	3,26	1,90	100,08	109,24
50	21,760	40	2,0	1,0	3,19	2,10	100,33	108,35
55	23,755	40	2,0	1,0	3,19	2,33	99,34	107,53
60	25,730	40	2,2	0,8	3,17	2,62	98,34	106,76
65	27,710	40	2,4	0,6	3,20	2,99	98,59	106,13
70,083	29,735	42	2,6	0,4	3,10	3,50	99,18	105,63

**d) Corrida 5 (pressão = 1,5 bar e velocidade = 3,75 m/s)****Figura 26.** Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 5.**Tabela 18.** Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 5.

Corrida = 5	Acidez do leite = 6,60
Pressão desejada = 1,5 bar	Acidez da massa = 4,50
Temperatura desejada = 40°C	Início da fermentação = 10:20
Velocidade desejada = 3,75 m/s	Fim da fermentação = 19:30
Vazão desejada = 3,21	Volume / Peso Inicial = 41,655 kg
FC desejado = 3,5	

Tempo (min)	Massa de permeado (kg)	Temperatura (°C)	Pressão 1 (bar)	Pressão 2 (bar)	Vazão volumétrica (m³/h)	FC	J instantâneo (kg/hm²)	J acumulado (kg/hm²)
1	0,445	40	2,0	1,0	3,25	1,01	110,79	110,79
2	0,855	40	2,0	1,0	3,20	1,02	102,07	106,43
3	1,255	40	2,0	1,0	3,18	1,03	99,59	104,15
4	1,655	40	2,0	1,0	3,14	1,04	99,59	103,01
5	2,055	40	2,0	1,0	3,17	1,05	99,59	102,32
6	2,450	40	2,0	1,0	3,19	1,06	98,34	101,66
7	2,850	40	2,0	1,0	0,19	1,07	99,59	101,36
8	3,255	40	2,0	1,0	3,20	1,08	100,83	101,30
9	3,660	40	2,0	1,0	3,19	1,10	100,83	101,24
10	4,050	40	2,0	1,0	3,24	1,11	97,10	100,83
12	4,825	40	2,0	1,0	3,21	1,13	96,47	100,10
14	5,600	40	2,0	1,0	3,21	1,16	96,47	99,59
16	6,375	40	2,0	1,0	3,21	1,18	96,47	99,20
18	7,160	40	2,0	1,0	3,22	1,21	97,72	99,03
20	7,955	41	2,0	1,0	3,21	1,24	98,96	99,02
25	9,895	40	2,0	1,0	3,23	1,31	96,60	98,54
30	11,750	40	2,0	1,0	3,20	1,39	92,37	97,51
35,033	13,635	40	2,0	1,0	3,23	1,49	93,24	96,90
40	15,510	40	2,0	1,0	3,25	1,59	93,98	96,54
45	17,415	40	2,0	1,0	3,24	1,72	94,85	96,35
50	19,275	40	2,0	1,0	3,23	1,86	92,61	95,98
55	21,055	40	2,0	1,0	3,22	2,02	88,63	95,31
60	22,830	40	2,0	1,0	3,22	2,21	88,38	94,73
65	24,655	40	2,0	1,0	3,24	2,45	90,87	94,43
70	26,455	40	2,2	0,8	3,29	2,74	89,63	94,09
75	28,235	41	2,4	0,6	3,24	3,10	88,63	93,73
79,25	29,755	42	2,5	0,5	3,18	3,50	89,04	93,47

**e) Corrida 6 (pressão = 1,0 bar e velocidade = 5,00 m/s)**



**Figura 27.** Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 6.

**Tabela 19.** Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 6.

Corrida = 6	Acidez do leite = 6,71
Pressão desejada = 1,0 bar	Acidez da massa = 4,45
Temperatura desejada = 40°C	Início da fermentação = 9:30
Velocidade desejada = 5,0 m/s	Fim da fermentação = 17:20
Vazão desejada = 4,28	Volume / Peso Inicial = 41,630 kg
FC desejado = 3,5	

Tempo (min)	Massa de permeado (kg)	Temperatura (°C)	Pressão 1 (bar)	Pressão 2 (bar)	Vazão volumétrica (m³/h)	FC	J instantâneo (kg/hm²)	J acumulado (kg/hm²)
1.083	0.440	40	1.8	0.2	4.28	1.01	101.15	101.15
2	0.760	40	1.7	0.3	4.27	1.02	86.88	94.61
3	1.110	40	1.7	0.3	4.26	1.03	87.14	92.12
4	1.450	40	1.8	0.2	4.24	1.04	84.65	90.25
5	1.785	40	1.8	0.2	4.25	1.04	83.40	88.88
6	2.120	40	1.8	0.2	4.27	1.05	83.40	87.97
7	2.445	40	1.8	0.2	4.26	1.06	80.91	86.96
8	2.770	40	1.8	0.2	4.29	1.07	80.91	86.20
9	3.100	40	1.8	0.2	4.29	1.08	82.16	85.75
10	3.430	40	1.8	0.2	4.29	1.09	82.16	85.39
12	4.080	40	1.8	0.2	4.28	1.11	80.91	84.65
14	4.730	40	1.8	0.2	4.28	1.13	80.91	84.11
16	5.375	40	1.8	0.2	4.28	1.15	80.29	83.64
18	6.000	40	1.8	0.2	4.28	1.17	77.80	82.99
20	6.620	40	1.8	0.2	4.29	1.19	77.18	82.41
25	8.165	40	1.8	0.2	4.30	1.24	76.93	81.31
30	9.715	40	1.8	0.2	4.29	1.30	77.18	80.62
35	11.270	40	1.8	0.2	4.30	1.37	77.43	80.17
40	12.830	41	1.8	0.2	4.24	1.45	77.68	79.85
45	14.390	40	1.8	0.2	4.28	1.53	77.68	79.61
50	15.895	40	1.8	0.2	4.27	1.62	74.94	79.15
55	17.360	40	1.8	0.2	4.27	1.72	72.95	78.58
60	18.835	40	1.8	0.2	4.26	1.83	73.44	78.15
65	20.310	40	1.8	0.2	4.28	1.95	73.44	77.79
70	21.785	40	1.8	0.2	4.30	2.10	73.44	77.48
75	23.205	40	1.7	0.3	4.28	2.26	70.71	77.03
80	24.615	40	1.8	0.2	4.25	2.45	70.21	76.60
85	26.015	40	2.0	0.2	4.30	2.67	69.71	76.20
90	27.495	40	2.2	0.2	4.28	2.95	73.69	76.06
95.167	29.140	42	2.6	0.2	3.80	3.33	79.26	76.23
96.833	29.735	42	2.8	0.2	3.82	3.50	88.92	76.45

## f) Corrida 7 (pressão = 2,0 bar e velocidade = 5,0m/s)

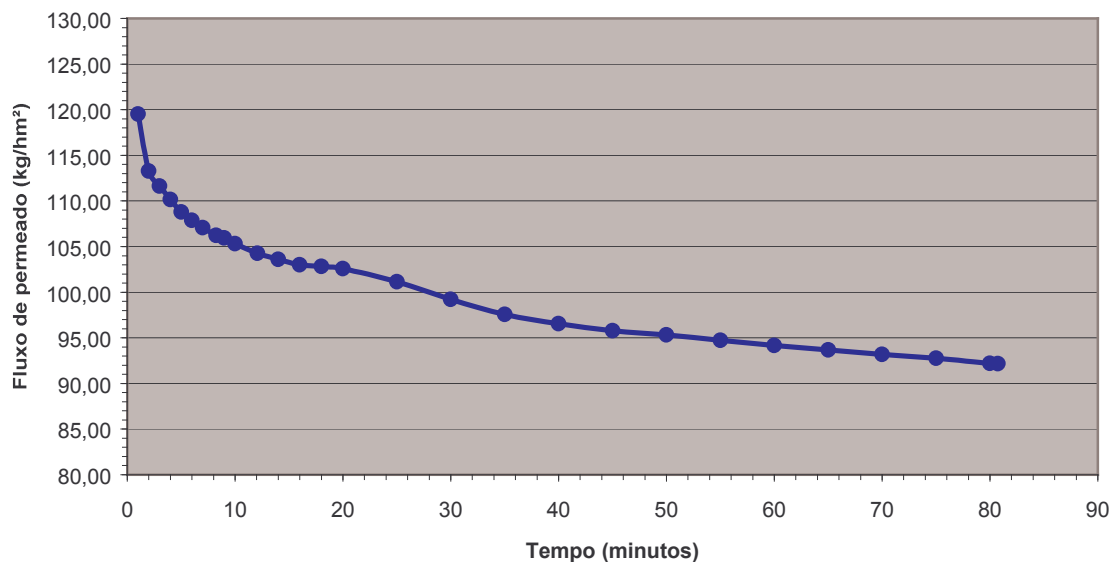


Figura 28. Curva de permeação (fluxo de permeado vs. tempo) da corrida 7.

Tabela 20. Dados coletados durante a etapa de ultrafiltração da corrida 7.

Corrida = 7	Acidez do leite = 4,68
Pressão desejada = 2,0 bar	Acidez da massa = 4,45
Temperatura desejada = 40°C	Início da fermentação = 0:00
Velocidade desejada = 5,0 m/s	Fim da fermentação = 15:45
Vazão desejada = 4,28	Volume / Peso Inicial = 41,850 kg
FC desejado = 3,5	

Tempo (min)	Massa de permeado (kg)	Temperatura (°C)	Pressão 1 (bar)	Pressão 2 (bar)	Vazão volumétrica (m³/h)	FC	J instantâneo (kg/hm²)	J acumulado (kg/hm²)
1	0,480	40	3,0	1,0	4,91	1,01	119,50	119,50
2	0,910	39	2,8	1,2	4,51	1,02	107,05	113,28
3	1,345	39	2,8	1,2	4,31	1,03	108,30	111,62
4	1,770	39	2,8	1,2	4,32	1,04	105,81	110,17
5	2,185	39	2,8	1,2	4,30	1,06	103,32	108,80
6	2,600	40	2,8	1,2	4,28	1,07	103,32	107,88
7	3,010	40	2,8	1,2	4,28	1,08	102,07	107,05
8,25	3,520	40	2,8	1,2	4,26	1,09	101,58	106,22
9	3,830	40	2,8	1,2	4,26	1,10	102,90	105,95
10	4,230	40	2,8	1,2	4,30	1,11	99,59	105,31
12,083	5,060	40	2,8	1,2	4,29	1,14	99,20	104,26
14	5,825	40	2,8	1,2	4,31	1,16	99,35	103,59
16	6,620	40	2,8	1,2	4,24	1,19	98,96	103,01
18	7,435	40	2,8	1,2	4,32	1,22	101,45	102,84
20	8,240	42	2,8	1,2	4,32	1,25	100,21	102,57
25	10,155	40	2,8	1,2	4,28	1,32	95,35	101,13
30	11,955	40	2,8	1,2	4,28	1,40	89,63	99,21
35	13,715	40	2,8	1,2	4,28	1,49	87,63	97,56
40	15,510	40	2,8	1,2	4,27	1,59	89,38	96,54
45	17,310	41	2,8	1,2	4,29	1,71	89,63	95,77
50	19,145	41	2,8	1,2	4,32	1,84	91,37	95,33
55	20,930	41	2,8	1,2	4,29	2,00	88,88	94,74
60	22,695	41	2,8	1,1	4,28	2,18	87,88	94,17
65	24,460	42	2,8	1,2	4,29	2,41	87,88	93,69
70	26,205	42	2,8	1,2	4,28	2,67	86,89	93,20
75	27,945	42	3,0	1,0	4,29	3,01	86,64	92,76
80	29,625	42	3,2	0,8	4,28	3,42	83,65	92,19
80,75	29,895	42	3,4	0,6	4,33	3,50	89,63	92,17

## ANEXO 2. FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

### AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PETIT SUISSE SABOR MORANGO

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_  
 E-mail: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_  
 Amostra: \_\_\_\_\_

1. Você está recebendo uma amostra codificada de PETIT SUISSE sabor morango. Avalie a APARÊNCIA da amostra e indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da APARÊNCIA da amostra:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

2. Comente o que você mais gostou ou menos gostou na APARÊNCIA da amostra:

+ Gostou: \_\_\_\_\_  
 - Gostou: \_\_\_\_\_

3. Agora, por favor, indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da COR da amostra:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

4. Comente o que você mais gostou ou menos gostou na COR da amostra:

+ Gostou: \_\_\_\_\_  
 - Gostou: \_\_\_\_\_

5. Por favor, indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou do AROMA da amostra:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

6. Comente o que você mais gostou ou menos gostou no AROMA da amostra:

+ Gostou: \_\_\_\_\_

- Gostou: \_\_\_\_\_

7. Por favor, indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou do SABOR da amostra:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

8. Comente o que você mais gostou ou menos gostou no SABOR da amostra:

+ Gostou: \_\_\_\_\_

- Gostou: \_\_\_\_\_



9. Por favor, indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da TEXTURA da amostra:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

10. Comente o que você mais gostou ou menos gostou na TEXTURA da amostra:

+ Gostou: \_\_\_\_\_  
- Gostou: \_\_\_\_\_

11. Por favor, indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da ACIDEZ da amostra:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

12. Comente o que você mais gostou ou menos gostou na ACIDEZ da amostra:

+ Gostou: \_\_\_\_\_  
- Gostou: \_\_\_\_\_

13. Com base na sua opinião sobre esta amostra de PETIT SUISSE, indique na escala abaixo, sua atitude se você encontrasse esta amostra à venda. Se eu encontrasse este PETIT SUISSE à venda eu:

- 5. Certamente compraria
- 4. Possivelmente compraria
- 3. Talvez comprasse / talvez não comprasse
- 2. Possivelmente não compraria
- 1. Certamente não compraria

Muito obrigado por sua colaboração

### ANEXO 3. NOTAS DA AVALIAÇÃO SENSORIAL

#### a) Petit suisse – corrida 1 (pressão = 1,0 bar e velocidade = 2,50 m/s)

**Tabela 21.** Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 1.

Provador	APARÊNCIA	COR	AROMA	SABOR	TEXTURA	ACIDEZ	COMPRA
1	4	6	8	8	1	8	2
2	7	5	8	8	9	9	4
3	2	7	7	9	1	8	2
4	2	8	8	8	2	8	2
5	7	8	8	8	7	8	5
6	6	8	8	9	5	8	3
7	5	6	5	5	4	4	3
8	8	8	8	8	8	8	5
9	8	8	8	8	6	8	4
10	7	8	8	7	4	5	4
11	8	9	9	9	8	9	5
12	8	6	8	8	8	7	4
13	8	9	9	9	9	9	5
14	3	3	6	7	7	8	5
15	6	8	8	4	3	8	3
16	6	7	8	7	5	8	4
17	8	8	6	4	8	2	2
18	6	5	4	8	4	6	3
19	6	6	5	4	7	3	3
20	6	6	6	4	3	7	2
21	9	9	9	9	6	9	4
22	7	7	8	8	6	8	4
23	6	8	8	8	7	8	5
24	8	9	8	9	7	9	5
25	7	8	8	8	7	8	4
26	4	8	7	8	4	5	3
27	8	8	8	8	8	7	5
28	6	8	8	7	4	7	3
29	7	8	9	7	3	6	2
30	8	8	8	8	9	7	5
31	9	9	8	9	7	9	4
32	8	8	8	8	6	9	5
33	8	9	9	8	6	9	5
34	8	7	7	8	4	7	4
35	7	8	7	7	7	8	4
36	5	9	8	9	3	9	3
37	8	8	9	8	7	7	4
38	6	7	8	8	7	9	4
39	6	7	6	8	4	6	3
40	7	8	8	7	7	8	3
41	4	8	8	7	3	7	4
42	4	8	8	8	6	9	4
43	7	8	8	7	6	9	4
44	7	8	8	9	6	8	3
45	3	8	8	8	3	5	1
46	8	8	6	7	4	7	3
47	7	8	8	6	8	7	4
48	8	7	8	7	8	6	4
49	7	8	6	6	6	8	2
50	8	8	7	8	5	8	4
MÉDIA	6,52	7,58	7,58	7,50	5,66	7,40	3,64

**b) Petit suisse – corrida 2 (pressão = 2,0 bar e velocidade = 2,50 m/s)****Tabela 22.** Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 2.

Provador	APARÊNCIA	COR	AROMA	SABOR	TEXTURA	ACIDEZ	COMPRA
1	8	8	8	7	4	4	2
2	7	8	9	8	8	8	4
3	7	7	7	6	6	5	3
4	8	8	8	6	4	4	2
5	6	7	8	8	6	6	3
6	6	7	6	8	3	9	3
7	8	8	7	8	8	9	5
8	4	8	8	9	3	8	5
9	8	9	7	7	6	8	4
10	6	8	8	8	6	8	4
11	6	7	7	5	4	3	2
12	4	4	6	8	2	8	3
13	8	9	8	8	8	8	5
14	7	7	6	6	4	4	4
15	7	6	7	8	4	8	3
16	7	8	7	8	7	8	5
17	7	9	9	7	7	7	4
18	7	8	9	9	7	9	5
19	7	8	9	9	7	8	5
20	7	8	9	8	7	9	5
21	7	8	8	7	3	3	4
22	8	7	9	9	9	9	5
23	7	7	7	7	8	8	4
24	8	8	5	7	7	8	5
25	7	7	6	8	6	8	5
26	8	9	9	9	8	9	5
27	4	7	8	6	3	5	3
28	7	7	8	8	4	8	4
29	7	6	7	4	2	7	2
30	6	8	8	8	4	4	4
31	3	8	9	8	2	9	2
32	7	8	5	8	6	7	4
33	7	8	8	8	3	8	4
34	8	8	8	7	8	7	3
35	7	8	8	9	6	9	5
36	7	9	8	9	5	5	4
37	9	7	9	9	7	9	4
38	6	7	7	8	2	4	2
39	6	8	7	7	7	6	4
40	8	9	9	7	4	8	4
41	8	8	8	8	7	8	4
42	8	7	8	7	6	7	4
43	8	8	9	9	4	9	4
44	9	9	9	9	9	9	5
45	7	8	8	8	4	5	4
46	8	8	9	8	7	9	4
47	7	8	9	8	7	9	4
48	7	7	8	8	4	8	4
49	9	8	8	9	6	8	5
50	8	8	8	9	7	9	4
MÉDIA	7,02	7,70	7,80	7,74	5,52	7,26	3,90

**c) Petit suisse – corrida 3 (pressão = 1,5 bar e velocidade = 3,75 m/s)**

**Tabela 23.** Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 3.

Provador	APARÊNCIA	COR	AROMA	SABOR	TEXTURA	ACIDEZ	COMPRA
1	6	6	8	6	8	9	4
2	8	7	8	8	7	7	4
3	7	8	8	9	6	8	5
4	7	8	8	7	3	7	3
5	8	9	8	8	5	9	4
6	8	9	8	8	7	5	4
7	8	9	8	9	8	8	5
8	7	6	8	8	8	7	4
9	8	9	9	9	7	9	5
10	7	7	8	8	7	8	4
11	8	9	8	9	8	7	5
12	7	8	5	8	4	6	3
13	8	8	8	8	6	8	4
14	8	8	6	7	4	6	4
15	7	8	7	7	4	8	4
16	8	7	8	8	7	7	4
17	8	8	5	8	3	3	3
18	7	8	8	8	8	8	5
19	8	8	8	8	7	7	5
20	7	8	6	6	3	7	4
21	6	8	8	8	7	8	4
22	8	8	8	7	7	7	3
23	8	8	8	6	6	3	2
24	6	8	9	8	6	9	5
25	8	8	8	9	9	8	5
26	6	8	9	8	4	8	3
27	8	8	9	8	7	8	4
28	4	7	8	6	4	7	4
29	7	9	9	7	3	3	4
30	4	8	7	8	1	9	2
31	7	8	8	8	7	9	4
32	7	7	9	4	7	4	2
33	7	9	9	6	5	5	4
34	7	6	6	6	3	4	4
35	6	8	8	7	4	8	4
36	6	8	8	8	6	8	5
37	7	7	8	8	7	8	5
38	8	8	8	7	4	8	4
39	8	7	8	8	6	8	4
40	7	8	8	8	8	8	4
41	4	4	8	8	2	8	5
42	8	9	8	9	8	8	5
43	8	9	8	6	7	8	4
44	7	8	7	8	6	8	3
45	6	7	8	9	8	9	5
46	6	8	8	8	5	8	3
47	8	9	7	7	4	8	4
48	8	9	9	9	7	8	4
49	8	9	8	7	7	8	4
50	9	9	9	8	7	6	4
MÉDIA	7,14	7,90	7,86	7,62	5,84	7,26	4,00

**d) Petit suisse – corrida 5 (pressão = 1,5 bar e velocidade = 3,75 m/s)****Tabela 24.** Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 5.

Provador	APARÊNCIA	COR	AROMA	SABOR	TEXTURA	ACIDEZ	COMPRA
1	8	8	8	6	7	7	4
2	6	8	8	9	6	8	4
3	8	7	6	7	7	7	3
4	7	8	2	7	9	8	4
5	2	8	8	8	2	8	4
6	8	9	8	9	1	9	4
7	7	7	8	6	6	5	3
8	7	7	8	7	9	9	4
9	6	9	7	8	2	8	5
10	7	9	8	8	7	8	5
11	9	9	9	9	9	9	5
12	8	8	8	8	4	8	4
13	7	9	7	8	6	8	5
14	7	8	5	9	7	9	4
15	7	7	8	8	7	7	4
16	8	9	9	9	9	9	5
17	4	6	7	8	3	6	2
18	7	8	7	8	8	9	5
19	7	8	8	8	6	9	4
20	4	5	5	8	3	8	4
21	4	8	8	8	3	8	4
22	7	8	8	5	6	4	3
23	5	4	4	8	8	8	3
24	8	9	8	9	8	9	5
25	9	8	8	8	8	7	5
26	9	7	7	8	4	8	4
27	8	8	8	9	2	8	3
28	7	8	7	6	4	5	3
29	7	8	9	8	6	8	5
30	5	5	7	7	5	7	3
31	8	7	5	8	3	6	4
32	7	6	8	8	6	6	4
33	8	8	8	8	7	6	4
34	7	9	8	9	6	8	5
35	7	8	6	7	5	8	3
36	8	9	7	9	8	8	5
37	7	8	9	9	3	9	3
38	8	8	7	8	6	9	4
39	7	7	6	6	3	4	2
40	9	9	9	9	6	9	5
41	9	9	8	9	7	9	5
42	6	7	7	7	4	7	3
43	8	9	8	7	7	9	4
44	7	7	5	7	4	7	3
45	7	7	7	8	5	7	4
46	7	8	6	6	5	5	4
47	9	9	8	8	8	9	5
48	8	8	8	8	9	6	5
49	7	7	8	6	4	4	2
50	9	9	9	9	6	9	4
MÉDIA	7,12	7,78	7,30	7,80	5,68	7,52	3,96

**e) Petit suisse – corrida 6 (pressão = 1,0 bar e velocidade = 5,00 m/s)****Tabela 25.** Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 6.

Provador	APARÊNCIA	COR	AROMA	SABOR	TEXTURA	ACIDEZ	COMPRA
1	7	8	8	8	6	8	4
2	7	6	5	7	4	5	4
3	8	8	9	8	6	8	4
4	8	8	8	8	7	9	4
5	5	7	9	9	9	5	4
6	7	6	8	7	4	6	3
7	7	6	6	5	7	7	4
8	8	8	8	9	8	8	5
9	8	9	7	9	8	9	5
10	7	7	6	7	7	7	4
11	7	8	9	8	9	8	5
12	9	9	8	9	8	8	5
13	6	6	7	8	7	8	4
14	7	9	9	9	6	7	4
15	8	8	8	8	8	6	4
16	7	8	8	8	8	8	5
17	8	8	8	8	7	9	4
18	8	8	6	6	6	7	3
19	7	9	7	6	5	7	4
20	7	8	9	8	7	9	4
21	8	8	9	9	8	6	5
22	8	8	7	8	9	7	5
23	8	8	7	8	6	8	4
24	8	7	9	9	6	8	3
25	3	8	9	9	5	8	4
26	5	4	6	8	7	7	4
27	5	4	5	8	8	8	5
28	7	7	8	8	8	9	5
29	8	8	7	9	7	8	5
30	7	8	8	8	7	8	5
31	9	9	9	9	7	9	5
32	9	9	9	9	9	9	5
33	9	9	7	9	9	9	5
34	7	7	7	8	6	7	3
35	9	9	9	9	9	8	5
36	6	5	4	5	3	4	3
37	3	6	5	8	6	8	5
38	7	8	8	9	9	9	5
39	7	7	5	7	4	4	3
40	7	6	8	9	8	9	5
41	8	8	7	9	8	8	5
42	8	8	7	8	6	8	5
43	7	8	8	8	7	8	5
44	7	7	5	8	8	4	3
45	7	8	8	8	4	8	3
46	5	5	6	6	4	6	3
47	8	8	8	9	8	6	5
48	5	4	4	8	7	7	4
49	7	8	7	8	6	7	4
50	7	7	7	8	6	7	3
MÉDIA	7,10	7,40	7,32	8,02	6,84	7,42	4,24

## f) Petit suisse – corrida 7 (pressão = 2,0 bar e velocidade = 5,0m/s)

Tabela 26. Notas dos atributos por provador para o “petit suisse” da corrida 7.

Provador	APARÊNCIA	COR	AROMA	SABOR	TEXTURA	ACIDEZ	COMPRA
1	8	9	8	8	3	8	4
2	7	6	7	7	5	7	3
3	8	7	9	7	6	9	4
4	8	8	9	9	6	8	5
5	7	8	6	6	4	6	3
6	8	8	8	8	7	8	4
7	7	8	8	7	7	8	3
8	9	9	8	9	7	9	5
9	8	8	8	8	8	9	4
10	8	8	8	6	4	3	2
11	4	5	6	9	1	4	2
12	7	8	7	6	3	6	2
13	5	4	6	6	3	4	2
14	7	7	9	9	6	9	4
15	4	7	8	5	2	8	2
16	7	8	8	8	5	7	4
17	5	7	8	7	3	5	3
18	4	7	8	7	2	6	3
19	6	7	8	7	5	7	3
20	6	7	8	8	6	8	3
21	7	8	7	7	6	8	4
22	7	8	8	8	6	7	4
23	6	8	8	8	6	7	4
24	7	4	8	8	4	8	2
25	8	8	7	4	6	4	1
26	4	8	8	5	2	7	2
27	5	6	8	7	4	7	3
28	8	8	8	8	4	8	5
29	8	8	8	8	6	8	5
30	5	8	5	8	3	4	4
31	7	8	6	7	5	7	3
32	7	8	8	7	6	7	3
33	9	9	8	8	4	9	5
34	8	8	9	9	7	9	4
35	8	8	8	6	8	8	5
36	8	8	8	9	7	8	5
37	9	9	9	9	7	9	5
38	7	7	7	9	6	7	4
39	9	9	8	7	7	8	3
40	7	8	8	7	7	8	4
41	7	9	8	9	6	9	4
42	6	8	8	7	4	7	4
43	7	8	9	9	7	9	4
44	7	8	8	7	7	7	4
45	7	8	7	6	6	5	3
46	3	8	7	8	7	8	4
47	6	7	8	8	6	9	4
48	8	8	7	7	5	7	4
49	4	8	8	9	2	8	4
50	8	7	8	8	6	7	4
MÉDIA	6,80	7,62	7,74	7,48	5,20	7,26	3,58

## ANEXO 4. TERMOS CITADOS NO TESTE DE CONSUMIDOR DAS AMOSTRAS DE PETIT SUISSE

Na ficha de avaliação sensorial do petit suisse, o provador após marcar, na escala hedônica, o quanto gostou ou desgostou de cada atributo (aparência, cor, aroma, sabor, textura e acidez) poderia indicar o que mais gostou e o que menos gostou na amostra.

### a) Petit suisse – corrida 1 (pressão = 1,0 bar e velocidade = 2,50 m/s)

- **mais gostei:** “cor clara, suave”, “aroma natural”, “sabor suave e característico”, “cor rosa agradável”, “não ácido”, “saboroso”, “cor boa”, “aroma bom”, “levemente ácido”, “aroma e sabor igual ao do mercado”, “aparência boa – vontade de experimentar”, “cor quase igual ao do mercado”, “cor natural”, “aparência natural”, “aroma agradável”, “cor ótima”, “acidez ideal”, “tonalidade boa”, “aroma de morango, doçura, acidez e textura ideais”, “textura suave”, “parece ter sido feito com frutas”, “intensidade da cor rosa”, “aroma suave”, “acidez leve”, “intensidade da cor”, “textura ideal”, “tonalidade uniforme”, “aroma característico de morango”, “pouco gosto de morango”, “leve”, “pontinhos – semente”, “cor típica de morango”, “aroma típico, suficientemente forte”, “doçura”, “sabor morango”, “pouco ácido”, “homogeneidade”, “acidez suave”, “brilho”, “palatabilidade”.

- **menos gostei:** “aparência de iogurte”, “cor não uniforme”, “textura mole”, “muito líquido”, “líquida”, “presença de bolhas”, “cheiro de iogurte”, “meio doce demais”, “extremamente mole”, “muito mole”, “aguado”, “poderia ser um pouco mais doce”, “gorduroso”, “pouco consistente”, “aroma ácido demais”, “sabor ácido”, “muito ácido”, “um pouco aerada”, “cor muito clara”, “pontinhos brancos (gordura?)”, “levemente amargo do sabor remanescente”, “arenosidade leve”, “aroma doce”, “muito doce”, “para meu paladar gosto de produtos mais ácidos”, “pouco homogênea”, “aroma fraco”, “um pouco mais ácido que o normal”, “rosa claro demais”, “não tinha gosto de morango”, “aroma poderia ser mais intenso”, “aroma e sabor poderiam ser mais ácidos”, “ligeiro amargor”, “cheiro de essência muito forte”.

### b) Petit suisse – corrida 2 (pressão = 2,0 bar e velocidade = 2,50 m/s)

- **mais gostei:** “tem partículas de frutas”, “intensidade da cor”, “aroma suave”, “sabor suave”, “sabor bom de morango”, “aroma de morango”, “homogeneidade”, “cor típica do produto”, “aroma azedinho típico”, “sabor parecido com o do mercado”, “sensação agradável e sabor durante a degustação”, “cor agradável”, “cheiro de fruta”, “lembra iogurte”, “acidez suave”, “aspecto natural”, “cor suave”, “aroma ligeiramente ácido”, “não muito ácido”, “aroma natural”, “cheira pouco conservante”, “aroma que lhe atrai a saborear”, “sabor muito bom”, “acidez baixa”, “levemente ácido”, “intensidade da doçura”, “cor natural”, “amostra sem gosto ácido”, “aroma excelente”, “acidez ideal”, “textura aveludada”, “acidez equilibrada”, “cremoso”, “sabor leve”.



de morango”, “brilho”, “aroma característico”, “pontinhos vermelhos”, “aroma lembra produto lácteo”, “viscosidade e maciez”, “sabor de leite”, “aroma ideal”, “aparência de produto fresco”, “não tem cheiro azedo forte”, “não adstringente”.

- **menos gostei:** “pouco consistente”, “sabor ligeiramente ácido”, “muito ácido”, “grumos brancos”, “sabor muito doce”, “um pouco arenosa”, “levemente opaca”, “sem graça, pouco azedo”, “aguada”, “muito líquido”, “cor clara”, “sabor depois da degustação”, “não homogeneidade”, “gosto forte de leite e artificial de morango”, “aroma poderia ser mais natural”, “muito doce”, “pouco ácido”, “muito mole”, “poderia ser mais viscoso”, “parece que tem fubá”, “meio amargo”, “muito ácido”, “parece pálido”, “aroma fraco”, “sabor residual estranho”, “viscosidade”, “aroma doce”, “sabor fraco de morango”, “adstringência acima do ideal”, “um pouco aerada”, “gosto de amido cru”, “pontinhos vermelho”, “sabor artificial”, “pouco aroma de queijo”, “pozinho residual”.

**c) Petit suisse – corrida 3 (pressão = 1,5 bar e velocidade = 3,75 m/s)**

- **mais gostei:** “aroma suave”, “aparência e cor atrativa”, “sabor de morango”, “cor suave”, “homogeneidade”, “cor clara”, “não deixa sensações ruins ao paladar”, “não ter a sensação ácida na boca”, “sementinhas – parece mais natural”, “não é muito doce”, “não está ácido”, “tom de rosa”, “pintinhas vermelhas da fruta”, “aroma intenso da fruta”, “textura homogênea”, “acidez ideal”, “presença de polpa natural”, “cor típica de morango”, “aroma de iogurte”, “doçura”, “sabor suave de queijo”, “aroma característico”, “cor característica”, “um pouco ácida”, “cheiro de morango com leite”, “aparência de morango batido”, “aroma agradável de morango”, “sabor residual”, “aderência ao céu da boca”, “cor natural”, “aroma natural”, “sabor natural”, “brilho”, “acidez suave”, “aparenta ser menos gorduroso que o comercial”, “fácil de digerir”, “acidez agradável”, “cremosidade”, “aroma doce e não azedo”.

- **menos gostei:** “pigmentação de cor diferente”, “gorduroso”, “cor clara”, “pouco consistente”, “aguada”, “sabor fraco”, “muito mole”, “sabor de leite após ser ingerido”, “pontos escuros”, “não uniformidade da cor”, “parece que tem goma no meio”, “muito líquido - fluido”, “pouco ácida”, “aroma artificial”, “tonalidade”, “muito adocicado”, “pontinhos vermelhos”, “pedaços de polpa de fruta”, “sem aroma”, “arenosidade”, “aroma fraco”, “aroma adocicado”, “sabor residual”, “sabor amanteigado”, “presença de bolhas”, “pouco sabor de morango”, “poderia ter cheirinho de queijo”, “pouco sabor de queijo”, “cor escura”, “leve gosto amargo”, “muito ácido”, “não muito doce”, “intensidade do aroma”, “acidez”, “viscosidade baixa”, “aerado”, “meio esbranquiçado”, “aroma ácido”, “gruda na língua”.

**d) Petit suisse – corrida 5 (pressão = 1,5 bar e velocidade = 3,75 m/s)**

- **mais gostei:** “sabor de morango”, “aparência uniforme”, “cor forte”, “homogeneidade”, “aroma característico de morango”, “tonalidade da cor”,

“pedaços de morango”, “cremosidade”, “tom da uniformidade”, “aroma suave”, “aroma natural”, “sabor agradável”, “cor clara”, “aroma forte”, “ausência de sabor artificial”, “textura agradável”, “aroma característico do produto”, “acidez ideal”, “está bom porque não está grosso”, “intensidade da cor”, “sabor característico do produto”, “pouca acidez”, “cor natural”, “doçura”, “muito macio”, “não está muito ácido”, “sabor suave”, “ótima viscosidade”, “gruda no céu da boca”, “desliza na boca”, “aroma suave da fruta com leite”, “aparência natural”, “sabor residual”, “cor característica”, “pintinhas vermelhas de polpa”, “brilho”, “sabor azedinho”, “aroma ácido”.

- **menos gostei:** “sabor residual amargo”, “muito doce”, “muito mole”, “cor clara – pálida”, “aroma artificial”, “pouco ácido”, “não tem cheiro de morango”, “gosto forte de leite”, “aparência de bebida láctea”, “um pouquinho doce”, “não homogeneidade – partículas não dissolvidas”, “aroma fraco”, “pouco doce”, “muito líquido”, “opaco”, “não está tão rosa”, “muito sabor de creme de leite”, “pontinhos vermelhos”, “amarra quando engolimos”, “baixa viscosidade”, “aerada”, “pouco consistente”, “um pouco ácido”, “aroma parecendo chiclete”, “rala”, “um pouco escura”, “arenosidade”, “aroma enjoativo”, “sabor fraco”, “pouco sabor de fruta”, “cheiro razoavelmente forte”, “fica resíduo na língua”, “parece que tem goma”, “adstringência”.

#### e) Petit suisse – corrida 6 (pressão = 1,0 bar e velocidade = 5,00 m/s)

- **mais gostei:** “aroma suave”, “doçura”, “acidez ideal”, “sabor de morango”, “aparência natural”, “filamentos de morango”, “tonalidade”, “aroma característico”, “sabor característico”, “aroma de morango”, “cremosidade”, “cor agradável”, “consistência agradável”, “cor suave”, “aroma natural”, “homogeneidade - uniformidade”, “não está muito ácido”, “brilho”, “bolhas de ar”, “sabor natural”, “atrativo”, “aroma intenso e agradável”, “heterogeneidade”, “acidez balanceada”, “cor”, “aroma e sabor característico de morango e leite”, “sabor suave”, “textura suave e sem grumos”, “acidez quase imperceptível”, “consistência no ponto”, “tipo do aroma”, “intensidade do sabor”, “desliza na boca”, “baixa acidez”, “viscosidade ideal”, “azedinho”, “bastante consistência”, “aroma de queijo”.

- **menos gostei:** “muito líquido”, “muito opaco”, “muito rosado”, “aroma fraco”, “muito doce”, “pouco ácido”, “gomoso – grudento”, “pouco doce”, “não homogeneidade”, “arenosidade”, “manchas que possui”, “muito claro”, “pouco sabor de morango”, “poderia ser mais espesso”, “aerado”, “pontos vermelhos em suspensão”, “cor não uniforme”, “aroma artificial”, “sabor residual de gordura”, “muito gosto de creme de leite”, “pouco consistente”, “bolhas”, “sabor artificial”, “sabor residual amargo”, “pontos de cor escura”, “cor clara”, “cor escura”, “muito ácido”, “baixa viscosidade”, “muito mole”, “parece iogurte”, “aspecto granular”, “aroma ácido e azedo”.

**f) Petit suisse – corrida 7 (pressão = 2,0 bar e velocidade = 5,0m/s)**

- **mais gostei:** “pontinhos de morango”, “suavidade da cor”, “sabor suave”, “pouco ácido”, “brilho”, “intensidade da cor”, “sabor de morango”, “flocos”, “aroma característico”, “bolhas de ar”, “cor característica”, “cor clara”, “aroma suave”, “consistência”, “aroma ideal”, “acidez ideal”, “sabor natural”, “tonalidade”, “aroma de queijo”, “doçura”, “aroma de morango”, “aroma não é muito forte”, “porosidade”, “aparência natural”, “aroma natural”, “não é esbranquiçado”, “cremosidade”, “azedo do morango”, “aroma adocicado”, “viscosidade”, “cor rosa”, “aroma e sabor de iogurte”, “acidez suave”, “homogeneidade”, “sabor não é enjoativo”, “cor natural”, “sem arenosidade”, “pigmentos mais fortes em sua coloração”.

- **menos gostei:** “cremosidade”, “aroma fraco”, “muito doce”, “pouco consistente”, “bolhas de ar”, “sabor fraco de morango”, “muito ácido”, “muito líquido”, “não homogeneidade”, “um pouco ácido”, “áspero na boca”, “muito mole”, “arenosidade residual na boca”, “cor clara”, “floquinhos – partículas”, “pontos coloridos – manchas”, “gosto de creme de leite”, “sabor residual de gordura”, “leve adstringência”, “pouco doce”, “baixa viscosidade”, “sensação residual ácida na língua”, “arenosidade”, “cor escura”, “aroma de iogurte”, “pouco ácido”, “meio pálido”, “densidade”, “aroma um pouco forte”, “sabor residual”, “pouco rosa”.