

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO TÉCNOLÓGICO**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

***ISOTERMAS DE ADSORÇÃO DE UMIDADE DE SUPLEMENTO ALIMENTÍCIO  
RICO EM FERRO HEMATÍNICO (SANGUE BOVINO EM PÓ). ACEITABILIDADE  
DE ALGUNS PRODUTOS ENRIQUECIDOS.***

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Mara Gabriela Novy Quadri

**ALCI LÉIA DALMÔNICO PADILHA**  
**Eng<sup>a</sup> Química**

FLORIANÓPOLIS – SC

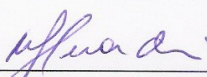
2006

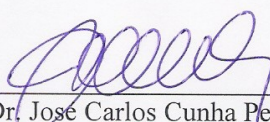
# **“Isotermas de adsorção de umidade de suplemento alimentício rico em ferro hematínico (sangue bovino em pó). Aceitabilidade de alguns produtos enriquecidos”**

Por

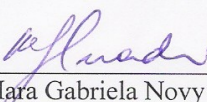
**Alci Leia Dalmônico Padilha**

Dissertação julgada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Alimentos**, área de Concentração de **Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.

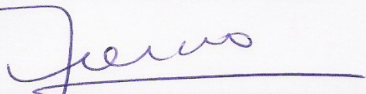
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Mara Gabriela Novy Quadri  
**Orientadora**


  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Carlos Cunha Petrus  
**Coordenador do CPGEA**

## **Banca Examinadora:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Mara Gabriela Novy Quadri

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Antonio Ribeiro de Souza

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ricardo Antonio Francisco Machado

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Evanilda Teixeira

**Florianópolis, 14 de setembro de 2006.**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela vida, pela saúde e pela proteção em todos os momentos de minha existência, dando-me a certeza da conquista.

Agradeço à minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dra. Mara Gabriela Novy Quadri, pela dedicação à mim dirigida, pelas dúvidas esclarecidas, por oferecer as condições necessárias para que este trabalho se tornasse realidade, pelo carinho e atenção dispensados e pela orientação e companheirismo oferecidos no decorrer deste trabalho.

Ao ex-prefeito do município de Rio do Oeste – SC Sr. Valcir Leopoldo Nardelli e ao ex-secretária de saúde Sr. Arnoldo Fabichaki, pelo apoio e confiança dados ao longo de sua administração.

Ao prefeito do município de Rio do Oeste – SC Sr. Odenir Felizari e à secretária de saúde Sra. Sônia Beatriz Fraga Tristão Duarte.

Ao Frigorífico Alto Vale, por prontificar-se a abrir as portas de seu estabelecimento ao estudo proposto.

À Duas Rodas Industrial, por permitir gratuitamente o acesso às tecnologias da empresa.

Laboratório Elisa do município de Rio do Oeste, Sra. Maria Clessi Rosso, pelo auxílio nas análises realizadas.

Ao Dr. Adelino Renúncio e Dra. Maria Alice Gerber Adami, por acreditarem neste projeto e apoiá-lo incondicionalmente e em todos os momentos que se fizeram necessários.

À Eloísa Garcia, Rosa Alves e Marisa Padula do CETEA – ITAL pelas informações e orientações prestadas.

À meus pais Maria Till Dalmônico e Avelino Dalmônico, pelo amor incondicional e pelo exemplo que eles são para minha vida.

De forma muito especial à meu marido Antonio César Padilha, pelo amor, dedicação e companheirismo que se fizeram presentes em todos os momentos.

À Ricardo, Luci Mery e Jean Pacheco.

À Ivone e Pedro Padilha.

Aos meus colegas de trabalho.

A todas as pessoas que aqui neste curto espaço não foram citadas e que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O sangue bovino constitui-se em considerável fonte de nutrientes, dentre os quais encontram-se ferro e proteínas. Infelizmente este sangue, atualmente, vem sendo desperdiçado nos pequenos e médios abatedouros do Estado de Santa Catarina, trazendo inúmeros problemas ambientais. O mesmo, quando coletado de maneira higiênica, pode ser utilizado para alimentação humana como suplemento nutricional rico em ferro hematínico. Um dos objetivos do presente trabalho foi propor o uso do sangue bovino na alimentação humana, processando-o como sangue bovino em pó. Este sangue foi caracterizado através de isotermas de adsorção e, o tempo de vida-de-prateleira foi avaliado teoricamente. Dois produtos de panificação foram elaborados, com formulações com e sem sangue bovino em pó e a aceitação foi testada por análise sensorial com escala hedônica numérica. O estudo foi desenvolvido no Frigorífico Alto Vale localizado na região do Alto Vale do Itajaí. Inicialmente, foi realizada coleta higiênica do sangue bovino no abatedouro seguido de análises microbiológicas para garantir os padrões sanitários estipulados pela Legislação vigente. Após, o sangue bovino passou pelo processo de atomização na Empresa Duas Rodas Industrial, onde foi transformado em sangue bovino em pó. Para a determinação experimental da atividade de água e construção das isotermas de sorção de umidade nas temperaturas de 4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C, utilizou-se o método de Landrock e Proctor. O valor da atividade de água para o sangue bovino em pó foi de 0,312. A umidade crítica determinada pelo escoamento livre foi de 79% em todas as temperaturas testadas. As isotermas de sorção de umidade indicaram que a temperatura não possui efeito significativo sobre as isotermas, possibilitando assim a obtenção de uma única equação para a variação de umidade do produto na faixa estudada. Aos resultados experimentais foi ajustado o modelo de GAB, e os parâmetros encontrados foram  $X_m$  igual a 0,0694,  $C$  fixado em 1,0000 e  $K$  de 0,9599 com  $R^2$  igual a 0,8524. Os ajustes dos dados pelo modelo de GAB apresentaram-se satisfatórios e apenas  $X_m$  e  $K$  foram significativas em intervalo de confiança 95%. A vida-de-prateleira do sangue bovino em pó foi estimada para diferentes condições. A 38°C e 90% UR, somente a embalagem de folha de alumínio apresentou-se adequada para o armazenamento, com vida-de-prateleira de 13 meses. Os filmes com espessura de 100 $\mu$ m, na condição de 80% UR a diferentes temperaturas, apresentaram melhor desempenho. O filme de polipropileno (PP) variou entre 1 a 13 meses a vida-de-prateleira do produto, seguido do filme de polietileno de alta densidade (PEAD) variando de 1 a 12 meses e o filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) variando entre 5 dias a 4 meses. Os resultados quanto à aceitação do pão e do bolo de chocolate enriquecidos com sangue bovino em pó foram excelentes. Para o pão enriquecido com sangue bovino em pó, as médias foram totalmente agradáveis em 58,50% para a aparência, 52,84% para a cor, 56,60% para o aroma, 58,50% para o sabor e 84,91% para a textura.

Palavras-chave: Sangue bovino em pó, isotermas de sorção, vida-de-prateleira, análise sensorial.

## ABSTRACT

The bovine blood consists in considerable source of nutrients, amongst which iron and proteins meet themselves. Unhappily this blood, currently, comes being wasted in small and average abattoirs of the State of Santa Catarina, bringing innumerable ambient problems. The same, when collected in hygienical way, human being can be used for feeding as rich nutritional supplement in hematinics iron. One of the objectives of the present work was to consider the use of the bovine blood in the feeding human being processed it as bovine blood in dust. This blood was characterized through adsorption isotherms and, the life-of-shelf time was evaluated theoretically. Two products of bakery had been elaborated, with formularizations with and without bovine blood in dust and the acceptance was tested by sensorial analysis. The study Valley located in the region of the Alto Vale do Itajaí was developed in the cold storage room Alto Vale. Initially, hygienical collection of the bovine blood in the followed abattoirs of microbiological analyses was carried through to guarantee the sanitary standards stipulated by the Current law. After, the bovine blood passed for the process of atomization in the "Duas Rodas Industrial" Company, where it was transformed into bovine blood in dust. For the experimental determination of the activity of water and construction of the sorption isotherms of humidity in the temperatures of 4°C, 10°C, 18°C, 25°C and 35°C, the method of Landrock and Proctor was used. The value of the activity of water for the bovine blood in dust was of 0,312. The critical humidity determined by the free draining was of 79% in all the tested temperatures. The sorption isotherms of humidity had indicated that the temperature doesn't possess significant effect on the isotherms, having thus made possible the attainment of an only equation for the variation of humidity of the product in the studied band. To the experimental results the GAB model was adjusted, and the joined parameters had been  $X_m$  0,0694,  $C$  1,0000 e  $K$  0,9599 with  $R^2$  0,8524. The adjustments of the data for the GAB model had been presented satisfactory and only  $X_m$  and  $K$  had been significant in reliable interval 95%. The life-of-shelf of the bovine blood in dust was esteem for different conditions. 38°C and 90% UR, the aluminum leaf packing was only presented adequate for the storage, with life-of-shelf of 13 months. The films with thickness of 100  $\mu$ m, in the condition of 80% UR the different temperatures, had presented performance better. The polypropylene film (PP) varied enters 1 the 13 months the life-of-shelf of the product, followed of the polyethylene film of high density (PEAD) varying of 1 the 12 months and the polyethylene film of low density (PEBD) varying enters 5 days the 4 months. The results how much to the acceptance of the bread and the enriched cake of chocolate with bovine blood in dust they had been excellent. For the bread enriched with bovine blood in dust, the averages had been total pleasant in 58,50% for the appearance, 52,84% for the color, 56,60% for the aroma, 58,50% for flavor and 84,91% for the texture.

Key words: Bovine blood in dust, sorption isotherms, life-of-shelf, sensorial analysis.

## **SUMÁRIO**

<b>1. Introdução .....</b>	<b>01</b>
<b>2. Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>03</b>
2.1 – Sangue em pó .....	03
2.2 – Composição em aminoácidos e aspectos nutricionais do sangue bovino em pó .....	04
2.2.1 - Conteúdo do sangue em proteínas e sua digestibilidade.....	05
2.2.2 - Componentes derivados do sangue .....	06
2.3 – Usos e aplicações do sangue bovino .....	07
2.4 – Interesse econômico, social e ambiental .....	08
2.5 – Produção de sangue bovino em pó integral .....	12
2.6 – Atividade de água ( $a_w$ ) .....	13
2.7 – Isotermas de sorção .....	15
2.8 – Vida-de-prateleira .....	18
2.8.1 - Estimativa de vida-de prateleira .....	19
2.8.2 – Fatores que alteram a vida-de-prateleira de um alimento .....	20
2.9 – Análise sensorial .....	21
2.9.1 – Métodos sensoriais .....	21
2.9.2 – Métodos subjetivos .....	22
2.9.3 – Teste de aceitação com escala hedônica .....	23
<b>3. Material e Métodos .....</b>	<b>24</b>
3.1 – Localização dos abatedouros .....	24
3.1.1 - Frigorífico Alto Vale .....	25
3.2 – Coleta de sangue no frigorífico Alto Vale .....	25
3.2.1 – Instalações .....	25
3.2.2 – Animais .....	26
3.2.3 – Equipamentos .....	26
3.2.4 – Metodologia de coleta do sangue .....	27
3.3 – Análises microbiológicas .....	35
3.4 – Determinação das isotermas de sorção de umidade .....	36
3.5 – Determinação da atividade de água do sangue bovino em pó .....	38
3.6 – Determinação da umidade crítica do sangue bovino em pó .....	38
3.7 – Determinação do tempo de vida-de-prateleira do sangue bovino em pó .....	38

3.8 – Preparação do pão e bolo enriquecidos com sangue bovino em pó .....	40
3.9 – Análise sensorial .....	43
<b>4. Resultados e Discussões .....</b>	<b>46</b>
4.1 – Avaliação da qualidade microbiológica do método de coleta de sangue bovino .....	46
4.2 - Isotermas de sorção de umidade .....	47
4.2.1 - Modelagem matemática pelo modelo de GAB.....	47
4.2.2 - Efeito da temperatura sobre as isotermas de sorção de umidade do sangue bovino em pó.....	52
4.3 - Atividade de água do sangue bovino em pó .....	58
4.4 - Umidade crítica do sangue bovino em pó .....	58
4.5 Vida-de-prateleira do sangue bovino em pó .....	59
4.6 - Teste de aceitação .....	62
4.6.1 - Pão enriquecido com sangue bovino em pó .....	62
4.6.2 – Bolo de chocolate enriquecido com sangue bovino em pó .....	62
<b>5.Conclusões .....</b>	<b>64</b>
<b>6. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>66</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

### **2. Revisão Bibliográfica**

Figura 2.1 - Diagrama esquemático da mioglobina com grupo de ferro.....	04
Figura 2.2 - Produtos derivados do sangue bovino.....	06
Figura 2.3 - Velocidade relativa de reações e de crescimento de microorganismos em função da atividade de água .....	14
Figura 2.4 - Curvas de equilíbrio na secagem e hidratação de um alimento em função da correspondente atividade de água .....	16
Figura 2.5 - Os cinco tipos de isotermas de adsorção de Van der Waals .....	16

### **3. Material e Métodos**

Figura 3.1 - Seqüência e operação de abate e coleta de sangue bovino.....	29
Continuação Figura 3.1 - Seqüência e operação de abate e coleta de sangue bovino.....	30
Figura 3.2 - Preparação do animal para a coleta de sangue – Etapas 5 e 6.....	32
Figura 3.3 - Coleta de sangue bovino – Etapa 7.....	32
Figura 3.4 - Coleta de sangue bovino – Etapa 8.....	33
Figura 3.5 - Preparação do sangue para a secagem por atomização - Descongelamento – Etapa 13.....	33
Figura 3.6 - Adição de encapsulante – Etapa 13.....	34
Figura 3.7 - Secagem por Atomização do sangue bovino – Etapa 14.....	35
Figura 3.8 - Etapas de produção do pão enriquecido com sangue bovino em pó.....	41
Figura 3.9 - Etapas de produção do bolo de chocolate enriquecido com sangue bovino em pó.....	42
Figura 3.10 - Formulário / teste aplicado a Equipe de provadores.....	45

### **4. Resultados e Discussões**

Figura 4.1 - Isoterma de adsorção de umidade a 4°C do sangue bovino em pó .....	48
Figura 4.2 - Isoterma de adsorção de umidade a 10°C do sangue bovino em pó .....	48
Figura 4.3 - Isoterma de adsorção de umidade a 18°C do sangue bovino em pó .....	49



Figura 4.4 - Isoterma de adsorção de umidade a 25°C do sangue bovino em pó .....	49
Figura 4.5 - Isoterma de adsorção de umidade a 35°C do sangue bovino em pó .....	50
Figura 4.6 - Isotermas de sorção do sangue bovino em pó a 4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C .....	53
Figura 4.7 – Efeitos da temperatura sobre a umidade do sangue bovino em pó a diferentes atividades de água .....	55
Figura 4.8 – Isotermas de sorção de umidade geral para o sangue bovino em pó .....	55
Figura 4.9 – Relação entre valores observados e os preditos para o modelo geral..	57
Figura 4.10 – Resíduos obtidos para o modelo geral.....	57
Figura 4.11- Vida-de-prateleira do sangue bovino em pó para filmes de PEAD, PEBD e PP com espessura de 100µm, a diferentes temperaturas e 80% UR.....	61

## **LISTA DE TABELAS**

### **2. Revisão Bibliográfica**

Tabela 2.1 - Constituição Básica do Sangue Bovino em Aminoácidos (porcentagem de proteína total em cada fração).....	05
Tabela 2.2 - Comparação do conteúdo de proteínas e a digestibilidade relativa entre diversos tipos de farinhas.....	06
Tabela 2.3 - Usos e Aplicações do Sangue Bovino.....	07
Tabela 2.4 - Modelos matemáticos para prever o comportamento da isotermas.....	17

### **3. Material e Métodos**

Tabela 3.1 - Relação de sais e suas respectivas umidades relativas.....	37
Tabela 3.2 - Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) de filmes a 38°C e 90% UR.....	40
Tabela 3.3 - Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) de filmes (100µm de espessura), em diferentes condições de temperatura e 80% UR.....	40
Tabela 3.4 - Formulação do pão enriquecido com sangue bovino em pó (900g).....	42
Tabela 3.5 - Formulação do bolo enriquecido com sangue bovino em pó.....	43

### **4. Resultados e Discussões**

Tabela 4.1 - Resultados dos exames microbiológicos no sangue bovino coletado...	46
Tabela 4.2 - Parâmetros de ajuste dos modelos para as isotermas de adsorção do sangue bovino em pó nas temperaturas de 4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C, com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) .....	51
Tabela 4.3 - Análise de variância do efeito da temperatura sobre as isotermas de sorção .....	54
Tabela 4.4 – Nível p obtido pelo Teste de Duncan para o efeito da temperatura sobre as isotermas.....	54
Tabela 4.5 – Parâmetros de ajuste gerais do modelo de GAB para as isotermas de adsorção do sangue bovino em pó.....	56
Tabela 4.6 - ANOVA para as isotermas do sangue bovino em pó.....	56
Tabela 4.7 - Estimativa de vida-de-prateleira para a condição de 38°C e 90% UR.....	59
Tabela 4.8 - Estimativa de vida-de-prateleira para filmes com espessura 100µm na condição de 80% UR a diferentes temperaturas.....	60

Tabela 4.9 – Resultados das médias e percentuais dos níveis associados aos conceitos do teste de aceitabilidade do pão enriquecido com sangue bovino em pó.....	62
Tabela 4.10 – Resultados das médias e percentuais dos níveis associados aos conceitos do teste de aceitabilidade do bolo de chocolate enriquecido com sangue bovino em pó.....	63

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUÇÃO**

O sangue bovino proveniente de abate de animais em abatedouros sob fiscalização, é um resíduo rico em ferro hematínico, proteínas ricas em ácidos aminados essenciais, vitaminas e sais minerais, além de possuir alto coeficiente de digestibilidade.

Os abatedouros são uma das categorias dentre as indústrias de alimentos que concentram o maior potencial poluidor no processamento de carnes.

Considerando que, só no Estado de Santa Catarina, são desperdiçados anualmente mais de 20.000.000 litros de sangue de bovinos abatidos e que só os pequenos e médios abatedouros de Santa Catarina despejam nos rios 7.700 toneladas de sangue por ano, poluindo o meio ambiente e desperdiçando um material que poderia ser reaproveitado, percebemos um alto desperdício de uma matéria-prima que, quando manipulada em condições higiênico-sanitárias favoráveis, se transforma em um produto de alto valor agregado (RENÚNCIO, 1997).

Quando consideramos que o Brasil é um país que possui 45 % das crianças de até cinco anos de idade apresentam algum grau de anemia, especialmente anemia ferropriva (Brasil, 2004), percebemos que há uma acentuada demanda por alimentos ricos em ferro.

O sangue bovino constitui-se numa fonte de ferro hematínico abundante e barata, de fácil aplicação, requerendo apenas alguns poucos cuidados especiais.

Há poucos estudos concernentes à aplicação de sangue bovino na alimentação humana e, desta maneira, torna-se ainda mais relevante seu estudo.

Este trabalho traz como objetivos:

- Propor o uso do sangue bovino na alimentação humana, processando-o como sangue bovino em pó, a fim de aumentar sua vida-de-prateleira;
- Caracterizar o produto através de avaliações microbiológicas, da atividade de água, teor de umidade e isoterms de adsorção;
- Aplicar o sangue bovino em pó em formulações de produtos de panificação, e testar sua aceitação por análise sensorial.

O Capítulo II – apresenta uma revisão bibliográfica, com a definição de sangue bovino em pó de acordo com a legislação sanitária vigente, uma breve revisão sobre a composição em aminoácidos e aspectos nutricionais do sangue bovino em pó, usos e aplicações em diversos ramos de indústrias, seu interesse econômico, social e ambiental. Também é apresentada uma breve revisão sobre processamento, análise sensorial, atividade de água e isoterms de sorção, bem como os modelos matemáticos utilizados para estimativa da vida de prateleira.

Na primeira seção do Capítulo III - Materiais e Métodos, apresenta-se a localização do abatedouro e o município de Rio do Oeste, no qual foi desenvolvido este trabalho. As seções seguintes apresentam a metodologia de coleta do sangue bovino e obtenção do produto final em pó, análises microbiológicas, determinação das isoterms de sorção de umidade, obtenção da atividade de água, umidade crítica, tempo de vida-de-prateleira e metodologia de preparação dos produtos de panificação enriquecidos com este material.

No Capítulo IV – Resultados e Discussões, apresenta-se a avaliação do método de coleta do sangue bovino. A segunda seção, traz as isoterms de sorção de umidade e avaliação estatística das mesmas. As seções seguintes trazem uma caracterização física com a atividade de água, a umidade crítica, e também a estimativa da vida-de-prateleira do sangue bovino em pó. Para finalizar, são apresentados os resultados da avaliação sensorial nos produtos enriquecidos com sangue bovino em pó.

O Capítulo V - Conclusões, apresenta as considerações finais deste trabalho.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo foi dividido em seções. Nestas, apresenta-se a definição de sangue bovino em pó de acordo com a legislação sanitária vigente, uma breve revisão sobre a composição em aminoácidos e aspectos nutricionais do sangue bovino em pó, usos e aplicações em diversos ramos de indústrias, seu interesse econômico, social e ambiental. Também é apresentada uma breve revisão sobre processamento, análise sensorial, atividade de água e isothermas de sorção, bem como modelos matemáticos utilizados para estimativa de vida de prateleira.

#### **2.1 – SANGUE BOVINO EM PÓ**

De acordo com o RIISPOA - Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Decreto Lei nº 3748 de 12 de julho de 1993 (CIDASC, 2005), publicado no Diário Oficial do Estado de Santa Catarina - Seção IV: Art. 294 – Sangue em pó é o subproduto industrial obtido pela desidratação do sangue por processos especiais.

§1º - Permite-se quando necessário a adição de anticoagulantes, mediante aprovação prévia da SAA (Secretaria da Agricultura e Abastecimento).

§2º - O subproduto referido no presente artigo deve conter no mínimo de 85% de proteína e no máximo 8 % de umidade.

Farinha de Sangue – min 80 % proteína e máx 10 % umidade.

## 2.2 – COMPOSIÇÃO EM AMINOÁCIDOS E ASPECTOS NUTRICIONAIS DO SANGUE BOVINO EM PÓ

O ferro desempenha função importante em vários processos celulares como na síntese de DNA e no transporte de elétrons. É um componente essencial da hemoglobina, que transporta o oxigênio no sangue para os tecidos incluindo o músculo esquelético (RISSER et al., 1988). O ferro é componente do grupo heme de várias proteínas como a hemoglobina, mioglobina e de enzimas essenciais como citocromo C, catalase e enzimas do ciclo de Krebs. O grupo heme é o local ativo para o transporte de elétrons realizado pelos citocromos na mitocôndria. Nesse local há captação de oxigênio tanto pela mioglobina muscular quanto pela hemoglobina do eritrócito. O heme também é o local ativo das peroxidases que protegem as células contra a lesão oxidativa por reduzir os peróxidos a água (ALBITECH, 2005).

Na Figura 2.1, é mostrada a estrutura da mioglobina.

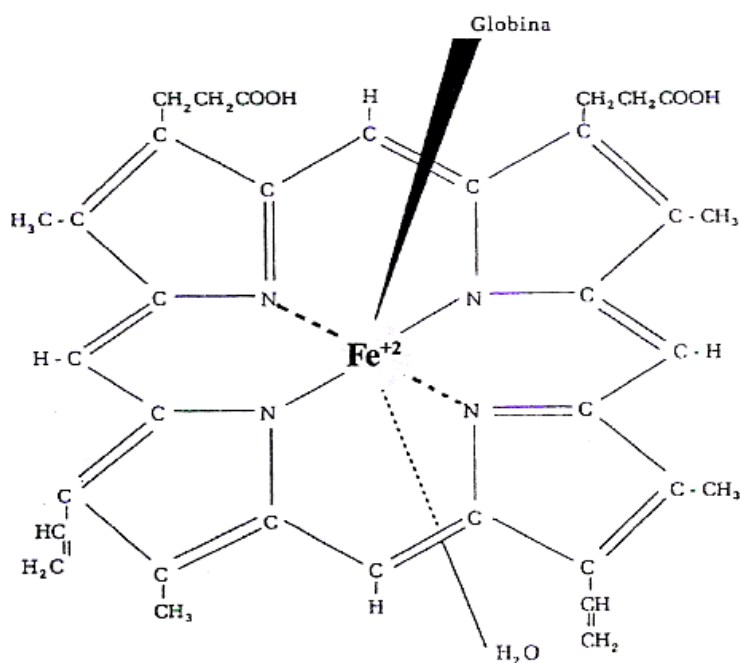


Figura 2.1: Diagrama esquemático da mioglobina com grupo de ferro (PEDERSEN, 1988).

A hemoglobina (Hb) tem um peso molecular de 68.000 daltons e é composta basicamente de uma proteína do grupo das histidinas (globina) e de 4 grupos prostéticos ( $Fe^{+2}$  ligado a protoporfirina) derivados da síntese de porfirinas (Grupo Heme, cromático, tetrapirrólico). Este grupo Heme, por sua vez, é constituído de um grupo férrico (pigmentos ferruginosos) e de um grupo cromático isento de ferro

(protoporfirina III). Isto explica por que tanto pigmentos ferruginosos quanto não ferruginosos podem ser formados a partir da hemoglobina (Hb) (ALBITECH, 2005).

Filstrop (1980) apresenta a constituição básica do sangue, demonstrando que este possui de 60 a 70 % de plasma e 30 a 40 % de células ou elementos figurados. Sua composição dá uma idéia do quanto o mesmo é completo como alimento (RENÚNCIO, 1997).

Tabela 2.1: Constituição Básica do Sangue Bovino em Aminoácidos (porcentagem de proteína total em cada fração) :

Aminoácidos			
alanina	8,5%	leucina	13,1%
ácido aspártico	11,4%	lisina	8,8%
arginina	4,1%	metionina	0,8%
cistina	0,7%	prolina	3,3%
fenilalanina	6,9%	serina	4,2%
glicina	4,6%	treonina	3,4%
ácido glutâmico	8,4%	triptofano	1,2%
histidina	7,1%	valina	9,5%
isoleucina	0,6%	tirosina	0%

### 2.2.1 - Conteúdo do sangue em proteínas e sua digestibilidade

Comparando o conteúdo de proteínas e a digestibilidade relativa entre farinhas, pode-se observar que a farinha de sangue é muito rica em proteína para alimentação humana além de ser altamente digestiva (Tabela 2.2).

Tabela 2.2: Comparação do conteúdo de proteínas e a digestibilidade relativa entre diversos tipos de farinhas (PARDI et al., 1993):

Produto	Conteúdo em Proteína	Digestibilidade Relativa
Farinha de Carne	45% - 55%	70% - 80%
<b>Farinha de Sangue</b>	<b>80% - 85%</b>	<b>99% - 100%</b>
Farinha de Peixe	70% - 75%	95% - 97%
Farinha de Penas	85% - 90%	53%
Farinha de Centeio	08% - 10%	82% - 84%
Farinha de Milho	08% - 10%	90%



## 2.2.2 - Componentes derivados do sangue

Pardi (1996), apresenta o esquema com alguns produtos derivados do sangue bovino (Figura 2.2), entre eles, a obtenção de sangue em pó.

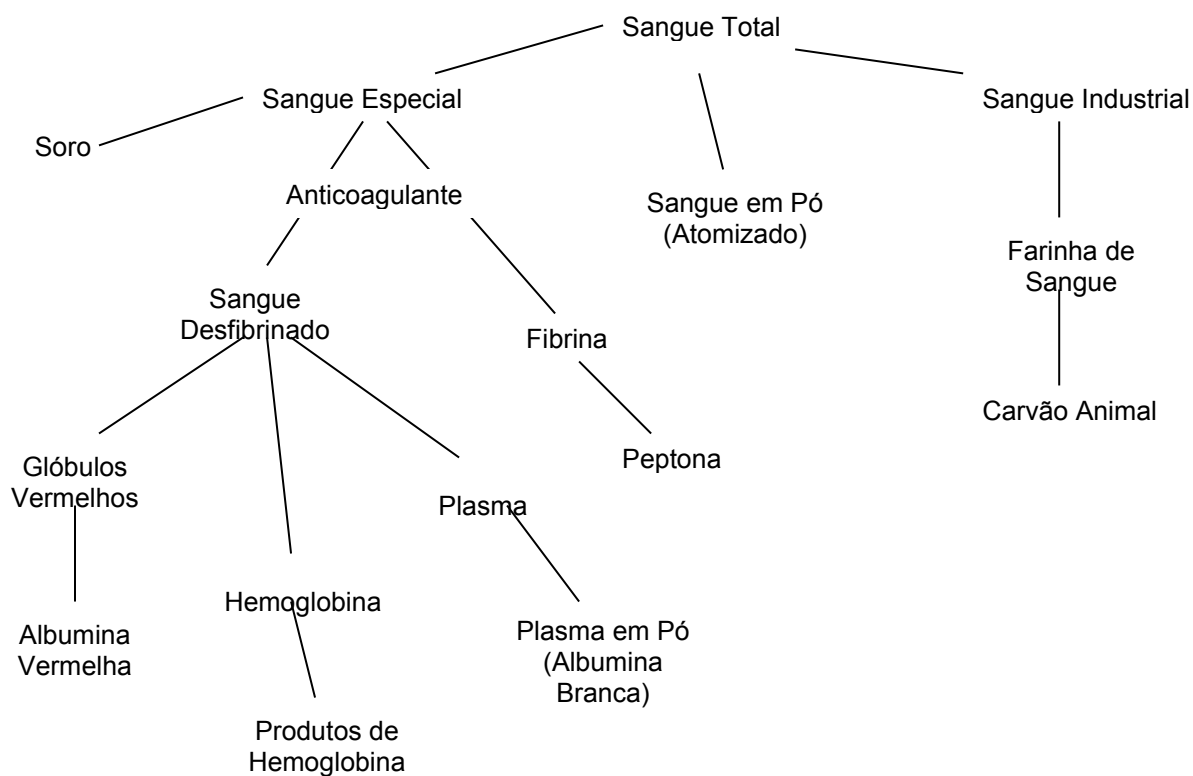


Figura 2.2: Produtos derivados do sangue bovino (DIVAKARAN, 1978; PARDI, 1996).

## 2.3 – USOS E APLICAÇÕES DO SANGUE BOVINO

O sangue bovino proveniente de animais abatidos em abatedouros sob fiscalização, constitui um resíduo de alto valor agregado, sobretudo em virtude da quantidade de proteínas, ricas em ácidos aminados essenciais, vitaminas e sais minerais e do seu alto coeficiente de digestibilidade (RENÚNCIO, 1997).

O aproveitamento do sangue bovino, permite a utilização em uma diversificada gama de subprodutos e numerosas aplicações industriais.

A Tabela 2.3 traz alguns usos e aplicações do sangue bovino proveniente de animais abatidos sob inspeção.

Tabela 2.3: Usos e Aplicações do Sangue Bovino (RENÚNCIO, 1997 e DIVAKARAN, 1982).

Ramo / Atividade	Usos / Aplicações
Fertilizantes	Estabilizador de pH do solo, revestimento de sementes, componentes minerais;
Rações Animais	Estabilizador de vitaminas, substituto do leite, suplemento de lisina, componentes nutricionais;
Laboratorial	Meios de cultura, carvão ativado, esfingomielinas, catalases, agar-sangue, albuminas, glicerofosfato;
Medicinal	Suturas, provas de aglutinação, imunoglobulinas; técnicas de fracionamento, fatores de coagulação, produtos de fibrina, serotonina, aditivos de plasma, entre outros.
Industrial	Indústria cerâmica, adesivos, aditivos para resina; finalizadores de curtição de couros e tecidos, coadjuvantes em inseticidas pulverizantes, substituto da clara do ovo em panificação, espumas para extintores de incêndio, fabricação de cerâmica e plástico, formulações a base de plástico e cosméticos, etc.
Alimentação Humana	Estabilizante, clarificante, emulsificante, composto nutricional, corantes.

Dorly (1984), referindo-se ao aproveitamento do sangue obtido nos abatedouros, informa que, na Suécia, 80 % do sangue é destinado direta ou indiretamente à alimentação humana.

É altamente preocupante o baixo índice de aproveitamento do sangue, sobretudo nos estabelecimentos qualificados, ainda que ele se destine a fins de alimentação animal, a fertilizante ou a certos empregos industriais (PARDI, 1996).

## 2.4 – INTERESSE ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL

O aproveitamento de sangue bovino de abate, se constitui em assunto de relevante importância econômica, social e ambiental para Santa Catarina, pois, somente neste Estado, são desperdiçados anualmente mais de 20.000.000 litros de sangue de bovinos abatidos.

Analisando a atual situação econômica do Estado de Santa Catarina, pode-se observar muitos contrastes. De um lado temos elevada parcela da população

padecendo de carências alimentares básicas, especialmente de proteínas e vitaminas; de outro lado, temos um injustificável desperdício de produtos que são fontes riquíssimas destes mesmos princípios nutricionais e de outros, além de as empresas estarem deixando de se beneficiarem de um agregado econômico bastante promissor (PARDI, 1993).

O sangue bovino, proveniente do abate em frigoríficos, é uma fonte potencial de proteínas, muito utilizada em diversos países na alimentação humana. Só na Suécia são utilizados 80 % do sangue obtido nos matadouros, para alimentação humana. (DORLY, 1984). Porém, no Brasil, somente uma pequena quantidade de sangue animal é utilizada para este fim. O sangue bovino, quando aplicado à alimentação humana na forma de enriquecimento de vários produtos, melhoram a palatabilidade e a aceitação dos mesmos, além de diminuir comprovadamente casos de várias doenças causadas por deficiência de micronutrientes.

As proteínas do sangue constituem, aproximadamente, 10 % das proteínas totais dos animais de abate, embora representem apenas 3,5 % de seu peso vivo. (DIVAKARAN, 1982).

Como, em média, o peso dos bovinos de abate vivos em Santa Catarina é de aproximadamente 750kg, deixa-se de utilizar para consumo humano o equivalente a 35kg de proteína para cada animal abatido, pois no melhor processo de sangria retira-se apenas 50 % do sangue de um animal (RENÚNCIO, 1997).

Cozzolino (1992) diz que, no Brasil, em 1984, foi estimado que cerca de 130 milhões de litros de sangue são quase que totalmente descartados na maioria dos matadouros do país. Este sangue de abate é um poluente em potencial dos mananciais e também responsável pelo alto custo do tratamento dos efluentes dos abatedouros (RÉ, 1986).

Numa dieta, o ferro pode ser encontrado em duas formas: o ferro orgânico ou hematínico, e inorgânico ou não hematínico. O ferro hematínico ou heme é encontrado na hemoglobina e mioglobina, proveniente do sangue, de vísceras e das carnes em geral, aves e peixes. O ferro não-hematínico está presente principalmente nos alimentos vegetais (WAPNIR, 1990; CARPENTER e MAHONEY, 1992; TBNF-THE BRITISH NUTRITION FOUNDATION, 1995; WINGARD et al., 1995; INSTITUTE OF MEDICINE, 2002) e nos sais de ferro utilizados na suplementação. O ferro heme apresenta alta absorção, 15 a 35 % dependendo do estado nutricional de ferro do organismo, pois diferentemente do ferro não-heme, é absorvido intacto pela mucosa intestinal, sendo então protegidos dos fatores inibidores da dieta (MONSEN et al., 1978; DALLMAN et al., 1994).

O ferro-heme é muito mais absorvido que o ferro-não-heme. Fatores dietéticos como os polifenóis, incluindo os taninos (chás) e outras substâncias encontradas no café, o ácido oxálico (espinafre, acelga, "berries", chocolate entre outros), os fitatos (encontrados, por exemplo, em grãos integrais e no milho) e o EDTA (como conservante), inibem a absorção do ferro-não-heme. Chás ou cafés consumidos junto ou logo após às refeições, podem reduzir sua absorção em 60% e 40%, respectivamente. A ação dos polifenóis se dá através da formação de complexos entre os grupos hidroxila dos compostos fenólicos e as moléculas de ferro, tornando-o não disponível para absorção (ALBITECH, 2006).

Cozzolino (1992) avaliou o efeito da introdução de biscoitos fortificados com ferro hemínico no estado de nutrição de ferro de pré-escolares com anemia ferropriva, observando com isso, aumento da concentração de hemoglobina em todas as crianças e ausência de anemia anteriormente detectada.

Silvestre et al. (2003) estudaram o efeito da substituição parcial da gordura pela globina e plasma bovinos em patê de presunto. O uso de plasma bovino, isoladamente ou em associação com globina bovina, promoveu um aumento significativo de proteína sal-solúvel do patê de presunto. Concluiu-se, portanto, que a incorporação da globina bovina mostrou-se eficiente para manter a estabilidade da emulsão do patê de presunto.

Marchi et al. (2004) estudaram a fortificação de arroz com ferro hematínico e seus efeitos com 127 crianças em duas creches.

Simões et al. (1999), avaliou o impacto de um suplemento nutricional rico em ferro hematínico. O impacto da fração celular desidratada, rica em ferro hematínico, nos níveis hematimétricos de seres humanos foi determinado pelo estudo epidemiológico quase-experimental, sendo que o grupo suplementado com o ferro, apesar de apresentar níveis normais de estoque de ferro no início do estudo, obteve melhores resultados em comparação ao não suplementado, não havendo qualquer efeito colateral associado ao seu consumo. Observou-se ainda, aumento significativo nos níveis de ferro sérico no grupo suplementado com a fração celular, indicando que o ferro dessa fração foi adsorvido e utilizado pela população do estudo no período de dois meses. Este estudo indica a possibilidade de uso deste produto no tratamento da anemia ferropriva.

Silva (1996), elaborou um biscoito de chocolate tipo amanteigado enriquecido com sangue bovino, contendo 6 % de sangue bovino. O biscoito obtido, apresentou 60 % mais proteína e 6 vezes mais ferro que um biscoito semelhante sem sangue na sua formulação. Os testes realizados foram satisfatórios.

Massaro (2002), promoveu o enriquecimento protéico de farelo de arroz desengordurado, com sangue bovino, na forma de Pellets, pelo recobrimento e adsorção de sangue bovino, em leito de jorro, obtendo um produto final com teor protéico de 25 %, destinado à ração animal.

Fisberg et al. (2003), utilizou feijão enriquecido com ferro na prevenção de anemia em pré-escolares. Como resultado foi obtido uma melhora nos padrões antropométricos da amostra analisada, diminuição na prevalência de anemia através do aumento nos valores médios de hemoglobina e excelente aceitação do produto em toda a população.

A fortificação alimentar pode ser considerada uma alternativa de intervenção no combate a carências de micronutrientes. Esta medida é descrita como uma estratégia adotada em países desenvolvidos ou mesmo em desenvolvimento. Segundo Torres et al. (2000), trata-se de uma medida capaz de atingir vários extratos populacionais sem exigir cooperação do beneficiário, além de ser uma medida barata e efetiva, a curto, médio e longo prazo.

Domene (2004) diz que o impacto sobre a ocorrência da anemia ferropriva não é apenas comum entre populações carentes. Mesmo em grupos sociais de bom poder aquisitivo, erros alimentares são apontados como determinantes importantes para o desenvolvimento da doença.

No que se refere às análises de viabilidade econômica, na década de 70, Berg (1973) expôs alguns critérios, considerados fundamentais para a escolha de alimentos passíveis de fortificação: o alimento (veículo) fortificado, deveria ser consumido numa quantidade considerável pela população alvo, deveria haver boa aceitação do produto pela população beneficiada e o alimento, uma vez enriquecido, deveria manter o seu preço de mercado (baixa elasticidade-preço da demanda).

Por exemplo, o arroz fortificado é 14 % mais caro que o arroz convencional, compensado pelo seu rendimento 1,4 vezes maior. Segundo Marchi et al. (2004), ocorreu um aumento estatisticamente significativo na concentração média de hemoglobina de 0,5g/dL e 1,0g/dL entre anêmicos. A ocorrência de anemia diminuiu em 38,5 %. O consumo contínuo e generalizado doméstico ou em programas institucionais do arroz fortificado com ferro é uma importante contribuição para o controle da anemia.

O Brasil já está recebendo propostas internacionais para instalação de indústrias de plasma e hemoglobina com o sangue bovino para exportação (Só Notícias, 2004), o que torna ainda mais interessante seu estudo e viabilidade.

Os altos índices de anemia e de doenças causadas pela deficiência de ferro e ácido fólico na população brasileira levaram o Ministério da Saúde e a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) a tornar obrigatória a fortificação das farinhas de trigo e milho.

De acordo com ANVISA, no Brasil (BRASIL, 2004):

- 45 % das crianças até cinco anos de idade - aproximadamente 10 milhões de pessoas - têm algum grau de anemia (anemia ferropriva);
- 30 % das crianças com menos de dois anos de idade têm algum grau de anemia;
- 42 % das gestantes apresentam anemia megaloblástica;

Com a publicação da Resolução RDC nº 344, de 13 de dezembro de 2002 (BRASIL, 2005a), tanto as farinhas de trigo como as de milho vendidas diretamente ao consumidor, e aquelas utilizadas como matéria-prima pelas indústrias na fabricação de outros produtos, têm que ser enriquecidas com ferro e ácido fólico a partir de junho de 2004 (BRASIL, 2005a).

Cada 100g de farinha de trigo ou de milho deve conter 4,2mg de ferro e 150µg de ácido fólico. Com isso, as farinhas e produtos como pães, macarrão, biscoitos, misturas para bolos e salgadinhos deverão apresentar maior quantidade de ferro e ácido fólico em sua formulação final (BRASIL, 2005a).

A fortificação das farinhas, em alguns países da América Latina, reduziu a anemia em 40 % e, no Brasil, já têm-se estudos que comprovam a redução dos índices de anemia.

A aplicação do sangue bovino na alimentação humana é uma opção de enriquecimento de produtos de panificação com matéria-prima barata e em abundância, além de que com esta prática, os abatedouros estarão reduzindo o impacto ambiental causado pelo resíduo de sangue bovino de abatedouros.

## 2.5 – PRODUÇÃO DE SANGUE BOVINO EM PÓ INTEGRAL

O sangue bovino deteriora-se extremamente rápido, além de sofrer o processo natural de coagulação. O primeiro cuidado a ser tomado no processo de obtenção do sangue bovino em pó é a colheita do sangue, pois é a partir daí que teremos um produto recomendado ou não para alimentação humana (OCKERMAN e HANSEN, 1994).

A coagulação do sangue é produzida fisiologicamente pela ação da protrombina e trombina, na presença de íons de cálcio. Porém, na fabricação de sangue bovino em pó, para que o produto final mantenha as propriedades nutritivas e o rendimento industrial seja maior, impõe-se a adição de anticoagulante antes que se produza a coagulação espontânea (PARDI, 1996)

A secagem por atomização é um método de conservação muito apropriado para desidratar substâncias termossensíveis, como por exemplo, alimentos, por se tratar de uma secagem muito rápida (BHANDARI et al., 1992; MASTERS, 1991).

O sistema de secagem caracteriza-se pela remoção de umidade até valores que garantam a estabilidade do produto por tempo adequado, nas condições pré-estabelecidas.

A atomização (*spray drying*) é um processo de secagem por calor que consiste em pulverizar o produto em gotas quando entra em contato com uma corrente de ar quente que atua como fluido aquecedor e veiculador. Ele produz uma evaporação imediata que transforma as gotículas em partículas sólidas que se separam do ar por meio de ciclone. A permanência de contato do produto com o ar quente é de 4 a 6 segundos. A qualidade do produto seco não é alterada (DAIÚTO e CEREDA, 2003).

Segundo Domingues et al. (2002), quando bem conduzida, a desidratação por atomização gera um produto de alto valor nutritivo, estável e também versátil em sua utilização. As propriedades físicas relacionadas com a qualidade dos produtos obtidos são influenciadas pelas condições operacionais do secador e características da suspensão de alimentação (MASTERS, 1991).

Gava (1984) relata que a atomização está baseada em quatro fases:

- Atomização do líquido;
- Contato do líquido com o ar quente;
- Evaporação da água;
- Separação do produto em pó do ar de secagem.

Gava (1984) relata ainda que estas quatro fases interferem nas características do produto final em pó.

## 2.6 – ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ )

A atividade de água é definida pela relação entre a pressão parcial de vapor d'água no alimento e a pressão de vapor da água pura a uma determinada

temperatura ou pela umidade relativa de equilíbrio dividida por 100 (TEIXEIRA NETO e JARDIM, 1996).

É definida pela equação:

$$a_w = \frac{p}{p_0} = \frac{UR}{100} \quad (1)$$

onde:

$a_w$  = atividade de água do produto;

$p$  = pressão de vapor de água presente no produto;

$p_0$  = pressão de vapor de água saturado na mesma temperatura;

UR = umidade relativa do ambiente ao redor do produto.

A atividade de água de um alimento é uma das medidas mais importantes no processamento e na análise dos materiais biológicos, devido à sua importância no que diz respeito à qualidade e estabilidade. A afinidade existente entre a água e os outros componentes de um produto definem sua higroscopicidade, que é muito marcante nos produtos alimentícios, e torna-se uma característica fundamental pois influencia os processos de manuseio, estocagem e consumo de materiais biológicos (TEIXEIRA NETO e QUAST, 1993).

A atividade de água é um fator primordial no crescimento microbiano, na produção de toxinas e nas reações enzimáticas e não-enzimáticas (Leung, 1986). A maioria das bactérias não crescem em atividades de água inferiores a 0,90 (Bone, 1987).

A Figura 2.3 mostra a representação da velocidade relativa de reações e de crescimento de microorganismos em função da atividade de água.



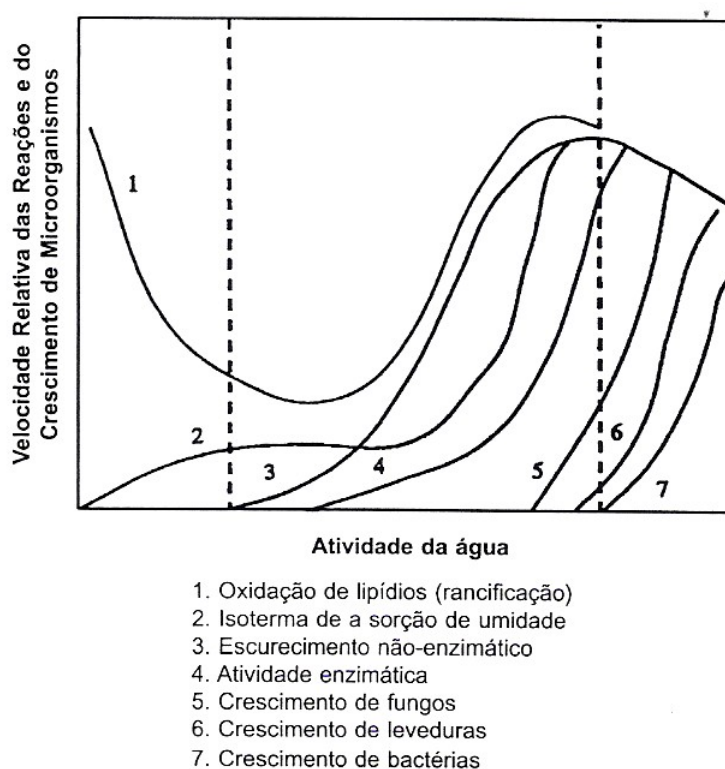


Figura 2.3: Velocidade relativa de reações e de crescimento de microorganismos em função da atividade de água (QUAST e TEIXEIRA NETO, 1976).

## 2.7 - ISOTERMAS DE SORÇÃO

O sangue bovino em pó, obtido por atomização em condições de temperatura e umidade relativa constantes, adsorve umidade do meio atingindo uma umidade de equilíbrio,  $X$ , de acordo com a umidade relativa,  $UR$ , em que estiver acondicionado. A relação entre o conteúdo total de umidade e atividade de água correspondente em um intervalo de valores a uma temperatura constante produz uma isoterma de adsorção de umidade (JOWITT et al., 1981).

Este fenômeno é estudado através das isotermas de adsorção de água, que são representações gráficas da umidade de equilíbrio a diferentes valores de atividade de água ( $a_w$ ), à temperatura constante. Os resultados são apresentados como curvas de umidade de equilíbrio, também chamadas de isotermas de adsorção de água (CHEN e CLAYTON, 1971). As isotermas podem ser de adsorção ou dessorção, segundo a umidade do produto.

As isotermas de sorção são de grande utilidade no estudo das propriedades da água e sua influência nas reações de deterioração dos alimentos, principalmente quando se trata de alimentos desidratados como é o caso do sangue bovino em pó e outros alimentos que apresentam grande sensibilidade ao ganho de umidade.

Através das isotermas de sorção podemos prever o tempo de vida-de-prateleira em uma determinada embalagem, caracterizar um produto no equilíbrio e determinar o valor da monocamada de água ligada ao alimento (TEIXEIRA NETO e JARDIM, 1996).

O conteúdo de umidade de equilíbrio de um material higroscópico, em determinadas condições de temperatura e umidade relativa, depende do caminho que se segue para alcançar a umidade de equilíbrio. Assim, para uma mesma umidade relativa, pode haver duas isotermas, denominadas de isoterma de adsorção e dessorção, obtidas em função das condições experimentais iniciais. Isto porque o material pode apresentar um conteúdo de umidade menor ou maior que a umidade de equilíbrio para as condições do ambiente (LABUZA, 1968). Este fenômeno é chamado de histerese. As isotermas tem forma sigmoideal pois a isoterma de dessorção apresenta valores de umidade de equilíbrio superiores à da isoterma de adsorção, como mostra a Figura 2.4.

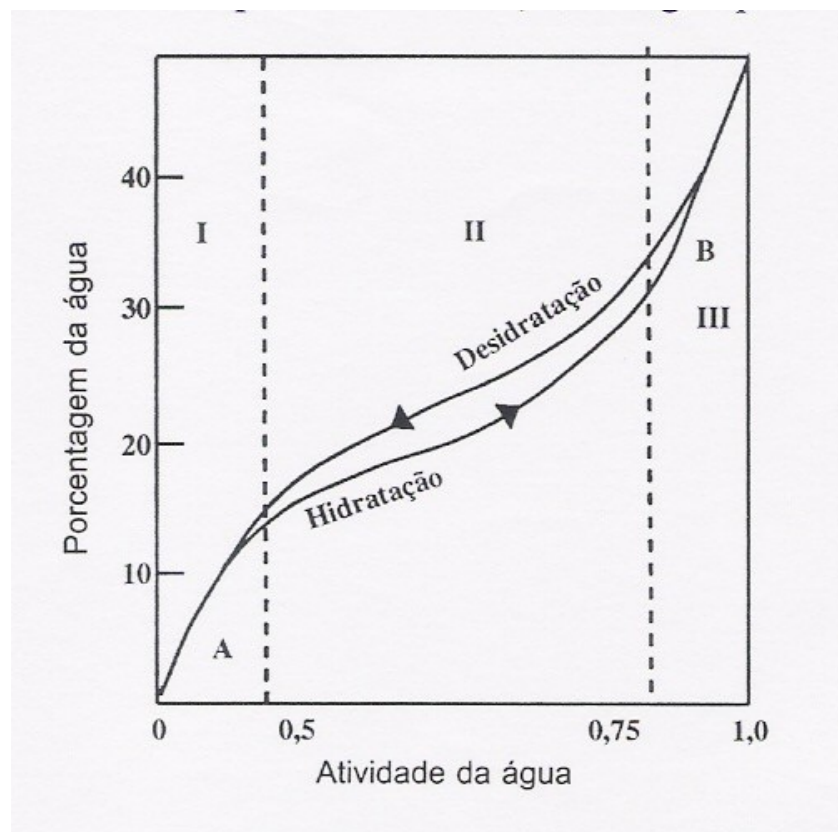


Figura 2.4: Curvas de equilíbrio na secagem e hidratação de um alimento em função da correspondente atividade de água (LABUZA, 1968).

Brunauer et. al. (1940) classificou as isotermas de sorção segundo a sua forma em cinco tipos gerais (Figura 2.5). Tipo I, é o tipo de Langmuir. Tipo II tem a

forma de “S” o sigmoidal, e é uma das relações não lineares que com maior frequência aparece em tipos distintos de alimentos. Rahman (1995) diz que as três restantes não têm nome específico. Talvez uma característica destacável seja que as isotermas de tipo III são típicas de produtos ricos em componentes solúveis tais como açúcar ou sal no alimento (PEZANTES, 2006).



Figura 2.5: Os cinco tipos de isotermas de adsorção de Van der Waals (BRUNAUER et al., 1940; PEZANTES, 2006).

As isotermas de adsorção de água de materiais protéicos ou farináceos, apresentam isotermas de sorção do tipo II com forma sigmoidal. A forma destas curvas indica o tipo de forças que intervém na ligação da água com a superfície do material higroscópico e permite certas avaliações da estrutura superficial, da sua estabilidade durante o armazenamento, podendo ainda projetar uma embalagem apropriada para sua melhor conservação (BRUNAUER, 1938; FERREIRA e PENA, 2003).

Existem muitos modelos matemáticos para descrever o comportamento das isotermas. Alguns exemplos são dados na Tabela 2.4

Tabela 2.4: Modelos matemáticos para prever o comportamento da isotermas:

Nome do Modelo	Modelo
LANGMUIR (1918)	$\frac{X_e}{X_m} = \frac{C.a_w}{1 + C.a_w}$
BET (BRUNAUER, EMMET e TELLER, 1938)	$X_e = \frac{(X_m.C.a_w).(1 - (n + 1).a_w^n + n.a_w^{n+1})}{(1 - a_w).(1 + (C - 1).a_w - C.a_w^{n+1})}$
BET linearizado (BRUNAUER, EMMET e TELLER, 1938)	$\frac{a_w}{(1 - a_w).X_e} = \frac{1}{X_m.C} + \frac{a_w.(C - 1)}{X_m.C}$
GAB -GUGGHENHEIM, ANDERSON e de BOER (PARK e NOGUEIRA, 1992)	$X_e = \frac{X_m.C.K.a_w}{(1 - K.a_w).(1 - K.a_w + C.K.a_w)}$
HALSEY (1985)	$a_w = \exp\left(\frac{-A}{X_e^B}\right)$
OSWIN (CHINNAN & BEAUCHAT, 1985)	$X_e = A\left(\frac{a_w}{1 - a_w}\right)^B$
PELEG (1993)	$X_e = k_1.a_w^{n_1} + k_2.a_w^{n_2}$
HENDERSON (ASAE, 1991)	$1 - a_w = \exp\left[-(k.X_e^n)\right]$
CHUNG & PFOST (1967)	$\ln a_w = -\frac{A}{R.T} \exp[-B.X_e]$

Referência: PARK, et al. (2001).

onde:

$X_e$  = teor de umidade de equilíbrio, kg/kg;

$X_m$  = teor de umidade da monocamada molecular, kg/kg;

$a_w$  = atividade de água, adimensional;

T = temperatura, °C;

A, B, C, D, E, n, K,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $n_1$ ,  $n_2$  = constantes das equações;

R = constante universal dos gases.

Experimentalmente, as isotermas de sorção são determinadas colocando-se uma amostra do produto estudado, sangue bovino em pó, em potes herméticos com umidade relativa constante e conhecida, até que ocorra o equilíbrio nas temperaturas desejadas, que são mantidas constantes. A umidade relativa do ar nos potes herméticos é obtida a partir de soluções saturadas de sais, ácidos ou glicerol. As soluções saturadas dos sais constituem-se num sistema de três fases (vapor-líquido-sólido) e que exercem pressões parciais de vapor d'água constantes e independentes de um aumento de líquido no sistema, desde que a solução permaneça saturada (QUEIROZ et al., 2004).

Modelos bi e tri paramétricos foram estudados por Pena, et al. (2000) na predição de isotermas de sorção de umidade do guaraná em pó obtido em *spray dryer*. Entre os modelos testados, os que apresentaram melhores resultados nos ajustes foram as tri-paramétricas de GAB, BET modificada e Anderson, além das equações bi-paramétricas de Handerson e Oswin.

A equação de BET é o modelo mais conhecido e usado, e fornece um bom ajuste dos dados para a região de  $0,05 < a_w < 0,45$ . A equação de GAB é um refinamento das teorias de BET e Langmuir e oferece um bom ajuste dos dados para a região de  $0 < a_w < 0,90$  (BARBOSA-CÁNOVAS e VEGA-MERCADO, 2000).

## 2.8 – VIDA-DE-PRATELEIRA

A vida-de-prateleira de um alimento é o tempo em que ele pode ser conservado em determinadas condições de temperatura, umidade relativa, luz, etc., sofrendo pequenas, mas bem estabelecidas alterações, que são, até certo ponto, consideradas aceitáveis pelo fabricante, pelo consumidor e pela legislação alimentar vigente (QUAST e VITALLI, 1996).

A definição mais completa de vida-de-prateleira é apresentada pelo IFT (*Institute of Food Technologist*), para a qual vida-de-prateleira é o “período de tempo” decorrido entre a produção e o consumo de um produto alimentício, no qual o mesmo se caracteriza pelo nível satisfatório de qualidade avaliado pelo valor nutritivo, sabor, textura e aparência. A vida útil varia com o tipo de alimento, temperatura de estocagem e embalagem utilizada (DUTCOSKY, 1996).

### 2.8.1 - Estimativa de vida-de-prateleira

A variação do teor de umidade do produto em função do tempo de estocagem depende do gradiente de pressão parcial de vapor de água entre o ambiente de estocagem e o interior da embalagem, e de certas características da embalagem (dimensões, permeabilidade ao vapor de água) e do produto acondicionado (isoterma, umidade inicial e umidade crítica) (PADULA, 1993).

Alves e Padula (1993) estabeleceram um modelo matemático para estimativa de vida-de-prateleira através da especificação da embalagem:

Para embalagens plásticas flexíveis tem-se:

$$t = \frac{M.UR.\alpha}{100.A.TPVA} \cdot \ln\left(\frac{X_e - X_0}{X_e - X_c}\right) \quad (2)$$

onde:

t = tempo de vida-de-prateleira do produto (dias);

M = massa seca do produto (g);

UR = umidade relativa do ambiente de estocagem;

$\alpha$  = aproximação linear da isoterma de absorção de umidade do alimento;

TPVA = taxa de permeabilidade ao vapor de água do material da embalagem (g água/m<sup>2</sup>.dia);

A = área da embalagem (m<sup>2</sup>);

X<sub>0</sub> = umidade inicial do produto (g água/100g de produto seco);

X<sub>c</sub> = umidade crítica do produto (g água/100g de produto seco), ou seja, a umidade em que se observa modificação no alimento;

X<sub>e</sub> = umidade do produto quando em equilíbrio com o ambiente de estocagem (g água/100g de produto seco).

### 2.8.2 – Fatores que alteram a vida-de-prateleira de um alimento

De acordo com Teixeira Neto e Jardim (1996), os fatores que podem ocasionar degradação ou perda de qualidade de um alimento são:

- Degradação microbiológica;
- Senescência (processo de envelhecimento);
- Reações enzimáticas
- Escurecimento não-enzimático;
- Oxidação de lípidos;
- Degradação de vitaminas;
- Mudanças de cor;
- Alterações sensoriais;
- Alterações físicas;
- Temperatura;
- Umidade;

- Atividade de água.

A preservação da qualidade dos alimentos está diretamente relacionada com as características do produto, o sistema de embalagem utilizado e ainda do sistema de distribuição empregado (PADULA, 1996).

Quanto mais dados disponíveis, tanto mais informação útil poderá ser obtida de um ensaio bem projetado de vida-de-prateleira. É necessário determinar quais os fatores mais significativos para a preservação do produto e quais as mudanças que podem ocasionar a perda de qualidade.

## 2.9 - ANÁLISE SENSORIAL

A “Análise Sensorial” é usada para mostrar, medir, analisar, e interpretar reações humanas em relação às características de alimentos e materiais quando são percebidas pelos sentidos de visão, olfato, gosto, tato e audição (IFT, 1975).

Segundo Monteiro (1984) a análise sensorial é um campo muito importante na indústria de alimentos, pois ela contribui para a determinação da qualidade de um produto novo. Os elementos de avaliação sensorial são sabor, aparência, odor, textura e cor.

Deste modo, é possível analisar de forma científica e objetiva as características que influem na aceitabilidade do alimento ou bebida, pelo consumidor (MODESTA, 1994).

É de extrema importância medir a aceitação de um novo produto mediante a aceitação do consumidor.

De acordo com Dutcosky (1996), a avaliação sensorial fornece suporte técnico para pesquisa, industrialização, marketing e controle de qualidade.

### 2.9.1 – Métodos sensoriais

Os métodos sensoriais são baseados nas respostas aos estímulos que é realizada através dos órgãos dos sentidos como o gosto, olfato e tato quando se ingere um alimento. As diversas sensações que resultam da interação dos nossos sentidos, são usadas para medir a qualidade do alimento em programas de controle de qualidade e desenvolvimento de novos produtos (MONTEIRO, 1984).

A ABNT – NBR 12994, de julho de 1993, classifica os métodos de análise sensorial como:

I - Métodos discriminativos: estabelecem diferenciação qualitativa e/ou quantitativa entre as amostras.

II – Métodos descritivos: que descrevem qualitativa e quantitativamente as amostras.

III – Métodos subjetivos: que expressam a opinião pessoal do julgador.

### 2.9.2 – Métodos subjetivos

Os testes subjetivos ou afetivos são aplicados com quatro objetivos principais: verificação do posicionamento de um produto no mercado, otimização da fórmula do produto, desenvolvimento de novos produtos e avaliação do potencial do mercado (MEILGAARD et al., 1999).

Os métodos subjetivos medem quanto uma população gostou de um produto, para avaliar preferência ou aceitabilidade. A preferência pode ser definida como a expressão do grau de gostar, escolha de uma amostra em relação a outra e/ou contínuo psicológico do afetivo (percepção do agradável até o desagradável), através dos quais baseiam a escolha. A aceitabilidade pode ser definida como uma experiência caracterizada por uma atitude positiva e/ou pela utilização atual do produto (hábito de comprar ou consumir um alimento) (DUTCOSKY, 1996).

Os métodos afetivos dividem-se em: testes qualitativos e testes quantitativos (FARIA, 2002):

- Testes qualitativos são aqueles que avaliam subjetivamente as respostas de uma amostra de consumidores em relação às propriedades sensoriais de um produto, ou impacto de uma idéia, embalagem, propaganda, etc.
- Testes quantitativos avaliam as respostas de um grande grupo de consumidores (mínimo de 50, em geral), a uma série de perguntas que visam determinar o grau de aceitabilidade global de um produto. Estes são apresentados pelo IFT (1995) em duas classes principais:
  - a) Testes de preferência
    1. Pareado
    2. Ordenação
    3. Pareado ou ordenação múltiplos
  - b) Testes de aceitação
    1. Aceitabilidade



2. Avaliação hedônica (mais usada)
3. Escala “just-about-right”
4. Avaliação dos atributos (diagnóstico)

### 2.9.3 – Teste de aceitação com escala hedônica

A palavra “hedônica” refere-se aos estados psicológicos conscientes agradáveis e desagradáveis (gostei ou desgostei). Na escala hedônica as respostas afetivas são medidas por uma escala de pontos e os termos e as palavras escolhidas são muito importantes e devem expressar bem claro o significado da resposta, dando a idéia sucessiva dos intervalos da escala (MONTEIRO, 1984).

As principais vantagens da escala hedônica são sua fácil aplicação, podendo-se usar um grande número de pessoas, pois o degustador pode responder com facilidade sem prévia experiência, e a possibilidade de testar estatisticamente os dados (MODESTA, 1994).

Carneiro et al. (2005), utilizaram avaliação sensorial para testes de aceitação do produto grãos de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) onde o método utilizado para avaliação da aceitabilidade do produto foi o método afetivo.

Marques et al. (2005), testaram a possibilidade da adição da farinha de mandioca na fabricação do pão francês em substituição parcial à farinha de trigo, pelo método afetivo por escala hedônica numérica.

Silva, et al. (1999), avaliaram a aceitação de vinhos brancos brasileiros, de três diferentes linhas varietais através de testes sensoriais afetivos utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos.

Monteiro et al. (2001), estudou por análise sensorial a aceitação, em adultos e crianças, de diferentes formulações de sopa-creme à base de palmito para merenda escolar. Os testes foram realizados com escala hedônica variando de 1 a 9 pontos para adultos e 1 a 7 pontos para crianças.

Garruti et al. (2003), estudou o perfil sensorial e a aceitação de requeijão cremoso utilizando-se quatro marcas comerciais do produto, com o auxílio de escala hedônica de nove pontos.

Bezerra et al. (2005) estudaram a utilização de soro de queijo na elaboração de pães em substituição parcial de água utilizando-se de uma escala hedônica estruturada para avaliar as amostras de acordo com o sabor.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Na primeira seção deste capítulo, apresenta-se a localização do abatedouro e o município de Rio do Oeste, no qual foi obtida a matéria-prima para este trabalho. As seções seguintes apresentam a metodologia de coleta do sangue bovino e obtenção do produto final em pó, análises microbiológicas, determinação das isotermas de sorção de umidade, obtenção da atividade de água do sangue bovino em pó, umidade crítica, tempo de vida-de-prateleira e metodologia de preparação dos produtos de panificação enriquecidos com sangue bovino em pó.

#### **3.1 – LOCALIZAÇÃO DOS ABATEDOUROS**

O município de Rio do Oeste localiza-se na região do Alto Vale do Itajaí, limitando-se com as seguintes cidades; Laurentino, Trombudo Central, Pouso Redondo, Taió, Presidente Getúlio e Dona Emma. A cidade é banhada pelo rio Itajaí Oeste, sendo este de grande importância para as atividades agrícolas, principalmente a cultura de arroz irrigado.

A economia de Rio do Oeste está baseada no setor primário. Dos 6.964 habitantes, aproximadamente 70 % vivem no meio rural onde as atividades principais se encontram na agropecuária e extrativismo da madeira. O fumo, arroz irrigado, milho, feijão, mandioca, produção de mudas ornamentais e cítricas, cebola, criação de suínos, bovinos de leite e a bovinocultura de corte, são as principais atividades econômicas desenvolvidas pelas famílias rurais.

No concernente aos abatedouros, o município de Rio do Oeste conta com um Frigorífico com Inspeção Sanitária Estadual e abate, em média, 500 cabeças por dia entre bovinos e suínos.

Em relação aos aspectos ambientais, a falta de adoção de práticas de manejo e conservação adequadas fazem com que hoje existam cenários acentuados de degradação ambiental. O uso inadequado de equipamentos de preparo de solo, a poluição ambiental devido ao manejo inadequado de dejetos humanos e animais,

agrotóxicos e lixo doméstico estão acarretando o assoreamento e incrementando a população de borrachudos e contaminação de mananciais<sup>1</sup>.

### 3.1.1 Frigorífico Alto Vale

O Frigorífico Alto Vale foi fundado em 25/06/1986 e possui como atividade principal o abate de bovinos e suínos para a comercialização de carnes. Situado no município de Laurentino, possui atualmente 420 m<sup>2</sup> de área fechada para o abate de bovinos e funciona com 25 funcionários, sendo uma indústria familiar.

A matéria-prima (gado) é proveniente de criação própria e de fornecedores externos. Para bovinos, são aceitos para abate apenas animais com peso mínimo de 450Kg e raça Nelore ou Charolês. Além de todo cuidado na escolha da matéria-prima, o frigorífico possui o Serviço de Inspeção Estadual - SIE, respeitando todas as regras de higiene pré-estabelecidas pelos órgãos competentes para este fim. Para tanto, é mantido em tempo integral um médico veterinário oficial que analisa todo o gado que foi abatido, verificando se os animais são totalmente saudáveis e estão em condições viáveis para consumo humano.

Além da carne, é feita a comercialização de outros produtos como o couro, os chifres, os ossos, o sebo, as pedras de fel, tripas dentre outros. Com este estudo, não somente o frigorífico Alto Vale será beneficiado mas todos os frigoríficos da região, já que o sangue bovino é um dos subprodutos de abate que ainda não são reaproveitados, constituindo-se em fontes de poluição e resultando em elevados gastos com tratamento de efluentes.

## 3.2 – COLETA DE SANGUE NO FRIGORÍFICO ALTO VALE

### 3.2.1 – Instalações

O Frigorífico Alto Vale foi escolhido para o desenvolvimento deste trabalho por possuir organização e demanda adequada de modo a permitir a intervenção no processo de abate sem alterar na produtividade da empresa, nem a qualidade do produto final, além de apresentarem condições higiênico-sanitárias extremamente favoráveis.

---

<sup>1</sup> Plano Integrado de Desenvolvimento Municipal de Rio do Oeste, 1998.

O fluxo de bovinos permite também estabelecer um rigor maior para a coleta asséptica do sangue, permitindo intervenção no processo de abate, quando necessário, já que a coleta deve seguir padrões rigorosos de higiene que fogem ao processo normal de abate.

A insensibilização dos animais é realizada em Box apropriado e a condução destes animais é realizada através de trilho aéreo, suspenso por roldanas. Os animais são suspensos na posição vertical e o frigorífico possui área de chuveiro para lavagem dos animais, operação que precede todo o abate e é realizada com o acompanhamento de médico veterinário oficial.

### 3.2.2 – Animais

Foram utilizados bovinos com idade aproximada de 3 anos. Os animais eram acompanhados de Guia de Trânsito Animal - GTA, uma obrigatoriedade no Estado de Santa Catarina por ser um documento que garante a procedência dos animais de abate. O GTA serve também como atestado de que a propriedade de origem dos animais é controlada para doenças mais graves dos rebanhos, já que é expedida somente por médico veterinário oficial.

### 3.2.3 – Equipamentos

Para a coleta de sangue bovino foram utilizados os seguintes equipamentos:

- faca de açougue: faca comum de aço inoxidável, com cabo de polipropileno, usada para abrir a barbeta dos animais;
- faca vampiro: instrumento de aço composto por uma lâmina perfurante, oca, com 20cm de comprimento, cabo também oco de maneira a permitir que uma vez tendo penetrado nos grandes vasos do pescoço do animal (cava superior, carótida e aorta), o sangue possa fluir da lâmina para o cabo e deste para a mangueira coletora. Este equipamento foi gentilmente cedido por Dr. Adelino Renúncio Médico, Veterinário da CIDASC;
- mangueira coletora: 1m de mangueira comum de polipropileno que adaptada à faca vampiro para conduzir o sangue desde a faca até o recipiente coletor do sangue;
- bombona plástica com tampa rosqueada com capacidade para 20 litros de sangue devidamente desinfetada com álcool 70°GL;

- caixa de isopor com capacidade para 30 litros contendo gelo para o acondicionamento do sangue;
- álcool 70° GL para desinfecção;
- hipoclorito de sódio a 2,5% higienização dos materiais;
- soda cáustica para higienização final do equipamento.

### 3.2.4 – Metodologia de coleta do sangue

O método de coleta asséptica de sangue bovino, foi descrita por Renúncio (1997), como sendo a técnica que torna viável a utilização de sangue bovino para alimentação humana nos pequenos abatedouros do Estado de Santa Catarina.

A coleta foi realizada durante o abate normal de bovinos com o auxílio de pessoal operacional e médico veterinário oficial presente, seguindo uma seqüência normal de rotina do abate realizada pelos estabelecimentos, porém com maior rigor na desinfecção do animal.

Todas as operações seguiram as normas previamente determinadas pelo Ministério da Agricultura.

As etapas do processo de abate e coleta de sangue bovino são mostradas na Figura 3.1.

Primeira etapa: Recebimento dos animais acompanhados de GTA- Guia de Trânsito Animal expedida por médico veterinário. Os animais recebidos no abatedouro permanecem em dieta hídrica por no mínimo 8 horas antes do abate.

Segunda etapa: exame “*ante- mortem*” realizado pelo médico veterinário oficial com a finalidade de garantir a higidez, perfeita saúde, do animal a ser abatido.

Terceira etapa: lavagem do animal, com água em abundância, para retirar as sujidades, diminuindo a carga microbológica das partes externas.

Quarta etapa: insensibilização do animal por concussão cerebral, para evitar sofrimento, diminuir a excitação, melhorar a sangria e a qualidade da carne.

Quinta etapa: lavagem criteriosa do animal, com auxílio de mangueira de alta pressão (100 psi) e esfregação, necessário para retirar as sujidades aderidas. A água utilizada para esta operação é tratada com hipoclorito de sódio a 2,5% (Figura 3.2).

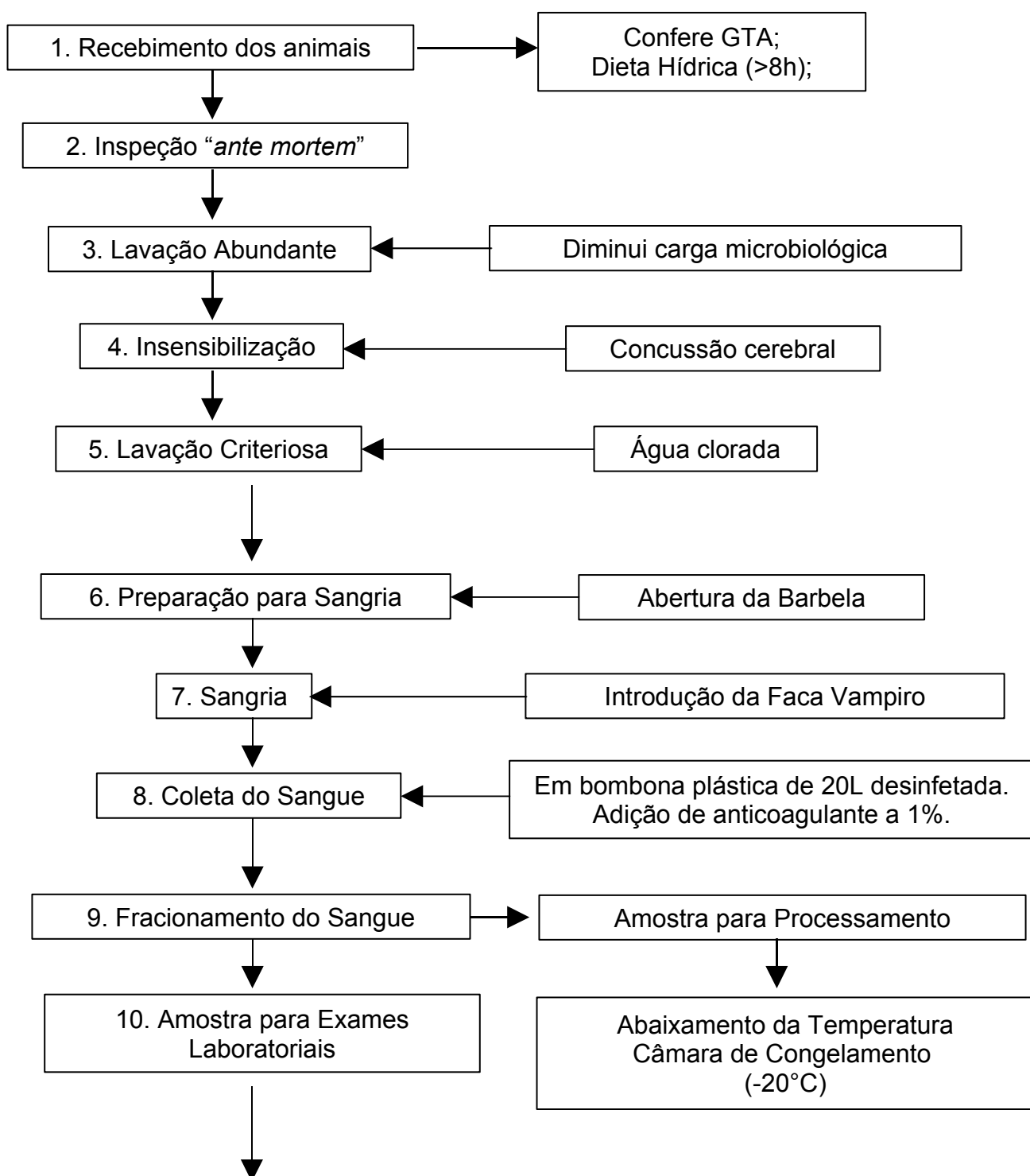
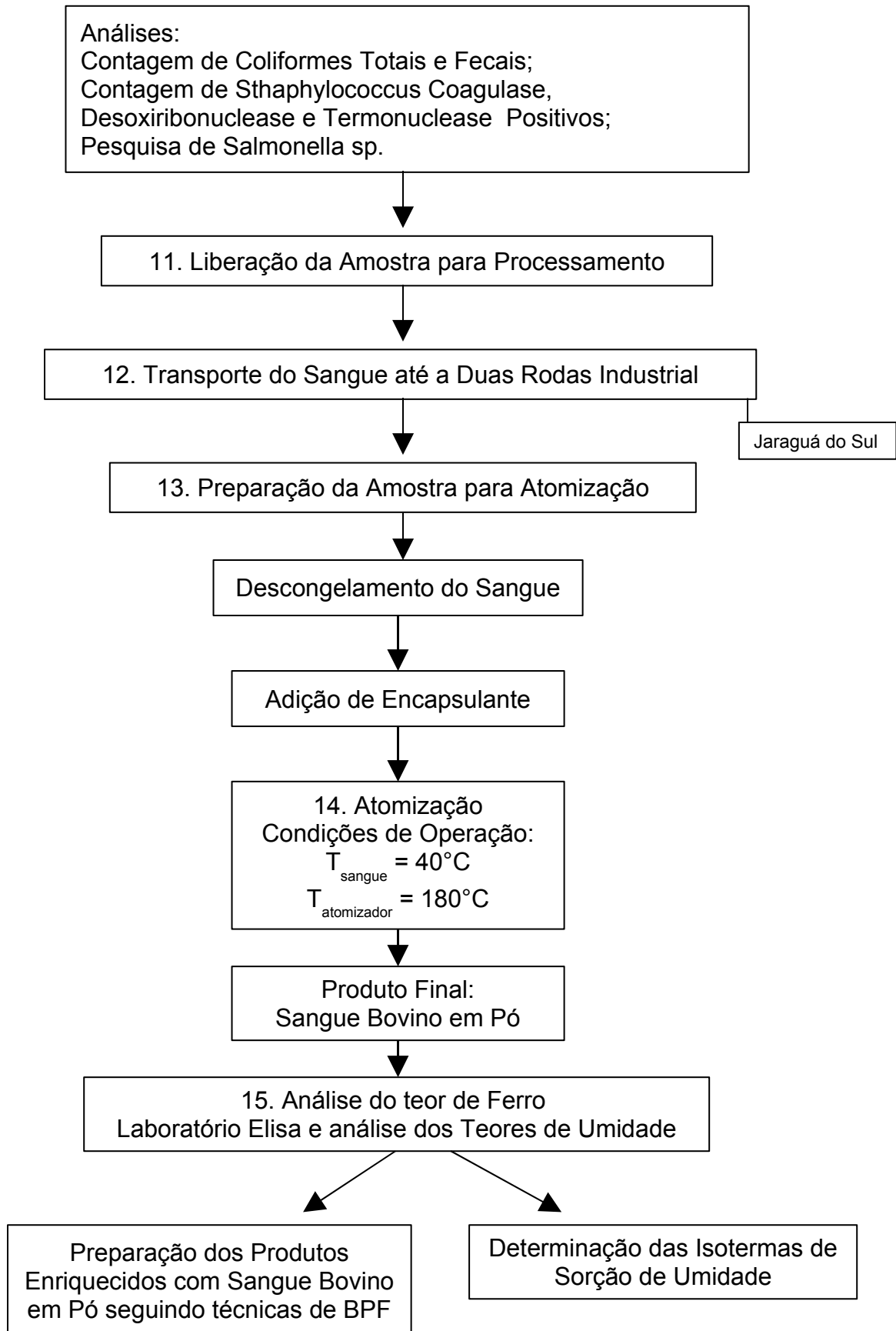


Figura 3.1: Fluxograma da operação de abate e coleta de sangue bovino.



Continuação Figura 3.1: Fluxograma da operação de abate e coleta de sangue bovino.

Sexta etapa: preparação para a sangria. Realiza-se abertura da barbela, com dissecação de uma área de aproximadamente 35 centímetros na região da aplicação da sangria.

Sétima etapa: sangria. Nesta etapa ocorre a introdução da faca vampiro na região dos grandes vasos do pescoço, próximo ao tórax do animal. Nessa região alcança-se as carótidas, as jugulares e até o cajado aórtico. Deve-se ter o cuidado de afastar a pele que foi previamente dissecada para tornar a operação mais asséptica (Figuras 3.3).

Oitava etapa: coleta de sangue. O sangue é coletado em bombona plástica, com tampa rosqueada (Figura 3.4), previamente higienizada com álcool a 70° GL. O tempo de coleta foi menor que 60 segundos, conforme recomendado por Ockermann (1994). Por este método foram recolhidos, em média, 10 litros de sangue por bovino. A coleta de sangue foi realizada em dois animais por grupo de amostragem.

Anticoagulante citrato sódico a 1% foi adicionado e homogeneizado.

Entre as duas coletas, ou seja, entre a coleta de sangue de um animal para o outro, o equipamento utilizado foi lavado e desinfetado com álcool a 70° GL.

Nona etapa: Fracionamento do sangue e transporte ao laboratório. Foram coletadas três amostras do sangue bovino em frascos de vidro previamente esterilizados com capacidade para 500 ml. A bombona contendo o sangue bovino para utilização na alimentação humana foi levada à uma câmara de congelamento a -20°C até que fosse liberado para o processamento.

Décima etapa: Encaminhamento das amostras ao laboratório. As amostras armazenadas em caixa de isopor foram conduzidas ao Laboratório Wagner Análises Clínicas para as análises correspondentes a Pesquisa de Coliformes – contagem de coliformes totais e contagem de coliformes fecais (meios: CGN, BEM-TEAGUE), Contagem de Staphylococcus Coagulase, Desoxiribonuclease e Termonuclease positivos (meios: AS, MAS, BACTOPLASMA COAGULASE, DNA-se, TNA-se) e Pesquisa de Salmonella sp (meios: CGN, BEM, AGAR SS), conforme metodologia recomendada por LANARA, Ministério da Agricultura (1980) e utilizada por Renúcio (1997).

Décima primeira etapa: Liberação do sangue bovino para processamento. Após análise em laboratório e os resultados estando de acordo com os padrões da legislação vigente, o mesmo foi então liberado para processamento.

Décima segunda etapa: Transporte do sangue bovino até a Empresa Duas Rodas Industrial em Jaraguá do Sul para Atomização. Em caixa de isopor com



capacidade para 30 litros, contendo gelo, foi transportada a bombona plástica contendo sangue bovino para atomização até a Duas Rodas Industrial.

Décima terceira etapa: Preparação do sangue bovino para atomização. Primeiramente, o sangue foi descongelado em banho-maria à temperatura controlada de 60°C de modo a conservar suas propriedades nutricionais (Figura 3.5). Após o descongelamento foi adicionado ao sangue bovino 3 % em massa de maltodextrina como excipiente. A mistura foi submetida à homogeneização manual (Figura 3.6).

Décima quarta etapa: Atomização do sangue bovino. O sangue foi seco em atomizador marca APV, escala piloto, na Empresa Duas Rodas Industrial. A temperatura de entrada do sangue foi de 40°C e temperatura de atomização de 180°C. Na saída, a temperatura do sangue foi de 80°C (Figura 3.7).

Décima quinta etapa: Análise dos teores de ferro, ácido fólico e umidade. 10 gramas de sangue bovino em pó foram encaminhadas ao Laboratório Elisa de Análises Clínicas para análise de dosagem de ferro no sangue. O método utilizado foi Goodwin modificado (1966).

Para a análise do teor de umidade no sangue bovino em pó utilizou-se a secagem a 105°C por 3 horas ou até peso constante, como descrito pelas Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (1995). Todas as análises foram realizadas em triplicatas.



Figura 3.2: Preparação do animal para a coleta de sangue – Etapas 5 e 6.



Figura 3.3: Coleta de sangue bovino – Etapa 7.



Figura 3.4: Coleta de sangue bovino – Etapa 8.

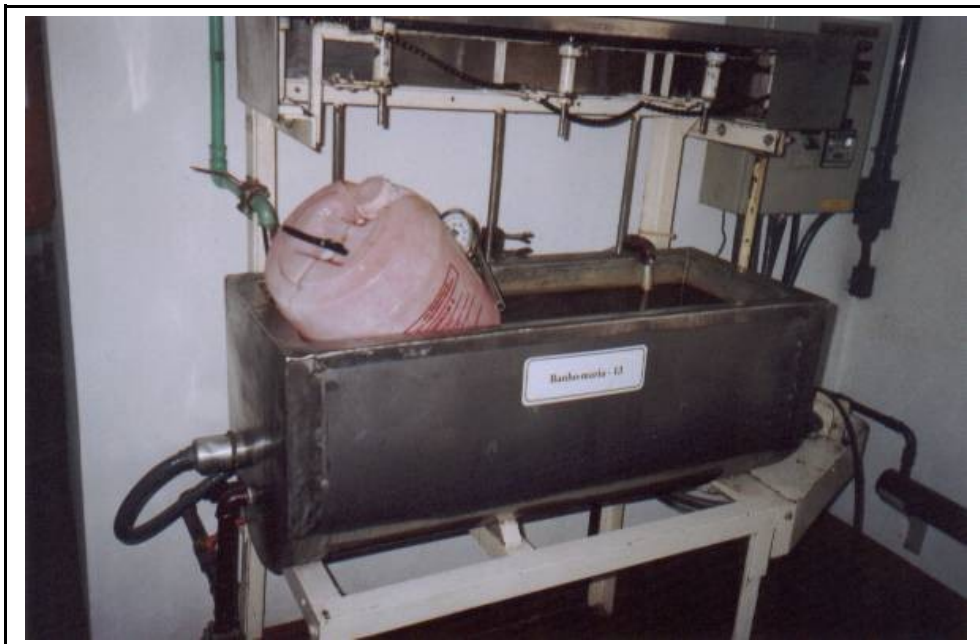


Figura 3.5: Preparação do sangue para a secagem por atomização –  
Descongelamento – Etapa 13.





Figura 3.6: Adição de encapsulante – Etapa 13



Figura 3.7: Secagem por Atomização do sangue bovino – Etapa 14.

### 3.3 – ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RISPOA (1952) bem como o Decreto Lei Estadual nº 3748 de 1993 que regulamento o serviço de inspeção estadual, em seus Arts. 391, 392 e 393 (CIDASC, 2005), estabelecem que quando trata-se do aproveitamento de sangue (Art. 417), não há nenhum parâmetro microbiológico fixado, determinando apenas que as condições de coleta sejam assépticas ou consideradas higiênicas para o Serviço de Inspeção Oficial e que a metodologia deve permitir que seja rejeitado o sangue que venha a ser condenado pela inspeção veterinária oficial.

A Portaria nº 01 de 1987, do Departamento de Vigilância Sanitária (Brasil, 1987), em seu item I, letra E, permite uma população de:



- NMP de coliformes de origem fecal =  $5 \times 10^2/g$ ;
- NMP, pesquisa direta (máximo) de *Staphylococcus aureus* =  $10^3/g$
- Aus
- ência de *Salmonella* em 25g.

Para tanto, foram realizadas as seguintes análises para liberação do sangue bovino para processamento:

- Contagem de Coliformes – contagem de coliformes totais e contagem de coliformes fecais (meios: CGN, BEM-TEAGUE),
- Contagem de *Staphylococcus* Coagulase, Desoxiribonuclease e Termonuclease positivos (meios: AS, MAS, BACTOPLASMA COAGULASE, DNA-se, TNA-se)
- Pesquisa de *Salmonella* sp (meios: CGN, BEM, AGAR SS).

A metodologia utilizada para as análises microbiológicas foi a do Laboratório Nacional de Referência Animal - LANARA, Ministério da Agricultura (1980), para a padronização das Técnicas de Exames Microbiológicos de Rações.

#### 3.4 – DETERMINAÇÃO DAS ISOTERMAS DE SORÇÃO DE UMIDADE

Para a determinação das Isotermas de Sorção de Umidade utilizou-se o método dos dessecadores (FENNEMA, 1975).

Pesou-se, em balança analítica com precisão de 0,001g, 1g a 2g de sangue bovino em pó, que foram colocados em pesa-filtros tarados. Os pesa-filtros foram colocados em dessecadores contendo soluções supersaturadas de sais cujas umidades relativas são conhecidas (Tabela 3.1). Em cada copinho adicionou-se duas gotas de formol sobre o produto para evitar o desenvolvimento de fungos. Os dessecadores foram colocados em estufas com temperaturas controladas a 4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C. Calculou-se a umidade em base seca para cada caso e, um gráfico do teor de umidade de equilíbrio em função da umidade relativa foi elaborado.

Tabela 3.1: Relação de sais e suas respectivas umidades relativas:

Sais	UR (%) para T(°C)				
	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
Hidróxido de Potássio (KOH)	10	9	8	7	6
Acetato de Potássio (KCH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> )	24	23	23	23	23
Carbonato de Potássio (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .2H <sub>2</sub> O)	45	44	43	42	41
Nitrito de Sódio (NaNO <sub>2</sub> )	-	66	65	63	62
Cloreto de Sódio (NaCl)	75	75	75	75	75
Sulfato de Amônio ((NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	79	79	79	79	79
Cloreto de Potássio (KCl)	87	86	86	84	84
Sulfato de Potássio (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	97	97	97	97	96

Aos resultados experimentais foi ajustado o modelo de GAB -GUGGHENHEIM, ANDERSON e de BOER (PARK et al., 2001), sendo a mesma dada pela expressão matemática:

$$X_e = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad (3)$$

$$C = c \exp\left(\frac{H_m - H_n}{RT}\right) \quad (4)$$

$$K = k \exp\left(\frac{H_p - H_n}{RT}\right) \quad (5)$$

Onde,

$X_e$  = umidade do produto quando em equilíbrio com o ambiente de estocagem (g<sub>água</sub>/g de produto seco);

$X_m$  = umidade da monocamada molecular, kg/kg;

$c$  e  $k$  = fatores de acomodação entrópica;

$H_m$  = entalpia molar de adsorção da monocamada;

$H_n$  = entalpia molar de adsorção da multicamada;

$H_p$  = entalpia molar de evaporação da água líquida;

$K$ ,  $C$  = constantes das equações;

$a_w$  = atividade de água, adimensional;

$T$  = temperatura;

$R$  = constante universal dos gases.



Todas as análises foram realizadas em triplicata. O ajuste dos parâmetros das isotermas de sorção de umidade foi efetuado no Software Statistica 6.0 (1996) utilizando método não-linear.

### 3.5 – DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DE ÁGUA DO SANGUE BOVINO EM PÓ

Foi feita pelo método de Landrock e Proctor (1951). Um a dois gramas de sangue bovino em pó foram pesados e colocados em dessecadores com solução supersaturada de sais como na metodologia anterior. Nova pesagem das amostras foi realizada após 24 horas. Um ajuste linear aos resultados de perda ou ganho de massa de água pela atividade de água das soluções salinas, permite o cálculo da atividade de água do sangue bovino em pó. A  $a_w$  é o valor em que a reta ajustada cruza o eixo das abscissas.

### 3.6 – DETERMINAÇÃO DA UMIDADE CRÍTICA DO SANGUE BOVINO EM PÓ

Após atingido o equilíbrio nos dessecadores, o ponto de umidade crítica foi determinada visualmente. Para tanto, avaliou-se a modificação do escoamento livre do sangue bovino em pó em cada umidade relativa. Esta observação foi comparada ao escoamento do sangue bovino em pó armazenado em ambiente condicionado com sílica gel à temperatura ambiente.

### 3.7 – DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE VIDA-DE-PRATELEIRA DO SANGUE BOVINO EM PÓ

O tempo de vida-de-prateleira do sangue bovino em pó foi estimado por Alves e Padula (1993):

$$t = \frac{M.UR.\alpha}{100.A.TPVA} \cdot \ln\left(\frac{X_e - X_0}{X_e - X_c}\right) \quad (6)$$

onde:

$t$  = tempo de vida-de-prateleira do produto (dias);

$M$  = massa seca do produto (g);

UR = umidade relativa do ambiente de estocagem;

$\alpha$  = aproximação linear da isoterma de absorção de umidade do alimento;

TPVA = taxa de permeabilidade ao vapor de água do material da embalagem (g água/m<sup>2</sup>.dia);

$A$  = área da embalagem (m<sup>2</sup>);

$X_0$  = umidade inicial do produto (g água/100g de produto seco);

$X_c$  = umidade crítica do produto (g água/100g de produto seco);

$X_e$  = umidade do produto quando em equilíbrio com o ambiente de estocagem (g água/100g de produto seco).

Foram feitos cálculos do tempo de prateleira para 100 gramas de sangue em pó embalado em filmes plásticos com espessura de 25 $\mu$ m e 100 $\mu$ m, e filme multicamada com estrutura de poliéster, alumínio de 9 $\mu$ m e polietileno. Os valores de TPVA são mostrados nas Tabelas 3.2 e 3.3 (GARCIA et al., 1989).

Foram ainda avaliadas as eficiências do tipo de material de embalagem. Foram consideradas embalagens do tipo polietileno de baixa densidade (PEBD), polipropileno (PP), polietileno de alta densidade (PEAD) e folha de alumínio (Folha Al), com dimensões de 230mm de comprimento e 180mm de largura, o que resulta em uma área útil de transferência de massa de 0,083m<sup>2</sup>. Este valor foi utilizado para todos os cálculos dos experimentos.

Os valores da TPVA para os diversos filmes considerados são mostrados na Tabela 3.2 para a condição padrão de temperatura e umidade relativa de 38°C e 90 %. Valores de permeabilidade a 80 % de UR a 4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C são mostrados na Tabela 3.3, para filmes de 100 $\mu$ m de espessura.

Tabela 3.2: Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) de filmes a 38°C e 90% UR (GARCIA et al., 1989):

Filme	Espessura (µm)	TPVA (g água / m <sup>2</sup> .dia)
PEAD	25	4,70
PEBD	25	15,50 – 23,00
PP	25	11,00
PEAD	100	2,50
PEBD	100	4,50
Folha de Alumínio	9	0,05

Tabela 3.3: Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) de filmes (100µm de espessura), em diferentes condições de temperatura e 80% UR (GARCIA et al., 1989):

Filme	TPVA* (g água/m <sup>2</sup> /dia) para 4°C	TPVA (g água/m <sup>2</sup> /dia) para 10°C	TPVA* (g água/m <sup>2</sup> /dia) para 18°C	TPVA* (g água/m <sup>2</sup> /dia) para 25°C	TPVA* (g água/m <sup>2</sup> /dia) para 35°C
PEAD	0,049	0,081	0,195	0,385	0,977
PEBD	0,159	0,270	0,668	1,316	3,515
PP	0,045	0,075	0,175	0,331	0,850

\* Valores obtidos por interpolação.

O valor da umidade de equilíbrio,  $X_e$ , foi obtido a partir do modelo de GAB ajustado aos resultados experimentais.

Karel (1975) descreve que a partir de atividade de água ( $a_w$ ) de 0,6, inicia-se o crescimento de microorganismos. Para tanto, utilizou-se para o valor de umidade crítica,  $X_c$ , o teor de umidade correspondente a  $a_w$  0,6, e que foi obtido a partir da isoterma ajustada.

### 3.8 – PREPARAÇÃO DO PÃO E BOLO ENRIQUECIDOS COM SANGUE BOVINO EM PÓ

Preparo da formulação: Farinhas de trigo, integral e de centeio, sal, açúcar, margarina, azeite e fermento foram adquiridos em mercado do município de Rio do Oeste. Uma avaliação sensorial prévia mostrou como adequada, a concentração de 3 % de sangue bovino em pó do valor total da farinha de trigo a ser utilizada (Tabela 3.5 e 3.4). O pão foi processado no laboratório de sistemas porosos do

departamento de engenharia química e engenharia de alimentos utilizando-se de uma máquina de pão da marca Britânia. Inicialmente foi feita uma pesagem de todos os ingredientes a serem utilizados (Tabela 3.4). Foram preparados dois pães de 900 gramas cada. A quantidade de sangue bovino em pó foi de 3 % do valor total das farinhas de trigo, integral e de centeio. Este valor foi escolhido, por apresentar a melhor formulação em termos de palatabilidade e em função da quantidade de ferro presente na amostra.

Para o bolo de chocolate, foram preparados três bolos de 850 gramas cada. Estes foram processados de maneira artesanal, contendo 3 % de sangue bovino em pó do valor total de farinha de trigo utilizada (Tabela 3.5). Optou-se pela adição de 3 % de sangue bovino em pó por apresentar melhor palatabilidade em comparação a outras concentrações e em função da quantidade de ferro presente na amostra.

O processamento do pão enriquecido foi realizado de acordo com o fluxograma de produção apresentado na Figura 3.8, e o processamento do bolo de chocolate foi realizado de acordo com o fluxograma de produção apresentado na Figura 3.9.

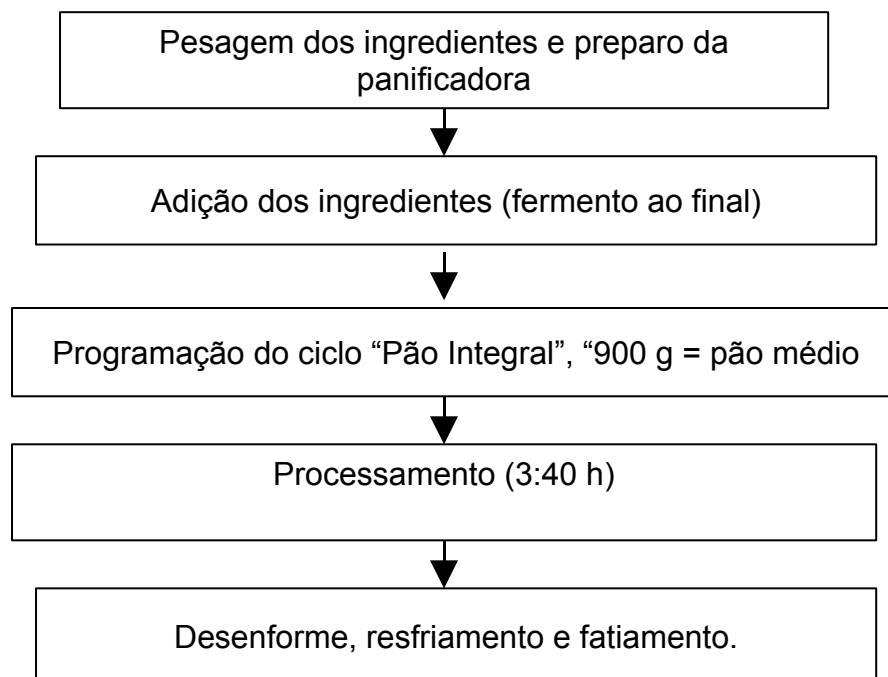


Figura 3.8: Etapas de produção do pão enriquecido com sangue bovino em pó.

Tabela 3.4: Formulação do pão enriquecido com sangue bovino em pó (900g):

Ingredientes	Quantidade
Sangue Bovino em Pó	20 g
Farinha de Trigo Especial	230 g
Farinha de Centeio	230 g
Farinha de Trigo Integral	230 g
Água	320 ml
Sal	7 g
Açúcar	70 g
Margarina	30 g
Fermento Biológico	20 g

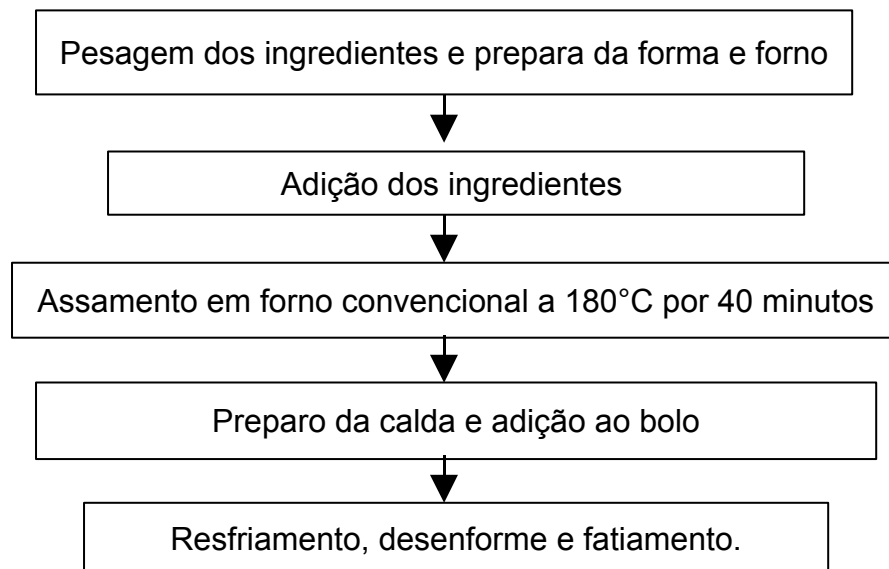


Figura 3.9: Etapas de produção do bolo de chocolate enriquecido com sangue bovino em pó.

Tabela 3.5: Formulação do bolo enriquecido com sangue bovino em pó:

Ingredientes	Quantidade
Sangue Bovino em Pó	30 g
Farinha de Trigo	500 g
Açúcar	200 g
Chocolate em pó	150 g
Óleo	240 ml
Água	240 ml
Fermento Químico	10 g

Cobertura	
Ingredientes	Quantidade
Açúcar	200 g
Chocolate em pó	30 g
Margarina	10 g
Leite	45 ml

### 3.9 – ANÁLISE SENSORIAL

Para o desenvolvimento do estudo de análise sensorial, um projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos – CEP da Universidade Federal de Santa Catarina, Projeto N° 002/2006. Para tanto, os participantes da equipe sensorial preencheram o termo de consentimento livre e esclarecido sobre sua participação na degustação de produtos de panificação formulados com sangue bovino em pó, conforme norma do CEP.

Para a análise sensorial foi selecionado o teste afetivo, quantitativo, de aceitabilidade, com escala hedônica.

Foram selecionadas 50 pessoas (25 homens e 25 mulheres). Os critérios para a seleção das mesmas foram: idade entre 20 e 40 anos; boa saúde e nenhuma doença (diabete, hipoglicemia, hipertensão, dentadura, resfriados, alergia aos ingredientes, tabagismo) relacionada às propriedades sensoriais que foram medidas; interesse em participar da pesquisa; atitude perante o produto testado. Os candidatos foram entrevistados pessoalmente e as 50 pessoas selecionadas não possuíam nenhum tipo de treinamento em análise sensorial.

Cada provador recebeu uma amostra do produto a ser provado: do pão foi servida uma fatia de 30g e do bolo, uma de 50g, em dias diferentes.

O provador avaliou, concomitantemente à degustação, os atributos de:

- aparência: cor (tom, saturação, uniformidade), textura superficial (brilho, lisura/rugosidade), tamanho e forma (dimensão e geometria), interações entre partículas (pegajoso, aglomeração, partículas soltas);

- aroma: sensação olfativa;
- sabor: sensação olfativa, sensação de gosto, fatores de sensação oral;
- textura: parâmetros mecânicos (dureza, viscosidade, deformação), propriedades de oleosidade/umidade (gorduroso, oleoso, seco, úmido);
- cor: tom, uniformidade do produto.

Esta avaliação foi realizada de acordo com a concepção individual de cada provador. Para tanto, utilizou-se uma escala hedônica numérica (Figura 3.10) onde o provador atribuiu um nível de 0 a 10, níveis estes associados aos seguintes conceitos:

- 10 – totalmente agradável
- 9 – extremamente agradável
- 8 – muito agradável
- 7 – moderadamente agradável
- 6 – suavemente agradável
- 5 – indiferente
- 4 – suavemente desagradável
- 3 – moderadamente desagradável
- 2 – muito desagradável
- 1 – extremamente desagradável
- 0 – totalmente desagradável

Os resultados foram avaliados em termos de índice de aceitabilidade e % de provadores que marcaram cada um dos níveis (números) da escala mostrada na Figura 3.10, segundo Moraes, M.A.C. (1982) e Meilselman, (1984). As médias estatísticas são apresentada em gráfico aranha/radar obtido com o software Excel (2000).

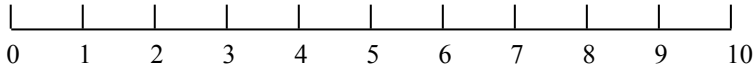
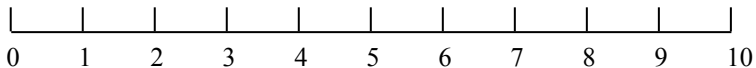
TESTE DA AMOSTRA ÚNICA	
NOME:	
DATA:	HORA: IDADE:
Prove esta amostra cuidadosamente e responda, na escala abaixo, como você percebe os seguintes parâmetros:	
Aparência	
Cor	
Aroma	
Sabor	
Textura	
Comentários: _____	
_____	
_____	
_____	
Assinatura:	

Figura 3.10: Formulário / teste aplicado a Equipe de provadores.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira seção deste capítulo, apresenta-se a avaliação do método de coleta do sangue bovino. A segunda seção traz as isotermas de sorção de umidade e avaliação estatística dos resultados experimentais. As seções seguintes trazem uma caracterização física com a atividade de água, a umidade crítica, e também a estimativa da vida-de-prateleira do sangue bovino em pó. Para finalizar, são apresentados os resultados da avaliação sensorial nos produtos enriquecidos com sangue bovino em pó.

#### 4.1 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO MÉTODO DE COLETA DE SANGUE BOVINO

As análises microbiológicas realizadas nas amostras colhidas apresentaram os resultados mostrados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Resultados dos exames microbiológicos no sangue bovino coletado.

Amostras	Contagem de Coliformes		Contagem de Staphylococcus Coagulase, Desoxiribonuclease e Termonuclease Positivos (UFC/ml)	Pesquisa de Salmonella (/25ml)
	Totais (NMP/100ml)	Fecais (NMP/100ml)		
1	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
2	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
3	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
4	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Os resultados da análise microbiológica foram excelentes estando de acordo com as Legislações e Normas estabelecidas pelo órgão competente.

O método de coleta do sangue bovino é asséptico e confiável – método da Faca Vampiro - atendendo aos requisitos higiênico-sanitários.

Conforme RISPOA (1952) Art. 417, o aproveitamento do sangue, não possui nenhum parâmetro microbiológico fixado, sendo determinado apenas que as condições de coleta do sangue sejam consideradas higiênicas e aprovadas pelo Serviço de Inspeção Oficial.

Renúncio (1997) encontrou em seus estudos dados semelhantes, à exceção de contaminação por coliformes fecais em apenas duas amostras. Mesmo assim, acredita-se tratar de contaminação cruzada pós-processo de coleta.

Massaro e Pinto (2002), com enriquecimento protéico com sangue bovino em farelo de arroz desengordurado, obtiveram resultados compatíveis com outros estudos.

## 4.2 - ISOTERMAS DE SORÇÃO DE UMIDADE

### 4.2.1 - Modelagem matemática pelo modelo de GAB

Nas Figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5, têm-se os resultados experimentais das umidades de equilíbrio em função da atividade de água nas temperaturas de 4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C, com ajuste obtidos pela equação de GAB.

Os resultados experimentais das isotermas de adsorção de umidade evidenciam curvas com comportamento sigmoidal, do tipo II, nas temperaturas estudadas, de acordo com a classificação de Brunauer et al. (1940), citado por Rizvi (1986). Kumar (1974) também encontrou forma semelhante para as isotermas de farinha de milho.

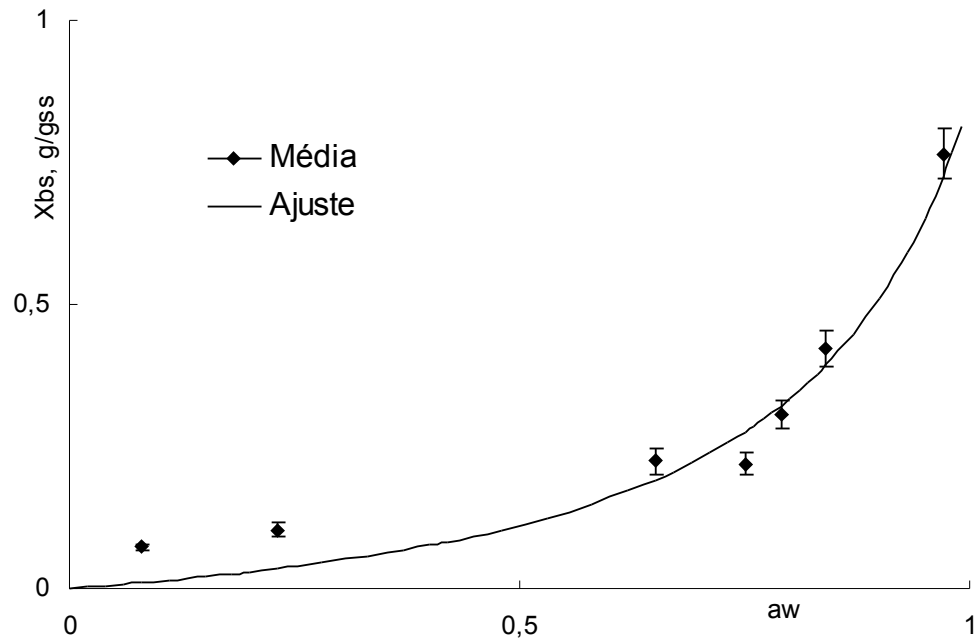


Figura 4.1: Isoterma de adsorção de umidade a 4°C do sangue bovino em pó.

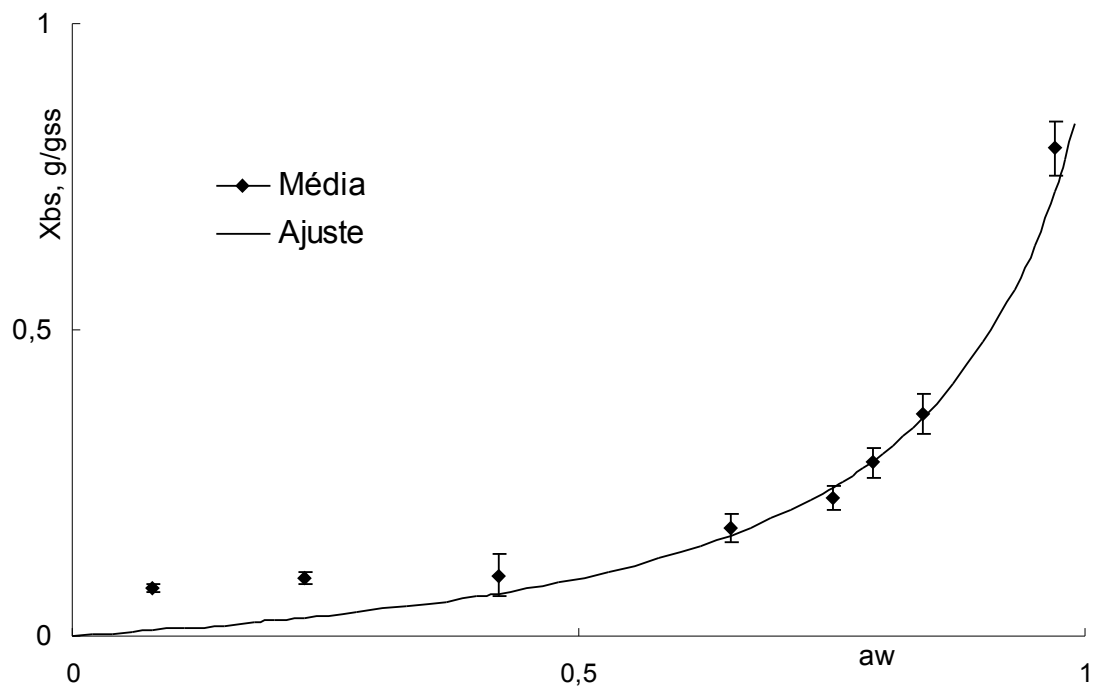


Figura 4.2: Isoterma de adsorção de umidade a 10°C do sangue bovino em pó.

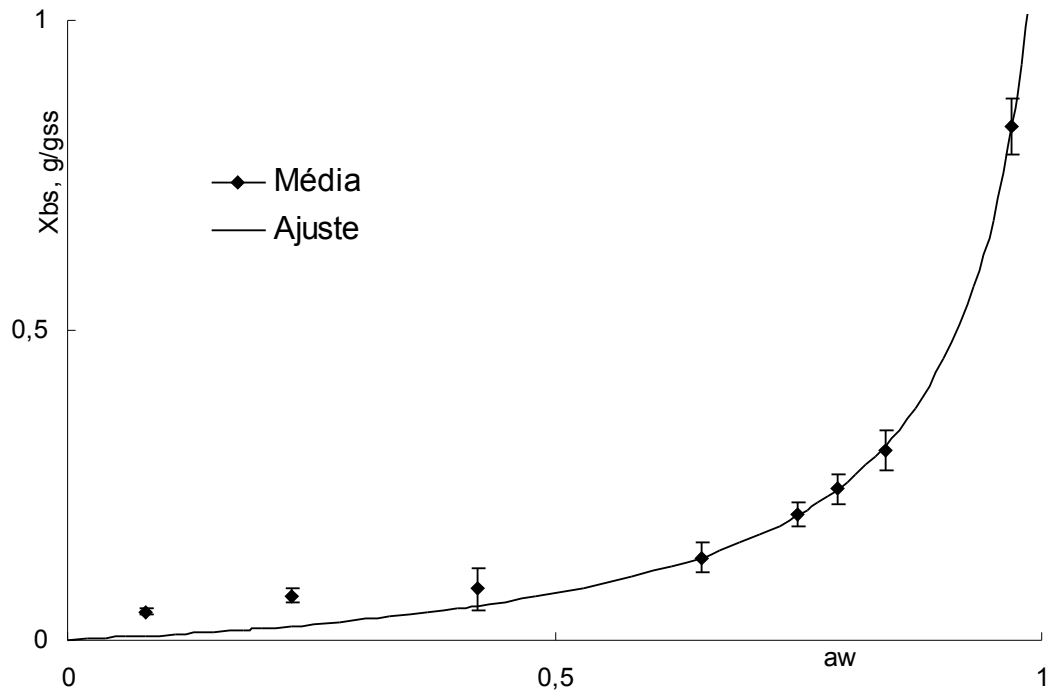


Figura 4.3: Isotherma de adsorção de umidade a 18°C do sangue bovino em pó.

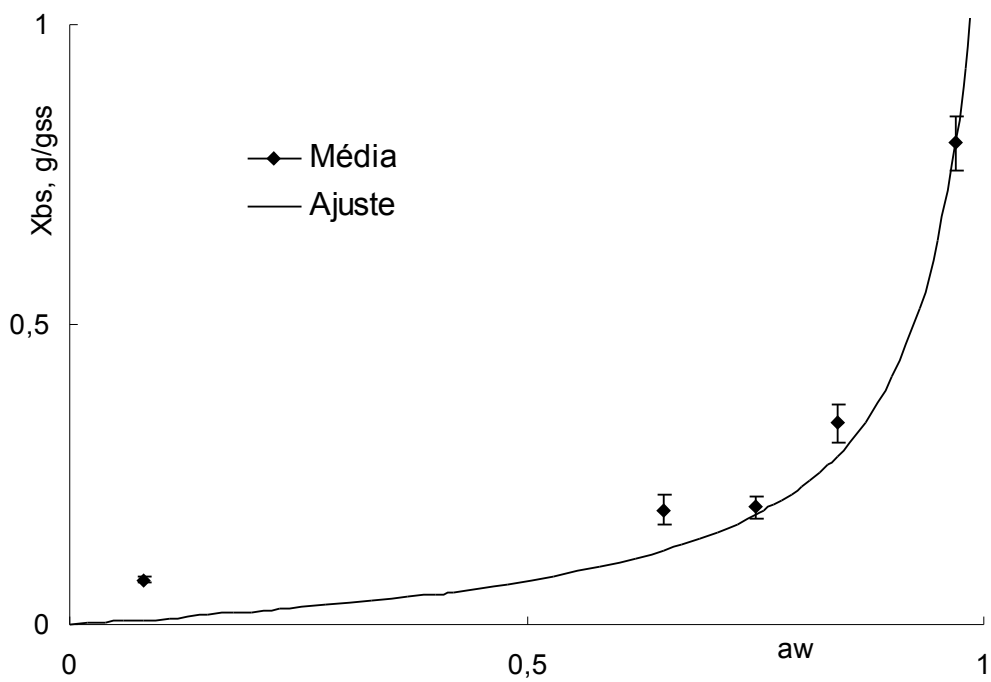


Figura 4.4: Isotherma de adsorção de umidade a 25°C do sangue bovino em pó.

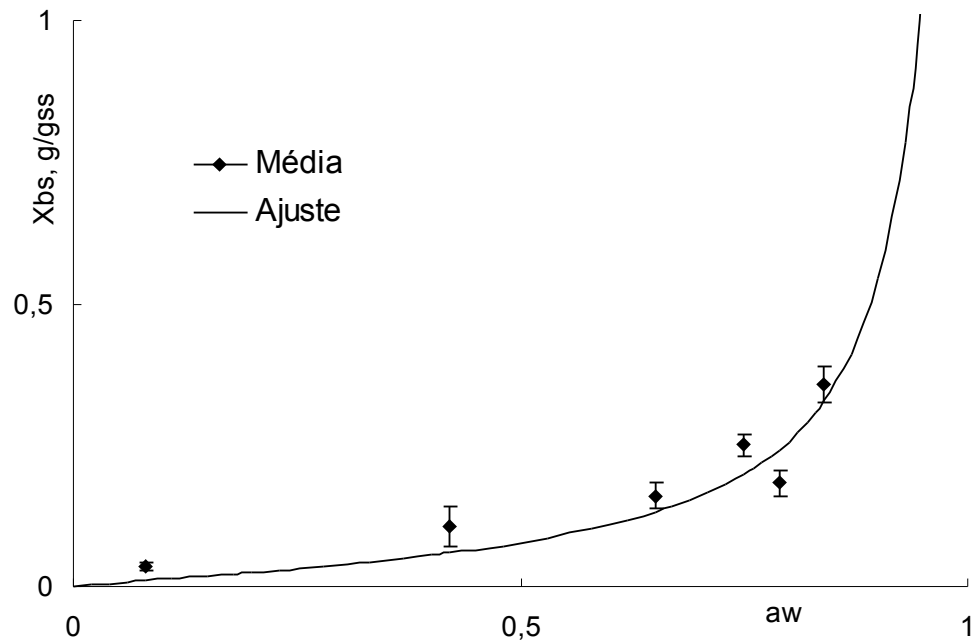


Figura 4.5: Isoterma de adsorção de umidade a 35°C do sangue bovino em pó.

Segundo Brunauer (1938) as isotermas de adsorção de água de materiais protéicos ou farináceos apresentam isotermas de sorção do tipo II com forma sigmoide. A forma destas curvas indica o tipo de forças que intervêm na ligação da água com a superfície do material higroscópico e permite certas avaliações da estrutura superficial, da sua estabilidade durante o armazenamento, podendo ainda fornecer dados para projetos de embalagens apropriadas à melhor conservação do produto.

Observa-se nas Figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5, pequenos decréscimos de umidade de equilíbrio com o aumento da temperatura. Ferreira e Pena (2003) justificaram este comportamento com base no aumento da pressão de vapor da água no ar e na superfície do produto. Este aumento é maior na superfície do produto, pois a mesma apresenta maior número de moléculas de água que o ar. Maior pressão de vapor implica maior perda de água, para que se atinja o equilíbrio.

Formas sigmoideais como as destas isotermas para o sangue bovino em pó, também foram observadas para sementes de coentro em pó (SELOT et al., 1991).

Observa-se que o aumento de temperatura teve pouca influência sobre o comportamento das isotermas. As isotermas de adsorção apresentam concavidade virada em direção ao eixo das abscissas até níveis intermediários de  $a_w$ , assumindo uma forma exponencial em  $a_w$  superior a 0,84, especialmente na temperatura de 35°C

Embora o sangue bovino integral em pó apresente peculiaridades em relação à sua composição química, suas isotermas apresentam comportamento semelhante a outros casos observados na literatura, para leite em pó integral (Berlin, 1970; Iglesias e Chirife, 1982) e para leite bubalino em pó (Guerra et al., 2005), produtos altamente protéicos.

Na Tabela 4.2 são mostrados os parâmetros do modelo de GAB ajustados aos dados experimentais das isotermas de adsorção do sangue bovino em pó, nas temperaturas de 4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C.

Observou-se que os valores dos desvios padrão médios para o modelo de GAB são menores que 5% para  $X_m$ ,  $K$ ,  $R^2$ , o que de acordo com Lomauro et al. (1985) indica bons ajustes. A análise estatística dos ajustes feitos pelo método de Gauss-Newton mostrou que somente as variáveis  $X_m$  e  $K$  foram significativas. Os resultados não se mostraram sensíveis à constante  $C$ , e portanto, seus valores foram fixados. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) apresentaram valores acima de 0,99 para o modelo estudado possibilitando afirmar que as equações se ajustaram adequadamente aos resultados experimentais.

Tabela 4.2: Parâmetros de ajuste dos modelos para as isotermas de adsorção do sangue bovino em pó nas temperaturas de 4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C, com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Constantes	Média em T=4°C	Média em T=10°C	Média em T=18°C	Média em T=25°C	Média em T=35°C
$X_m$	0,1992	0,1407	0,0865	0,0661	0,0578
$C$	0,7000	0,8000	1,0000	1,5000	2,0000
$K$	0,8223	0,8691	0,9334	0,9509	0,9991
$R^2$	0,9819	0,9981	0,9999	0,9678	0,9997

Com relação ao parâmetro  $K$ , observa-se que este aumentou com o aumento da temperatura. Os valores de  $X_m$ , que representam a umidade correspondente à monocamada do material adsorvido, ao contrário de  $K$ , sofreram reduções com o aumento de temperatura, devido a um aumento da energia do sistema, que aumenta a fixação das moléculas na superfície da amostra. Este comportamento também foi observado por Aviara & Ojibola (2002) para mandioca. Este último parâmetro é importante pois pode ser relacionado ao início de uma série de reações químicas de deterioração dos alimentos (FERREIRA e PENA, 2003). Iglesias e Chirife (1976) concluíram que o valor de  $X_m$  diminuiu significativamente com o aumento da temperatura e que isto pode ser atribuído à redução do número de zonas ativas

como resultado de mudanças físicas e/ou químicas induzidas pela temperatura. Park e Nogueira (1992) também verificaram esta diminuição em trabalhos anteriores.

Para o sangue bovino em pó,  $X_m$  variou entre 0,0578 a 0,1992. Schar e Ruegg (1985) citam valores de  $X_m$  de 0,0605 a 0,0863 para produtos de mistura de farinha de trigo e caseína. Cadden (1988) estudou o efeito do beneficiamento no teor de umidade da monocamada ( $X_m$ ) de diversas fibras alimentícias. Observou ainda que nas temperaturas de 25°C e 35°C os valores de  $X_m$  apresentaram ligeiras alterações em suas magnitudes em comparação com demais temperaturas, mas mantendo o comportamento de aumento de valores de  $X_m$  com o beneficiamento.

#### 4.2.2 - Efeito da temperatura sobre as isotermas de sorção de umidade do sangue bovino em pó

A Figura 4.6 mostra as isotermas de sorção de umidade do sangue bovino em pó a 4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C com seus respectivos desvios padrão.

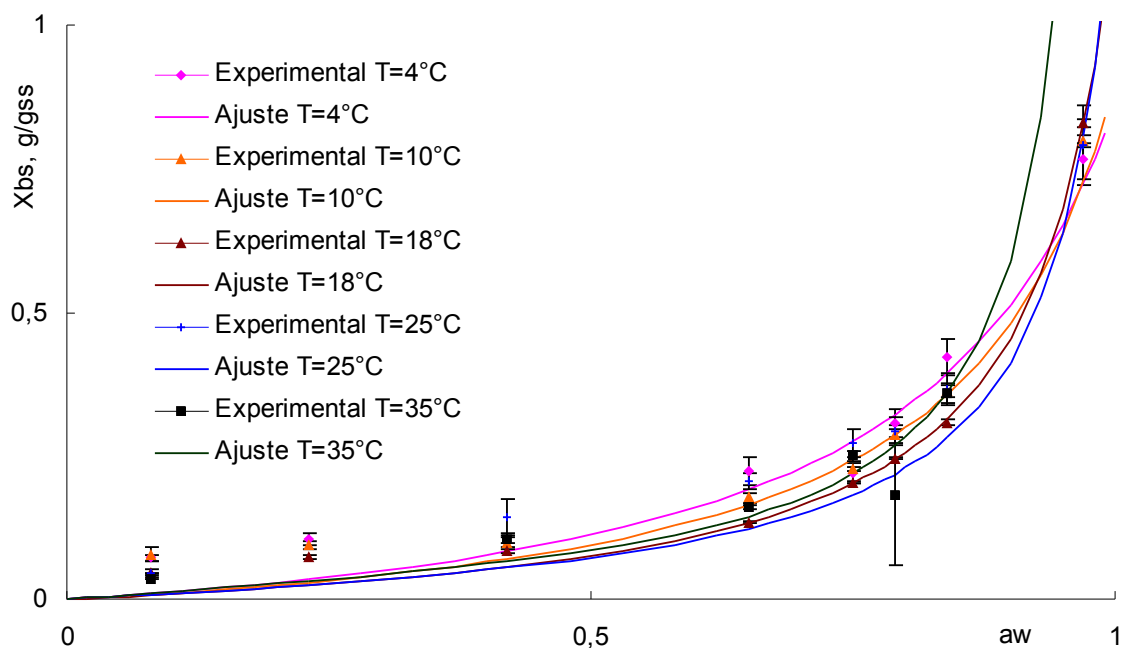


Figura 4.6: Isotermas de sorção do sangue bovino em pó a 4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C.

Pode-se observar, na Figura 4.6, que há cruzamento entre as curvas. Saravacos et al. (1986) e Maroulis et al. (1988), também observaram a ocorrência de interseção entre curvas com a variação da temperatura.

A Tabela 4.3 mostra a análise de variância, ANOVA, dos resultados experimentais. Observa-se que o efeito da temperatura nas isotermas de adsorção do sangue bovino em pó não foi estatisticamente significativo, denotado por um valor do nível  $p > 0,05$  e de F menor que o valor tabelado, para (1,4) graus de liberdade a um nível de significância de 5 %.

O teste de Duncan (Tabela 4.4) confirma este resultado por valores do nível p maiores que 0,05 para todos os pares das temperaturas estudadas.

Tabela 4.3: Análise de variância do efeito da temperatura sobre as isotermas de sorção.

Efeitos	SS	GL	MQ	F	p
Interseção	11,7263	1	11,7263	87,8159	0,0000
T	0,3777	4	0,0944	0,7071	0,5898
Erro	8,9467	67	0,1335		
Total	9,3244	71			

$R^2 = 0,7213$

Tabela 4.4: Nível p obtido pelo Teste de Duncan para o efeito da temperatura sobre as isotermas.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>T (°C)</b>	<b>0,33344</b>	<b>0,28915</b>	<b>0,26378</b>	<b>0,30234</b>	<b>0,40894</b>
4		0,688491	0,544559	0,763102	0,464732
10	0,688491		0,805796	0,898246	0,295535
18	0,544559	0,805796		0,727171	0,215816
25	0,763102	0,898246	0,727171		0,333512
35	0,464732	0,295535	0,215816	0,333512	

Na Figura 4.7 tem-se os efeitos da temperatura sobre a umidade em base seca do sangue bovino em pó a diferentes atividades de água. Novamente pode-se observar que houve pouca variação de  $X_{bs}$  em relação à temperatura.

Com estes resultados é possível descrever as isotermas experimentais obtidas nas 5 temperaturas por um único conjunto de parâmetros e traçar uma única curva que represente a variação geral de umidade do produto sangue bovino em pó (Figura 4.8)



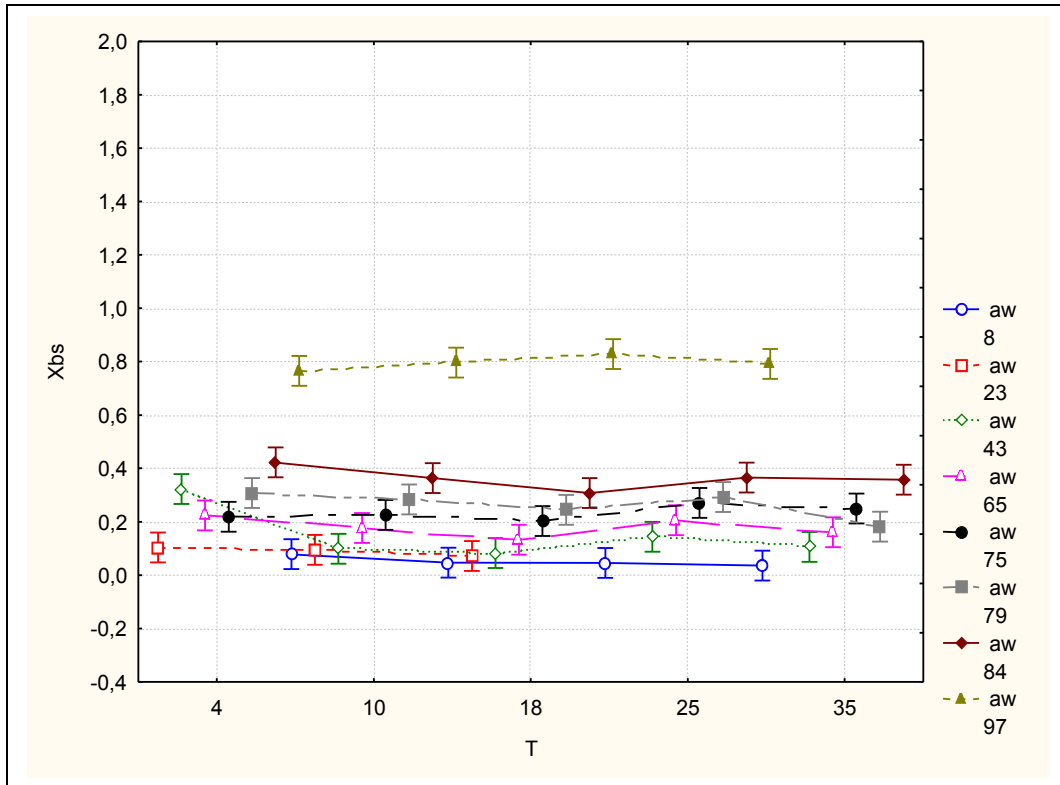


Figura 4.7: Efeitos da temperatura sobre a umidade do sangue bovino em pó a diferentes atividades de água.

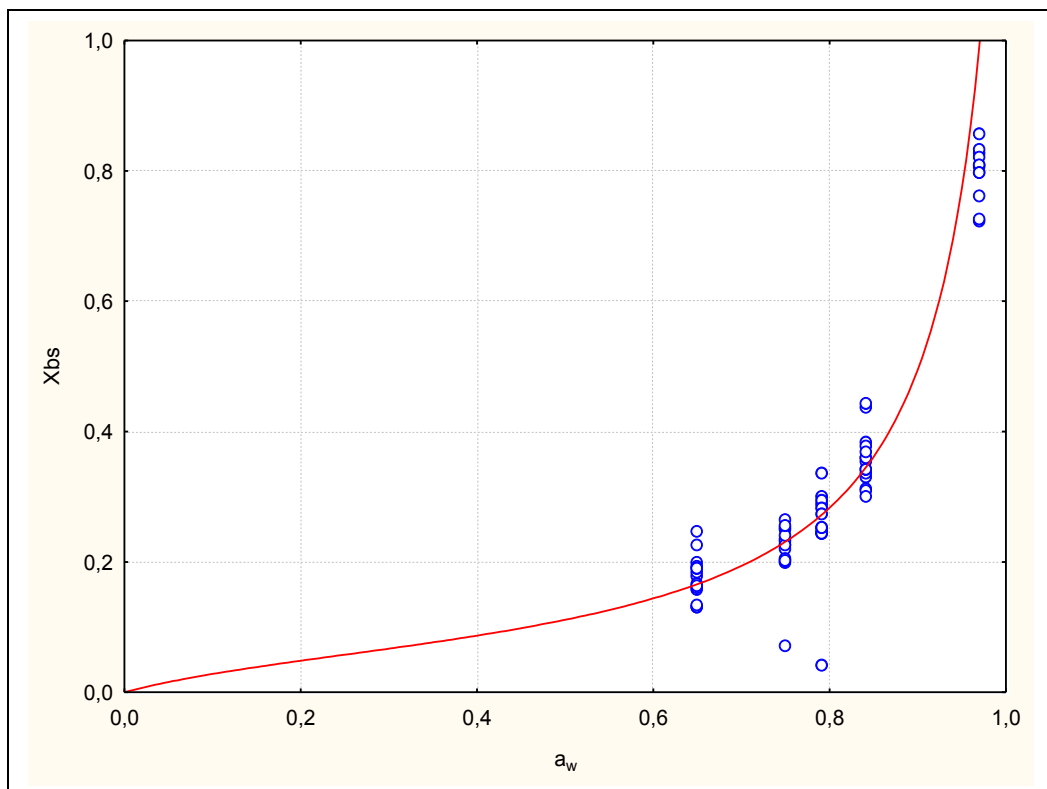


Figura 4.8: Isotermas de sorção de umidade geral para o sangue bovino em pó.

A Equação de GAB ajustada a todas as isotermas (Figura 4.8), fornece os seguintes parâmetros (Tabela 4.5).

Tabela 4.5: Parâmetros de ajuste gerais do modelo de GAB para as isotermas de adsorção do sangue bovino em pó.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores</b>
$X_m$	0,0694
C	1,0000
K	0,9599
$R^2$	0,8524

Na Tabela 4.6 mostra-se a análise de variância, ANOVA para o ajuste geral das isotermas.

Tabela 4.6: ANOVA para as isotermas do sangue bovino em pó.

<b>Efeitos</b>	<b>SS</b>	<b>GL</b>	<b>MQ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Regressão	18,6534	3,0000	6,2178	168,2805	0,0000
Resíduo	2,5495	69,0000	0,0369		
Total	21,2028	72,0000			
Correção Total	9,3244	71,0000			

Estes últimos resultados (ANOVA – Tabela 4.6) mostram que a regressão é significativa ( $p < 0,05$ ), representando bem os resultados como mostra a Figura 4.9 dos valores preditos versus observados, e valores dos resíduos próximos a zero (Figura 4.10). O coeficiente de determinação encontrado ( $R^2$ ) foi de 0,8524.

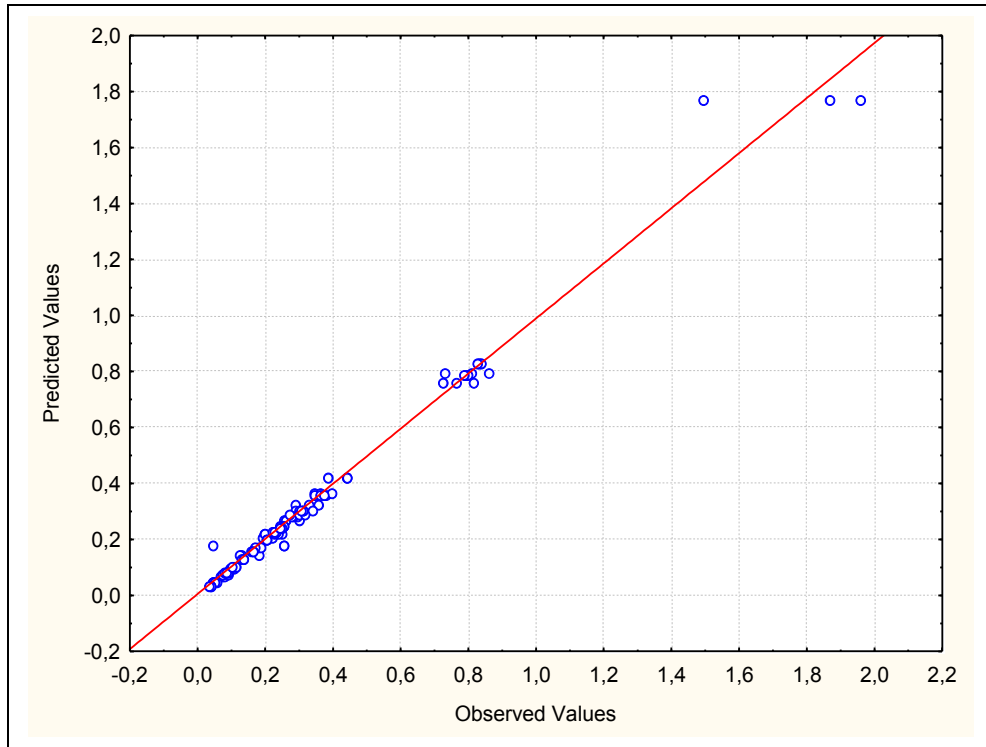


Figura 4.9: Relação entre os valores observados e os preditos para o modelo geral.

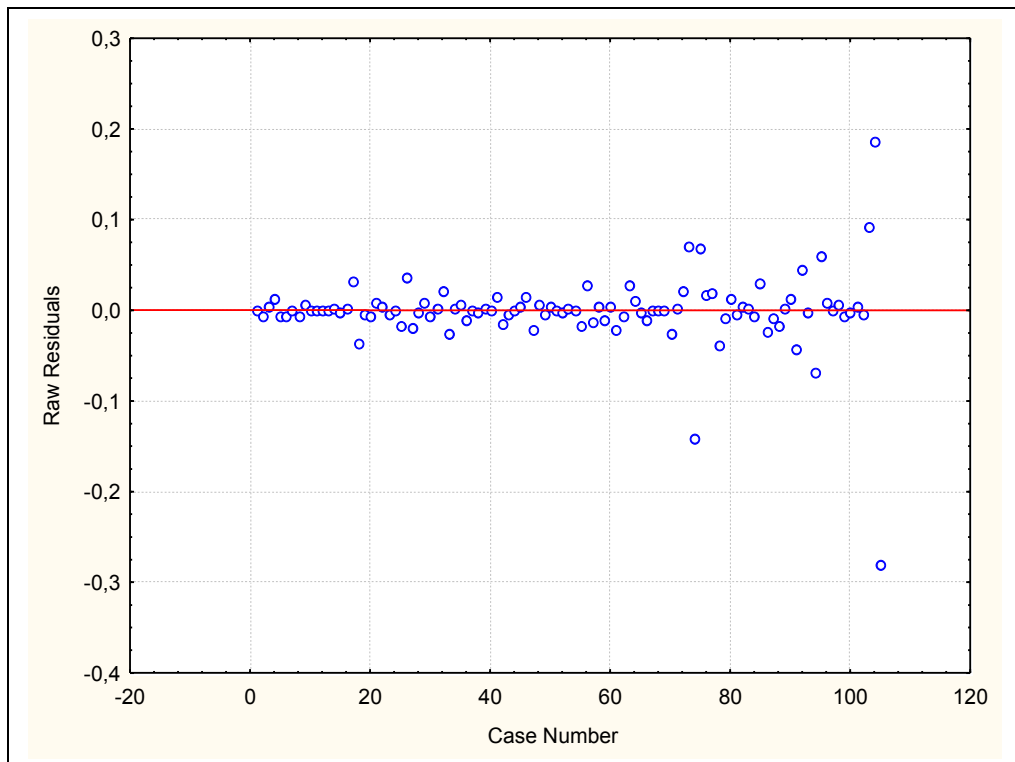


Figura 4.10: Resíduos obtidos para o modelo geral.

Na Figura 4.9 pode-se ver o gráfico dos valores observados e os preditos pelo modelo de GAB. Como se pode observar, o gráfico mostra um bom ajuste aos dados

da isoterma, também confirmado pela Figura 4.10, onde os valores residuais são baixos.

Os resíduos são as diferenças entre os valores observados e os valores previstos pelo modelo. Os resíduos deixados pelo modelo linear apresentam um comportamento que flutua aleatoriamente em torno do valor zero.

#### 4.3 - ATIVIDADE DE ÁGUA DO SANGUE BOVINO EM PÓ

A atividade de água encontrada para o sangue bovino em pó foi de 0,312.

Para regiões de  $a_w$  inferiores a 0,3, a zona de adsorção primária é atingida e as moléculas de água podem estar ligadas à superfície do produto e por sua vez se ligar a outras moléculas de água por pontes de hidrogênio. Esta água está fortemente ligada ao alimento formando a chamada monocamada que protege o alimento da oxidação e impedindo-o de se decompor. Isto faz com que as reações tenham a velocidade tendendo a zero, com exceção da oxidação de lipídios que é consideravelmente mais rápida.

A faixa ideal de atividade de água ( $a_w$ ) deve estar compreendida entre 0,25 a 0,35, eliminando, desta forma, qualquer crescimento de microrganismos (LABUZA, 1971). O resultado encontrado neste trabalho mostra, portanto, que o produto possui qualidade adequada para sua conservação.

#### 4.4 - UMIDADE CRÍTICA DO SANGUE BOVINO EM PÓ

A umidade crítica de um produto representa a umidade e atividade de água limites, ou seja, acima de um determinado ponto, o produto sofre acentuadas transformações físicas.

Para esta medição, avaliou-se a modificação do escoamento livre do sangue bovino em pó em cada umidade relativa, e o valor limite encontrado foi de 0,79.

No entanto, consideraremos a umidade crítica como sendo 0,60, pois de acordo com Karel (1975), é a partir desta  $a_w$  que se inicia o crescimento de microrganismos.

#### 4.5 - VIDA-DE-PRATELEIRA DO SANGUE BOVINO EM PÓ

A Tabela 4.7 traz a estimativa do tempo de prateleira e os demais parâmetros necessários a este cálculo.

$X_c$  e  $X_e$  foram determinados pela isoterma geral de umidade do produto. As condições usadas para estas determinações foram de 38°C e  $a_w$  0,60 para  $X_c = 0,0943 \text{ g.g}^{-1}$  e de 38°C a  $a_w$  de 0,9 para  $X_e = 0,4406 \text{ g.g}^{-1}$ . A umidade inicial do produto foi de  $0,0788 \text{ g.g}^{-1}$  e a aproximação linear da isoterma de adsorção de umidade do alimento,  $\alpha$ , foi 0,4100, calculado para o intervalo de UR de 3 % a 60 %.

Tabela 4.7: Estimativa de vida-de-prateleira para a condição de 38°C e 90 % UR:

Embalagem	Espessura ( $\mu\text{m}$ )	TPVA ( $\text{g água} / \text{m}^2.\text{dia}$ )	t (dias)	t (meses)
PEAD	25	4,70	4	0,1
PEBD	25	19,25	1	0,0
PP	25	11,00	2	0,1
PEAD	100	2,50	8	0,3
PEBD	100	4,50	4	0,1
Folha de Al*	9	0,05	388	12,9

\* Filme multicamada com estrutura de poliéster, alumínio 9 $\mu\text{m}$  e polietileno.

Nesta condição as melhores embalagens para o acondicionamento do sangue bovino em pó, em termos de barreira ao vapor de água, foi a folha de alumínio que chegou à vida-de-prateleira de aproximadamente 12 meses.

A obtenção do sangue bovino em pó tem um custo relativamente alto e o baixo tempo para a vida-de-prateleira ( $t < 30$  dias) inviabiliza o comércio nestes tipos de embalagens (PEAD, PEBD e PP).

A Tabela 4.8 traz a estimativa de vida-de-prateleira utilizando filmes com espessura de 100 $\mu\text{m}$ , 80 % UR, em diferentes temperaturas considerando a  $a_w$  crítica de 0,60.

A vida-de-prateleira foi calculada com os parâmetros fornecidos pela isoterma geral onde  $X_c = 0,0943 \text{ g.g}^{-1}$ ,  $X_e = 0,4406 \text{ g.g}^{-1}$  e  $X_0 = 0,0788 \text{ g.g}^{-1}$ . As TPVA's foram calculadas para as diferentes temperaturas de armazenamento (4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C) aquelas em que foram desenvolvidas as isotermas. A aproximação linear da isoterma de adsorção de umidade do alimento,  $\alpha$ , 0,4100, calculado para o intervalo de UR de 3 % a 60 %.

Na Figura 4.11 pode-se observar a variação da vida-de-prateleira do sangue bovino em pó em diferentes filmes, na condição de variação de temperatura estudada e 80 % UR.

Tabela 4.8: Estimativa de vida-de-prateleira para filmes com espessura 100 $\mu$ m na condição de 80 % UR a diferentes temperaturas.

<b>Temperatura °C</b>	<b>Embalagem</b>	<b>TPVA (g água/m<sup>2</sup>/dia)</b>	<b>t (dias)</b>	<b>t (meses)</b>
4	PEAD	0,049	356	12
4	PEBD	0,159	109	4
4	PP	0,045	385	13
10	PEAD	0,081	214	7
10	PEBD	0,270	64	2
10	PP	0,075	231	8
18	PEAD	0,195	89	3
18	PEBD	0,668	26	1
18	PP	0,175	99	3
25	PEAD	0,385	45	1
25	PEBD	1,316	13	0
25	PP	0,331	52	2
35	PEAD	0,977	18	1
35	PEBD	3,515	5	0
35	PP	0,850	20	1

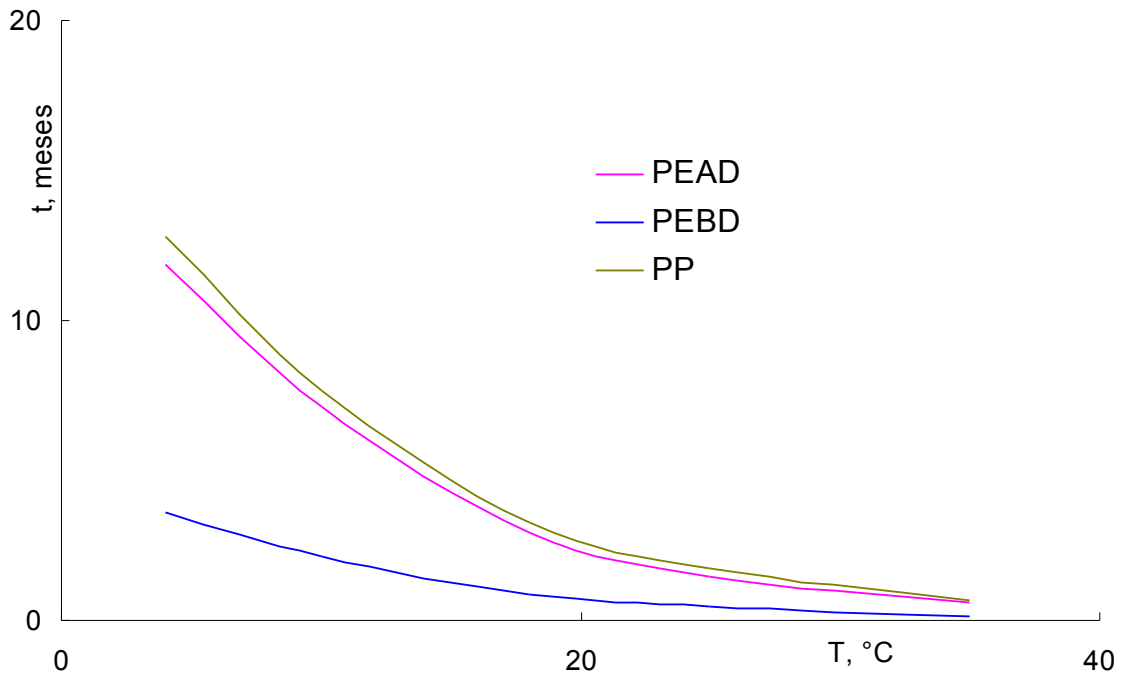


Figura 4.11: Vida-de-prateleira do sangue bovino em pó para filmes de PEAD, PEBD e PP com espessura de 100µm, a diferentes temperaturas e 80 % UR.

Para os filmes com espessura de 100µm, os tempos de vida-de-prateleira estimados mostraram-se satisfatórios para as temperaturas de 4°C, 10°C e 18°C em todos os tipos de embalagens. Para a temperatura de 25°C e 35°C, os filmes de PEAD e PP apresentaram melhor desempenho. Nestas últimas temperaturas aconselha-se a utilização de filme com folha de alumínio, cuja vida-de-prateleira é compatível com a suscetibilidade do produto.

Pode-se observar que entre as embalagens avaliadas as que obtiveram melhor desempenho em todas as condições e temperaturas foram primeiramente a folha de alumínio, a de polipropileno (PP) 100µm, seguido da embalagem de polietileno de alta densidade (PEAD) 100µm, com vidas-de-prateleira entre 13 meses a 18 dias, respectivamente. O filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) foi adequado apenas a baixas temperaturas e/ou umidade relativa de 80 %.

Deve-se ter em mente que a vida-de-prateleira com folha de alumínio só é viável se forem tomados cuidados com a soldagem da embalagem, que não pode permitir a existência de falhas na selagem.

## 4.6 - TESTE DE ACEITAÇÃO

### 4.6.1 - Pão enriquecido com sangue bovino em pó

Na Tabela 4.9 observam-se os resultados das médias obtidas no teste sensorial para os atributos aparência, cor, aroma, sabor e textura para o pão enriquecido com sangue bovino, bem como os resultados percentuais dos níveis de aceitação associados aos conceitos do teste. Valores inferiores a 7, ou moderadamente agradável, não foram observados.

Tabela 4.9: Resultados das médias e percentuais dos níveis associados aos conceitos do teste de aceitabilidade do pão enriquecido com sangue bovino em pó.

Atributo	Média	Percentual, %			
		Totalmente agradável = 10	Extremamente agradável = 9	Muito agradável = 8	Moderadamente agradável = 7
Aparência	9,35	58,80	20,75	15,09	5,66
Cor	9,21	52,84	22,64	15,09	9,43
Aroma	9,26	56,60	20,76	20,75	1,89
Sabor	9,26	58,50	26,41	11,32	3,77
Textura	9,74	84,91	11,32	1,89	1,88

Pode-se observar que os resultados quanto à aceitação do produto foram excelentes.

O índice de aceitabilidade do produto foi de 100%.

A menor média foi encontrada para a aparência do pão enriquecido provavelmente devido à coloração marrom próxima ao pão preto encontrado no mercado e a maior média foi atribuída à textura. Todos os participantes observaram que a textura do pão ficou excepcional, muito mais macia e leve que outros pães integrais de boa qualidade encontrados no mercado.

Todas as médias variaram entre 9,09 a 9,83.

### 4.6.2 - Bolo de chocolate enriquecido com sangue bovino em pó



Na Tabela 4.10 observam-se os resultados das médias obtidas no teste sensorial para os atributos aparência, cor, aroma, sabor e textura para o bolo de chocolate enriquecido com sangue bovino, bem como os resultados percentuais dos níveis de aceitação associados aos conceitos do teste. Valores inferiores a 9, ou extremamente agradável, não foram observados.

Tabela 4.10: Resultados das médias e percentuais dos níveis associados aos conceitos do teste de aceitabilidade do bolo de chocolate enriquecido com sangue bovino em pó.

Atributo	Média	Percentual, %	
		Totalmente agradável = 10	Extremamente agradável = 9
Aparência	9,80	92,31	7,69
Cor	9,92	92,31	7,69
Aroma	9,75	92,31	7,69
Sabor	9,82	92,31	7,69
Textura	9,57	92,31	7,69

Pode-se observar que os resultados quanto à aceitação do produto foram excelentes.

O índice de aceitabilidade do produto foi de 100%.

A menor média foi encontrada para a textura do bolo enriquecido e a maior média foi atribuída à cor, contrariamente ao ocorrido com o pão enriquecido.

O bolo de chocolate possui coloração característica, ou seja, marrom, não sendo alterada pela adição do sangue bovino em pó e passando imperceptível pelos painelistas.

Todas as médias variaram entre 9,57 e 9,92.

Ninguém identificou a origem da farinha utilizada na composição.

Resultados semelhantes foram encontrados por Marchi et al. (2004), que obteve uma excelente aceitação em arroz fortificado com ferro hematínico. Silva (1996), obteve 90% de respostas “gostei muito” em teste de aceitação de biscoito de chocolate tipo amanteigado enriquecido com sangue bovino. O mesmo também foi obtido para suplemento nutricional (SIMÕES et al., 1999).

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSÕES**

Pelos resultados apresentados pode-se concluir que a coleta do sangue para utilização na alimentação humana apresentou-se viável, de fácil tratamento e acessível aos pequenos e médios abatedouros. O método de coleta do sangue bovino é asséptico e confiável – método da Faca Vampiro - atendendo aos requisitos higiênico-sanitários, que foi comprovado através dos resultados das análises microbiológicas satisfatórias, pois estão de acordo com as legislações e normas estabelecidas pelo órgão competente.

Para as isotermas de sorção de umidade, os ajustes pelo modelo de GAB representaram bem todos os resultados nas temperaturas estudadas, sendo que  $R^2$  apresentou valores acima de 0,99, evidenciando curvas com comportamento sigmoidal, do tipo II.

Foram observados decréscimos de umidade de equilíbrio com o aumento da temperatura, porém, o aumento de temperatura não teve influência significativa sobre o comportamento das isotermas.

Quanto aos parâmetros do modelo de GAB obtidos para os dados experimentais das isotermas de adsorção do sangue bovino em pó, nas temperaturas de 4°C, 10°C, 18°C, 25°C e 35°C, observou-se que os valores dos desvios padrão médios para o modelo de GAB são menores que 5% para  $X_m$ , K,  $R^2$ , indicando bons ajustes. O parâmetro C foi fixado pois não mostrou influência significativa sobre a forma curva ajustada.

Os valores de  $X_m$ , que representa a umidade na monocamada do material adsorvente, sofreram reduções com o aumento de temperatura e variaram entre 0,0528 a 0,0990 e, o parâmetro K, variou entre 0,0578 a 0,1992 .

As isotermas de GAB para o sangue bovino em pó pode ser descrita com os parâmetros  $X_m$  igual a 0,0694, C fixado em 1,0000 e K de 0,9599 com  $R^2$  igual a 0,8524.

A atividade de água encontrada para o sangue bovino em pó foi de 0,312 e a umidade crítica de modificação do escoamento livre do produto sangue bovino em pó foi de 0,79.

Para a estimativa de vida-de-prateleira do sangue bovino em pó na condição de 38°C e 90 % UR e umidade crítica do produto de 0,60, as embalagens de PEAD, PEBD e PP mostraram-se inadequadas para o acondicionamento do sangue bovino em pó em termos de barreira ao vapor de água, podendo prejudicar o desempenho do produto ao longo da vida útil, que variou entre 2 a 8 dias. Somente a folha de alumínio que chegou à vida-de-prateleira satisfatória de aproximadamente 13 meses.

Os filmes com espessura de 100µm, na condição de 80 % UR a diferentes temperaturas, apresentaram melhor desempenho. O filme de polipropileno (PP) proporcionou uma vida-de-prateleira do produto entre 1 e 13 meses, seguido pelo filme de polietileno de alta densidade (PEAD), que variou de 1 a 12 meses e o filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) variando de 5 dias a 4 meses.

Pode-se observar que dentre as embalagens testadas, a que obteve melhor desempenho em todas as condições e temperaturas foi primeiramente a folha de alumínio, seguido do polipropileno (PP) e polietileno de alta densidade (PEAD). O filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) apresentou-se satisfatório apenas a baixas temperaturas.

Os resultados quanto à aceitação do pão e do bolo de chocolate enriquecidos com sangue bovino em pó foram excelentes. Para o pão enriquecido com sangue bovino em pó, as médias foram totalmente agradáveis em 58,50 % para a aparência, 52,84 % para a cor, 56,60 % para o aroma, 58,50 % para o sabor e 84,91% para a textura.

Pode-se concluir do trabalho aqui desenvolvido que a utilização do sangue bovino como fator de enriquecimento protéico é viável, tendo em vista que a aceitação foi muito boa quando adicionado nos produtos testados. Por outro lado, somente cuidados com a obtenção e processamento do produto, bem como armazenamento, tornarão viável a comercialização, desde que sejam tomados cuidados adequados com o mesmo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALBITECH, Disponível em [http://www.albitech.com.br/artigo\\_2.php](http://www.albitech.com.br/artigo_2.php). Acesso em 10/01/2005.

ALBITECH, Disponível em [http://www.albitech.com.br/publicacao\\_6.php](http://www.albitech.com.br/publicacao_6.php). Acesso em 15/03/2006.

ALVES, R. M. V.; PADULA, M. Papel da embalagem na conservação de alimentos sensíveis a umidade. **CETEA/ITAL**. Campinas, p.8, 1993.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS – ASAE. **Moisture Relationship of Grains**. St. Joseph, 1991 b, p.363-7. (ASAE Data, D245.4).

AVIARA, N.A.; OJIBOLA, O.O. Thermodynamics of moisture sorption in melon seed and cassava. **Journal of Food Engineering**, n.4, 2002.

BERG, A. The nutrition factor: its role in national development. **The new foods**, p. 107-118, 1973.

BERLIN, E.; ANDERSON, B.A.; PALLANSCH, M.J. Effect of temperature on water vapor sorption by dried milk powders. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 2, p. 146-149, 1970.

BHANDARI, B. R.; DUMOULIN, E. D.; RICHARD, H. M. J.; NOLEAU, I.; LEBERT A. M. Flavor encapsulation by spray drying: application to citral and linalyl acetate. **J. Food Science**, v. 57, n. 1, p. 217-221, 1992.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, Farinhas devem sair da fábrica com ferro e ácido fólico. **Boletim Informativo**, n.44, p.7, 2004.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, Disponível em <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=1679>. Acesso em 20/09/2005a.

BRUNAUER, S.; DEMING L. S.; DEMING W. E.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal American Chemical Society**. v.62, p.1723-1732, 1940.

BRUNAUER, S.; EMMET, P.H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal American Chemical Society**. v.60, p.309-319, 1938.

CADDEN, A.M. Moisture sorption characteristics of several food fibers. **Journal of Food Science**. v.53, p. 1150-1155, 1988.

CARPENTER, C. E. & MAHONEY, A., 1992. Contributions of heme and nonheme iron to human nutrition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.31, p. 333-367, 1992.

CHEN, C. S.; CLAYTON, J. T. The effect of temperature on sorption isotherms of biological materials. **Transactions of the ASAE**, v. 14, n. 5, p. 927-929, 1971.

CHINNAN, M.S., BEAUCHAT, L.R. Sorption isotherms of whole cowpeas and flours. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, London: Academic Press Ltd., v. 18, p. 83-88, 1985.

CHUNG, D.S.; PFOST, H.B. Adsorption and desorption of water vapor by cereal grains and their products. **Transactions of ASAE**, v. 10, p. 549-551, 1967.

CIDASC, Disponível em <http://www.cidasc.sc.gov.br/html/legislacao/arquivos%20pdf/regulamento%203748.pdf>. Acesso em 10/11/2005.

COZZOLINO, S. M. E., NOGUEIRA, N. N., COLLI, C. Controle de anemia ferropriva em pré-escolares por meio da fortificação de alimento concentrado de hemoglobina bovina. **Caderno de Saúde Pública**, v.8, p. 459-465, 1992.

DALLMAN, PR.; YIP, R.;OSKI, F.A. Iron deficiency and related anemias. In: Oski, F.A. **Principles and Practices of Pediatrics**. 2° ed. Philadelphia: J.B. Lippincott Company. Cap. 12, p. 413-450, 1994.

DIVAKARAN, S., SCARIA, K. J. And SANTAPPA, M. Animal Blood National Information. **Center for Leather**, series 2, Madras, India, 1982.

DIVAKARAN, S., SCARIA, K. J., SANTAPPA, M. Blood meal – is processing and utilization. **Leather Science** . v. 25,. p. 127-134, 1978.

DOMENE, S. M. A. Anemia: um problema de saúde pública que pode ser combatido com o consumo de carne bovina. **Serviço de Informação da Carne**. p. 1-6, 2004.

DOMINGUES. A. et al. Caracterização das propriedades físicas do suco de abacaxi (*Ananás comusus*) em pó desidratado por spray dryer otimizado através de análise de suporte de superfície de resposta. In CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Porto Alegre. 2002. **Anais**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. p. 1717-1720, 2002.

DORLY, Y. P. Aproveitamento do sangue de abate para a alimentação humana. **Revista Higiene Alimentar**, vol. 3, nº 1, p. 65-67, 1984.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Editora Champagnat. Curitiba p. 123, 1996.

FENNEMA, O.R. **Principles of Food Science Part II: Physical Principles of Food Preservation**. Ed. Marcel Dekker, 3. ed, Chapter 8, New York, p. 237-263, 1975.

FERREIRA, C.D.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p. 251-255, 2003.

FILSTROP, P. Processes and equipment for protein by products in the meat industry. **Food Tecnology Journal**, nº 10. 1980.

FISBERG, M., et al. Feijão enriquecido com ferro na prevenção de anemia em pré-escolares. **Revista Nutrição em Pauta**. Ano XI, nº 59, 2003.

- GARCIA, E. E. C.; PADULA, M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. Embalagens plásticas – propriedades de barreira. Campinas: **CETEA/ITAL**, p. 44, 1989.
- GARRUTI, D.S. et al. Desenvolvimento do perfil sensorial e aceitação de requeijão cremoso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23, n. 3, p. 434-440, 2003.
- GAVA, A. J. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. Editora Nobel 7 ed. São Paulo, 1984.
- GOODWIN, J., MURPHY, B., GUILLEMETTE M. **Clin Chem**. p. 12-47, 1966.
- GUERRA, R.B.; NEVES, E.C.A.; PENA, R.S. Caracterização e processamento de leite bubalino em pó em secador por nebulização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. n. 25(3), p. 443-447, 2005.
- HALSEY, G. Physical adsorption on uniform surfaces. **Journal of Chemical Physics**, v. 16, n. 10, p. 931-937, 1985.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de Dados Agregados. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 12/12/2005.
- IFT – Institute of Food Technologists. **Minutes of Sensory Evaluation**, Chicago, 1975.
- IGLESIAS, H.A.; CHIRIFRE, J. Equilibrium moisture contents of air dried beef. Dependence of drying temperature . **Journal Food Technology**, v.11, n.6, p.565-573, 1976.
- IGLESIAS, H.A.; CHIRIFRE, J. **Handbook of Food Isotherms**. Academia Press, New York. 1982.
- INSTITUTE OF MEDICINE. Dietary Reference Intake for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chomium, Chooper, Iodine, Iron Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. Washington: **National Academy of Sciences**, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: Métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 3 ed., São Paulo, p:23- 27, 1995.

KAREL, M. Water activity and food preservation. In: FENEMA, O.R, ed. **Principles of food science**; physical principles of food preservation. New York, Marcel Dekker, v. 4, p. 237-265, 1975.

KUMAR, M. Water vapour adsorption on whole corn flour, degermed corn flour, and germ flour. **Journal of Food Technology**. V.9, n.4, p. 433-444, 1974.

LABUZA, T. P. Kinetics of lipid oxidation in foods. CRC Crit. **Food Technology**, v. 10, p. 305-405, 1971.

LABUZA, T. P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, Chicago, v.22, n.3, p.263-272, 1968.

LANARA – Laboratório Nacional de Referência Animal. Ministério da Agricultura, Brasil. Padronização das Técnicas de Exames Microbiológicos e físico-químicos. 1980.

LANDROCK, A. H.; PROCTOR, B. E.. A new graphical interpolation method for obtaining humidity equilibria data, with special reference to its role in food packaging studies. **Food Technology**, v. 5, p. 332-337, 1951.

LANGMUIR, I. The adsorption of gases in a plane surfaces of glass, mica and platinum. **J. Am. Chem. Soc.**, v. 46, p. 1361-1403, 1918.

LOMAURO, C.J.; BAKSHI, A.S.; LABUZA, T.P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I: fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v.18, p. 111-117, 1985.

MARCHI, R.P.; SZARFARC, S.C.; RODRIGUES, J.E.F.G. Consumption of fortified rice in prophylaxis of iron deficiency. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr. J. Brazilian Soc. Food Nutr.*, São Paulo, SP, v. 28, p. 53-64, dez. 2004.



MAROULIS, Z.B.; TSAMI, E.; MARINOS-KOURIS, D.; et al. Application of the GAB model to the sorption isotherms for dried fruits. **Journal of Food Engineering**, 1988.

MARQUES, A.T. et al. Uso da farinha de mandioca em panificação. **Colloquium Agrariae**, v.1, n. 1, p. 8-12, 2005.

MASSARO, A. F.; PINTO, L. A. DE A. Enriquecimento protéico de farelo de arroz desengordurado, bovino, utilizando a técnica de leite de jorro. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, n 61(2), p. 77-84, 2002.

MASTERS, K. **Spray drying handbook**. 5.ed. New York. Ed Longman Scientific & Technical, p.725, 1991.

MEISELMAN, H.L. Determining consumer preference in institutional food service. **Food Service Systems**, London, p.127-54, 1979.

MINIM, V.P.R. et al. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 25, n. 1, p. 18-24, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – DAB Departamento de Atenção Básicas. Disponível em [http://dtr2004.saude.gov.br/nutricao/anemia\\_ferropriva.php](http://dtr2004.saude.gov.br/nutricao/anemia_ferropriva.php). Acesso em 31/012006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Portaria n. 01/Dinal/MS de 28 de janeiro de 1987 da Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos. Aprova padrões microbiológicos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 fev., Seção I, Parte I, p. 2197, 1987.

MODESTA, R. C. D. Manual de Análises Sensorial de Alimentos e Bebidas: Geral. Rio do Janeiro: EMBRAPA – CTAA, 1994. t1

MONSEN, E.L.; HALLBERG, L.; LAYRISSE, M.; HEGSTED, D.M.; COOK, J.D.; MERZ, W & FINCH, C.A. Estimation of available dietary iron. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Philadelphia, v.31, p. 134-141, 1978.

MONTEIRO, Cristina L. B. **Técnicas de avaliação sensorial**. 2a ed. Curitiba: UFPR, Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos. p. 55-79, 1984.

- MONTEIRO, M.A.M. et al. Estudo sensorial de sopa-creme formulada à base de palmito. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 21, n. 1, p. 5-9, 2001.
- MORAES, M.A.C. Avaliação dos efeitos da merenda escolar em alunos da 1ª série do 1º grau na cidade de Paulínia-SP. Tese. 1982. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola.
- OCKERMAN, H. W. E HANSEN, C. L. **Industrialización de subproductos de origen animal**. Ed. ACRIBIA, Zaragoza, España, p. 387, 1994.
- PADULA, M. Influência da Embalagem na Vida de Prateleira de Alimentos. **Manual Técnico**. ITAL 2 ed, n 6, 1996.
- PARDI, M. C., SANTOS, I. C. SOUZA, E. P., PARDI, H. S. **Ciência Higiene e Tecnologia da Carne**. v. 1 Goiânia: Editora da UFG. 1993.
- PARDI, M. C., SANTOS, I. C. SOUZA, E. P., PARDI, H. S. **Ciência Higiene e Tecnologia da Carne**. v. 2 Goiânia: Editora da UFG. 1996.
- PARK, K.J.; BIN, A.; BROD, F.P.R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21. n.1, p. 73-77, 2001.
- PARK, K.J.; NOGUEIRA, R.I. "Modelos para ajuste de isotermas de sorção de alimentos."; **Engenharia Rural** , n. 3, p.180-186 , 1992.
- PEDERSEN, J. W. Use of Haemoglobin in Foods – A Review. **Meat Science**, n 24, p. 31-45, 1988.
- PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Processing Engineering**, Connecticut- USA: Food & Nutrition Press Inc., v. 16, n. 1, p. 21-37, 1993.

PENA, R. S., RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Aplicação de modelos matemáticos bi e tri-paramétricos na predição de isothermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia cupana*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 20, n.1, p. 8-11, 2000.

PEZANTES, D. V. Estudo das operações combinadas da desidratação osmótica a vácuo, defumação líquida e secagem em filés de bonito (*Sarda sarda*). 2006. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas.

QUAST, D. G.; TEIXEIRA NETO, R. O. Moisture problems of foods in tropical climates. **Food Technology**, Chicago, v. 30, n. 5, p. 98-105, May, 1976.

QUAST, D. G.; VITALI, A. A. Vida de Prateleira de Alimentos. **Manual Técnico**. ITAL 2 ed, n 6, 1996.

RAHMAN, M.S. **Food Properties Handbook**. 1 ed. CRC Press, Boca Raton, 1995.

RÉ, M. I. Secagem de Sangue Animal em Leito de Jorros. 1986. Tese (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências e Tecnologia.

RENÚNCIO, A. Avaliação de método de coleta de sangue em pequenos abatedouros do Estado de Santa Catarina visando sua valorização para consumo humano. 1997. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina.

RISPOA – Regulamento de Inspeção dos Produtos de Origem Animal. Ministério da Agricultura, Brasil. 1952.

RISSE W.L.; LEE E.J.; POINDEXTER H.B.; et.al, Iron deficiency in female athletes: its prevalence and impact on performance. **Sports Exerc**. p.116-121, 1988.

RIZVI, S.S.H. Thermodynamic properties of foods in dehydration. **Engineering properties of foods**. New York: marcel Dekker, p.133-214, 1986.

SARAVACOS, G. D.; TSIOURVAS, D. A.; TSAMI, E. Effect of temperature on water adsorption isotherms of sultana raisins, **Journal of Food Science**, v.51,n.2, p.381-387, 1986.

SCHAR, W.; RUEGG, M. The evaluation of G.A.B constants from water vapour sorption data. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v.18, n.4, p. 225-229, 1985.

SELOT, A.; BERA, M.B.; MUKEKHERJEE, S.; KESHERVANI, G.P.; SHARMA, Y.K. Moisture adsorption isotherm, fractionation of bound water and storage stability of coriander seed powder. **Journal of Food Science and Technology**, v. 28, n. 4, p. 216-221, 1991.

SILVA, M.A.A.P. da et al. Avaliação da aceitação de vinhos brancos varietais brasileiros através de testes sensoriais afetivos e técnica multivariada de mapa de preferência interno. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 19, n. 2, p. 214-220, 1999.

SILVA, R.F. Use of inulin as a natural texture modifier. **Cereal Foods World**, v.41, n.10, p.792-795, 1996.

SILVESTRE, M. P. C., SILVA, V. D. M. Functional properties of bovine blood plasma intended for use as a functional ingredient in human food. **U-Technol**, p. 709-718, 2003.

SIMÕES, M. C.C., MOURA, E.C., SGARBIERI, V.C., FIGUEIREDO, D.B. Avaliação do impacto de um suplemento nutricional rico em ferro hematínico. **Cad. Saúde Pública**, 15(4), p.871-881, 1999.

SÓ NOTÍCIAS. [http://www.radiosorriso.com.br/correio/toprint\\_s.asp?NewsID=120](http://www.radiosorriso.com.br/correio/toprint_s.asp?NewsID=120). Acesso em 30/06/2004.

SOUZA, J.R.M.de. et al. Utilização de soro de queijo na elaboração de pães. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. v. 7, n. 1, p. 91-102, 2005.

STATSOFT, Inc. **STATISTICA 6.0 for Windows** [computer program manual]. Tulsa, OK: Statsoft, Inc., 1996.

TBNF – THE BRITISH NUTRITION FOUNDATION. Iron: nutritional and physiological significance. **The Report of British Nutrition Foundation's Task Force**, London: Chapman & Hall, p.186, 1995.

TEIXEIRA NETO, R. O.; JARDIM, D.C.P. Reações de Transformação em Alimentos. **Manual Técnico**. ITAL 2 ed, n 6, 1996.

TEIXEIRA NETO, R. O., QUAST, D. G. Isotermas de adsorção de umidade em alimentos. **Manual Técnico** ITAL, v. 8, p. 141-197, 1993.

TEIXEIRA, E. **Análise Sensorial de Alimentos**. Florianópolis: Editora da UFSC, p.161, 2002.

TORRES, M.A.A.; SOUZA QUEIROZ, S. Prevenção da anemia ferropriva em nível populacional. **Nutrire: Ver. Soc. Bras. Alim. Nutr.** v. 19/20 p. 145-164, 2000.

WAPNIR, R.A. Protein nutrition and mineral absorption. **CRC Press**, p. 99-116, 1990.

WINGARD, R. L., PARKER, R.A., ISMAIL, N., HAKIM, R.M. Efficacy of oral iron therapy in patients receiving recombinant human erythropoietin. **American Journal of kidney**, p. 433-439. 1995.