



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE**  
**ALIMENTOS**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE CHOCOLATE AO LEITE DE CABRA**  
**COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MASSA DE CACAU**

**GRAZIELLY DE JESUS SILVA**

**ITAPETINGA**  
**BAHIA - BRASIL**

**2015**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE**  
**ALIMENTOS**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE CHOCOLATE AO LEITE DE CABRA**  
**COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MASSA DE CACAU**

**GRAZIELLY DE JESUS SILVA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos, para obtenção do título de "Mestre".

**Orientador (a):** DSc. Sibelli Passini Barbosa Ferrão

**Co-orientador (a):** DSc. Renata Cristina Ferreira Bonomo

**ITAPETINGA**  
**BAHIA - BRASIL**

**2015**

641.3374 Silva, Grazielly de Jesus  
S58d

Desenvolvimento e avaliação de chocolate ao leite de cabra com diferentes concentrações de massa de cacau. / Grazielly de Jesus Silva. - Itapetinga: UESB, 2015.

98f.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos, para obtenção do título de "Mestre". Sob a orientação da Profª. D.Sc. Sibelli Passini Barbosa Ferrão e co-orientação da Profª. D.Sc. Renata Cristina Ferreira Bonomo.

1. Chocolate ao leite de cabra - Análise Sensorial. 2. Processamento do chocolate – Textura - Reologia. 3. Massa de cacau - Microscopia. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. II. Ferrão, Sibelli Passini Barbosa. III. Bonomo, Renata Cristina Ferreira.

**CDD(21): 641.3374**

Catálogo na fonte:  
Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535  
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Chocolate ao leite de cabra - Análise Sensorial
2. Processamento do chocolate – Textura - Reologia
3. Massa de cacau - Microscopia



**Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia**  
Programa de Pós-Graduação  
**Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos**



Áreas de Concentração: Engenharia de Alimentos  
Ciência de Alimentos

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**Título:** DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE CHOCOLATE AO LEITE DE CABRA (*Capra hircus*) COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MASSA DE CACAU (*Theobroma cacao* L.)

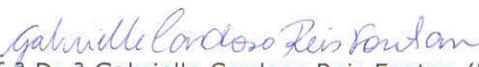
**Autor (a):** GRAZIELLY DE JESUS SILVA

**Orientador (a):** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sibelli Passini Barbosa Ferrão

**Co-orientador (a):** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata Cristina Ferreira Bonomo

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CIÊNCIA DE ALIMENTOS**, pela Banca Examinadora.

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sibelli Passini Barbosa Ferrão (UESB)

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gabrielle Cardoso Reis Fontan (UESB)

  
Prof.<sup>o</sup> Dr. Ivan de Oliveira Pereira (IF BAIANO/URUÇUCA)

**Itapetinga-BA, 26 de fevereiro de 2015.**

*Desistir?*

*Eu já pensei seriamente nisso, mas nunca  
me levei realmente a sério.*

*É que tem mais chã nos meus olhos do  
que o cansaço nas minhas pernas, mais  
esperança nos meus passos, do que  
tristeza nos meus ombros, mais estrada  
no meu coração do que medo na minha  
cabeça.*

*Cora Coralina*

*Aos meus amados pais*  
*Aos meus queridos irmãos*  
*Ao meu namorado Ben-Hur*

*Dedico!*

## **AGRADECIMENTOS**

**“... De Sonhos vem a Vitória” (Provérbios 21:31)**

*Primeiramente agradeço a DEUS pelo dom da vida e por permitir que meus sonhos tornem realidade. A Nossa Senhora Aparecida pela proteção e sabedoria.*

*Aos meus pais, Mazinho e Quinha, que me ensinaram a viver com dignidade e por não medirem esforços para me ver feliz. Foram eles os maiores incentivadores desta jornada percorrida. Aos meus irmãos: Gau, Glauber e meu cunhado Dinei pelo apoio, amizade, carinho e companheirismo. À minha pequena sobrinha, a princesa Gabriela pela alegria em meio aos desafios. Amo vocês!!!*

*Agradeço também de uma forma especial e extrema, ao “meu anjo namorado” Ben-Hur, pela amizade, força, paciência, companheirismo e brilhante colaboração nesta caminhada, te amo e obrigada por ser meu porto seguro!*

*À Seu Francisco e Dona Áurea, Rafael, Gabriel e Olga pelo carinho, colaboração e apoio durante este período.*

*À Professora Sibelli Passini pela orientação e pela grande confiança depositada em mim durante a realização deste trabalho. Obrigada pela amizade, palavras de tranquilidade e ensinamentos que muito contribuíram para a minha formação profissional. Enfim, obrigada por ter acreditado em mim!*

*Às Professoras Renata Bonomo e Gabrielle Fontan, grandes profissionais, pela paciência e todo ensinamento transmitido durante o desenvolvimento deste trabalho.*

*À Professora Andréa Gomes pela colaboração e esforço para que os chocolates fossem desenvolvidos.*

*À colaboração dos professores Sérgio Fernandes, Paulo Bonomo, Rafael Fontan, Leandro Soares, William Soares e Luciano Rodrigues.*

*A toda equipe do Grupo de Estudos em Leite (GEL), pelo incentivo e apoio técnico, em especial a Dani e Rebeka pela colaboração na realização do experimento. Ao amigo Abdias pelo companheirismo e boa vontade, sempre disposto a colaborar.*

*À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos pela oportunidade de formação acadêmica.*

*A todos os funcionários da CEPLAC, Neide, Carlyle, Cátia, Clóvis, Valdívia, Otávio, Durval, Anísio, Carlos, Renata, Maine e Maria pela disponibilidade, colaboração, pelos ensinamentos e por me apresentar um mundo tão encantado como o mundo dos chocolates.*

*Ao pessoal de Viçosa que me acolheram com muito carinho, em especial a Márcia Vidigal, Lizzy e Flaviane. Muito Obrigada! Vocês contribuíram grandemente para o desenvolvimento deste trabalho.*

*À turma de mestrado pelos trabalhos, risadas e momentos de descontração, especialmente a Milla Mascarenhas, Simone Neres e Taline Amorim, colegas desde a graduação. À Lay Telles pelo carinho e apoio na realização de algumas análises.*

*Aos provadores da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ): Acsa, Ben, Dani, Fabíola, Gabi, Gabriel, Ju Gomes, Mateus, Rafael e Sibelli, que se dedicaram com carinho à realização das análises sensoriais, obrigada pela força!*

*A Capes, pela concessão da bolsa de estudos.*

*A toda minha família: avós, tios, primos e padrinhos. Aos meus amigos e colegas que sempre torceram pelo meu sucesso, e que de alguma forma contribuíram neste trabalho.*

*Muito Obrigada!!!*

*Grazy*

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Representação da produção, consumo aparente, exportação e importação de chocolate durante o período de 2008 a 2013.....	22
<b>Figura 2:</b> Fluxograma do processo de obtenção das amêndoas de cacau.....	23
<b>Figura 3:</b> Fluxograma do processamento de chocolate.....	29
<b>Figura 4:</b> Representação esquemática dos modos de operação em MFA: a) modo contato, b) modo não-contato e c) modo contato intermitente .....	34
<b>Figura 5:</b> Fluxograma do processamento de chocolate com leite de cabra.....	42
<b>Figura 6:</b> Ficha de avaliação do teste triangular.....	48
<b>Figura 7:</b> Ficha da ADQ empregada no teste preliminar e avaliação final das amostras.....	51
<b>Figura 8:</b> Ficha de avaliação utilizada no teste de aceitação e intenção de compra.....	52 e 53
<b>Figura 9:</b> Gráfico da área de histerese das formulações de chocolates de leite de cabra.....	61
<b>Figura 10:</b> Curvas de Viscosidade dos chocolates de leite de cabra.....	64
<b>Figura 11:</b> Gráfico das tangentes $\delta$ ( $G''/G'$ ) obtidas nos ensaios oscilatórios dos chocolates de leite de cabra.....	65
<b>Figura 12:</b> Curvas de fluência e recuperação (creep-recovery) obtidas dos chocolates de leite de cabra.....	66
<b>Figura 13:</b> Micrografia da superfície dos chocolates de leite de cabra observada por MFA com área de $25 \mu\text{m}^2$ . A coluna da esquerda apresenta imagens em 2D e a coluna da direita suas respectivas imagens 3D.....	68
<b>Figura 14:</b> Micrografia da superfície dos chocolates de leite de cabra observada por MFA com área de $10 \mu\text{m}^2$ . A coluna da esquerda apresenta imagens em 2D e a coluna da direita suas respectivas imagens 3D .....	70
<b>Figura 15:</b> Micrografia da superfície dos chocolates de leite de cabra observada por perfilômetro 3D.....	72
<b>Figura 16:</b> Representação gráfica da análise de componentes principais.....	77
<b>Figura 17:</b> Gráfico de intenção de compra dos chocolates de leite de cabra (Frequência)....	80
<b>Figura 18:</b> Mapa de Preferência interno para as amostras de chocolate em relação à aparência.....	82
<b>Figura 19:</b> Mapa de Preferência interno para as amostras de chocolate em relação ao aroma.....	82
<b>Figura 20:</b> Mapa de Preferência interno para as amostras de chocolate em relação à textura.....	83

<b>Figura 21:</b> Mapa de Preferência interno para as amostras de chocolate em relação ao sabor.....	84
<b>Figura 22:</b> Mapa de Preferência interno para as amostras de chocolate em relação a impressão global.....	84

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Composição das proteínas dos leites de cabra e leite de vaca.....	20
<b>Tabela 2:</b> Equações para alguns modelos reológicos.....	32
<b>Tabela 3:</b> Formulações utilizadas para elaboração dos chocolates.....	40
<b>Tabela 4:</b> Atributos, definições e padrões.....	50
<b>Tabela 5:</b> Valores médios das análises de coliformes totais, coliformes termotolerantes e <i>Salmonella</i> sp dos chocolates após o processamento.....	54
<b>Tabela 6:</b> Valores médios (+ DP), equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R <sup>2</sup> ) para a caracterização físico-química das formulações de chocolate com leite de cabra.....	55
<b>Tabela 7:</b> Valores médios (+DP), equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R <sup>2</sup> ) da composição química das formulações de chocolate com leite de cabra. .....	58
<b>Tabela 8:</b> Valores médios ( $\pm$ DP) da força de quebra e trabalho de cisalhamento das amostras de chocolate de leite de cabra.....	59
<b>Tabela 9:</b> Valores de área das curvas ascendente (A <sub>a</sub> ), descendente (A <sub>d</sub> ) e cálculo da tixotropia (A <sub>a</sub> – A <sub>d</sub> ) pela área de histerese para as formulações de chocolate com leite de cabra.....	61
<b>Tabela 10:</b> Parâmetros reológicos das amostras de chocolate com leite de cabra obtidos pelo modelo de Herschel-Bulkley .....	63
<b>Tabela 11:</b> Parâmetros obtidos a partir do ajuste do modelo de Burgers.....	66
<b>Tabela 12:</b> Valores da rugosidade média das formulações de chocolate com leite de cabra..	71
<b>Tabela 13:</b> Resumo da ANOVA para os atributos sensoriais das formulações de chocolate de leite de cabra.....	74 e 75
<b>Tabela 14:</b> Modelagem estatística do efeito do teor de cacau nos atributos sensoriais dos chocolates de leite de cabra.....	76
<b>Tabela 15:</b> Ajuste do modelo quadrático aos dados de aceitação para os atributos textura, sabor e impressão global.....	79
<b>Tabela 16:</b> Valores médios obtidos no teste de aceitação das formulações de chocolate de leite de cabra.....	79

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1. Caprinocultura .....	17
2.2. Leite de cabra.....	18
2.3. Chocolate .....	21
2.3.1. Processamento de chocolate .....	23
2.4. Caracterização físico-química e composição química.....	30
2.5. Reologia.....	31
2.6. Microscopia de força atômica.....	33
2.7. Análise Sensorial de Chocolates.....	35
2.7.1. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) .....	37
2.7.2. Teste de aceitação.....	38
3. OBJETIVOS.....	39
3.1. Objetivo Geral.....	39
3.2. Objetivos Específicos .....	39
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	39
4.1. Local e período do experimento .....	39
4.2. Aquisição da matéria-prima.....	40
4.3. Processamento do chocolate .....	40
4.4. Caracterização dos chocolates .....	43
4.4.1. Análises microbiológicas.....	43

4.4.2.	Caracterização físico-química e composição química.....	43
4.5.	Textura Instrumental.....	44
4.6.	Caracterização Reológica.....	44
4.6.1.	Ensaio Estacionários .....	45
4.6.2.	Ensaio Oscilatórios .....	45
4.6.3.	Ensaio de fluência e recuperação.....	46
4.7.	Microscopia de Força Atômica – MFA .....	46
4.8.	Análise sensorial dos chocolates.....	46
4.8.1.	Aprovação do Comitê de Ética.....	46
4.8.2.	Perfil Sensorial Convencional .....	47
4.8.3.	Aceitação e intenção de compra .....	52
4.9.	Delineamento Experimental .....	53
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	54
5.1.	Análises Microbiológicas .....	54
5.2.	Caracterização físico-química e química dos chocolates.....	54
5.3.	Textura instrumental .....	59
5.4.	Caracterização da estrutura dos chocolates .....	60
5.4.1.	Análise reológica dos chocolates.....	60
5.4.2.	Microscopia de Força Atômica (MFA) e perfilômetro .....	67
5.4.3.	Análise Sensorial .....	73
6.	CONCLUSÃO .....	86
7.	REFERÊNCIAS .....	87

## RESUMO

SILVA, G. J. **Desenvolvimento e avaliação de chocolate ao leite de cabra com diferentes concentrações de massa de cacau.** Itapetinga – BA: UESB, 2015. 98 p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos).\*

Objetivou-se com o presente estudo desenvolver e avaliar parâmetros de qualidade de chocolate ao leite de cabra com diferentes concentrações de massa de cacau. Foram elaboradas 4 formulações com diferentes concentrações de massa de cacau e realizadas análises microbiológicas (coliformes totais, termotolerantes e *salmonella*), de composição (umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e açúcares), físico-química (acidez, pH e atividade de água e cor), textura instrumental, reologia, microscopia de força atômica e perfilômetro e análise sensorial. Verificou-se nos resultados que os chocolates estavam de acordo com os padrões microbiológicos vigentes. Em relação à composição e caracterização físico-química, as variáveis pH, tamanho médio das partículas, acidez titulável, cor instrumental, umidade, cinzas, proteína e gordura apresentaram ajuste de modelo linear ou quadrático. Apenas a variável atividade de água não ajustou modelo para regressão ( $p < 0,05$ ). A partir dos resultados de textura instrumental, verificou-se que a concentração de massa de cacau não afetou as características de textura. Os chocolates apresentaram comportamento tixotrópico. O modelo Herschel-Bulkley descreveu adequadamente o comportamento de escoamento das formulações. Nos ensaios oscilatórios verificou-se que a tangente  $\delta$  (perda) decresceram com o aumento da massa de cacau. Os testes de fluência e recuperação foram condizentes com os demais testes reológicos, indicando que as formulações com menor teor de cacau apresentam uma estrutura mais fraca e com menos interações. A microscopia de força atômica e perfilômetro demonstraram que um grande número de poros microscópicos existe na superfície dos chocolates. No perfil convencional, todos os atributos avaliados conseguiram discriminar as formulações. Todas as formulações apresentaram elevada aceitação pelos consumidores, porém a formulação com 45% de massa de cacau apresentou os maiores escores hedônicos de aceitação para todos os atributos.

**Palavras-chave:** Análise Sensorial, Textura, Reologia, Microscopia.

---

\* Orientador (a): Sibelli Passini Barbosa Ferrão, DSc., UESB. Co-orientador (a): Renata Cristina Ferreira Bonomo, DSc., UESB.

## ABSTRACT

SILVA, G. J. **Development and evaluation of goat milk chocolate with different tenors of cocoa**. Itapetinga – BA: UESB, 2015. 98 p. ( – Masters Degree in Food Engineering and Science).\*

The objective of this study to develop and evaluate quality parameters of goat milk chocolate with different cocoa mass content. 4 formulations were prepared with different mass concentrations of cocoa and analyzed for microbiological (total coliforms, thermotolerant and salmonella), composition (moisture, ash, protein, lipids and sugars), physico-chemical (acidity, pH and water activity and color), instrumental texture, rheology, atomic force microscopy and profilometer and sensory analysis found the results that the chocolates were in accordance with current microbiological standards. Regarding the composition and physico-chemical characterization, the variables pH, average particle size, acidity, instrumental color, moisture, ash, protein and fat had set linear or quadratic model. Only the variable water activity not set model for regression. From the results of instrumental texture, it was found that the cocoa content did not affect the texture features chocolate formulations showed thixotropic behavior. The Herschel-Bulkley model adequately described the behavior of flow of the goat milk chocolate formulations. In oscillatory measurements, it was found that the  $\tan \delta$  (loss) decreased with the increase of cocoa mass. Creep and recovery tests were consistent with the other tests, indicating that formulations with lower cocoa content presents a weaker structure and fewer interactions. The atomic force microscopy and profilometry demonstrated that a large number of microscopic pores exist in the surface of the chocolate. In the descriptive analysis, all attributes were able to discriminate the samples. All formulations showed high acceptance by consumers, but the formulation with 45% cocoa mass had the highest hedonic scores of acceptance for all attributes.

**Key words:** Sensory Analysis, Texture, Rheology, Microscopy.

---

\* Advisor: Sibelli Passini Barbosa Ferrão, DSc., UESB. Co-advisor: Renata Cristina Ferreira Bonomo, DSc., UESB

## **1. INTRODUÇÃO**

O leite caprino é um líquido branco, viscoso, com odor característico e que apresenta composição química e propriedades físico-químicas semelhantes às do leite de vaca. No entanto, possui particularidades como maior percentual de pequenos glóbulos de gordura, o que confere maior digestibilidade e melhor absorção pelo intestino, e constituição diferente das proteínas, que o caracteriza como um alimento de alto valor nutricional, sendo uma alternativa para pessoas que possuem alergia ao leite de vaca. Devido a essas características e benefícios, o leite caprino pode ser utilizado como ingrediente para vários produtos alimentícios.

Diversas formas para aproveitamento do leite caprino e agregação de valor a ele, como produção de queijos, iogurtes, sorvetes, entre outros, vem sendo propostas, evidenciando o potencial que esse leite apresenta para contribuir com o desenvolvimento do país, particularmente em regiões como o Nordeste, em que o efetivo de caprinos está acima de 90% do total nacional.

O chocolate é um alimento muito apreciado e consumido em várias partes do mundo, por pessoas de todas as classes e idades, e caracteriza-se por ser saboroso e de alto valor energético. Devido à presença de antioxidantes naturais em sua composição, atualmente o consumo de chocolates tem sido bastante valorizado. Existem muitas variáveis que afetam as propriedades e características sensoriais dos chocolates, dentre elas pode-se destacar, a composição e quantidade dos ingredientes, tamanho médio das partículas e as etapas de refino e conchagem, desta forma, surgem oportunidades de estudo para a melhoria da qualidade e desenvolvimento de novos produtos.

A utilização do leite de cabra para elaboração de chocolates surge como alternativa para as indústrias deste setor. Aumentaria a demanda por esse leite, trazendo benefícios para os produtores, apresentando-se como uma opção de consumo, agregando valor para o leite caprino.

Ao se desenvolver um novo produto, algumas características desempenham funções importantes, entre elas podemos destacar as físico-químicas, químicas, sensoriais e de estrutura. A caracterização físico-química e química comprovam a real composição do produto. A análise sensorial busca compreender quais características do alimento são importantes para aceitação do consumidor. Já as análises de microestrutura são utilizadas para

caracterizar propriedades das amostras contribuindo para a melhoria dos processos de fabricação.

Diante do exposto, buscou-se a valorização do mercado caprino, desenvolvendo chocolate ao leite de cabra com diferentes concentrações de massa de cacau e avaliando suas características microbiológicas, químicas, físico-químicas, instrumentais, sensoriais e estruturais, visando contribuir para obtenção de resultados até então pouco presentes na literatura.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Caprinocultura**

A caprinocultura, atividade de criação de cabras domésticas, é importante e contribui para o desenvolvimento da pecuária e economia de vários países. É tão antiga quanto a história da humanidade, servindo como auxílio na fixação do homem aos seus primeiros núcleos de assentamentos e fornecendo produtos necessários para o dia-a-dia das pessoas, como leite, carne, pele e pêlo. Devido a esses fatores, a criação de caprinos espalhou-se pelo mundo, pois são considerados animais de fácil manejo, pouco exigentes em termos alimentares, sendo capazes de se alimentarem em regiões inóspitas, além de se adaptarem bem aos mais variados sistemas de criação (CORDEIRO, 2006).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2014), em 2012, o rebanho caprino mundial foi de, aproximadamente, 996 milhões de cabeças, com forte concentração nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento. O Brasil é o 17º criador mundial, com cerca de 8,646 milhões de cabeças, produzindo anualmente 150 milhões de litros de leite de cabra, sendo o país de maior produção no continente americano.

Dubeuf (2005) afirmou que uma quantidade inferior a 5% do total mundial de leite de cabra foi comercializado, já que a maior parte do leite caprino mundial é utilizado no consumo doméstico de famílias e/ou distribuído e vendido informalmente onde, geralmente, é inserido em dietas de crianças e idosos. No Brasil não é diferente, uma vez que a caprinocultura leiteira é basicamente formada por pequenos e médios produtores.

A caprinocultura leiteira se caracteriza como atividade importante para a região Nordeste do Brasil, contribuindo para geração de emprego e renda, principalmente para as classes sociais mais necessitadas (EMBRAPA, 2013). Segundo o Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística (IBGE, 2014), em 2012, o Nordeste foi a região brasileira com o maior efetivo desta espécie, com cerca de 7,841 milhões de cabeças.

Entretanto, alguns fatores limitam o aumento da produtividade e distribuição do leite caprino durante o decorrer das épocas do ano. Esses problemas ocorrem não somente nas regiões brasileiras, mas também em diversos países que desenvolvem a caprinocultura leiteira. Dentre os fatores que interferem na realização desta atividade destacam-se: o potencial genético dos rebanhos, a sazonalidade da produção, a qualidade das forrageiras tropicais utilizadas, o clima, manejo, intervalo de partos, a idade ao primeiro parto, o controle das enfermidades, gerenciamento dos rebanhos, a nutrição e alimentação dos rebanhos, entre outros (GONÇALVES et al., 2008).

Atualmente, o grande desafio dos produtores de leite de cabra do semiárido brasileiro é a ampliação do mercado. Programas governamentais são necessários e auxiliam no desenvolvimento da caprinocultura leiteira na região, por meio de políticas de incentivo como a distribuição de animais para formação de rebanhos e compra do leite produzido para posterior industrialização (EMBRAPA, 2013).

A transformação do leite de cabra em produtos lácteos e em derivados de elevado valor agregado mostra-se como alternativa viável para amenizar os problemas referentes à caprinocultura leiteira, pois é uma forma de aumentar o tempo de conservação do leite, contribuir para o bem-estar econômico do produtor, agregar valor e ampliar o mercado consumidor (EMBRAPA, 2013).

## **2.2. Leite de cabra**

De acordo com o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade, o leite de cabra é definido como o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de animais da espécie caprina sadios, bem alimentados e descansados, com requisitos mínimos de composição química e físico-química. O percentual de gordura deve ser o original, ou seja, em hipótese alguma o teor de matéria gorda pode ser extraído do leite fora da indústria de laticínios; deve possuir valores mínimos de 8,2% de sólidos não gordurosos, 2,8% de proteína bruta e 4,3% de lactose (BRASIL, 2000).

De acordo com a composição química, o leite de cabra é similar ao leite de vaca, mas difere do mesmo em algumas formas e concentrações de nutrientes, tais como: maior digestibilidade, alcalinidade, capacidade tamponante e características medicinais para a nutrição humana, relacionadas aos problemas de alergia alimentar (AMARAL et al., 2011).

O leite caprino apresenta composição química constituída de proteínas de alto valor biológico e ácidos graxos essenciais, além de seu elevado conteúdo mineral e vitamínico, o que o qualifica como alimento de boas características nutricionais, sendo uma opção saudável tanto para pessoas com problemas relacionados à ingestão do leite de vaca, quanto para aqueles que gostam de variar a alimentação com novos ingredientes (COSTA et al., 2009). Além de possuir peculiaridades que o diferenciam do leite de outras espécies, sua composição também varia de acordo com a raça, alimentação, condições ambientais, estação do ano, estágio de lactação, entre outros (PARQUE et al., 2007; JUNIOR, 2012).

A melhor digestibilidade do leite de cabra em relação ao leite bovino ocorre devido a fatores como o alto conteúdo de ácidos graxos de cadeia curta (compostos de 4 a 10 átomos de carbono). Os glóbulos de gordura no leite caprino são menores em tamanho, promovendo maior área superficial para degradação enzimática, o que confere maior eficiência na absorção e digestão pelo organismo humano (AMARAL et al., 2011; JUNIOR, 2011). No entanto, de acordo com Sanz Sampelayo et al. (2007), esses mesmos ácidos de cadeia curta do leite caprino são os principais responsáveis pela origem de odores característicos, a exemplo dos ácidos caprótico, caprílico e cáprico.

Outro ponto importante quando se fala do leite de cabra são as proteínas. As principais proteínas presentes no leite podem ser divididas em dois grupos (Tabela 1), sendo o primeiro constituído pelas caseínas na forma de micelas ( $\alpha_{s1}$ -caseína,  $\alpha_{s2}$ -caseína,  $\beta$ -caseína e  $\kappa$ -caseína), representando, em média, 80% das proteínas, e o segundo grupo se refere às proteínas solúveis do soro,  $\alpha$ -lactoalbumina,  $\beta$ -lactoglobulina e albuminas séricas e as imunoglobulinas. Além disso, outros grupos de proteínas solúveis menos abundantes também podem ser encontrados em tal leite, como lactoferrina, imunoglobulinas, glicoproteínas e enzimas (PARK et al., 2007; RONCADA et al., 2012).

**Tabela 1:** Composição das proteínas dos leites de cabra e leite de vaca.

<b>Proteínas Totais</b>	<b>Cabra g/L</b>	<b>Vaca g/L</b>
	<b>28 – 32</b>	<b>32 – 34</b>
<b>Caseínas</b>	22 – 28	26 – 37
<b><math>\alpha</math>S<sub>1</sub> - Caseína</b>	10	11 – 15
<b><math>\alpha</math>S<sub>2</sub> - Caseína</b>	3	3 – 4
<b><math>\beta</math> – Caseína</b>	11	9 – 11
<b>K - Caseína</b>	4	2 – 4
<b>Proteínas do Soro</b>	5,5 – 6,5	5,8 – 6,5
<b><math>\alpha</math> - Lactoalbumina</b>	1,2	0,6 – 1,5
<b><math>\beta</math> – Lactoglobulina</b>	3,1	3 – 4
<b>Imunoglobulina</b>	1,0	1,0

**FONTE:** Adaptado de GREPPI et al., (2008).

Semelhante ao teor de gordura, que é o componente mais variável do leite, as proteínas do leite de cabra também variam de acordo com as raças existentes e exercem influência sobre a digestibilidade do mesmo. Os baixos níveis de  $\alpha$ <sub>s1</sub>-caseína (Tabela 1) quando comparado ao leite bovino, favorecem a formação de coágulos finos e suaves, sendo atacados mais facilmente e rapidamente no estômago por enzimas proteolíticas, facilitando o processo digestivo e reduzindo problemas relacionados à alergia (GÓMEZ-RUIZ et al., 2004).

A boa digestibilidade atribuída ao leite de cabra justifica sua frequente utilização na alimentação de idosos, indivíduos com problemas gástricos ou mesmo de crianças que apresentam alergia ao leite de vaca (CAMPOS, 2011). Sendo assim, o desenvolvimento de produtos a base de leite caprino que possam ser inseridos na alimentação desse público e minimizar tais problemas torna-se necessário.

Produtos de leite de cabra tornaram-se significativamente importante em algumas partes do mundo. Apesar de seus desafios tecnológicos e de mercado, impulsionados pelas necessidades médicas muitas pesquisas têm demonstrado a possibilidade da utilização desse leite para o desenvolvimento de diversos alimentos, tais como queijos (RIBEIRO e RIBEIRO, 2010; QUEIROGA et al., 2013;), iogurtes e bebidas lácteas (MUNDIM, 2008; GOMES et al., 2013; ), sorvetes (SILVA et al., 2014) e chocolates (RAMLI, et al. 2006).

### 2.3. Chocolate

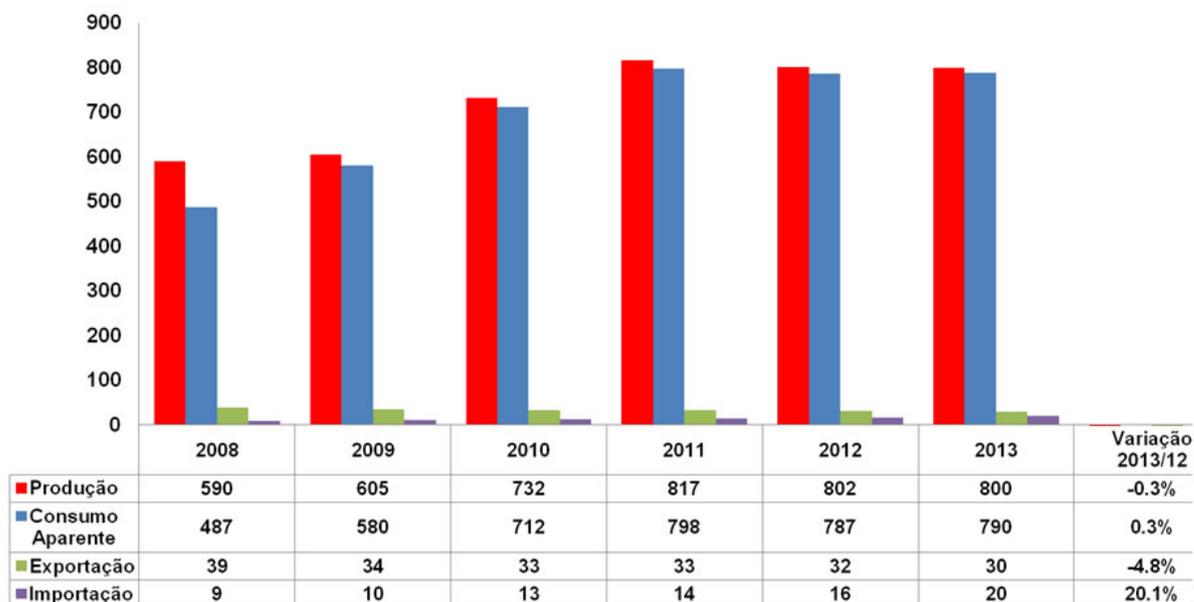
Chocolate é definido como o produto obtido a partir da mistura de derivados de cacau (*Theobroma cacao L.*), massa (ou pasta ou líquido) de cacau, cacau em pó e/ou manteiga de cacau, com outros ingredientes, contendo no mínimo 25% (g/100g) de sólidos totais de cacau. O produto pode apresentar recheio, cobertura, formato e consistência variados (BRASIL, 2005).

Denominado como alimento dos deuses, o chocolate possui uma longa trajetória entre os povos do mundo. Originou-se com os Maias, povo que habitou a América Central e até meados do século XIX era consumido exclusivamente na forma de uma bebida fria, espumante e com gosto amargo, conhecida como *tchocolath*. Apesar do valor comercial do cacau ter sido reconhecido no século XVI, os tabletes de chocolates como são conhecidos atualmente, só passaram a ser comercializados em 1861, na Suíça (MELLO, 2005; ABICAB, 2014).

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados (ABICAB, 2014), a produção de chocolates no Brasil apresentou um aumento significativo ao longo dos anos de 2008 a 2011. No ano de 2013 o Brasil produziu cerca de 800 mil toneladas de chocolate (Figura 1), ocupando o terceiro lugar no cenário mundial, ficando atrás dos Estados Unidos e Alemanha. A variação do consumo aparente (soma da produção com a importação menos a exportação) no período 2013/2012 foi de 0,3%.

**Figura 1:** Representação da produção, consumo aparente, exportação e importação de chocolate durante o período de 2008 a 2013.

**2008-2013 CHOCOLATE - PRODUÇÃO, CONSUMO APARENTE, EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO (INCLUINDO ACHOCOLATADOS EM PÓ)  
EM VOLUME (MIL TONS)**



FONTE: ABICAB, 2014.

Considerado como boa fonte de carboidratos, lipídeos, minerais essenciais e vitaminas, por conta dos ingredientes básicos para sua produção (cacau, manteiga de cacau, leite e açúcar), o chocolate é apreciado e consumido em várias partes do mundo por pessoas de todas as idades e todos os segmentos sociais (IEGGLI et al., 2011).

A composição do chocolate varia devido às diferenças culturais de cada localidade onde é produzido e de acordo com a legislação específica, a qual é responsável pelas concentrações de cacau e sólidos do leite de cada formulação (RICHTER e LANNES, 2007). A quantidade de cada ingrediente depende do tipo de chocolate a ser produzido, sendo os principais produtos comercializados: chocolate ao leite, chocolate meio amargo, chocolate amargo e chocolate branco (LEITE, 2012).

Schumacher (2008) destaca que o consumo de chocolate está em crescimento ao longo dos anos, estimulado não só pelas características sensoriais, mas também pela presença de antioxidantes naturais que podem auxiliar na prevenção de doenças cardiovasculares. Em contraste, esse alimento possui altos percentuais de carboidratos e gordura e baixo conteúdo de proteínas. Neste contexto, a autora desenvolveu formulações de chocolate meio amargo (40% de cacau) com diferentes teores de quinoa (12%, 16% e 20%), a fim de aumentar o

valor proteico deste produto. As amostras foram analisadas sensorialmente obtendo-se, em todas índice de aceitabilidade acima de 70% e a combinação destes ingredientes foi aprovada por 92% dos degustadores.

Ramli et al. (2006) caracterizaram chocolates com leite de cabra por meio de análises físico-químicas e avaliação sensorial. Os autores desenvolveram nove formulações de tal produto, apresentando como justificativa o elevado valor nutricional do leite caprino. Ainda segundo os autores, o leite de cabra é um excelente substituto ao leite de vaca, e surge como novidade para a indústria de chocolates. Os resultados desta pesquisa revelaram que a utilização do leite de cabra aumentou a dureza das amostras de chocolates quando comparadas a amostras comerciais (chocolates ao leite de vaca). Já para os resultados sensoriais todas as amostras elaboradas apresentaram boa aceitação pelos julgadores.

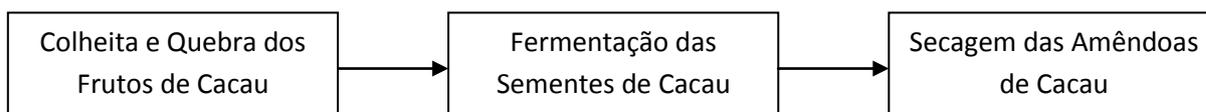
O sabor peculiar do chocolate agregado aos benefícios à saúde e sensações de prazer quando consumidos, são resultados de inúmeros compostos cuja formação depende das características genéticas do cacau, do ambiente em que foi cultivado e das etapas do seu beneficiamento, que se iniciam na propriedade agrícola, com a colheita, fermentação e secagem das amêndoas e continuam nas indústrias processadoras de amêndoas de cacau e chocolate (SAMPAIO, 2011).

As etapas de fermentação e secagem das sementes de cacau, torração das amêndoas e conchagem do chocolate são de grande importância no processamento, pois possuem influência direta na formação do sabor característico do produto final (EFRAIM et al., 2010).

### 2.3.1. Processamento de chocolate

O processo de transformar cacau em chocolate inicia-se com o beneficiamento do cacau (Figura 2), tendo como objetivo fundamental oferecer ao mercado consumidor, amêndoas de cacau de boa qualidade, que apresentem teor de umidade máximo de 8% e estejam livres de agentes contaminantes físicos, biológicos e químicos, e ainda que tenham boa apresentação externa e aroma natural (MARTINS et al., 2012; FERREIRA et al., 2013).

**Figura 2:** Fluxograma do processo de obtenção das amêndoas de cacau



**Fonte:** Adaptado de SAMPAIO, 2011 e LEITE, 2012.

A colheita é o primeiro e um dos mais importantes passos do beneficiamento do cacau, isso porque quando bem realizada, juntamente com a quebra, pode favorecer o processo de fermentação das sementes. Nesta etapa, o essencial é colher apenas frutos maduros, pois apenas estes possuem açúcar e outros substratos em quantidades adequadas para uma boa fermentação (FERREIRA et al., 2013). Após a colheita, os frutos são quebrados e deles retiradas as sementes com a polpa aderida, que serão submetidas à fermentação (MARTINS et al., 2012).

O termo “fermentação do cacau” pode ser definido como um processo bioquímico. Caracteriza-se como uma etapa de grande importância no beneficiamento do cacau, em iniciam-se inúmeras reações físico-químicas e bioquímicas responsáveis pelo desenvolvimento de compostos precursores do sabor e aroma do chocolate, que são intensificados posteriormente na etapa de secagem e torração das amêndoas, essa fase do beneficiamento do cacau é também marcada pela perda do poder germinativo das sementes e a transformação em amêndoas (SAMPAIO, 2011; FERREIRA et al., 2013). O tempo requerido para a fermentação das sementes é variável, dependendo do material genético, da época do ano e da metodologia empregada, podendo variar de 3 a 7 dias (EFRAIM, 2010).

Após a etapa de fermentação, as amêndoas devem ser levadas para secagem, em que o objetivo principal é interromper a fermentação e reduzir a umidade das amêndoas de 40%-50% (início do processo) para cerca de 7% - 8%, tornando-as mais estáveis para um armazenamento seguro (EFRAIM et al., 2011). Além da redução de umidade, a secagem também é importante por proporcionar a continuidade das reações químicas iniciadas na fermentação, tais como: menor adstringência, redução da acidez e liberação dos componentes responsável pelo aroma e sabor característico do chocolate (MARTINS et al., 2012). As técnicas mais utilizadas para a secagem das amêndoas de cacau são a secagem natural por meio da ação direta dos raios solares e a secagem artificial com utilização de secadores. (MARTINS et al., 2012; FERREIRA et al., 2013).

Quando encerrado o processo de secagem, o cacau devidamente seco deve ser levado para um local de armazenamento apropriado para assim ser enviados às indústrias de chocolates.

De acordo com Afoakwa (2007), os processos de fabricação de chocolates são diferentes devido às variações de preferência dos consumidores de cada país e as práticas das empresas. Porém, geralmente compartilham características comuns, tais como: mistura dos ingredientes, refino, conchagem e temperagem (Figura 3).

A indústria recebe as amêndoas fermentadas e secas para iniciarem o processo de torração. Para isso as amêndoas são submetidas à etapa de limpeza para remoção de sujidades como pedras, madeiras, metais ou outros materiais de natureza estranha (SAMPAIO, 2011).

A operação de torração é essencial para obtenção das características de qualidade no processamento. Durante o processo várias mudanças físicas e químicas continuam a ocorrer nas amêndoas de cacau, tais como: redução da umidade e dos ácidos voláteis indesejáveis, como ácido acético, e realce do sabor, contribuindo ainda para a retirada da casca. Segundo Efraim (2011) as condições de torração dependem de vários fatores, como: a origem e o tipo de amêndoa, o período de colheita, os tratamentos anteriores à torração, além da umidade e do tamanho das amêndoas ou nibs. O cacau chega aos torradores com cerca de 7% - 8% de umidade e sai com 1,5% - 2%. A temperatura da torra pode variar entre 70 °C – 175 °C e o tempo de 15 minutos a 2 horas.

A coloração que a amêndoa ou nibs de cacau apresentam após a etapa de torra é reflexo da reação de Maillard que ocorre, sendo caracterizada como a principal responsável pela formação do sabor desejável do cacau. Alguns compostos voláteis dos grupos pirazinas, carbonilas, hidrocarbonetos, cetonas, furanos, fenóis e outros compostos heterocíclicos também são produzidos nessa fase do processamento, por interações com diferentes compostos oxigenados formados (SAMPAIO, 2011).

Logo após a torração, as amêndoas são colocadas em descascadores mecânicos, e, com isso, o produto resultante desse processo é chamado de nibs, que se refere ao cacau limpo, torrado, quebrado e descascado. Em seguida seguem para a moagem e o refino, onde o líquido é obtido. O líquido é então prensado para obtenção da manteiga de cacau natural, que é filtrada e, às vezes, desodorizada. O restante da torta de cacau é utilizada para o processamento de achocolatados, cappuccinos e chocolates (LANNES, 1997; SAMPAIO, 2011).

Para produção de chocolate são misturados o líquido ou massa do cacau, manteiga de cacau, açúcar (geralmente sacarose), leite em pó (dependendo do tipo de chocolate a ser elaborado) e lecitina (emulsificante), com variação de suas respectivas quantidades a depender da formulação do produto (LANNES, 1997). De acordo com Cohen et al. (2004) a mistura é uma etapa fundamental e tem como função homogeneizar os ingredientes nas proporções adequadas de cada formulação, até a obtenção de uma massa uniforme. O tempo para mistura completa dos ingredientes varia entre 12 a 15 minutos em temperaturas de 40 °C – 50 °C (AFOAKWA, 2010).

O refino é a etapa onde se promove a diminuição na granulometria da massa, reduzindo as partículas dos ingredientes, tornando-os não perceptíveis na boca durante a degustação do chocolate (SAMPAIO, 2011). Afoakwa et al. (2008a) consideraram que chocolates com partículas finas apresentam granulometria de 18µm a 25µm, já chocolates com partículas mais grossas possuem granulometria na faixa de 35µm - 50µm. Cohen et al. (2004) afirmaram que o refino deve ser realizado de modo que 90% das partículas atinjam dimensões de granulometria em torno de 20µm.

Posterior ao refino, o produto segue para a operação de conchagem, que consiste na mistura intensa dos ingredientes em equipamentos denominados conchas. Nessa etapa a massa refinada é submetida por várias horas a agitação e cisalhamento, sob temperaturas controladas, na faixa de 50 °C a 70 °C, podendo levar de 8 h a 96 h (ALAMPRESE et al., 2007; AFOAKWA et al., 2010).

A conchagem tem como função remover a umidade e voláteis indesejáveis como o ácido acético, reduzindo o amargor, e desenvolver ao longo do processo a uniformização da cor, sabor e aroma característico do chocolate por meio de reações como a de Maillard (COHEN et al., 2004; ALAMPRESE et al., 2007; AFOAKWA et al., 2008a).

A lecitina exerce função importante na fabricação de chocolates. É um ingrediente adicionado nos momentos finais da etapa de conchagem, pois reduz o *fat bloom* (migração de gordura para a superfície do chocolate), bem como a viscosidade da massa, atuando na interface entre os sólidos e a gordura, reduzindo a tensão interfacial, a fim de melhorar a dispersão dos sólidos na fase gordurosa, alcançando propriedades reológicas importantes para produção e aceitação do produto final (RICHTER e LANNES, 2007; CUNHA et al., 2010).

A operação seguinte a conchagem é denominada de temperagem, uma etapa muito importante no processamento de chocolates. Segundo Afoakwa et al. (2008a), a temperagem é uma técnica de pré-cristalização controlada, empregada para produzir cristais na forma mais estável da manteiga de cacau.

A manteiga de cacau é composta por aproximadamente 98% de triacilgliceróis, caracteriza-se como uma gordura sólida a temperatura ambiente, apresentando perfil de derretimento entre 35 °C – 40 °C. É um dos ingredientes mais importantes no chocolate, sendo responsável por diversas características de qualidade como dureza e quebra à temperatura ambiente (*snap*), fusão rápida e completa na boca, brilho e rápido desprendimento de sabor e aroma. Juntamente com a gordura do leite e outras gorduras alternativas, representam a fase

contínua no chocolate e são responsáveis pela dispersão dos demais constituintes (LANNES et al., 2003; COHEN et al., 2004; QUAST et al., 2011).

Os triacilgliceróis apresentam um fenômeno conhecido como polimorfismo, que pode ser descrito como a existência de duas ou mais formas cristalinas em uma mesma substância. Os estados polimórficos dos triacilgliceróis apresentam propriedades físicas distintas que estão relacionadas com diferentes arranjos de empacotamento das cadeias carbônicas presentes em sua molécula durante a cristalização (LUCCAS e KIECKBUSCH, 2006; CUNHA et al., 2010). O empacotamento dos triacilgliceróis pode ocorrer em três principais formas cristalinas,  $\alpha$ ,  $\beta'$  e  $\beta$ . A forma  $\alpha$  é a menos estável e de menor ponto de fusão, sendo formada durante o resfriamento rápido e transformando-se na forma  $\beta'$ . A forma  $\beta$  é a mais estável e de maior ponto de fusão e é a mais desejável devido as suas características de qualidade (LUCCAS e KIECKBUSCH, 2006).

O polimorfismo da manteiga de cacau é um tema bastante estudado, uma vez que exerce grande influência nas propriedades físicas e sensoriais de chocolates. Seis formas polimórficas já foram observadas na manteiga de cacau, sendo classificadas de I a VI. A forma I (forma  $\alpha$ ) é a mais instável, já a forma V (forma  $\beta$ ) a mais estável durante todo o processo de pré-cristalização do chocolate, sendo produzida em um chocolate bem temperado (COHEN et al., 2004; LUCCAS e KIECKBUSCH, 2006; SAMPAIO, 2011).

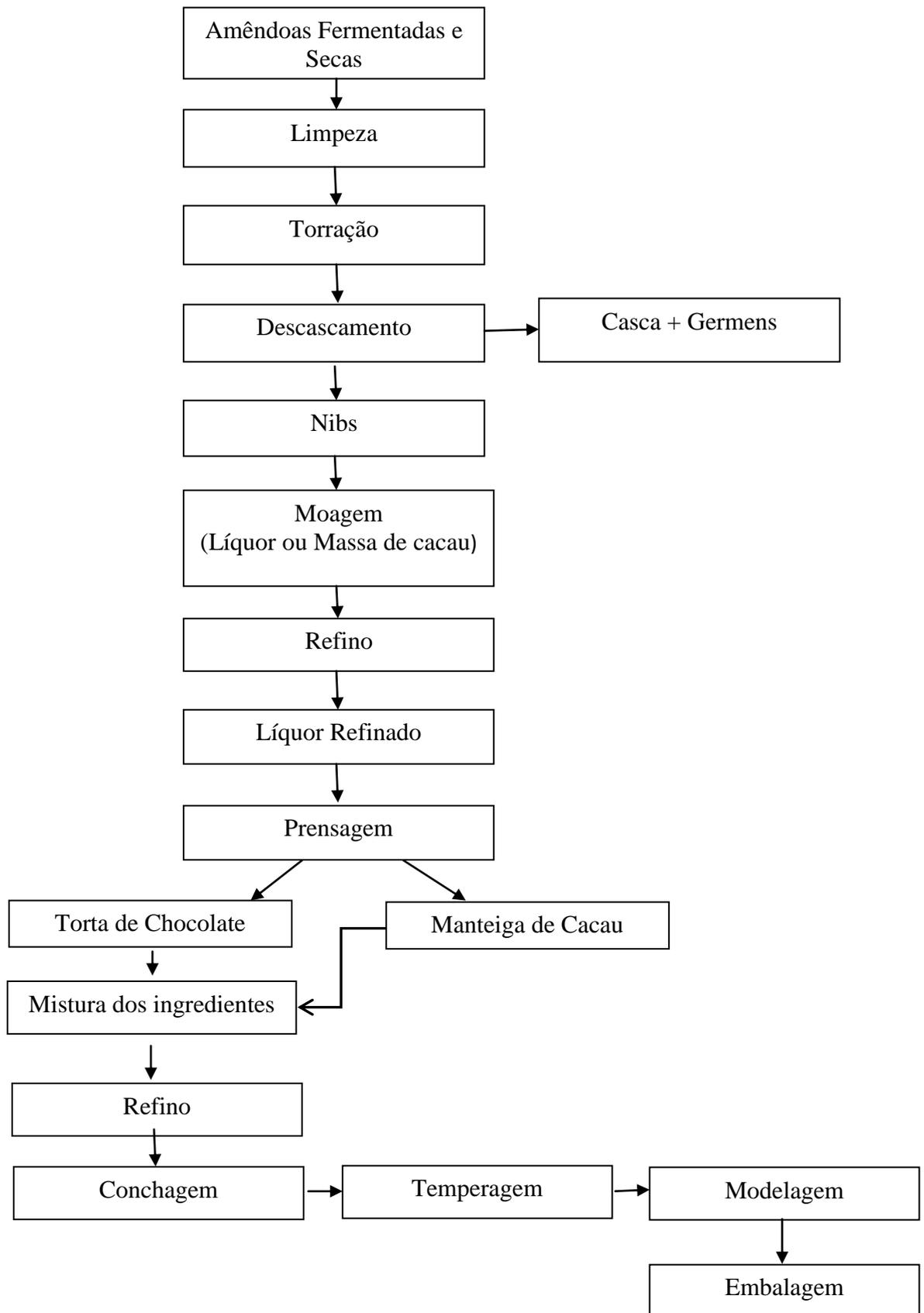
Devido às características de polimorfismo apresentadas pelos triacilgliceróis presentes na manteiga de cacau, o chocolate precisa passar pela operação de pré-cristalização ou temperagem antes da etapa de moldagem (LEITE, 2012). A temperagem, que consiste em um sistema de controle de temperatura da massa de chocolate de forma que esta receba um choque térmico uniforme, tem como objetivos permitir rápida solidificação do chocolate no molde, induzir a um empacotamento adequado dos triglicerídeos e, conseqüentemente, maior contração de volume, facilitando a desmoldagem, evitar a formação do fat bloom no resfriamento e no armazenamento e garantir a obtenção de um produto final com boas características de brilho, textura (snap) e fusão (COHEN, 2004).

De acordo com Svanberg et al. (2011), o *fat bloom* é caracterizado por uma aparência esbranquiçada na superfície de chocolates. Embora o mecanismo exato de formação seja bastante discutido, acredita-se que esse defeito físico esteja relacionado com as formas cristalinas da manteiga de cacau. Cohen et al. (2004) descreveram que o *fat bloom* é considerado como a migração da fração líquida da gordura dentro da matriz do chocolate e

sua gradual recristalização não controlada na superfície, caracterizada pela transição polimórfica de uma fase menos estável para outra mais estável.

Para finalizar o processamento de chocolate, após a etapa de temperagem os chocolates passam por uma mesa vibratória para evitar a formação de bolhas de ar em sua superfície, e logo após seguem para o resfriamento sob temperatura de refrigeração e embalagem.

**Figura 3:** Fluxograma do processamento de chocolate.



**Fonte:** Adaptado de SAMPAIO, 2011 e LEITE, 2012.

#### **2.4. Caracterização físico-química e composição química**

A investigação da composição química, das propriedades físico-químicas, de textura e de cor, é fundamental para avaliar o comportamento do produto durante o seu processamento, armazenamento e acondicionamento (AFOAKWA, 2009).

O chocolate possui características físico-químicas e composição química diferenciadas, dependendo da formulação. Consiste basicamente de proteínas, carboidratos e gorduras, com médias de 8%, 60% e 30%, respectivamente. Mesmo em menores quantidades, é um alimento que também fornece minerais (magnésio, ferro, cobre, potássio e manganês) e vitaminas (A, B1, B2, B3 e E) (SUZUKI, 2009; IEGGLI et al., 2011).

A textura é um importante atributo de qualidade em chocolates, pode ser definida como a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e superficiais dos alimentos, detectadas pelos sentidos da visão, audição, tato e sinestesia (SZCZESNIAK, 2002). Juntamente com o sabor e aroma constituem os três principais fatores usados pelos consumidores para avaliar a qualidade do produto (AFOAKWA, 2009).

As propriedades de textura podem ser medidas por métodos sensoriais com provadores treinados/não treinados ou por métodos instrumentais. Os fatores tempo e alto custo, associados à análise sensorial motivaram o desenvolvimento e utilização dos ensaios mecânicos, que apresentam respostas válidas, em que é possível obter informações valiosas de parâmetros importantes como firmeza, elasticidade, coesividade dentre outros, e, ainda podem ser correlacionadas com os dados da avaliação sensorial (CHEN, 2013).

Quanto ao chocolate, a textura pode ser descrita como a combinação da estrutura física do material e suas propriedades mecânicas e de superfície. O chocolate tem um paladar único, porque a manteiga de cacau apresenta ponto de fusão próximo à temperatura corporal. O tamanho da partícula de chocolate também é extremamente importante para a sensação do chocolate na boca (ANDRAE-NIGHTINGALE, LEE, ENGESETH, 2009). Para Rosseau (2006) e Sampaio (2011) os fatores que afetam a textura do chocolate são a composição e o tipo de gordura, a etapa de pré-cristalização ou temperagem, o tamanho das partículas e a eficiência da etapa de conchagem.

Outro atributo fundamental para aceitação de um produto pelo consumidor é a cor, por isso sua análise torna-se importante dentro da indústria de alimentos. Em chocolates, a cor é uma das principais características para definição da qualidade do produto final, é influenciada pelas proporções de matérias-primas, como porcentagem da massa de cacau, e tem se mostrado decisiva na aceitação ou rejeição pelos consumidores (PADILHA, 2010).

Andrae-Nightingale, Lee, Engeseth (2009) analisaram a textura e a cor de chocolates amargos e chocolates ao leite submetidos a diferentes condições de armazenamento. As amostras de chocolates estudadas foram armazenadas durante cinco semanas a diferentes temperaturas e umidade relativa, seguida de análise de textura instrumental, sensorial e cor. Concluíram que dos atributos estudados, a dureza, coesividade e mastigabilidade foram significativamente influenciados pelos tratamentos.

Carneiro et al. (2011) avaliaram através de métodos sensoriais e instrumentais, parâmetros de textura em barras de chocolate ao leite de três marcas comerciais, e observaram que tanto na textura instrumental quanto na sensorial os parâmetros analisados foram afetados pelo teor de gordura presente na formulação (informado pelo fabricante). Os autores destacaram que o estudo instrumental da textura de chocolates é o principal método para avaliação do processo de fabricação e das matérias primas utilizadas, levando em consideração a porcentagem de manteiga de cacau e de gorduras utilizadas em cada formulação.

## **2.5. Reologia**

Reologia é o ramo da física que estuda a deformação e o escoamento de materiais sólidos e fluidos, em resposta à ação de uma força aplicada. A deformação diz respeito aos materiais sólidos como biscoitos e queijos, e o escoamento se refere aos materiais líquidos como é o caso do requeijão cremoso e da massa de chocolate fluida (ANJO, 2000; GONÇALVES e LANNES, 2010).

A classificação dos fluidos, que leva em consideração o comportamento da relação taxa de deformação/tensão de cisalhamento, pode ser inicialmente dividida em fluidos Newtonianos, quando a viscosidade do sistema não depende da taxa de deformação aplicada e não-Newtonianos, cuja viscosidade depende da taxa de deformação e que pode ainda depender ou não do tempo de cisalhamento (TADROS, 2010). Os fluidos não-Newtonianos são ainda subdivididos em dependentes do tempo: tixotrópicos e reopéticos; e independentes do tempo: pseudoplásticos ou *shear thinning*, dilatantes ou *shear thickening* e plásticos de Bingham (MCCLEMENTS, 2010; TADROS, 2010).

Os comportamentos mais comuns de fluidos não-Newtonianos independentes do tempo são do tipo pseudoplástico, quando a viscosidade do material diminui com o aumento da taxa de deformação. É típico da maioria das soluções concentradas de polissacarídeos, sucos de frutas concentrados, molhos para saldas e emulsões (RAO, 2007).

Os modelos frequentemente utilizados para descrever o comportamento não-Newtoniano são: Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Bingham e Casson (Tabela 2).

**Tabela 2:** Equações para alguns modelos reológicos.

Modelo	Equação
Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)	$\tau = k. (\dot{\gamma})^n$
Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + k. (\dot{\gamma})^n$
Bingham	$\tau = \tau_0 + k. (\dot{\gamma})$
Casson	$\tau = \tau_0^{0,5} + k. (\dot{\gamma})^{0,5}$

$\tau_0$  – tensão inicial; k – índice de consistência; e n – índice de comportamento ao escoamento.

Fonte: Adaptado de TADROS, 2010.

Assim como outros produtos na indústria de alimentos, o chocolate fundido apresenta-se como uma mistura complexa de sólidos com comportamento de fluido e, para entender estas características, é fundamental o estudo das suas propriedades reológicas (AFOAKWA et al., 2007; SCHUMACHER et al., 2009). Uma das propriedades reológicas mais importantes no processamento de chocolates é a viscosidade, pois basicamente descreve o aspecto de qualidade do produto final, sendo afetada por muitos fatores, tais como: granulometria da massa, umidade, temperatura, tempo de conchagem e percentuais do emulsificante e da manteiga de cacau (AFOAKWA, 2008; SCHUMACHER et al., 2009).

A viscosidade é definida como a propriedade física de um líquido resistir ao fluxo induzido pela tensão aplicada (cisalhamento) (VRIESMANN, 2008). O corpo viscoso mais simples é o fluido newtoniano, no qual a viscosidade é constante. Já nos fluidos não-newtonianos a viscosidade pode variar com a mudança da taxa de cisalhamento ou tensão de cisalhamento para as diversas formas de fluidos (CASTRO, 2007).

De acordo com Pajin et al. (2013), a massa de chocolate fluida pode ser considerada uma suspensão de partículas sólidas dispersas em uma matriz contínua de gorduras, exercendo grande influencia na caracterização reológica do produto. Reologicamente, a massa de chocolate fluida apresenta um comportamento não-newtoniano, que convencionalmente se caracteriza por um grau de tensão e a viscosidade plástica, isto é uma determinada quantidade

de tensão deve ser aplicada ao material para que este comece a fluir (SERVAIS et al., 2003; GRAEF et al., 2011).

O chocolate possui, ainda, um comportamento tixotrópico, caracterizado pela diminuição da viscosidade pelo tempo de cisalhamento (SCHUMACHER et al., 2009). A caracterização das propriedades tixotrópicas dos alimentos é importante para estabelecer a relação entre a estrutura e o escoamento, sendo importante para o processamento e qualidade final do produto (PETRI, 2000; DEVAR e JOICE, 2006).

Fernandes et al. (2013) estudaram o efeito de diferentes composições de cacau e demais ingredientes nas características térmicas, estruturais e reológicas de chocolates. As medidas reológicas foram realizadas através de testes contínuos e oscilatórios e os resultados de ambos os testes, contínuos e oscilatórios, mostraram que a composição das amostras em termos de gordura e sólidos de cacau afetou seu comportamento reológico, sugerindo que as formulações que continham maior conteúdo de gordura e menores quantidades de sólidos de cacau e açúcar mostraram decréscimo na viscosidade por apresentarem maior mobilidade molecular.

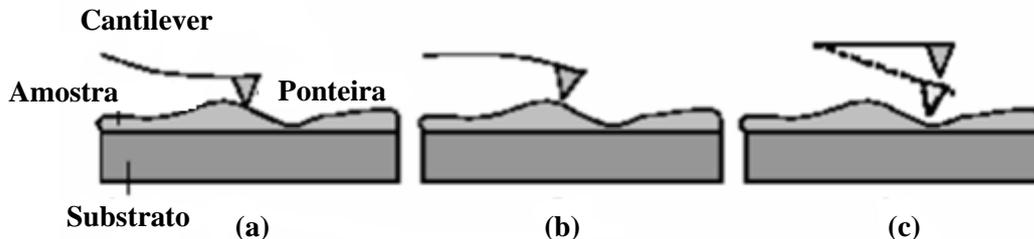
Pajim et al. (2013) elaboraram formulações de chocolate ao leite e de chocolate com leite de soja, com objetivo de definir as condições ideais de cristalização do chocolate e verificar os possíveis benefícios do leite de soja no produto final. Os autores estudaram as propriedades reológicas, avaliando os parâmetros: viscosidade, tensão inicial e comportamento tixotrópico. Com base nestes parâmetros estudados concluíram que 90 minutos à temperatura de cristalização de 30 °C foi considerado um tempo de refinação ideal, pois resultou em massas de chocolates com estrutura mais organizada, justificada pela produção do polimorfo  $\beta$  da manteiga de cacau, tanto para os chocolates ao leite quanto para os chocolates de leite de soja.

## **2.6. Microscopia de força atômica**

A microscopia de força atômica (MFA) é uma técnica inovadora de microscopia eletrônica que permite identificar a natureza, estruturas, arranjos e o comportamento dos alimentos submetidos a diferentes condições de processo. Seu funcionamento baseia-se na varredura da superfície da amostra por uma ponta piramidal ou ponteira de alguns micrômetros de comprimento entre 100  $\mu\text{m}$  e 200  $\mu\text{m}$ , integrada em um cantilever flexível, gerando imagens topográficas da superfície bidimensionais e tridimensionais (FILHO, 2001; FERREIRA, 2006).

A técnica de MFA (Figura 4) pode ser operada em três modos de contato diferentes: modo contato, modo não-contato e contato intermitente.

**Figura 4:** Representação esquemática dos modos de operação em MFA: a) modo contato, b) modo não-contato e c) modo contato intermitente.



FONTE: FERREIRA (2006)

A MFA apresenta algumas vantagens quando comparadas a outras técnicas de caracterização estrutural, tais como: estudo não apenas de materiais condutores, mas também todo tipo de material isolante, já que o método não utiliza corrente de tunelamento para produção de imagens, observação das amostras em três dimensões, mínimo de preparação prévia das amostras, condições de preparo simplificadas, tornando-se desnecessário a aplicação de vácuo e a metalização da amostra com ouro (ALMEIDA, 2007; MUCCILLO, 2009). Em chocolates a microscopia de força atômica geralmente é utilizada para caracterização estrutural e acompanhamento da evolução dos cristais de gordura durante as diferentes etapas do processamento.

Rousseau (2006) utilizou a microscopia de força atômica para estudar a estrutura da superfície de marcas comerciais de chocolates ao leite e verificou que um grande número de poros microscópicos existe na superfície desses chocolates. A morfologia desses poros é altamente variável e apresenta formas irregulares. Já Sonwai e Rousseau (2010) utilizaram microscopia de força atômica, para controlar a formação de *fat bloom* em chocolate. Para realização do estudo, foram elaboradas quatro formulações de chocolate ao leite em que a manteiga de cacau foi parcialmente substituída pela gordura do leite. Os autores enfatizam que o tipo de gordura influencia a cristalização do chocolate e concluíram que a adição da gordura do leite contribuiu para prevenção do *fat bloom* pois reduziu a incidência de grandes cristais, diminuindo a rugosidade da superfície dos chocolates elaborados.

## 2.7. Análise Sensorial de Chocolates

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993), a análise sensorial é uma ciência que evoca, mede, analisa e interpreta as reações humanas frente às características dos alimentos e materiais.

É um campo muito importante na indústria de alimentos, pois contribui direta ou indiretamente para inúmeras atividades como, por exemplo, desenvolvimento de novos produtos, reformulação de produtos já estabelecidos no mercado, estudo de vida de prateleira (shelf life), determinação das diferenças e similaridades entre produtos concorrentes, controle de qualidade, reformulação e redução de custos, relações entre condições de processo e ingredientes com aspectos analíticos e sensoriais, entre outras (KONKEL et al., 2004).

Embora a aferição da qualidade de chocolate segundo os seus atributos sensoriais seja uma novidade, principalmente quando comparado com vinho e café, nos últimos anos a análise sensorial vem sendo utilizada para determinar as características de chocolates. Marcas comerciais que já estão inseridas no mercado são constantemente avaliadas por técnicas sensoriais, visando obter respostas sobre as preferências, questionamentos e novos gostos dos consumidores, já que os hábitos populacionais se modificam com frequência (COSTA, 2011).

Leite et al. (2013) elaboraram chocolates a partir de cultivares de cacau resistentes ao fungo *Moniliophthora Perniciosa*, causador da vassoura de bruxa, e chocolates de cacau convencional, não resistente à doença. Os autores avaliaram a qualidade sensorial dos chocolates obtidos por meio dos testes de aceitação e do perfil sensorial (ADQ) e observaram que os três chocolates provenientes de cultivares de cacaos resistentes à vassoura de bruxa e de cacau convencional apresentaram diferenças significativas entre si ( $p < 0,05$ ). De acordo com o teste de aceitação, as três amostras analisadas apresentaram boa aceitação em relação à aparência, aroma e sabor de chocolate, textura e qualidade global.

De acordo com a Seventy Percent (2014), a formação de uma equipe especializada em chocolates finos, para realização de avaliação sensorial e degustação de chocolates é uma iniciativa inovadora, pois não é tão popularizada quanto à de queijos, vinhos e café, por exemplo. Atualmente, ainda não existe uma linguagem padrão referente aos sabores do chocolate, portanto tudo se resume à opinião e gosto pessoal. Sendo assim, existem uma série de atributos que podem ser levados em consideração no momento da avaliação sensorial de diferentes tipos de chocolate, destacando-se:

- **Aparência:** Bons chocolates geralmente são mais avermelhados que pretos (um indicativo da utilização das amêndoas da variedade Criollo, uma das melhores do mundo, ao invés das amêndoas do Forasteiro que é mais barato e de qualidade inferior). Possuem bom acabamento, superfície lisa, sem bolhas de ar e quebram na primeira mordida, ou seja, não são muito duros, nem tão quebradiços e macios.

- **Aroma:** O aroma nada mais é do que uma boa indicação de como será a sensação quando colocado na boca. Além do aroma do próprio chocolate, proveniente da massa de cacau, poderão ser percebidas outras notas aromáticas como: alguns frutos, tabaco e até mesmo queijos.

- **Sabor:** É um dos atributos de maior peso na avaliação de chocolates. Na procura do sabor o ideal é deixar o chocolate derreter na boca, porém, ao mastigá-lo, outras percepções de sabores podem ser reveladas. Sabores de chocolate são comumente descritos em termos de frutos silvestres e cítricos, tabaco, café, caramelo, leite, amêndoas, ou seja, a lista é interminável, a depender do tipo e das características do chocolate. Alguns ingredientes podem causar sabores desagradáveis como a baunilha artificial (vanilina), pois é muito doce metálica; amêndoas de cacau mal fermentadas e de baixa qualidade, ocasionando sabores bastante amargos, o que é disfarçado pela adição de açúcar em excesso; e processamento inadequado do produto, o que pode levar ao aparecimento de sabor de caramelo com a exposição prolongada ou temperaturas elevadas na etapa de conchagem.

- **Derretimento na boca:** Uma das razões do chocolate ser tão agradável e apreciado em todo o mundo é a sensação de derretimento quando colocado na boca. A manteiga de cacau, ingrediente essencial na elaboração do chocolate, possui a característica de derreter na faixa de 37°C, o que corresponde a temperaturas próximas à do corpo humano. Bons chocolates apresentam derretimento quando colocados na boca, mas não devem apresentar sensações enjoativas e pegajosas.

- **Permanência:** Um bom chocolate é revelado também pelo sabor residual que permanece na boca após o consumo. Chocolates de baixa qualidade oferecem sabores amargos e metálicos desagradáveis na boca. Bons chocolates, quando consumidos, podem manter um agradável sabor na boca por, cerca de, 40 minutos ou mais.

Por meio de algumas técnicas sensoriais existentes é possível desvendar o vasto número de sensações percebidas no consumo de chocolates. Os métodos podem ser realizados por meio de painel de provadores treinados, o que gera resultados confiáveis, com respostas direcionadas no mesmo sentido, buscando levantar, ao máximo, as características relevantes

do chocolate analisado. Porém, outros testes baseados em respostas e opiniões pessoais rápidas, como os testes de ordenação e aceitação, também podem ser utilizados (MELLO, 2005; COSTA 2011).

### **2.7.1. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)**

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) é uma técnica sensorial muito utilizada na área de alimentos, pois permite o levantamento, a descrição e quantificação dos atributos sensoriais detectáveis em um determinado produto, utilizando julgadores treinados, repetibilidade e análise estatística nos resultados (STONE e SIDEL, 2004; RITCHER et al., 2010).

Esta técnica de análise, considerada como um dos métodos mais completos e sofisticados para caracterização sensorial de atributos em alimentos, é apropriada quando a avaliação exige informações detalhadas sobre o perfil sensorial de um determinado produto, pois fornece descrições qualitativas e quantitativas baseadas nas percepções de indivíduos qualificados. A análise sensorial descritiva permite a comparação com outros produtos semelhantes, correlações com alguns métodos instrumentais, desenvolvimento de novos produtos e também pode ser utilizada no controle de qualidade de produtos industrializados (RICHTER et al., 2010; SILVA et al., 2013).

Os resultados obtidos por meio da ADQ fornecem uma descrição quase que completa das similaridades e diferenças em um grupo de produtos, bem como garante identificar quais são os atributos importantes e que influenciam na aceitação dos consumidores (TEIXEIRA et al., 2009).

Alguns trabalhos têm sido relatados na literatura objetivando realizar ADQ para caracterização sensorial de diferentes formulações de chocolates (MELO, 2005; SAMPAIO, 2011; LEITE, 2012; SILVA et al., 2013), porém, não foram encontrados na literatura trabalhos descrevendo o perfil sensorial de chocolates elaborados com leite de cabra.

No entanto, apesar de todos os benefícios descritos, esta metodologia requer longos tempos de execução para finalização da técnica e obtenção dos resultados, uma vez que exige intenso treinamento dos julgadores. Isso torna-se um fator limitante para sua aplicação prática na indústria (MINIM et al., 2010; SILVA et al., 2013), segundo estes autores, esta principal limitação, muitas vezes, leva a não execução desta valiosa ferramenta de qualidade, ocasionando falta de informações sobre o perfil sensorial de determinado produto.

### **2.7.2. Teste de aceitação**

Teste de aceitação são testes sensoriais caracterizados por respostas positivas e/ou negativas expressas por provadores não treinados ao consumir um determinado alimento. Sua aplicação se dá para melhorar a aceitação do produto que está sendo avaliado, otimizando processamentos e formulações, com a inclusão, exclusão e/ou substituição de ingredientes (IAL, 2008; LEITE, 2012).

Tais testes são importantes para avaliar o quanto os consumidores gostam ou desgostam de determinado produto (CHAVES e SPROESSER, 2005). Para obtenção dos resultados geralmente utilizam-se escalas hedônicas que podem ser balanceadas ou não balanceadas, com maior utilização das escalas balanceadas. Nelas os consumidores expressam a aceitação pelo produto, de acordo com alguns atributos estabelecidos (a exemplo da aparência, aroma, sabor, textura e impressão global) por meio de opiniões que variam entre os termos "gostei extremamente" e "desgostei extremamente", podendo ser montadas em cinco, sete e nove pontos, com predominância da escala de nove pontos, pois descreve de forma simples e completa as percepções dos consumidores (MINIM, 2010).

Para os dados obtidos nos testes de aceitação aplicam-se procedimentos estatísticos, a exemplo da análise de variância (ANOVA), seguido se necessário de um teste de média, que verifica se existe diferença estatística significativa entre as médias em um nível de confiança pré-estabelecido. Ou análise de regressão para verificar o efeito dos tratamentos nas variáveis em estudo. Com isso, pode-se concluir corretamente a respeito dos produtos analisados (MINIM, 2010).

Sampaio (2011) elaborou quatro formulações de chocolate (controle, cajá, graviola e cupuaçu – tratamentos realizados na fermentação variando o tipo de polpa), em que por meio do teste de aceitação sensorial, 125 consumidores de chocolate avaliaram os produtos quanto à impressão global, sendo o chocolate controle o mais aceito pelos consumidores.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Desenvolver e caracterizar chocolates ao leite de cabra com diferentes concentrações de massa de cacau (35%, 45%, 55% e 65%).

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Desenvolver formulações de chocolate ao leite de cabra com diferentes concentrações de massa de cacau (35%, 45%, 55% e 65%);
- Caracterizar os chocolates por meio de análises físicas e químicas;
- Analisar a textura instrumental dos chocolates;
- Realizar o estudo da estrutura dos chocolates por meio de propriedades reológicas, microscopia de força atômica e perfilômetro;
- Analisar o perfil sensorial dos chocolates por meio de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e verificar a aceitação e intenção de compra dos chocolates.

### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **4.1. Local e período do experimento**

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), campus de Itapetinga - BA. A elaboração das três repetições dos chocolates ao leite de cabra foram realizadas entre os meses de junho a novembro de 2014 na Fábrica de Chocolates do Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC) da Comissão Executiva para o Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) em Ilhéus/BA. As análises microbiológicas das formulações foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Centro de Pesquisa do Cacau na Seção de Tecnologia e Engenharia Agrícola – SETEA. A caracterização físico-química e composição química foram realizadas na UESB, nos Laboratórios de Processamento de Leite e Derivados, Engenharia de Processos (LEP), Análise de Alimentos e no Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias (CEDETEC).

As análises de textura instrumental foram conduzidas no Laboratório de Ensaio de Materiais (LabEM). A caracterização reológica e de microestrutura foram realizadas na Universidade Federal de Viçosa (UFV), no Laboratório de Desenvolvimento e Simulação de

Processos (LADESP) e no Laboratório de Nanoscopia do Departamento de Física. Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos da UESB.

#### 4.2. Aquisição da matéria-prima

Os ingredientes para formulação dos chocolates, leite de cabra, açúcar e lecitina foram obtidos diretamente no comércio local do estado da Bahia. O leite de cabra utilizado foi em pó, obedecendo-se às recomendações necessárias para elaboração de chocolate. As amêndoas de cacau e a manteiga de cacau foram fornecidas pelo CEPEC- CEPLAC em Ilhéus - BA.

#### 4.3. Processamento do chocolate

As diferentes formulações de chocolate ao leite de cabra (Tabela 3) foram elaboradas industrialmente na Fábrica de Chocolates do CEPEC-CEPLAC na cidade de Ilhéus - BA. A elaboração destas formulações foi baseada no processo padrão utilizado pelo local onde foram produzidas.

**Tabela 3:** Formulações utilizadas para elaboração dos chocolates ao leite de cabra.

Formulações	Ingredientes				
	Massa de cacau	Leite em pó	Açúcar	Manteiga de cacau	Lecitina
35%	35%	7%	51%	6,6%	0,4%
45%	45%	7%	41%	6,6%	0,4%
55%	55%	7%	31%	6,6%	0,4%
65%	65%	7%	21%	6,6%	0,4%

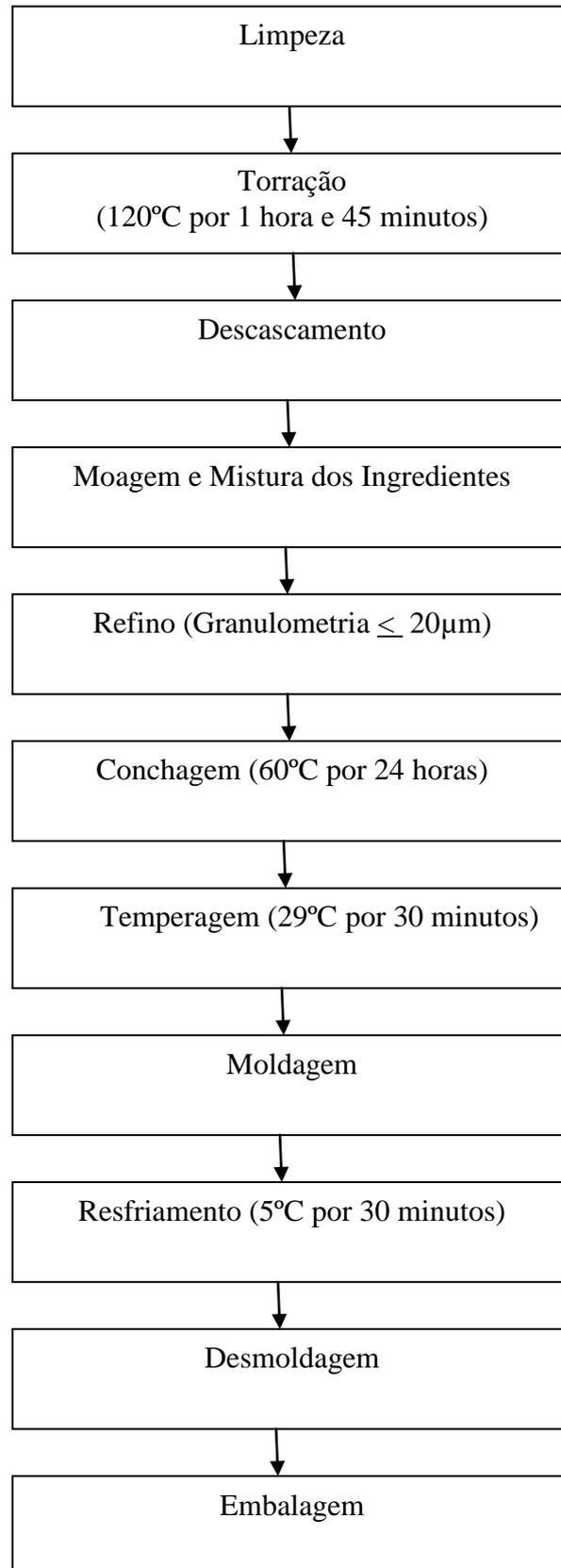
O processamento dos chocolates (Figura 5) foi iniciado com a pesagem de 10kg de amêndoas de cacau previamente selecionadas para retirada de impurezas e sujidades. Em seguida, as amêndoas foram torradas a 120°C em torrador circular da JAF INOX por 1 hora e 45 minutos.

Após a operação de torração, as amêndoas foram descascadas, sendo removidos a casca e o gérmen, originando o denominado nibs de cacau. O nibs foi triturado em um moinho de facas da JAF INOX, para obtenção da pasta de cacau ou líquido, matéria-prima principal para produção de chocolates. Em seguida, a massa de cacau, o açúcar e o leite em pó foram transferidos para um equipamento de multifunções, que exerceu as operações de mistura dos ingredientes, refino e conchagem. A massa foi refinada por aproximadamente 5 horas para obtenção de uma granulometria inferior a 20µm. A operação de conchagem foi realizada por

24 horas à temperatura de 60°C. Nessa etapa do processo adicionou-se as respectivas quantidades de manteiga de cacau e lecitina.

A massa conchada foi conduzida para o processo de temperagem, em temperadeira de três estágios JAF INOX, onde permaneceu por 2 horas em constante agitação. Logo após foi realizado o resfriamento a 29°C, para que a temperagem do chocolate fosse finalizada. Essa massa obtida da têmpera foi transferida para formas de acrílico e colocadas sobre mesa vibratória para evitar formação de bolhas de ar na superfície dos chocolates. Em seguida, colocadas em túnel de resfriamento à temperatura de 5°C por 30 minutos. Após resfriados, os chocolates foram embalados e armazenados sob temperatura de refrigeração.

**Figura 5:** Fluxograma do processamento do chocolate ao leite de cabra



## **4.4. Caracterização dos chocolates**

### **4.4.1. Análises microbiológicas**

Para verificar a eficiência do processamento, as formulações de chocolate foram analisadas microbiologicamente onde foram pesquisados os seguintes microrganismos: coliformes totais e coliformes termotolerantes, por meio da técnica do número mais provável (NMP), em que o teste presuntivo foi realizado em Lauril Sulfato Triptose. A confirmação dos coliformes totais foi feita em caldo Verde Brilhante Bile, com incubação a 35°C por 48 horas. Para coliformes termotolerantes, foi utilizado caldo EC incubado em banho-maria a 44,5°C por 24 horas (FDA, 2005).

Para análise de *Salmonella*, foi realizado pré-enriquecimento do meio de cultura em leite em pó desnatado reconstituído a 10%, suplementado com Verde Brilhante. Para o enriquecimento seletivo, foram empregados os caldos Rappaport-Vassiliadis (RV) e Tetrionato (TT) e para a etapa de plaqueamento os ágar Sulfito de Bismuto (BS), Entérico de Hecktoen (HE) e Xilose Lisina Desoxicolato (XLD). A confirmação bioquímica foi realizada utilizando-se primeiramente Ágar Tríplice Açúcar Ferro inclinado (TSI) e Ágar Lisina Ferro inclinado (LIA). As colônias que apresentaram reações típicas em um ou ambos os testes foram submetidas a confirmação sorológica e provas bioquímicas complementares (Teste de Urease, Vogues-Proskauer, Indol e  $\beta$ -galactosidase). Os resultados foram expressos como presença ou ausência em 25 g de produto (FDA, 2005).

### **4.4.2. Caracterização físico-química e composição química**

A determinação do pH foi realizada por meio de pHmetro modelo QUIMIS, calibrado com soluções tampões pH 4,0 e pH 7,0, utilizando-se 10 g da amostra previamente macerada em 100 mL de água destilada, até obtenção de uma mistura homogênea realizando, em seguida, a leitura direta do pH (IAL, 2008).

A acidez titulável foi determinada por meio do método potenciométrico, utilizando-se 10 g da amostra previamente macerada em 100 mL de água destilada (IAL, 2008).

A atividade de água foi determinada em equipamento AQUALAB 4 TEV, que faz a leitura de forma direta das amostras maceradas, com precisão  $\pm 0,015$  e faixa de detecção de (0,03 a 1,0)  $a_w$ .

O tamanho médio das partículas foi caracterizado por meio da utilização de um micrômetro digital MITUTOYO, com escala de 0 $\mu$ m a 25 $\mu$ m (LUCCAS, 2001). Uma

pequena parte da amostra de chocolate foi fundida em placa de metal e misturada a um óleo mineral antes de ser transferida, com uma pequena espátula, para leitura direta no equipamento.

A cor das amostras de chocolate foi determinada em triplicata no sistema  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , em colorímetro modelo Colorquest XE (HunterLab), iluminante  $D_{65}$  e observador  $10^\circ$ , conectado a um computador provido de sistemas software universal, previamente calibrado em uma superfície branca e preta. Nesse sistema de cores,  $L^*$  representa a luminosidade ( $L^*=0$  – preto e  $L^*=100$  – branco) e  $a^*$  e  $b^*$  são as coordenadas de cor responsáveis pela cromaticidade: ( $+a^*$  = vermelho e  $-a^*$  = verde,  $+b^*$  = amarelo e  $-b^*$  = azul). Foram realizadas três leituras em pontos distintos das amostras de chocolate (CIE, 1996).

A composição química (Umidade, Cinzas, Lipídeos e Proteínas) das quatro formulações de chocolate foi realizada em triplicata, segundo metodologia descrita por IAL (2008).

#### **4.5. Textura Instrumental**

As análises de textura instrumental foram conduzidas em um Analisador de Textura modelo TA.HD plus (Stable Micro Systems, UK). O ensaio mecânico realizado foi um corte utilizando a probe (Extended Craft Knife A/ECB), taxa de deformação de 2 mm/s, distância de compressão de 5 mm e gatilho de 0,09 N. A coleta de dados foi realizada por meio do programa computacional Texture Expert for Windows 1.20 (Stable Micro Systems, UK). Os parâmetros avaliados foram dureza e trabalho de cisalhamento.

Para obtenção de uma boa estimativa da avaliação dos ensaios foram realizadas 8 medições para cada repetição (BOURNE, 2002).

#### **4.6. Caracterização Reológica**

Para determinação das características reológicas das formulações de chocolates estudadas, foi utilizado um reômetro oscilatório HAAKE MARS (Modular Advanced Reometer System, Thermo Electron Corp., Alemanha), equipado com um banho termostático (Phoenix II, Thermo Scientific), para controle da temperatura.

As amostras foram acondicionadas em béquer e fundidas em banho-maria a  $40^\circ\text{C}$ , sendo posteriormente transferidas para o sensor.

#### 4.6.1. Ensaio Estacionários

Para as curvas de escoamento, os chocolates devidamente fundidos foram submetidos à uma variação de taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ) de  $0,1s^{-1}$  a  $60s^{-1}$  (curva ascendente) durante 240s, mantendo a velocidade máxima em  $60s^{-1}$  por 60s, e de  $60s^{-1}$  à  $0,1s^{-1}$  durante 240s (curva descendente). As medidas foram realizadas em sensor cilíndrico concêntrico (Z20 DIN, 20 mm de diâmetro) à temperatura de  $(40 \pm 0,1)^{\circ}C$ , em duplicata (IOCCC, 2000). As leituras foram feitas em duas repetições. Os resultados obtidos foram as curvas de escoamento (gráfico de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação) e cálculo da área de histerese, para obtenção do índice de tixotropia das formulações estudadas.

O modelo de Herschel-Bulkley (Equação 1) foi ajustado aos dados experimentais da última curva.

$$\tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma})^n \quad (1)$$

Em que:  $\tau$  é a tensão de cisalhamento (Pa);  $\tau_0$  é a tensão de cisalhamento inicial;  $\dot{\gamma}$  é taxa de deformação ( $1/s$ );  $k$  é o índice de consistência ( $Pa.s^n$ );  $n$  é o índice de comportamento ao escoamento (adimensional).

#### 4.6.2. Ensaio Oscilatórios

Para realização dos testes oscilatórios contínuos, foi utilizado sensor placa-placa 35. A região de viscoelasticidade linear de cada formulação foi determinada a  $40^{\circ}C$  pela aplicação de uma varredura de tensão ( $0,1 Pa$  à  $300 Pa$ ) à frequência constante de  $1Hz$  (PAJIN, et al., 2013).

Uma vez determinada a região de viscoelasticidade linear, foram realizados os testes oscilatórios a  $40^{\circ}C$ , com uma varredura de frequência ( $1Hz$  à  $10 Hz$ ) a uma tensão constante (contida no intervalo de viscoelasticidade linear). Foram determinados os módulos de armazenamento ou estocagem ( $G'$ ), o módulo de perda ( $G''$ ) e a  $\tan \delta$  ( $G''/G'$ ), sendo  $\delta$  o ângulo de diferença entre as fases das curvas oscilatórias de tensão e deformação.

### 4.6.3. Ensaio de fluência e recuperação

O teste de *creep* (fluência) e *recovery* (recuperação) foi realizado pela aplicação de uma tensão constante de 2Pa (na região de viscoelasticidade linear) por 150 segundos. A recuperação da amostra, após cessar a tensão, também foi observada por 450 segundos (PAJIN, et al., 2013).

Os dados de deformação com o tempo foram analisados usando o modelo de Burgers (Equação 2).

$$\underbrace{\frac{\gamma}{\sigma}}_{\text{Elástico}} = \underbrace{\frac{\gamma_1}{\sigma} + \frac{\gamma_2}{\sigma} + \frac{\gamma_3}{\sigma}}_{\text{Comportamento viscoelástico}} = J_0 + J_1 \cdot \underbrace{\left(1 - e^{-\frac{t}{\lambda_{\text{ret}}}}\right)}_{\text{Viscoso}} \quad (2)$$

Em que:  $\gamma$  é a deformação total no tempo  $t$ (s), que consiste de  $\gamma_1$  (deformação elástica instantânea),  $\gamma_2$  (deformação elástica retardada) e  $\gamma_3$  (deformação viscosa);  $\sigma$  (Pa) é a tensão constante aplicada;  $J_0$  ( $\text{Pa}^{-1}$ ) é a compliância instantânea;  $J_1$  é a compliância do retardo;  $\mu_0$  (Pa.s) é o módulo viscoso; e  $\lambda_{\text{ret}}$  (s) é o tempo de retardo, definido como o tempo requerido para atingir a deformação máxima a uma dada tensão.

### 4.7. Microscopia de Força Atômica – MFA

As análises de microestrutura das formulações de chocolates estudadas foram realizadas utilizando-se Microscópio de Força Atômica (Universal SPM System Ntegra Prima/NT-MDT) e Perfilômetro (Ambios Thecnology, XP1). As medidas foram realizadas utilizando o modo denominado de semi-contato, no qual a ponta do *cantilever* ficou em contato intermitente com a superfície das amostras.

Foram geradas imagens de (25x25)  $\mu\text{m}$  e (10x10)  $\mu\text{m}$ , e as pontas do MFA tiveram uma força constante de 30N/m, frequência de ressonância de 296kHz e raio da ponta de aproximadamente 10nm.

No perfilômetro foi analisada uma linha de 1mm em cada amostra. As medidas da MFA e do perfilômetro foram realizadas em duplicata.

### 4.8. Análise sensorial dos chocolates

#### 4.8.1. Aprovação do Comitê de Ética

Antes da realização dos testes sensoriais, o presente estudo passou por aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UESB - CEP/UESB. Para cada voluntário participante foram

entregues duas vias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), uma para ficar com o mesmo e outra para que fosse assinada e devolvida (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética - CAAE: 24674513.3.0000.0055).

#### **4.8.2. Perfil Sensorial Convencional**

O método utilizado para a caracterização sensorial foi uma adaptação da análise descritiva quantitativa (ADQ) proposta por Stone e Sidel (1974), que descreve as principais características que compõem o sabor, aroma, textura e aparência de um alimento, além de medir a intensidade das sensações percebidas.

##### **4.8.2.1. Recrutamento de provadores**

Foram distribuídos 60 questionários no campus da UESB de Itapetinga - BA, entre professores, funcionários e alunos da instituição. Foram recrutados para a realização da pré-seleção aqueles que apresentaram disponibilidade de tempo, afinidade pelo produto em questão, habilidades em trabalhar com escala não estruturada, entendimento em relação a alguns atributos sensoriais básicos e condições de saúde que não comprometessem a pesquisa.

##### **4.8.2.2. Pré-seleção dos provadores**

Os julgadores foram selecionados por meio do teste de Diferença Triangular, com o objetivo de avaliar a capacidade de discriminar amostras (Figura 6). Para a realização dessa etapa foram utilizados chocolates de leite de cabra, com teores de 45% e 65% de cacau, servidos de forma aleatória. Este procedimento foi realizado quatro vezes e foram selecionados os julgadores que acertaram no mínimo três respostas corretas. Além das amostras também foram servidos água à temperatura ambiente e biscoito tipo água e sal para que os provadores utilizassem entre as avaliações, visando minimizar erros devido ao *carry over* (efeito residual).

**Figura 6:** Ficha de avaliação do teste triangular.

<b>TESTE TRIANGULAR</b>	
Nome: _____	Data: _____
<p>Duas das três amostras apresentadas são idênticas. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e circule o código da amostra que lhe pareça diferente em cada série. Enxague a boca após a degustação de cada amostra e espere trinta segundos.</p> <p>_____</p>	
Comentários: _____	

#### **4.8.2.3. Levantamento dos termos descritivos**

O desenvolvimento da terminologia descritiva foi realizado pelos julgadores pré-selecionados utilizando-se o método Rede (MOSKOWITZ, 1983), com apresentação de uma lista prévia. Os julgadores receberam amostras aos pares, listando similaridades e diferenças percebidas com relação à aparência, aroma, sabor e textura. Os pares apresentados foram definidos por meio de sorteio, a partir das quatro formulações de chocolate estudadas. Foram realizadas três sessões, sendo apresentados aos julgadores os seguintes pares por sessão: Chocolate 35% e Chocolate 65%; Chocolate 45% e Chocolate 55%; Chocolate 45% e Chocolate 65%. Após as avaliações dos julgadores em cabines individuais, os atributos foram listados e discutidos com todos em mesa redonda. Os atributos de maior relevância nos chocolates foram identificados e a ficha com a definição de cada atributo foi elaborada.

#### **4.8.2.4. Treinamento e seleção dos julgadores**

Para realização do treinamento, marcas comerciais de chocolates foram coletadas e algumas soluções padrão elaboradas, para representarem os extremos de cada atributo levantado, por exemplo, fraco e forte, ausente e forte (Tabela 4). Foram realizadas cinco sessões de treinamento, em que os provadores degustaram todos os padrões de referência.

Para verificar se os julgadores estavam treinados, foi realizada uma seleção, em que três formulações dos chocolates, 35%, 45% e 55%, foram servidas aos julgadores em cabines individuais de forma monádica, utilizando a ficha definitiva da ADQ (Figura 8). A avaliação foi repetida três vezes.

Os julgadores foram selecionados pelo poder de discriminação e repetibilidade. Foram realizadas análises de variância univariada (ANOVA) com duas fontes de variação (amostra e repetição) por atributo para cada provador. Foram selecionados os julgadores que apresentaram probabilidade de F amostra  $\leq 0,50$  e probabilidade de F repetição  $> 0,05$  em todos os atributos avaliados.

**Tabela 4:** Atributos, definições e padrões.

ATRIBUTOS	DEFINIÇÕES	MATERIAIS DE REFERÊNCIA
<b>APARÊNCIA</b>		
Brilho	Capacidade da amostra de refletir a luz.	<b>Fraco:</b> Formulação 35% fosca <b>Forte:</b> Formulação 35% untada com óleo
Cor Marrom	Cor marrom característica de chocolate/ Intensidade da cor marrom.	<b>Fraco:</b> Hershey's extra cremoso <b>Forte:</b> Lacta Amaro 43% de cacau
<b>AROMA</b>		
Aroma de manteiga de cacau	Aroma característico da gordura pura extraída do cacau.	<b>Fraco:</b> Cacau em pó Maralério (Linha Gourmet) <b>Forte:</b> Cacau descascado e quebrado (Nibs)
Aroma de chocolate	Aroma característico de chocolate	<b>Ausente</b> <b>Forte:</b> Manteiga de cacau
<b>TEXTURA</b>		
Dureza	Força necessária para quebrar o alimento com o dente incisivo.	<b>Fraco:</b> Nestlé Classic ao leite <b>Forte:</b> Lacta Amaro 43% de cacau
Derretimento	Ação de derreter, fundir na boca.	<b>Fraco:</b> Hershey's 70% <b>Forte:</b> Formulação 45%
<b>SABOR</b>		
Gosto doce	Sensação do gosto básico provocado pela sacarose.	<b>Fraco:</b> Solução de sacarose (União) 1,5% <b>Forte:</b> Solução de sacarose (União) 7,5%
Gosto ácido	Sensação provocada pela degustação de uma solução de ácido acético.	<b>Fraco:</b> Água pura <b>Forte:</b> Solução de vinagre de álcool 1,5%
Residual de leite de cabra	Gosto característico de leite de cabra em produtos lácteos.	<b>Fraco:</b> Solução de leite em pó de cabra (Caprilat) 2,5% <b>Forte:</b> Solução de leite em pó de cabra (Caprilat) 10,0%
Gosto amargo	Gosto amargo característico do Nibs (amêndoa de cacau torrada e triturada), com permanência na boca após deglutir a amostra.	<b>Fraco:</b> Lacta Amaro 43% de cacau <b>Forte:</b> Nibs
Sabor de chocolate	Sabor característico de chocolate.	<b>Fraco:</b> Hershey's extra cremoso <b>Forte:</b> Formulação 56,6% (Ceplac)

#### 4.8.2.5. Avaliação Final das Formulações de chocolates

Os julgadores treinados e selecionados avaliaram as quatro formulações de chocolates em 4 repetições, apresentadas de forma monádica e aleatória, em cabines individuais com luz branca. No momento da avaliação os julgadores quantificaram a intensidade percebida de cada atributo, utilizando escala não estruturada de 9 cm (Figura 7).

**Figura 7:** Ficha da ADQ empregada no teste preliminar e avaliação final das amostras.

Nome: _____		Data: ____/____/_____.	
<b>Ficha para ADQ</b>			
Por favor, analise a amostra e preencha as respostas na sequência em que aparecem em sua ficha de avaliação, fazendo um traço vertical na linha, na posição que melhor reflita seu julgamento. Prove quantidade suficiente de amostra e disponha do tempo necessário para avaliar cada característica. Enxágue a boca após avaliação de cada amostra.			
<b>Código da Amostra: _____</b>			
<b>APARÊNCIA</b>			
Brilho	_____	_____	_____
	Fraco		Forte
Cor Marrom	_____	_____	_____
	Fraco		Forte
<b>AROMA</b>			
Aroma de manteiga de cacau	_____	_____	_____
	Ausente		Forte
Aroma de chocolate	_____	_____	_____
	Fraco		Forte
<b>TEXTURA</b>			
Dureza	_____	_____	_____
	Fraco		Forte
Derretimento	_____	_____	_____
	Lento		Rápido
<b>SABOR</b>			
Gosto Doce	_____	_____	_____
	Fraco		Forte
Gosto Ácido	_____	_____	_____
	Ausente		Forte
Residual de leite de cabra	_____	_____	_____
	Fraco		Forte
Gosto Amargo	_____	_____	_____
	Fraco		Forte
Sabor de Chocolate	_____	_____	_____
	Fraco		Forte

### 4.8.3. Aceitação e intenção de compra

Os testes de aceitação e intenção de compra foram realizados com 120 julgadores não treinados em única sessão. Quatro amostras de chocolates com leite de cabra (35%, 45%, 55% e 65%), codificadas com números aleatórios de três dígitos, foram servidas em cabines individuais iluminadas por luz branca, onde os julgadores avaliaram os atributos aparência, aroma, textura, sabor e impressão global (IG). Foi utilizada uma escala estruturada de nove pontos, onde o valor 1 correspondeu a “desgostei muitíssimo” e o valor 9 a “gostei muitíssimo”. Em seguida, os mesmos julgadores indicaram por meio de uma escala de atitude, o grau de Intenção de Compra do produto (CHAVES e SPROESSER, 2005). A ficha utilizada para realização dos testes está representada na Figura 8.

**Figura 8:** Ficha de avaliação utilizada no teste de aceitação e intenção de compra.

FICHA DE ACEITAÇÃO – CHOCOLATE DE LEITE DE CABRA					
Nome: _____			Data: ___/___/_____		
Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino			Idade: _____		
<p>Você está recebendo quatro amostras de chocolate de leite de cabra. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e avalie o quanto você gostou ou desgostou das mesmas em relação à APARÊNCIA, AROMA, TEXTURA, SABOR e IMPRESSÃO GLOBAL. Entre as avaliações deguste o biscoito e enxague a boca com água.</p>					
<p style="text-align: center;">(9) Gostei Muitíssimo            (8) Gostei Muito            (7) Gostei Moderadamente            (6) Gostei Ligeiramente            (5) Indiferente (Nem gostei / nem desgostei)            (4) Desgostei Ligeiramente            (3) Desgostei Moderadamente            (2) Desgostei Muito            (1) Desgostei Muitíssimo</p>					
<p>Para cada amostra coloque a nota referente aos atributos conforme a escala acima:</p>					
CÓDIGO DA AMOSTRA	ATRIBUTOS				
	APARÊNCIA	AROMA	TEXTURA	SABOR	IMPRESSÃO GLOBAL

---

---

## INTENÇÃO DE COMPRA – CHOCOLATE DE LEITE DE CABRA

---

Por favor, com relação à intenção de compra, você:

- (5) Decididamente eu compraria
- (4) Provavelmente eu compraria
- (3) Talvez sim / Talvez não
- (2) Provavelmente eu não compraria
- (1) Decididamente eu não compraria

CÓDIGO DA AMOSTRA	NOTA

**Comentários:** \_\_\_\_\_

### 4.9. Delineamento Experimental

O experimento seguiu um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com quatro tratamentos (35%, 45%, 55% e 65%) em três repetições. Os resultados foram submetidos à análise de regressão em função dos tratamentos à 5% de significância. Os modelos matemáticos foram escolhidos de acordo com os efeitos significativos do modelo proposto ( $p \leq 0,05$ ), falta de ajustamento não significativa ( $p > 0,05$ ) e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) em relação ao  $SQ_{TRAT}$  que foram capazes de explicar a variação total por meio da regressão ajustada.

Os dados reológicos foram obtidos em duplicata e submetidos à análise para ajuste adequado de modelos matemáticos e obtenção dos parâmetros dos modelos.

A MFA e perfilômetro foram realizadas em triplicata, sendo os dados de MFA obtidos em duas áreas de superfície das amostras.

O teste de aceitação e ADQ foram analisados por meio de Delineamento em Blocos Casualizados (DBC). A aceitação foi caracterizada em 120 unidades experimentais (blocos - julgadores) em que foi aplicada análise de regressão às variáveis resposta em função dos tratamentos à 5% de significância. Análise de Componentes Principais (ACP) e Mapa de Preferência foram executados para explicar os dados de aceitação. Os resultados da ADQ foram submetidos à ANOVA e análise de regressão em 4 repetições. A técnica ACP foi aplicada para melhor seleção do conjunto de atributos, enfatizando similaridades e diferenças entre os tratamentos.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico R Development Core Team (2010).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análises Microbiológicas

Os resultados obtidos nas determinações das análises microbiológicas (Tabela 5) para os chocolates de todas as formulações elaboradas encontraram-se dentro dos padrões legais vigentes, segundo Resolução RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional da Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001), que estabelece para Coliformes a 45°C tolerância de 10 NMP/g e ausência para *Salmonella* sp/25g, indicando que as formulações de chocolates foram obtidas em boas condições higiênico-sanitárias. Assim, puderam ser utilizadas nos testes de análise sensorial, pois apresentaram-se microbiologicamente seguras para consumo humano.

**Tabela 5:** Valores médios das análises de coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Salmonella* sp dos chocolates ao leite de cabra após o processamento.

Formulações	Coliformes Totais	Coliformes 45°C	<i>Salmonella</i> sp/25 g
35%	<1,8 NMP/g	<1,8 NMP/g	Ausência
45%	<1,8 NMP/g	<1,8 NMP/g	Ausência
55%	<1,8 NMP/g	<1,8 NMP/g	Ausência
65%	<1,8 NMP/g	<1,8 NMP/g	Ausência

### 5.2. Caracterização físico-química e química dos chocolates

A influência das concentrações de massa de cacau na caracterização físico-química (pH, acidez titulável, atividade de água, tamanho médio das partículas e cor instrumental) das quatro formulações de chocolates estudadas foi modelada estatisticamente (Tabela 6). Os modelos foram testados quanto à sua significância ( $p \leq 0,05$ ), falta de ajuste não significativa ( $p > 0,05$ ), significância dos parâmetros da regressão ( $p \leq 0,05$ ) e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) em relação ao  $SQ_{TRAT}$  capazes de explicar o fenômeno em estudo.

As médias, equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para caracterização físico-química revelaram que para as variáveis pH e tamanho médio das partículas, quando se tem um aumento da massa de cacau tem-se uma diminuição nos valores destas variáveis, apresentando um efeito linear decrescente em relação ao teor de cacau. Já

para a variável acidez titulável houve um aumento nos valores, de acordo com o aumento na porcentagem de massa de cacau, verificando aqui o inverso, um efeito linear crescente em relação a concentração de massa de cacau.

Para as medidas de atividade de água ( $a_w$ ) não houve modelo de regressão linear ou quadrático significativo ( $p > 0,05$ ), indicando não haver diferença estatística nesta variável entre as formulações de chocolates estudadas.

**Tabela 6:** Valores médios ( $\pm$  DP), equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para a caracterização físico-química das formulações de chocolate ao leite de cabra.

Variáveis	Formulações				Equação estimada	$R^2$
	35%	45%	55%	65%		
pH	5,78 $\pm$	5,76 $\pm$	5,69 $\pm$	5,57 $\pm$		0,91
	0,06	0,06	0,11	0,07		
Acidez total titulável (meq.NaOH.100g <sup>1</sup> ) <sup>1</sup>	4,57 $\pm$	5,70 $\pm$	5,82 $\pm$	6,64 $\pm$	$\hat{Y} = 0,06343x + 2,51083$	0,92
	0,14	0,55	0,42	0,29		
Atividade de água ( $a_w$ )	0,39 $\pm$	0,38 $\pm$	0,36 $\pm$	0,35 $\pm$	**	**
	0,06	0,03	0,11	0,12		
Tamanho médio das partículas ( $\mu$ m)	14,33 $\pm$	14,33 $\pm$	11,33 $\pm$	11,33 $\pm$	$\hat{Y} = -0,12x + 18,83333$	0,80
	1,53	0,58	0,58	0,58		
<b>Cor</b>						
L*	32,52 $\pm$	31,90 $\pm$	32,07 $\pm$	30,6 $\pm$	$\hat{Y} = -0,05517x + 34,53417$	0,77
	1,12	0,04	0,17	0,50		
a*	9,14 $\pm$	8,59 $\pm$	8,38 $\pm$	7,95 $\pm$	$\hat{Y} = -0,03777x + 10,4525$	0,97
	0,59	0,17	0,14	0,24		
b*	8,02 $\pm$	7,13 $\pm$	7,07 $\pm$	6,26 $\pm$	$\hat{Y} = -0,0534x + 9,78833$	0,92
	0,89	0,31	0,06	0,49		

DP = desvio padrão. <sup>1</sup> miliequivalentes de solução de NaOH (0,1N) por cem gramas de produto (meq NaOH (0,1N)/100g). \*\*não houve parâmetro de regressão significativo ( $p > 0,05$ ) para o modelo linear ou quadrático.  $R^2$  refere-se ao coeficiente de determinação calculado em relação ao  $SQ_{TRAT}$ .

Ao relacionarmos o pH e a acidez titulável das formulações de chocolates estudadas pode-se confirmar que com o aumento da porcentagem de massa de cacau nos chocolates tem-se um aumento nos valores de acidez e, conseqüentemente, diminuição no pH. Dimick e Hoskin (1981) consideraram 5,70 um bom valor de pH para chocolates. Valores de pH mais baixos representam teores elevados de ácidos orgânicos, principalmente o acético, proveniente de erros na etapa de fermentação das amêndoas de cacau, afetando de forma indesejável o sabor do chocolate (EFRAIM, 2010).

O tamanho médio das partículas foi influenciado negativamente pelo aumento da porcentagem de massa de cacau, ou seja, com o aumento da massa de cacau nas formulações tem-se um decréscimo no tamanho médio das partículas dos chocolates. No processamento de chocolate, o refino da massa deve ser realizado com o objetivo de padronizar o tamanho médio das partículas para que as mesmas não sejam percebidas na boca durante a degustação. Segundo Cohen et al. (2004), para obtenção de um produto final de qualidade, 90% das partículas devem atingir dimensões em torno de 20µm. Por outro lado, Luccas et al. (2010) enfatizaram que partículas menores que 20µm podem elevar a viscosidade do chocolate pela ampliação da área de contato das partículas, aumentando a tensão superficial entre elas. Nas amostras estudadas, o tamanho médio das partículas enquadraram-se numa faixa inferior a 20µm, por ter sido medido depois da etapa de conchagem.

Em relação à análise de cor, o parâmetro luminosidade  $L^*$  e as coordenadas de cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$ , apresentaram efeito linear decrescente em função do aumento da porcentagem de massa de cacau nas amostras.

Quanto maior a porcentagem de massa de cacau mais escura foram as formulações, uma vez que o parâmetro  $L^*$  foi menor nas formulações com os maiores teores de cacau. Sugerindo que a quantidade de massa de cacau apresenta influência sobre a cor instrumental.

Os valores dos parâmetros luminosidade  $L^*$  e cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$ , descreveram a uniformidade da cor no espaço tridimensional. O parâmetro  $L^*$  representa a luminosidade e se refere a capacidade da amostra em refletir ou transmitir luz, varia numa escala de 0 (preto) a 100 (branco). Quanto menor o valor  $L^*$ , mais escura a amostra (AFOAKWA et al., 2008b).

Em chocolates e produtos derivados, a cor é um dos principais parâmetros indicadores de qualidade exercendo influência direta na aceitação do consumidor, pois está intimamente ligada às proporções de matérias-primas, como o cacau e a manteiga de cacau utilizados (OLIVEIRA et al., 2003; OLIVEIRA e BENASSI, 2008). Segundo Leite (2012), a cor

identificada nos chocolates tem forte influência com a cor do cacau utilizado para sua elaboração.

Ramli et al. (2006) ao estudarem a cor instrumental em nove diferentes formulações de chocolate com leite de cabra concluíram que com o aumento do teor de leite e manteiga de cacau o parâmetro  $L^*$  também aumentou, ou seja, quanto maior o teor de leite de cabra e manteiga de cacau na formulação, o  $L^*$  tende a 100, resultando em chocolates mais claros. Porém no presente estudo, os teores de leite em pó e manteiga de cacau não variaram para as formulações avaliadas, podendo assim concluir que o parâmetro  $L^*$  foi influenciado apenas pelo teor de massa de cacau/líquor e açúcar.

Para as coordenadas de cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$ , pode-se afirmar que todas as formulações de chocolate com leite de cabra se apresentaram na região do vermelho e do amarelo, uma vez que a leitura do colorímetro apresentou valores positivos para estas coordenadas. A coordenada de cromaticidade  $a^*$  aponta a coloração no intervalo de verde ( $a^* < 0$ ) a vermelho ( $a^* > 0$ ). Observou-se que com o aumento da massa de cacau, houve uma redução do valor de  $a^*$ , que representa a intensidade da cor vermelha. Já a coordenada de cromaticidade  $b^*$  aponta a coloração no intervalo de azul ( $b^* < 0$ ) ao amarelo ( $b^* > 0$ ). Observou-se para esta coordenada  $b^*$  que com o aumento da massa de cacau também houve redução nos seus valores, representando a intensidade da cor amarela. De acordo com Leite (2012), a combinação das coordenadas positivas  $a^*$  e  $b^*$  resultam na coloração marrom, cor característica de chocolates e produtos derivados.

O efeito da concentração de massa de cacau na composição química dos chocolates estudados foi obtido por meio de análise de regressão (Tabela 7).

**Tabela 7:** Valores médios ( $\pm$  DP), equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) da composição química das formulações de chocolate ao leite de cabra.

Composição	Formulações				Equação estimada	$R^2$
	35%	45%	55%	65%		
Umidade (%)	1,39 $\pm$ 0,22	1,61 $\pm$ 0,16	1,59 $\pm$ 0,24	2,18 $\pm$ 0,38	$\hat{Y} = 0,02363x + 0,51083$	0,80
Cinzas (%)	1,38 $\pm$ 0,02	1,48 $\pm$ 0,02	1,63 $\pm$ 0,02	1,87 $\pm$ 0,02	$\hat{Y} = 0,00035x^2 - 0,01867x + 1,60292$	0,99
Lipídeos (%)	35,23 $\pm$ 0,59	35,23 $\pm$ 2,78	39,25 $\pm$ 2,12	43,22 $\pm$ 1,10	$\hat{Y} = 0,2798x + 24,24167$	0,89
Proteínas (%)	6,83 $\pm$ 0,74	7,68 $\pm$ 1,37	8,75 $\pm$ 1,29	9,58 $\pm$ 2,00	$\hat{Y} = 0,09327x + 3,54667$	0,99

DP = desvio padrão.  $R^2$  refere-se ao coeficiente de determinação calculado em relação ao  $SQ_{\text{TRAT}}$ .

Com o aumento da porcentagem de massa de cacau foi verificado aumento linear dos teores de água (umidade), lipídeos e proteínas dos chocolates estudados. Umidades elevadas, caso das formulações com maiores concentrações de massa de cacau, podem agregar partículas de açúcar de modo a elevar a arenosidade e viscosidade das amostras (AFOAKWA et al., 2007), assim a diminuição do teor de açúcar com o aumento do percentual de cacau mostrou-se eficiente de modo a evitar características indesejáveis nas amostras. Em relação aos valores médios de umidade, as quatro formulações estudadas estão de acordo com os limites estabelecidos pela legislação, que preconiza valores máximos de 3% (BRASIL, 1978).

A variável cinzas apresentou um efeito quadrático em relação aos teores de cacau, com todas as formulações enquadrando-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação, que preconiza resultados inferiores a 2,5% (BRASIL, 1978). O teor de cinzas condiz com a quantidade dos minerais nas formulações, pois o cacau é rico em inúmeros minerais essenciais, como magnésio, cobre, potássio e manganês (RICHTER e LANNES, 2007; SCHUMACHER, 2008).

Foi observado efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) linear crescente das variáveis lipídeos e proteínas em relação aos teores de cacau. Ao observar os valores médios de lipídeos, percebe-se que os mesmos se enquadram nos valores estabelecidos pela legislação brasileira, que preconiza valores mínimos de 20% de lipídeos para chocolates (BRASIL, 1978).

### 5.3. Textura instrumental

Para obtenção da textura adequada em chocolates, as etapas de mistura dos ingredientes, (refino, conchagem, temperagem e resfriamento) devem ser cuidadosamente controladas ao longo do processamento. A dureza, um dos parâmetros de textura avaliados, dá ideia da firmeza do alimento, sendo uma propriedade instrumentalmente definida como a força requerida para causar uma determinada deformação na amostra. Já o trabalho de cisalhamento pode ser entendido como a energia necessária para cortar o material, no caso os chocolates (SZCZESNIAK, 2002).

Não foi possível ajustar equações de modelo linear ou quadrático ( $p > 0,05$ ) para as variáveis dureza e trabalho de cisalhamento, indicando que, provavelmente, não ocorreram diferenças estatísticas significativas entre as formulações. A Tabela 8 apresenta os valores médios obtidos para tais variáveis com seus respectivos desvios padrão.

**Tabela 8:** Valores médios ( $\pm$  DP) da força de quebra (dureza) e trabalho de cisalhamento das amostras de chocolate ao leite de cabra.

Variáveis	Formulações			
	35%	45%	55%	65%
Dureza (N)	42,55 $\pm$ 11,00	45,34 $\pm$ 8,28	45,77 $\pm$ 6,91	41,28 $\pm$ 1,66
Trabalho de cisalhamento (J)	0,08 $\pm$ 0,02	0,08 $\pm$ 0,02	0,09 $\pm$ 0,01	0,08 $\pm$ 0,01

DP = desvio padrão.

A dureza das formulações de chocolate avaliadas variou de 41,28N a 45,77N, enquanto que o trabalho de cisalhamento apresentou pouca variação, indicando que o teor de cacau nas formulações estudadas não afetou significativamente esta variável. Assim, pode-se afirmar que a energia necessária para romper as amostras foi a mesma para as quatro formulações.

Os valores de dureza das amostras mostraram que as concentrações de massa de cacau apresentaram pouca influência nesse parâmetro, com leve tendência de aumento da dureza com aumento da massa de cacau. Chocolates são sistemas multifásicos complexos em que as partículas de cacau, açúcar e leite estão dispersas numa fase contínua de gordura (DO et. al., 2007; AFOAKWA et. al., 2008b). As propriedades de textura desses sistemas são afetadas

pelas etapas de processamento (refino e conchagem), considerando que todas as formulações foram elaboradas utilizando os mesmos processos e condições de fabricação, pode-se explicar a pouca variação nesse parâmetro.

#### **5.4. Caracterização da estrutura dos chocolates**

##### **5.4.1. Análise reológica dos chocolates**

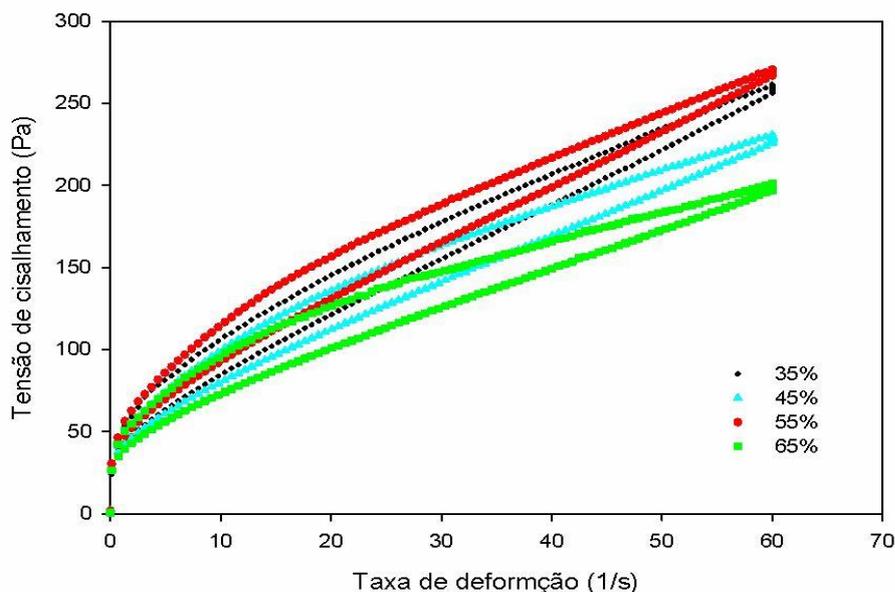
###### **5.4.1.1. Ensaio Estacionário**

Os reogramas obtidos da taxa de deformação ( $1/s$ ) e tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) estão apresentados na Figura 9. Observou-se que a variação da tensão de cisalhamento obtida experimentalmente em função da taxa de deformação para as quatro formulações estudadas, apresentaram reogramas típicos de um fluido não-Newtoniano e pseudoplástico com tensão inicial ( $\tau_0$ ).

Fluidos não-Newtonianos são caracterizados como fluidos cuja relação entre tensão de cisalhamento e a taxa de deformação aplicada não é linear e/ou não passam pela origem. Já pseudoplásticos são fluidos em que a viscosidade diminui com o aumento da taxa de cisalhamento (MCCLEMENTS, 2010).

Assim como acontece para muitos alimentos que se encontram em alguma fase de seu processamento ou na sua forma final de comercialização como suspensões ou emulsões, os chocolates caracterizam-se como fluido não-Newtoniano e pseudoplásticos com uma resistência inicial para escoar. Materiais que tipicamente apresentam tensão inicial são sistemas multifásicos, e o chocolate é um exemplo deste tipo de sistema, pois caracteriza-se como uma suspensão onde partículas sólidas de açúcar, cacau e leite estão dispersas em uma fase contínua de gordura, geralmente manteiga de cacau (DO et al., 2007; AFOAKWA et al., 2008).

**Figura 9:** Gráfico da área de histerese das formulações de chocolates ao leite de cabra.



Verificou-se, ainda, que houve diferença entre as curvas ascendentes e descendentes da relação cisalhamento/deformação (Figura 9). Este fenômeno é chamado de histerese, definido como resultado da quebra estrutural causada pelo cisalhamento e pode ser quantificado como a área entre as curvas de fluxo. Este comportamento observado é típico de fluidos tixotrópicos, que são fluidos no qual a viscosidade aparente diminui com o tempo de cisalhamento (MCCLEMENTS, 2010). Fluidos deste tipo são conhecidos por conter pequenas partículas de cristais em sua estrutura (AFOAKWA, 2009; FERNANDES et al., 2013).

A área de histerese (Tabela 9) é uma medida de tixotropia, quanto maior a área compreendida entre as curvas, maior o efeito tixotrópico (HOLDSWORTH, 1993).

**Tabela 9:** Valores de área das curvas ascendente ( $A_a$ ), descendente ( $A_d$ ) e cálculo da tixotropia ( $A_a - A_d$ ) pela área de histerese para as formulações de chocolate ao leite de cabra.

	Formulações			
	35%	45%	55%	65%
$A_a$ (Pa/s)	10.165,24	9.340,94	16.103,27	8.453,68
$A_d$ (Pa/s)	9.211,76	8.339,70	9.771,14	6.332,13
$A_a - A_d$ (Pa/s)	953,48	1.001,24	6.332,13	1.061,16

Observou-se que a formulação contendo 35% de massa de cacau apresentou o menor valor de tixotropia, representada pela menor área de histerese calculada, seguidas das formulações de 45%, 65% e 55% (Tabela 9). Para Do et. al. (2007) a tixotropia reflete o grau de agregação das partículas em suspensão. Assim, observou-se que a formulação com 35% de cacau apresentou estrutura com partículas fracamente ligadas ou pouco agregadas. E que a agregação das partículas nas formulações tende a aumentar de acordo com o aumento da massa de cacau, sendo relatados os maiores valores de tixotropia.

Do et al. (2007) desenvolveram e caracterizaram chocolates, controlando o tamanho médio das partículas, teor de gordura e a quantidade do emulsificante lecitina. Os autores observaram que com o aumento no teor de gordura, a tixotropia apresentou diminuição, isso porque com a elevação no conteúdo de matéria gorda, as partículas ficaram mais afastadas, com formação de poucos agregados, sendo mais fáceis de serem rompidas. Comportamento distinto foi observado no presente estudo, em que com o aumento da massa de cacau ocorreu aumento da tixotropia. Para elaboração dos chocolates de leite de cabra foram realizadas variações apenas no teor de cacau e açúcar, os demais ingredientes, inclusive a lecitina, permaneceram fixos. As formulações com maiores percentuais de massa de cacau apresentaram maiores teores de gordura e proteínas (Tabela 7). A mudança na composição dos carboidratos, quando o açúcar foi parcialmente substituído pela massa de cacau, com intensificação do teor de proteínas pode ter ocasionado aumento no número de partículas. Esse fato associado com a mesma quantidade de lecitina adicionada para todas as formulações podem justificar o aumento no índice tixotrópico. Provavelmente um maior número de partículas presentes nas formulações com maior teor de cacau ocasionou limitação da fase contínua, no caso a gordura, e como a quantidade de emulsificante era menor para revestir essas partículas, as mesmas apresentaram tendência à ficarem próximas, formando agregados com maior força, aumentando assim a tixotropia.

O modelo reológico de Herschel-Bulkley proporcionou melhor ajuste aos dados experimentais das curvas descendentes de tensão de cisalhamento (Pa) versus taxa de deformação (1/s) (Tabela 10), apresentando maiores valores para o coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,99$ ). As curvas de viscosidade em função da taxa de deformação (Figura 10) foram obtidas no intervalo de 2 (1/s) a 50 (1/s). De acordo com SERVAIS et al. (2003), o International Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionery (IOCCC) recomenda a medição da viscosidade de chocolates a taxas de deformação entre  $2 \text{ s}^{-1}$  a  $50 \text{ s}^{-1}$ , pois essa

faixa representa o limite de elasticidade aparente do chocolate e a viscosidade de alto cisalhamento.

**Tabela 10:** Parâmetros reológicos das amostras de chocolate ao leite de cabra obtidos pelo modelo de Herschel-Bulkley

Formulações	Curvas descendentes			
	$\tau_0$ (Pa)	k (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
35%	38,11	5,73	0,888	0,99
45%	36,94	5,84	0,849	0,99
55%	41,22	6,96	0,849	0,99
65%	34,17	5,59	0,823	0,99

$\tau_0$  – tensão de cisalhamento inicial, k – índice de consistência, n – índice de comportamento do escoamento e R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação.

A tensão inicial ( $\tau_0$ ) representa a magnitude da plasticidade e indica a resistência das massas de chocolate a deformar-se permanentemente. A tensão inicial das formulações de chocolate apresentou pouca variação (38,11 Pa a 34,17 Pa). Este resultado sugere que o aumento do teor de cacau não exerceu grande influência sobre este parâmetro. Com exceção para a formulação de 55% de massa de cacau que apresentou o maior valor de tensão inicial 41,22Pa.

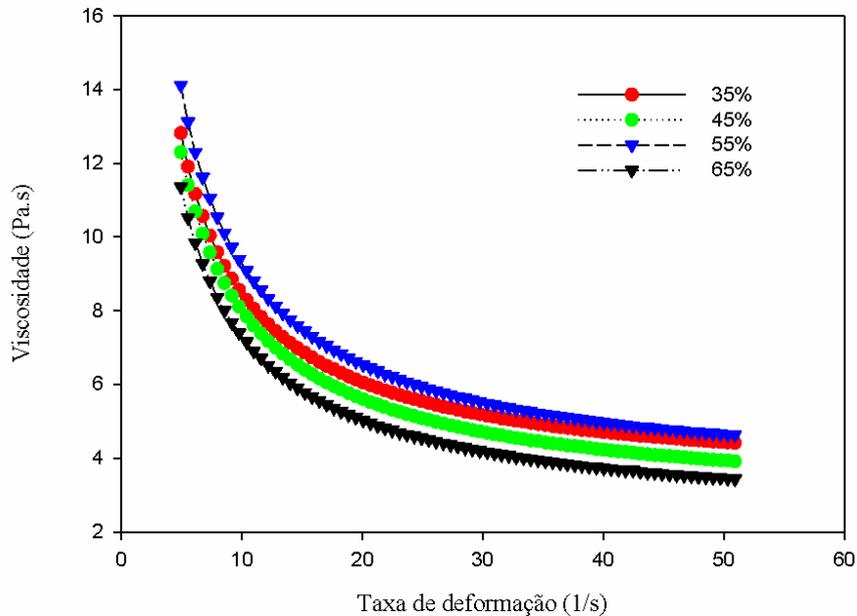
Os parâmetros k e n são parâmetros que devem ser considerados ao discutir o escoamento de um fluido. O k representa o índice de consistência do fluido e o n representa o índice de escoamento, que podem ser observados (Tabela 9). Estes índices também apresentaram variação pequena quando comparada às quatro formulações estudadas, sugerindo que a variação na concentração de massa de cacau dos chocolates praticamente não afetou estes parâmetros.

O índice de comportamento do escoamento (n) apresentou valores inferiores a um para as quatro formulações estudadas, confirmando o caráter pseudoplástico das formulações.

O comportamento das curvas de viscosidade (Figura 10) foi semelhante para as quatro formulações estudadas. Observou-se que independente da concentração de massa de cacau utilizados, a viscosidade das amostras de chocolate ao leite de cabra diminuiu com o aumento da taxa de deformação aplicada (comportamento de fluido pseudoplástico), em decorrência de alterações nos agregados que compõe a estrutura das amostras. Quando a taxa de deformação

é aumentada, os agregados de partículas se rompem, diminuem de tamanho, ocasionando uma diminuição da viscosidade (SERVAIS, et al., 2003).

**Figura 10:** Curvas de Viscosidade dos chocolates ao leite de cabra.

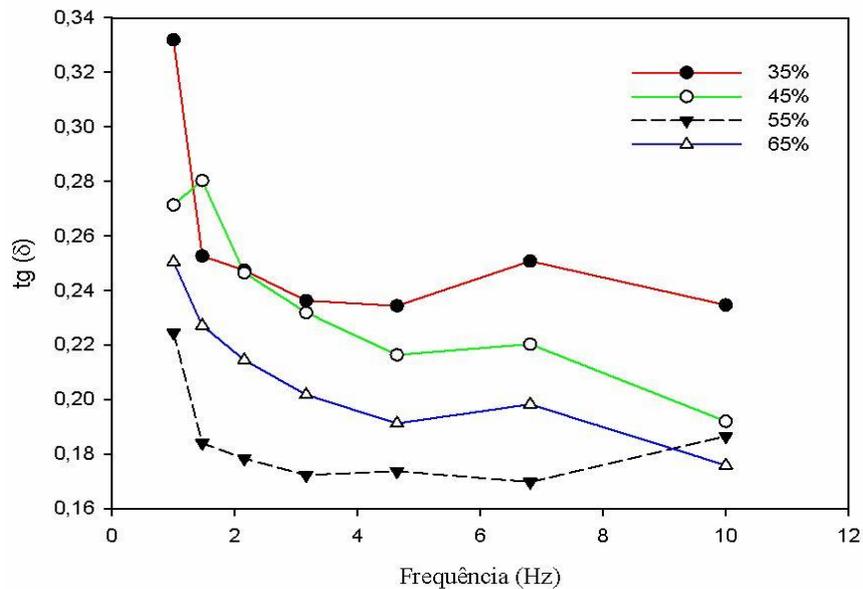


#### 5.4.1.2. Ensaios Oscilatórios

As propriedades viscoelásticas dos chocolates foram medidas dentro do intervalo viscoelástico linear. Os módulos de armazenamento  $G'$  e perda  $G''$ , obtidos nos testes oscilatórios, estão relacionados com os tipos de interações formadas no alimento, interações estáveis ( $G'$ ) e instáveis ( $G''$ ). A relação entre  $G''$  e  $G'$  é definida pelo parâmetro  $\tan \delta$  ou tangente de perda, quando a  $\tan \delta > 1$ , o material se comporta mais como líquido do que sólido e para  $\tan \delta < 1$  há maior contribuição do componente elástico do que do componente viscoso.

Neste estudo, o gráfico de  $\tan \delta$  em função da frequência (Figura 11) foi utilizado para analisar mais claramente a relação ( $G''/G'$ ) das formulações de chocolates.

**Figura 11:** Gráfico das tangentes  $\delta$  ( $G''/G'$ ) obtidas nos ensaios oscilatórios dos chocolates ao leite de cabra.



Os valores da tangente  $\delta$  das quatro formulações de chocolates estudadas variaram de 0,17 a 0,33 (Figura 11) com tendência de redução da  $\text{tg } \delta$  com ou aumento da porcentagem de massa de cacau. Quanto menor os valores de  $\text{tg } \delta$ , maior o componente elástico ( $G'$ ) e, por conta disso, tem-se uma estrutura com maior estabilidade. Para as formulações de chocolate ao leite de cabra a variação no teor de cacau influenciou nas proporções entre a parte viscosa ( $G''$ ) e a parte elástica ( $G'$ ). Ou seja, com o aumento da concentração de massa de cacau, tem-se uma estrutura mais fortemente ligada, confirmando os resultados encontrados para o índice tixotrópico.

#### 5.4.1.3. Teste de fluência e recuperação

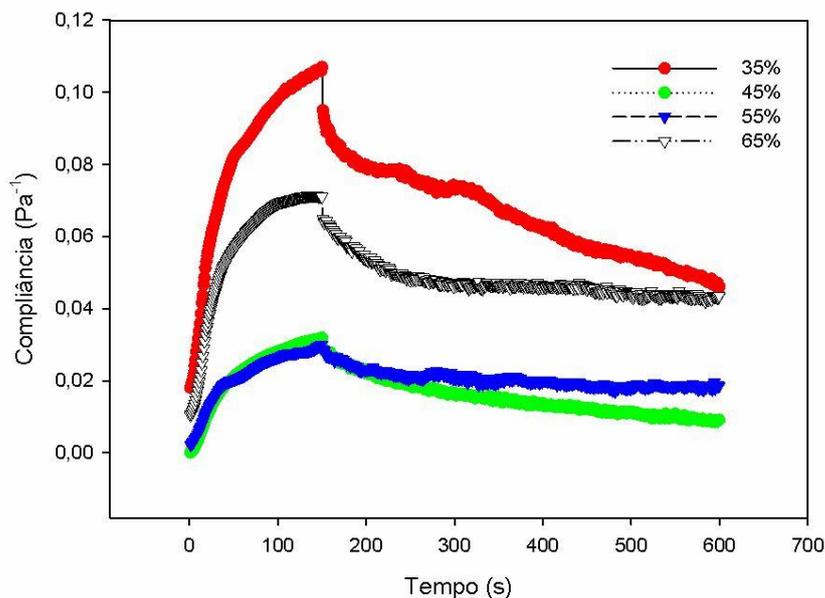
Os testes de fluência e recuperação (*creep-recovery*) permitem a diferenciação entre as respostas elástica e viscosa da amostra, determinando o comportamento de elasticidade e da viscosidade a uma dada tensão.

As curvas obtidas para os chocolates ao leite de cabra (Figura 12) apresentaram a deformação máxima de cada formulação quando submetidas à mesma tensão. O ponto máximo do gráfico mostrou que a deformação máxima foi atingida pela amostra contendo 35% de massa de cacau, seguida das formulações de 65%, 45% e 55%.

No teste de fluência, a concentração de massa de cacau e a deformação apresentaram comportamentos inversamente proporcionais. Ou seja, com o decréscimo da massa de cacau

na formulação tem-se uma maior deformação da amostra. Com exceção para a amostra de 65%, que apresentou uma deformação intermediária, entre as formulações de 35% e 45%.

**Figura 12:** Curvas de fluência e recuperação (creep-recovery) obtidas dos chocolates ao leite de cabra.



O modelo de Burgers foi ajustado aos dados obtidos experimentalmente no teste de fluência. Os parâmetros e os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtidos para o teste de fluência são apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11:** Parâmetros obtidos a partir do ajuste do modelo de Burgers.

Formulações	$J_0(\text{Pa}^{-1})$	$J_1(\text{Pa}^{-1})$	$\lambda_{\text{ret}}(\text{s})$	$\mu_0(\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1})$	$R^2$
35%	$8,9 \cdot 10^{-3}$	0,0737	0,4163	101,01	0,99
45%	$8,9 \cdot 10^{-14}$	0,0318	0,8303	2.000	0,99
55%	$5,0 \cdot 10^{-12}$	0,0217	0,4947	312,5	0,99
65%	$3,5 \cdot 10^{-3}$	0,0673	0,5471	1.428,57	0,99

$J_0$  ( $\text{Pa}^{-1}$ ) - compliância instantânea;  $J_1$  - compliância do retardo;  $\mu_0$  ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ) - módulo viscoso; e  $\lambda_{\text{ret}}$  (s) - tempo de retardo, definido como o tempo requerido para atingir a deformação máxima a uma dada tensão;  $R^2$  - coeficiente de determinação.

A compliância instantânea elástica ( $J_0$ ) pode ser relacionada à estrutura da rede cristalina não deformada. Por meio do valor da compliância instantânea, pode-se inferir sobre

a dureza do material. Houve uma diminuição da parte elástica do chocolate ( $J_0$ ) da formulação com menor teor de cacau até a formulação contendo maior teor de cacau, indicando que a formulação com 35% de cacau apresentou maior deformação, podendo ser considerada mais macia. Esses resultados também estão condizentes com os resultados obtidos no ensaio oscilatório, uma vez que a formulação de 35% de massa de cacau apresentou maior valor de tangente  $\delta$ , sendo caracterizada como uma estrutura mais fraca.

A compliância retardada ( $J_1$ ) é útil para mostrar o quão rígido e coeso é um material. A formulação de chocolate com 55% de massa de cacau apresentou o menor valor para este parâmetro, sugerindo que as forças entre as ligações internas dessa massa de chocolate são maiores, portanto essa formulação é mais resistente à ruptura que as demais.

O tempo de retardo  $\lambda_{ret}$  é o tempo requerido para o material atingir a deformação máxima a uma dada tensão. Quanto menor o tempo de retardo, mais rápida a transição entre os regimes elástico e viscoso. As formulações de 35% e 55% de massa de cacau apresentaram os menores valores, demonstrando assim que são os que mais rapidamente atingiram a transição entre o comportamento elástico e viscoso.

O parâmetro ( $\mu_0$ ), por sua vez, reflete a viscosidade das formulações, ou seja, a resistência interna das moléculas ao escoamento. Logo, quanto menor o  $\mu_0$ , menor é a resistência ao escoamento. O menor valor de  $\mu_0$  foi observado para a formulação de 35%, indicando uma menor resistência ao escoamento.

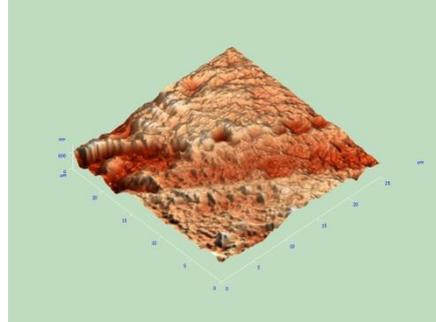
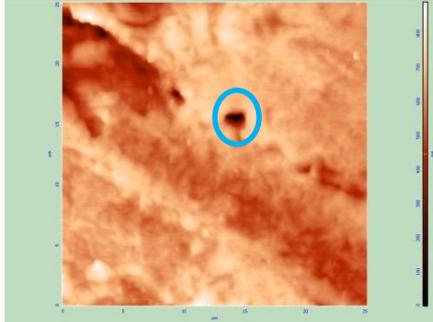
#### **5.4.2. Microscopia de Força Atômica (MFA) e perfilômetro**

As técnicas de MFA e perfilômetro foram realizadas para investigar a morfologia das formulações de chocolates de leite de cabra. Analisando de maneira geral, observou-se tanto nas figuras geradas pela MFA (Figuras 13 e 14) quanto àquelas obtidas pelo perfilômetro (Figura 15), que as superfícies das formulações estudadas apresentaram várias fendas e irregularidades. Áreas mais claras representam regiões mais elevadas nas amostras.

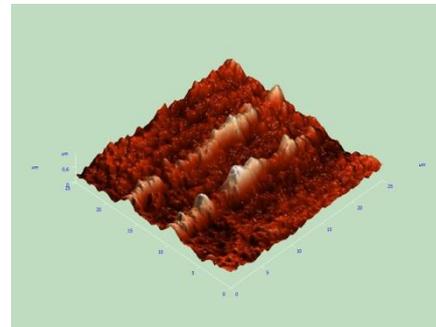
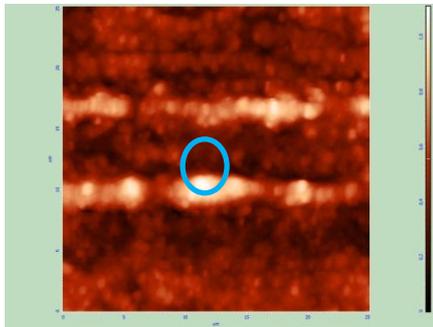
Nas micrografias disponíveis (Figuras 13 e 14) observou-se que um grande número de poros microscópicos existem nas superfícies dos chocolates das quatro formulações, com morfologia de poros variável e de formas irregulares. Segundo Rousseau (2006), alguns estudos demonstraram que a superfície de chocolate ao leite possuem micrografias complexas, pois apesar de apresentarem textura apropriada, trazem em suas imagens elementos estruturais irregulares.

**Figura 13:** Micrografia da superfície dos chocolates de leite de cabra observada por MFA com área de (25x25)  $\mu\text{m}$ . A coluna da esquerda apresenta imagens em 2D e a coluna da direita suas respectivas imagens 3D. A área circulada nas imagens refere-se a uma área menor que foi utilizada para gerar uma área menor.

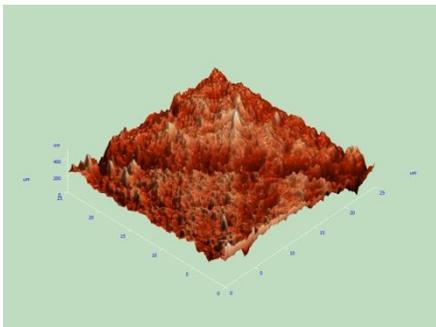
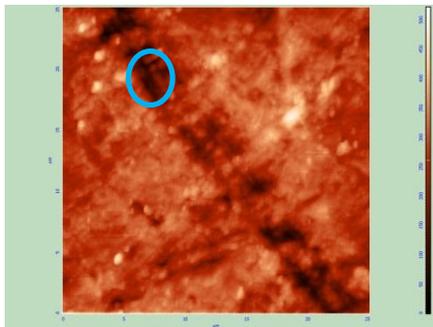
**a) 35% de massa de cacau**



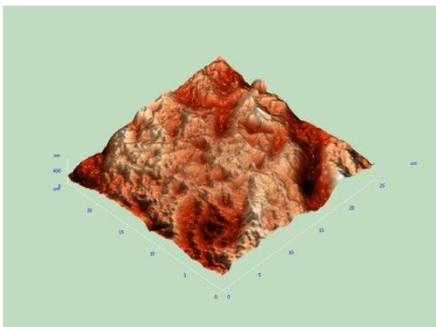
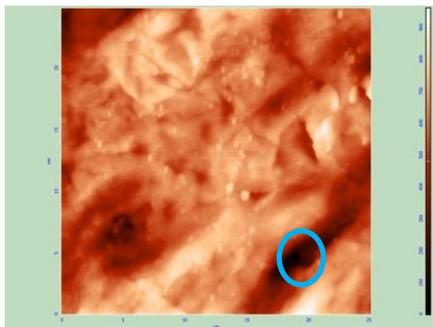
**b) 45% de massa de cacau**



**c) 55% de massa de cacau**



**d) 65% de massa de cacau**



A formulação com 35% de massa de cacau apresentou superfície levemente rugosa e com pequenos poros. O aumento da proporção de massa de cacau nas formulações resultou em superfícies mais rugosas e menos contínuas, com a presença de números maiores de poros, que pode ser observado nas micrografias das formulações 45%, 55% e 65%.

Ainda segundo Rousseau (2006), geralmente a formação desses poros e formas irregulares é ocasionada devido às diferentes etapas de processamento pelas quais o chocolate é submetido. Durante a fabricação do chocolate, uma etapa fundamental é a temperagem, que acaba resultando na contração da massa de chocolate, gerando poros e fissuras.

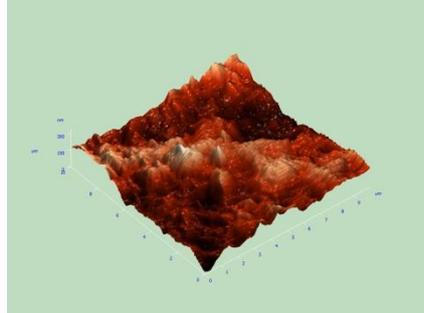
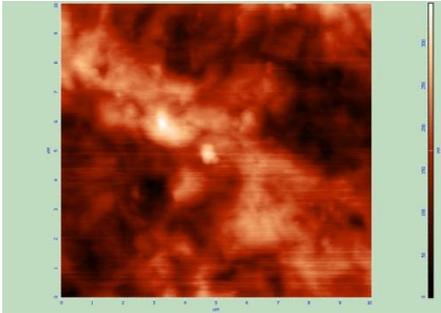
Na figura 13 foram formadas imagens com uma área de varredura de  $(25 \times 25)\mu\text{m}$ . Em cada formulação foi selecionado um determinado poro, destacado pelo círculo, onde foram formadas novas imagens (Figura 14) com área de varredura menor  $(10 \times 10)\mu\text{m}$ .

Estas micrografias observadas em área de varredura menor confirmaram diferenças na morfologia da superfície dos chocolates em função da porcentagem de massa de cacau. As formulações contendo 35%, 55% e 65% de massa de cacau apresentaram formas bastante irregulares. Já a formulação com 45% de massa de cacau apresentou superfície mais contínua, com número de irregularidades menor quando comparada com as demais. De acordo com Fernandes et al. (2013), alguns estudos evidenciaram que esta variedade de microestruturas irregulares presentes na superfície dos chocolates podem ser características das diferentes formas polimórficas da manteiga de cacau. Faça et al. (2011), mostraram que esses poros e formas irregulares na superfície dos chocolates podem ser originados também da gordura presente na massa de cacau e na gordura do leite, no caso de chocolates ao leite.

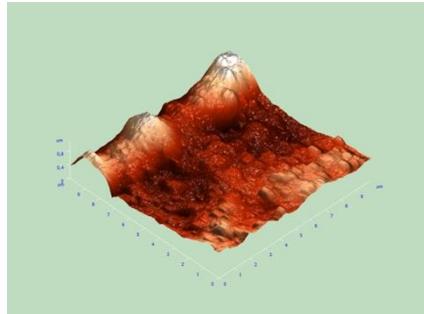
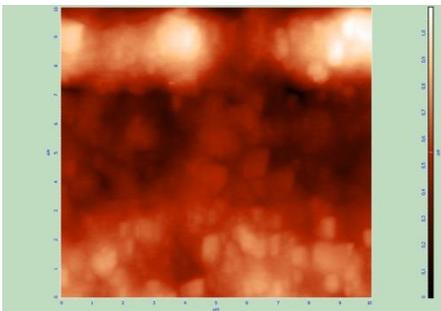
Assim, pode-se concluir que a variedade de microestruturas presentes nas formulações de chocolates estudadas provavelmente foi originada dessas três fontes: manteiga de cacau, gordura presente na massa de cacau e glóbulos de gordura do leite de cabra.

**Figura 14:** Micrografia da superfície dos chocolates ao leite de cabra observada por MFA com área de (10x10)  $\mu\text{m}$ . A coluna da esquerda apresenta imagens em 2D e a coluna da direita suas respectivas imagens 3D.

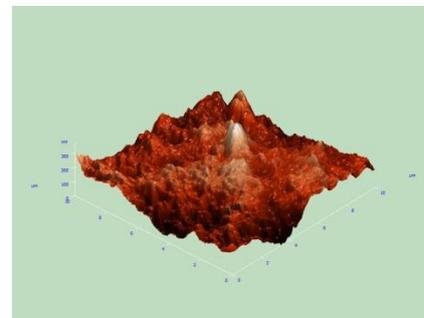
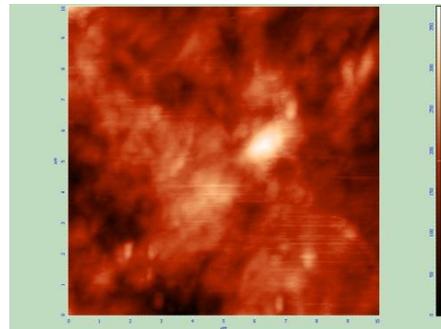
**a) 35% de massa de cacau**



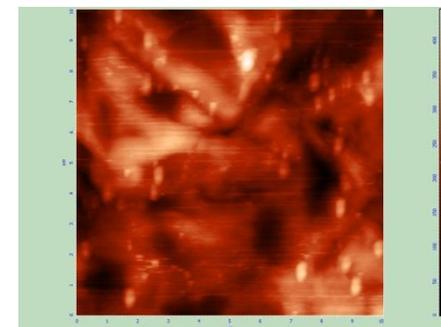
**b) 45% de massa de cacau**



**c) 55% de massa de cacau**



**d) 65% de massa de cacau**



Na Tabela 12 estão apresentados os valores da rugosidade média ( $R_a$ ) da superfície dos chocolates obtidas com o auxílio do perfilômetro. A rugosidade média das amostras apresentou aumento de acordo com maiores percentuais de cacau na massa dos chocolates, indicando que as superfícies das amostras estudadas tornaram-se menos lisas.

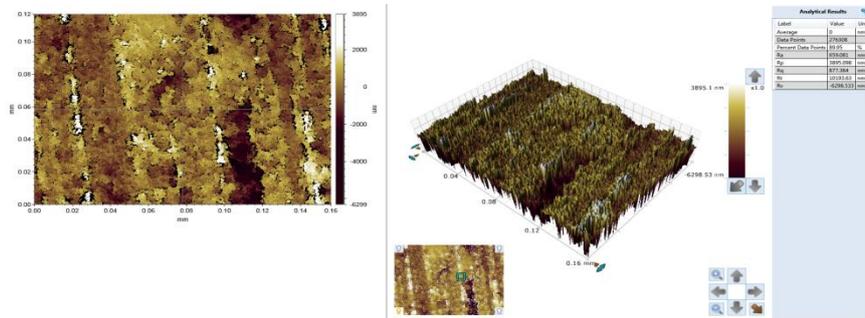
**Tabela 12:** Valores da rugosidade média das formulações de chocolate ao leite de cabra.

	Formulações			
	35%	45%	55%	65%
$R_a$ (nm)	599,912	727,409	855,355	1.159,457

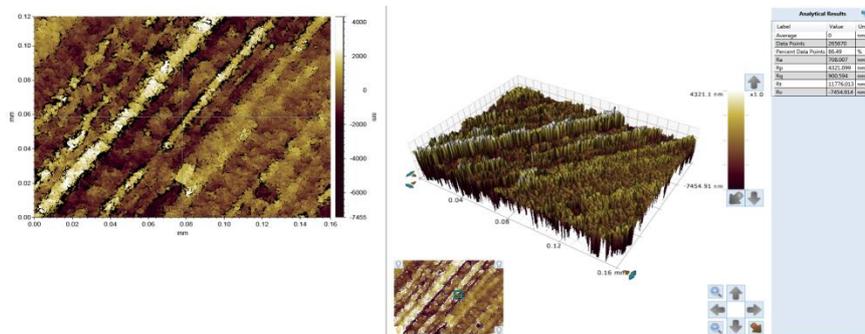
$R_a$  - rugosidade média.

**Figura 15:** Micrografia da superfície dos chocolates ao leite de cabra observada por perfilômetro 3D.

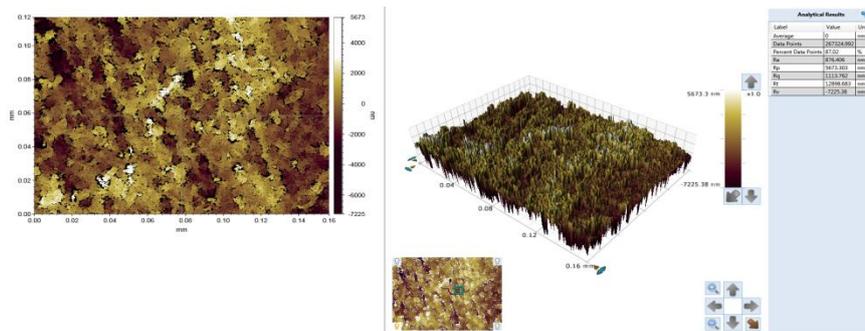
**a) 35% de massa de cacau**



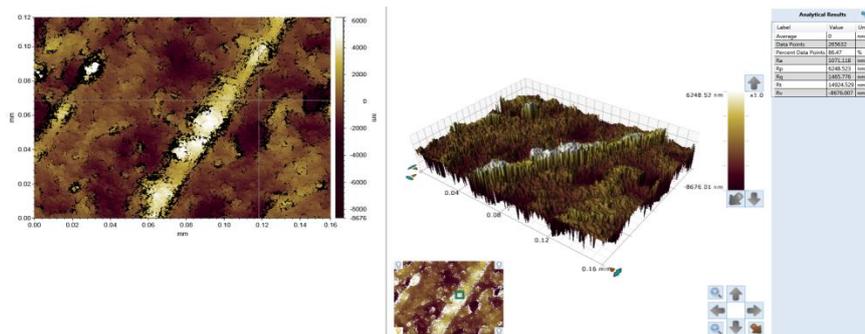
**b) 45% de massa de cacau**



**c) 55% de massa de cacau**



**d) 65% de massa de cacau**



### **5.4.3. Análise Sensorial**

#### **5.4.3.1. Perfil Convencional**

Dos sessenta questionários distribuídos aos voluntários, foram recrutadas quarenta e duas pessoas para compor a equipe sensorial e realizar os testes de pré-seleção. Dentre estas, vinte e duas acertaram pelo menos 75% dos testes triangulares e foram pré-selecionadas, participando do levantamento dos atributos das formulações dos chocolates de leite de cabra. Os atributos levantados foram brilho, cor marrom, aroma de manteiga de cacau, aroma de chocolate, dureza, derretimento, gosto doce, gosto ácido, sabor residual de leite de cabra, gosto amargo e sabor de chocolate, cujas definições e padrões de referência estão apresentados na Tabela 4.

Houve a desistência de alguns julgadores antes da etapa de seleção. Deste modo, quatorze julgadores participaram da etapa de seleção, e somente dez foram capazes de discriminar as formulações estudadas (probabilidade de  $F_{(amostra)} \leq 0,50$ ) e apresentarem repetibilidade dos resultados (probabilidade de  $F_{(repetição)} > 0,05$ ) para todos os atributos avaliados. Estes julgadores foram, então, selecionados para compor a equipe final para avaliação das quatro formulações de chocolates, utilizando a ficha apresentada na Figura 8.

Os resultados da ADQ foram analisados por meio de ANOVA com duas fontes de variação (amostra e julgador) e interação amostra x julgador. Os onze atributos avaliados demonstraram haver efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) da interação amostra\*julgador (Tabela 13). Como todos os atributos apresentaram interação significativa, o teste para efeito de amostras foi realizado novamente, utilizando o quadrado médio da interação amostra x julgador como denominador (F versus interação), proposto por STONE e SIDEL (1974).

**Tabela 13:** Resumo da ANOVA para os atributos sensoriais das formulações de chocolate ao leite de cabra.

Atributo	FV	GL	QM	Versus Resíduo		Versus Interação	
				F	p	F	p
<b>Brilho</b>	A	3	19,862	16,42*	< 0,0001	4,034*	0,017
	J	9	31,214	25,80			
	A*J	27	4,923	4,07*	< 0,0001		
<b>Cor Marrom</b>	A	3	56,662	34,19	< 0,0001*	11,929*	< 0,001
	J	9	12,849	7,75			
	A*J	27	4,750	2,87	< 0,0001*		
<b>Aroma de Manteiga de Cacau</b>	A	3	9,977	6,60*	0,0004	1,524 <sup>ns</sup>	0,231
	J	9	51,620	34,13			
	A*J	27	6,546	4,33*	< 0,0001		
<b>Aroma de Chocolate</b>	A	3	62,231	49,53*	< 0,0001	11,109*	< 0,0001
	J	9	18,881	15,03			
	A*J	27	5,602	4,46*	< 0,0001		
<b>Dureza</b>	A	3	8,820	5,16*	0,0022	1,316 <sup>ns</sup>	0,290
	J	9	18,272	10,69			
	A*J	27	6,700	3,92*	< 0,0001		
<b>Derretimento</b>	A	3	12,958	14,03*	< 0,0001	1,990 <sup>ns</sup>	0,139
	J	9	34,919	37,80			
	A*J	27	6,512	7,05*	< 0,0001		
<b>Gosto Doce</b>	A	3	217,426	212,52*	< 0,0001	54,616*	< 0,0001
	J	9	18,595				
	A*J	27	3,981	3,89*	< 0,0001		

<b>Gosto Ácido</b>	A	3	50,612	82,25*	< 0,0001	6,407*	0,002
	J	9	39,472	64,15			
	A*J	27	7,899	12,84*	< 0,001		
<b>Residual de Leite de Cabra</b>	A	3	57,407	37,93*	< 0,0001	7,253*	0,001
	J	9	38,679	25,55			
	A*J	27	7,915	5,23*	< 0,0001		
<b>Gosto Amargo</b>	A	3	209,872	175,38*	< 0,0001	31,194*	< 0,0001
	J	9	10,753	8,99			
	A*J	27	6,728	5,62*	< 0,0001		
<b>Sabor de Chocolate</b>	A	3	100,695	187,09*	< 0,0001	17,026*	< 0,0001
	J	9	17,351	32,24			
	A*J	27	5,914	10,99*	< 0,0001		

A – amostra; J – julgador; A\*J – amostra x julgador; \* significativo ( $p \leq 0,05$ ); ns – não significativo ( $p > 0,05$ ).

A existência da interação indica que há pelo menos um julgador avaliando as amostras de forma diferente da equipe. Este tipo de ocorrência é difícil de ser evitada na análise sensorial (SILVA e DAMÁSIO, 1994).

As formulações não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) em relação aos atributos aroma de manteiga de cacau, dureza e derretimento. Para os demais atributos houve diferença estatística significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão para avaliar a influência do teor de cacau nos atributos levantados (Tabela 14). Os modelos foram testados quanto à falta de ajuste e significância dos parâmetros da regressão, apresentando coeficiente de determinação acima de 82%.

Os atributos aroma de manteiga de cacau, aroma de chocolate, gosto doce, gosto amargo e sabor de chocolate apresentaram falta de ajuste significativa ( $p \leq 0,05$ ) e/ou modelo não significativo ( $p > 0,05$ ), não sendo possível efetuar o ajuste de modelos para esses atributos.

**Tabela 14:** Modelagem estatística do efeito da concentração de massa de cacau nos atributos sensoriais dos chocolates de leite de cabra.

Atributo	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>
Brilho	$\hat{Y} = 0,0031X^2 - 0,2686X + 10,4423$	0,92
Cor Marrom	$\hat{Y} = 0,0039X^2 - 0,3064X + 10,6497$	0,99
Dureza	$\hat{Y} = 0,0350X + 3,8281$	0,92
Derretimento	$\hat{Y} = -0,0013X^2 + 0,0912X + 5,3380$	0,82
Gosto Ácido	$\hat{Y} = 0,0028X^2 - 0,1996X + 4,9450$	0,93
Residual de leite de cabra	$\hat{Y} = -0,0036X^2 + 0,2753X - 0,8816$	0,93

Em relação ao atributo dureza houve efeito linear crescente em função do teor de cacau, ou seja, à medida que elevou-se os percentuais de cacau nas formulações houve aumento na dureza das amostras percebidas pelos provadores. Assim como nos dados reológicos, as formulações com maior concentração de massa de cacau apresentaram uma estrutura mais fortemente ligada. Isso pode ser explicado devido à maior agregação das partículas presentes nas amostras com maiores teores de cacau.

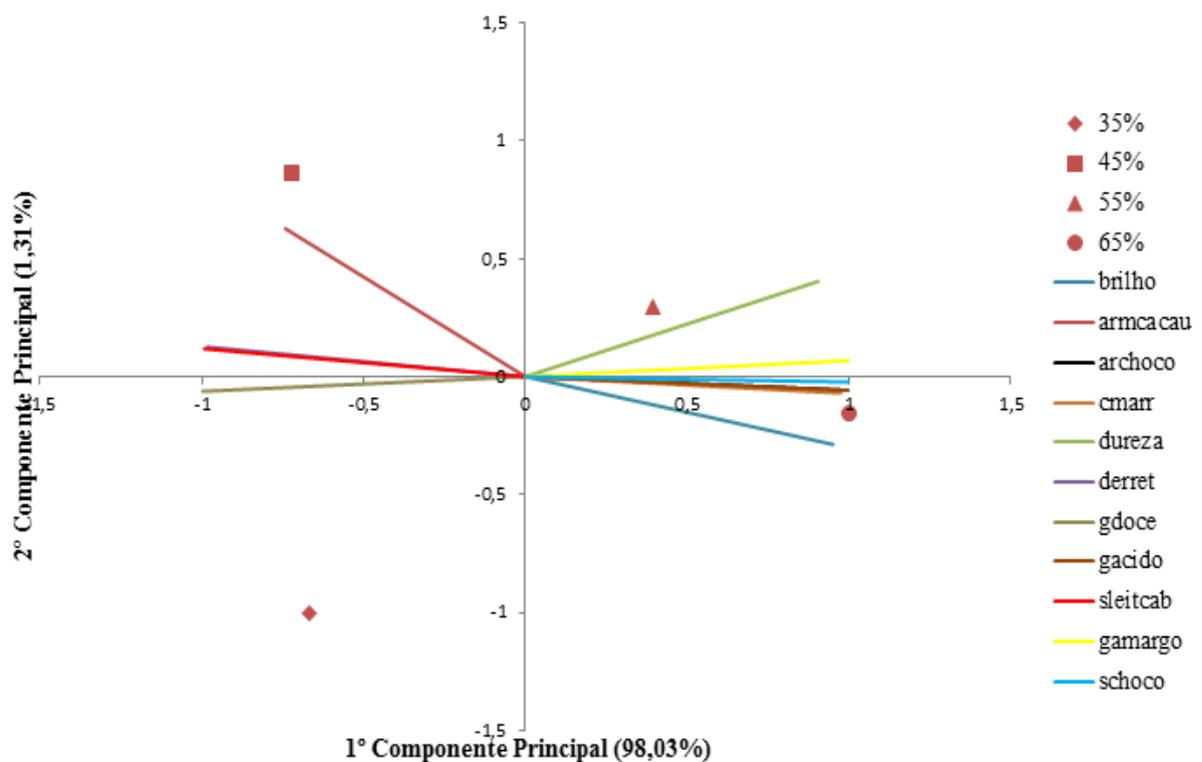
Os atributos brilho, cor marrom e gosto ácido apresentaram efeito quadrático em relação aos teores de cacau, com ponto máximo na formulação contendo 45% de massa de cacau. Já os atributos derretimento e residual de leite de cabra também apresentaram efeito quadrático, com ponto de mínimo na formulação contendo 45% de massa de cacau para o atributo derretimento e ponto de mínimo na formulação contendo 55% de massa de cacau para o atributo residual de leite de cabra.

Similaridades e diferenças entre as quatro amostras de chocolate estudadas também foram apresentadas por meio de análise multivariada dos dados sensoriais, ou seja, uma projeção dos resultados obtidos da análise de componentes principais (ACP) (Figura 16). Na distribuição gráfica, cada eixo representou uma porcentagem da variação total existente entre as amostras. O primeiro componente principal explicou 98,03% da variação total dos dados, sendo suficiente para discriminar satisfatoriamente as amostras quanto aos seus atributos sensoriais.

A separação espacial das quatro formulações sugeriu a formação de dois grupos distintos, um grupo formado pelas amostras de 35% e 45% de massa de cacau e outro grupo

formado pelas amostras com 55% e 65% de massa de cacau. Amostras similares ocupam regiões próximas no gráfico, enquanto que amostras com características distintas encontram-se distantes umas das outras.

**Figura 16:** Representação gráfica da análise de componentes principais. Armcacau – aroma de manteiga de cacau, archoco – aroma de chocolate, cmrr – cor marrom, derret – derretimento, gdoce – gosto doce, gacido – gosto ácido, sleitcab – residual de leite de cabra, gamargo – gosto amargo e schoco – sabor de chocolate.



As correlações entre os atributos sensoriais e os dois primeiros componentes principais estão representadas pelos vetores (Figura 16), que dividiram-se em um grupo à esquerda e outro à direita do 1º componente principal. Vetores longos tem maior correlação entre as amostras em determinado componente principal, enquanto que vetores menores indicam atributos nos quais as amostras pouco diferem entre si.

Cada amostra localizou-se próximo aos vetores que a caracterizaram, ou seja, que descreveram com maior intensidade suas características. Os atributos dureza, gosto amargo, sabor de chocolate, cor marrom, gosto ácido e brilho, localizados a direita da Figura 16,

estiveram presentes em maior intensidade na formulação com 65% de massa de cacau, seguida da formulação com 55% de massa de massa de cacau. Já as formulações com 35% e 45% de massa de cacau, localizado do lado esquerdo da Figura 16 possuem esses atributos em menor intensidade. As diferenças sensoriais detectadas pelos provadores mostraram que o aumento da massa de cacau nas formulações influenciou nas características sensoriais avaliadas, conferindo cor, sabor e aroma típicos de chocolate, para as amostras com maior concentração de massa de cacau.

Apesar das formulações apresentarem a mesma concentração de manteiga de cacau, as amostras diferiram entre si em relação ao atributo aroma de manteiga de cacau. As formulações contendo 45% e 35% de massa de cacau apresentaram maior intensidade para este atributo.

Em relação aos atributos gosto doce, aroma de chocolate, sabor residual de leite de cabra e derretimento, as formulações com 45% e 35% de massa de cacau são similares, apresentando maior intensidade destes atributos

Assim, observou-se que a análise de componentes principais da ADQ apresentou diferenças entre às diferentes formulações de chocolate avaliadas, bem como quais foram os atributos sensoriais que caracterizaram as amostras.

#### 5.4.3.2. Teste de Aceitação e Intenção de Compra

Os dados obtidos no teste de aceitação foram submetidos à análise de regressão. Os atributos textura, sabor e impressão global foram os que apresentaram ajuste para modelo quadrático, com os parâmetros do modelo significativos ( $p \leq 0,05$ ) e falta de ajuste não significativa ( $p > 0,05$ ) (Tabela 15). Os atributos aparência e aroma apresentaram falta de ajuste significativa ( $p \leq 0,05$ ), não sendo possível a obtenção de modelo estatístico linear ou quadrático para estes atributos.

**Tabela 15:** Ajuste do modelo quadrático aos dados de aceitação para os atributos textura, sabor e impressão global.

Atributo	Modelo ajustado	R <sup>2</sup>
Textura	$\hat{Y} = -0,0018X^2 + 0,1613X + 4,1705$	0,99
Sabor	$\hat{Y} = -0,0054X^2 + 0,4929X - 3,7166$	0,99
Impressão Global	$\hat{Y} = -0,0044X^2 + 0,4188X - 2,0479$	0,96

De certa forma, pode-se afirmar que não houve diferença estatística significativa para os atributos aparência e aroma entre as formulações de chocolate avaliadas, ou seja, os resultados situaram-se próximos uns dos outros, não sendo possível ajuste de modelo matemático.

Para os demais atributos, foram observadas diferenças entre as amostras. O modelo quadrático ajustado mostrou que a formulação com 45% de massa de cacau foi a mais aceita entre os consumidores. Isso pode ser explicado em decorrência dos maiores percentuais de cacau nos chocolates de 55% e 65%, o que leva à uma menor aceitação. Em algumas fichas do teste de aceitação foi visto comentários indicando que estas eram amostras muito amargas, principalmente à de 65%, sabor evidenciado pelas elevadas concentrações de cacau nesta formulação.

A aceitação das amostras pode ser melhor visualizada pelos valores médios para cada atributo entre as formulações (Tabela 16).

**Tabela 16:** Valores médios obtidos no teste de aceitação das formulações de chocolate ao leite de cabra.

Atributos	Formulações			
	35%	45%	55%	65%
<b>Aparência</b>	7,92	8,17	8,01	7,89
<b>Aroma</b>	7,22	7,47	7,31	7,10
<b>Textura</b>	7,65	7,86	7,70	7,20
<b>Sabor</b>	6,91	7,53	7,02	5,51
<b>Impressão Global</b>	7,23	7,69	7,27	6,44

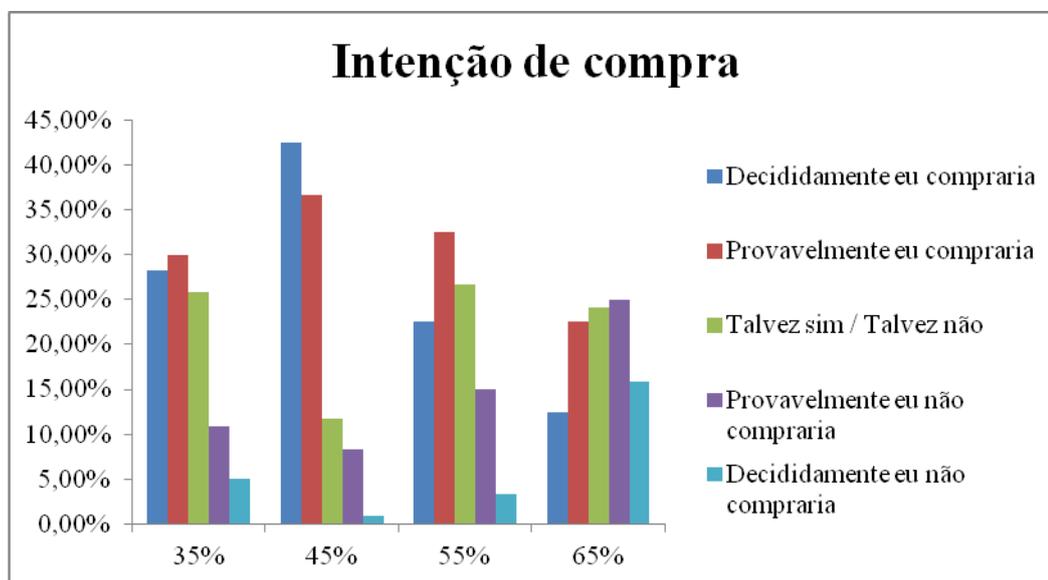
Com relação à aparência, todos os chocolates apresentaram boa aceitação, com termos hedônicos variando de “gostei moderadamente” a “gostei muito”. Em produtos a base de cacau, a exemplo do chocolate, a aparência é influenciada, entre outros fatores, pela concentração de massa de cacau contida na formulação, porém nas condições experimentais deste estudo, a variação da massa de cacau nas amostras não influenciou na aceitação.

Para o atributo aroma, as formulações apresentaram pouca variação, cujos escores médios se encontraram em “gostei moderadamente”.

Com relação à textura, ao sabor e impressão global, a formulação com 45% de massa de cacau apresentou as maiores médias do teste de aceitação, com escores classificados entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”. Já a amostra com 65% de massa de cacau obteve aceitação inferior quanto a estes atributos, apresentando escores médios em “gostei ligeiramente”. Isto se deve, provavelmente, ao maior conteúdo de massa de cacau em sua composição, que além de conferir um gosto mais amargo ao chocolate, essa maior concentração de massa de cacau pode ter afetado outras características. Os julgadores treinados identificaram gosto ácido mais pronunciado e maior dureza nesta formulação (Figura 16), o que resultou em sua menor aceitação. Outro fator que pode justificar a menor aceitação da formulação com 65% de cacau está relacionado com os hábitos alimentares dos provadores, que podem ser acostumados a consumir chocolates com maiores teores de leite e açúcar.

Com isso, a intenção de compra destes chocolates foi avaliada (Figura 17).

**Figura 17:** Gráfico de intenção de compra dos chocolates de leite de cabra (Frequência).



Os testes de intenção de compra visam complementar a análise sensorial do produto e auxiliar o pesquisador sobre a aceitação das amostras no mercado, pois fornece informações necessárias sobre a atitude dos consumidores. Os resultados revelaram que de uma maneira geral, a atitude de intenção de compra dos provadores para todas as formulações estudadas foi

boa. Sendo importante destacar que a formulação com 45% de cacau apresentou a maior intenção de compra (maior porcentagem de pessoas decididamente comprariam o chocolate), seguidos dos de 35%, 55% e 65%.

#### **5.4.3.3. Mapa de Preferência Interno**

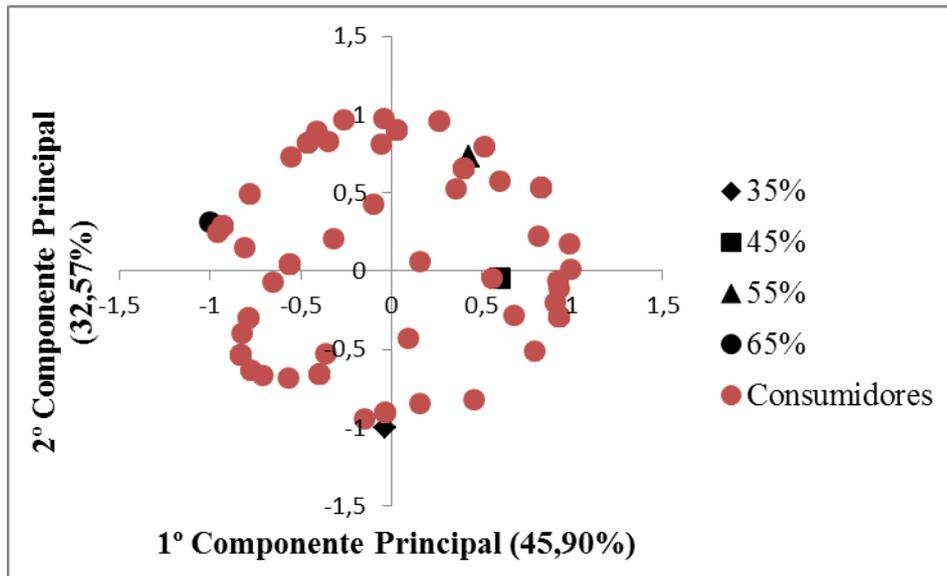
Com os dados obtidos em relação à aparência, aroma, textura, sabor e impressão global no teste de aceitação para as quatro formulações de chocolate estudadas foi realizado análise de mapa de preferência interno.

O mapa de preferência interno, com base nos dados de aceitação, representa o quanto um produto é aceito (ou preferido) no mercado em função de suas características de qualidade (MINIM, 2010). Neste tipo de representação gráfica, cada ponto na figura está associado a um consumidor. Desta forma, os consumidores ficam localizados próximos às amostras que mais gostaram e os que estão localizados na região central do gráfico não estão correlacionados com nenhum dos dois componentes principais e, portanto, não discriminam as amostras.

Para o atributo aparência observou-se (Figura 18) que o primeiro componente principal explicou 45,90% da variação de aceitação entre as amostras, enquanto o segundo componente explicou 32,57%. Os dois componentes juntos explicaram 78,47% da variação total dos dados de aceitação, sendo considerados suficientes para discriminar as amostras. A separação espacial das amostras indicou que existiram três grupos diferentes entre si quanto à aparência.

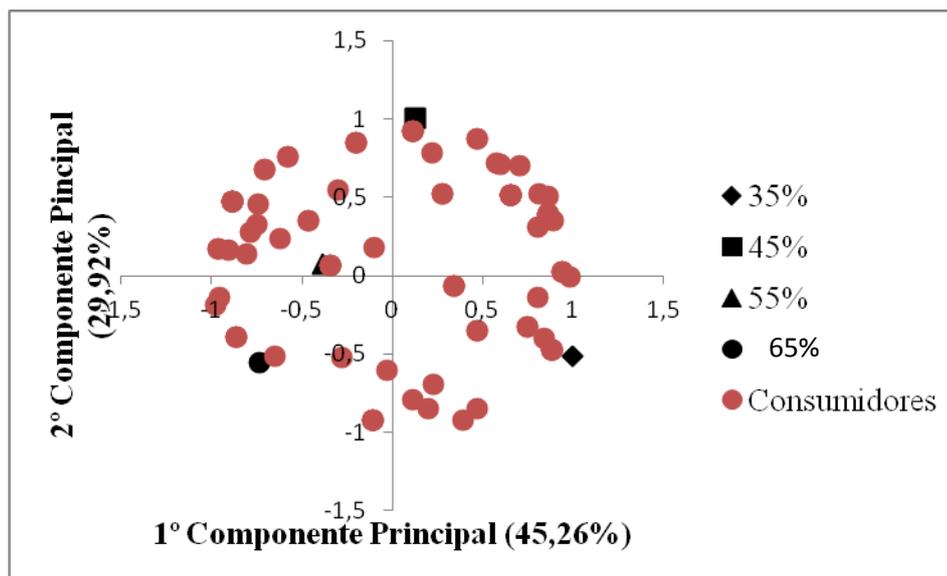
Pela análise do mapa de preferência interno para aparência observou-se que houve diferença quanto à aceitação das formulações de chocolate de leite de cabra com diferentes teores de cacau. Desta forma, as formulações com 45% e 55% de massa de cacau são similares e foram as mais aceitas em relação a este atributo.

**Figura 18:** Mapa de Preferência interno para as amostras de chocolate em relação à aparência.



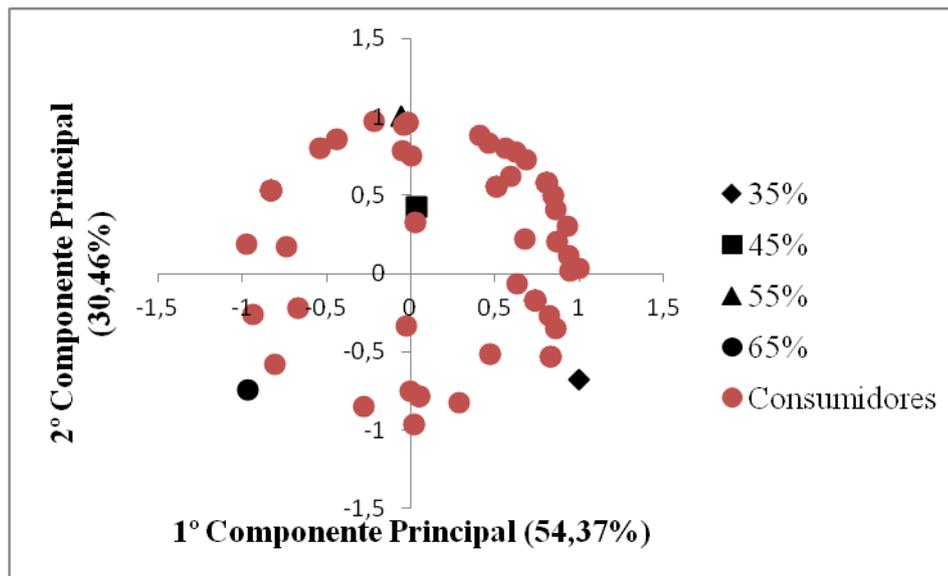
Para o atributo aroma (Figura 19), o primeiro componente principal explicou 45,26% da variação da aceitação entre as amostras, enquanto que o segundo explicou 29,92%. Os dois explicaram 75,18% da variação total dos dados de aceitação para este atributo. Deste modo, foi possível inferir que todas as amostras apresentaram boa aceitação.

**Figura 19:** Mapa de Preferência interno para as amostras de chocolate em relação ao aroma.



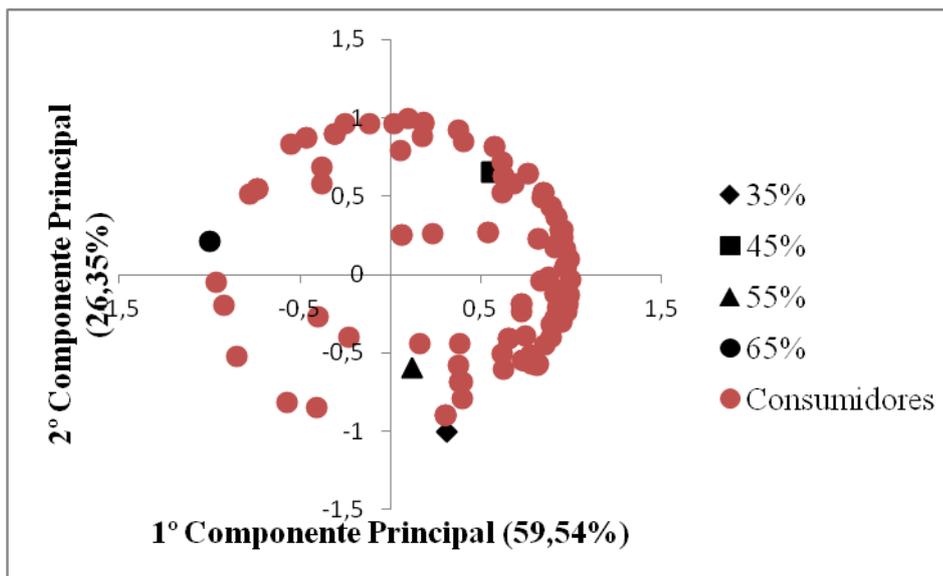
Para o atributo textura (Figura 20), o primeiro componente principal explicou 54,37% da variância total, e o segundo 30,46%. Os dois explicam 84, 83% da variação total dos dados de aceitação para o atributo textura. Assim, notou-se que houve concentração dos consumidores em três grupos, indicando uma maior aceitação das formulações contendo 45% e 55% de massa de cacau, que se apresentaram semelhantes. Um grupo pequeno de consumidores tenderam à aceitação da formulação contendo 65% de massa de cacau.

**Figura 20:** Mapa de Preferência interno para as amostras de chocolate em relação à textura.



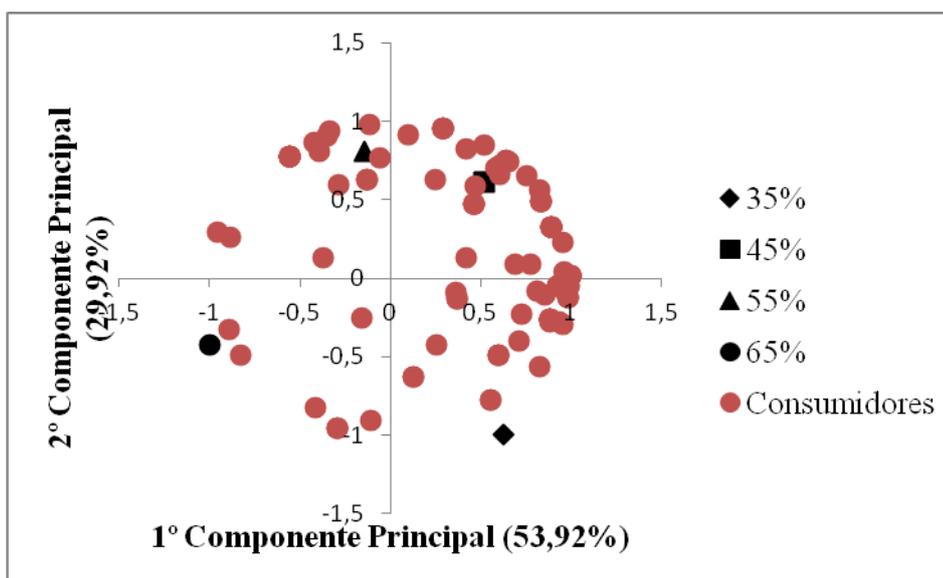
Em relação ao sabor, o primeiro componente principal explicou 59,54% da variância total, enquanto o segundo explicou 30,46% (Figura 21). Os dois componentes juntos explicaram 90% da variação total dos dados de aceitação para o atributo sabor. Desta forma, em relação ao sabor, a formulação contendo 45% de massa de cacau foi a mais aceita pelos consumidores, pois a maior parte deles encontraram-se na região próxima a esta amostra. As formulações contendo 35% e 55% de massa de cacau tiveram aceitação intermediária. Já a formulação com 65% de massa de cacau foi a menos aceita dentre as formulações estudadas para este atributo. Os consumidores relataram que esta amostra apresentava maior intensidade do gosto amargo e gosto ácido.

**Figura 21:** Mapa de Preferência interno para as amostras de chocolate em relação ao sabor.



As formulações de chocolate de leite de cabra também foram avaliadas pela impressão global. O primeiro componente principal explicou 53,92% da variação dos dados e o segundo 29,92%, totalizando, portanto, 83,84% da variância entre as amostras quanto à aceitação (Figura 22).

**Figura 22:** Mapa de Preferência interno para as amostras de chocolate em relação a impressão global.



Observou-se que a separação espacial das formulações para o atributo impressão global teve o mesmo comportamento dos atributos aparência e aroma, ocorrendo a formação

de três grupos distintos. As formulações de 45% e 55% de massa de cacau foram as mais aceitas. Enquanto a formulação com 65% de cacau apresentou menor aceitação.

A adição de até 55% de massa de cacau favoreceu a aceitação das formulações de chocolate ao leite de cabra, proporcionando características de textura, sabor e aroma agradáveis aos consumidores. De maneira geral, a formulação contendo 45% de massa de cacau apresentou maior aceitação e a formulação com 65% de massa de cacau obteve menor aceitação, sugerindo que o intenso gosto amargo teve efeito negativo para aceitação das formulações de chocolate.

Analisando os mapas de preferência de todos os atributos avaliados em relação às quatro formulações de chocolates, comparando-se estes resultados com as médias de julgamentos das amostras (Tabela 16) e os dados de intenção de compra (Figura 17), foi possível inferir que os chocolates, independente da concentração de cacau presente, constituem-se boas alternativas de mercado, uma vez que apresentaram médias de julgamentos para impressão global de 7,16 (escala de 9 pontos). Isto demonstrou a importância dos resultados obtidos, já que foram produtos com boa aceitação no mercado, reforçando a ideia da utilização de leite de cabra na elaboração de chocolates, visando à agregação de valor para esse tipo de leite e o aproveitamento dos benefícios deste alimento.

## 6. CONCLUSÃO

As formulações de chocolate ao leite de cabra estudadas apresentaram diferenças para acidez, pH, umidade, cinzas, lipídeos e proteínas, ocorridas provavelmente devido ao aumento da massa de cacau nas formulações.

As formulações de chocolate apresentaram comportamento tixotrópico, no estudo reológico, descrito pela diferença entre as curvas de fluxo. Todas as formulações, independente do teor de cacau apresentaram comportamento de Herschl-Bulkley com tensão inicial.

As superfícies dos chocolates apresentaram características próprias com diferentes formas e irregularidades.

Onze atributos sensoriais foram levantados por meio de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ): brilho, cor marrom, aroma de manteiga de cacau, aroma de chocolate, dureza, derretimento, gosto doce, gosto ácido, residual de leite de cabra, gosto amargo e sabor de chocolate. A Análise de Componente Principal (ACP) permitiu uma melhor visualização dos resultados, mostrando que todos os atributos avaliados conseguiram discriminar as amostras.

Verificou-se no teste sensorial de aceitação que as formulações de chocolate de leite de cabra foram bem avaliadas para todos os atributos. No geral, a formulação com 45% de cacau apresentou os melhores resultados sensoriais para os atributos de sabor e impressão global ficando classificada entre “gostei moderadamente” e “gostei muito” e obtendo cerca de 42,5 % de avaliações para a escala de atitude “decididamente eu compraria”.

Os chocolates de leite de cabra elaborados apresentaram boas características de qualidade e foram bem aceitos sensorialmente, sendo uma alternativa de valorização para o mercado caprino e mais uma opção de consumo para as pessoas. A formulação contendo 45% de massa de cacau seria a mais indicada para ser desenvolvida e inserida no mercado.

## 7. REFERÊNCIAS

ABICAB. Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados. Disponível em: <<http://www.abicab.org.br/associado-chocolate-e-cacau/historia/>> Acesso em 15/07/2014.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NRB 12806**: Análise Sensorial dos alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 8 p., 1993.

AFOAKWA, E. O., PATERSON, A., FOWLER, M. Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review. Trends in **Science & Technology**, v. 18, p. 290–298, 2007.

AFOAKWA, E. O.; PATERSON, A.; FOWLER, M.; RYAN, A. Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate: A Critical Review. **Food Science and Nutrition**, v. 48, p. 840-857, 2008a.

AFOAKWA, E. O.; PATERSON, A.; FOWLER, M.; VIEIRA, J. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. **Journal of Food Engineering**, v. 87, p. 181-190, 2008b.

AFOAKWA, E. O.; PATERSON, A.; FOWLER, M.; VIEIRA, J. Microstructure and mechanical properties related to particle size distribution and composition in dark chocolate. **Journal of Food Engineering**, v. 44, p. 111-119, 2009.

AFOAKWA, E. O. **Chocolate Science and Technology**. England: Wiley-Blackwell, 2010, 234 p.

ALAMPRESE, C.; DATEI, L.; SEMERARO, Q. Optimization of processing parameters of a ball mill refiner for chocolate. **Journal of Food Engineering**, v. 83, p. 629–636, 2007.

ALMEIDA, A. A. P. **Atividade antimicrobiana de extratos e de compostos fenólicos e nitrogenados do café: avaliação in vitro e em modelo alimentar.** Tese de Doutorado. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 135p.

AMARAL, D. S.; AMARAL, D. S.; NETO, L. G. M. Tendências de Consumo de leite de cabra: enfoque para a melhoria da qualidade. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, p. 39-42, 2011.

ANDRAE-NIGHTINGALE, L. M.; LEE, S. Y.; ENGESETH, N. J. Textural changes in chocolate characterized by instrumental and sensory techniques. **Journal of Texture Studies**, v. 40, p. 427 – 444, 2009.

ANJO, V. D. A. Reologia de requeijão cremoso e outros queijos fundidos. In: VANDENDER, A. G. F. et al. **Requeijão Cremoso e Outros Queijos Fundidos: Aspectos de Qualidade, Processamento, Rotulagem, Legislação e Mercado.** Seminário ITAL/TECNOLAT, Campinas, cap.12, 2000.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Resolução número 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 de julho de 1978. Seção I, parte 1, p. 11499-11527. Aprova Normas Técnicas Especiais do Estado de São Paulo, Reativas a Alimentos (e Bebidas). Corrigidas pelo Comunicado número 37/80 da Divisão Nacional de Normas e Vigilância Sanitária de Alimentos.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regulamento Técnico de produção, identidade e qualidade do leite de cabra. Instrução Normativa nº 37 de 31 de outubro de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 264, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Chocolate e Chocolate Branco. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2005.

BOURNE, M. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2002. 415 p.

CANIELLO, M. **A caprinocultura e o desenvolvimento do Semiárido: uma proposta para a UFCEG**. Disponível em: < <http://www.cdsa.ufcg.edu.br> > Acesso em: 01/06/2014.

CARNEIRO, A. P. G.; FONTELES, T. V.; COSTA, M. G. M.; ROCHA, E. M. F. F.; RODRIGUES, M. C. P. Parâmetros de textura em barras de chocolate ao leite. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 22, p. 259-264, 2011.

CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Disponível em: < [http://www.ceplac.gov.br/radar/radar\\_cacau.htm](http://www.ceplac.gov.br/radar/radar_cacau.htm)>. Acesso em 15/07/2014.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas**. Viçosa, MG. Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2005, 81p.

CHEN, L.; OPARA, U. L. Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A review. *Food Research International*, v. 51, p. 823-835, 2013.

CHIARAMONTE, T. **Crescimento e caracterização de estruturas de baixa dimensionalidade para aplicações no espectro visível**. Tese de Doutorado. Campinas: UNICAMP, 2007, 102p.

CIE. Commission Internationale de L'Éclairage. **Colorimetry**. Vienna: CIE publication, 2º ed., 1996.

COHEN, K. O.; LUCCAS, V.; JACKIX, M.N.H. Revisão: Temperagem ou pré cristalização do chocolate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.7, p. 23-30, 2004.

CORDEIRO, P. R. C. Mercado do leite de cabra e de seus derivados. **Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária**, Brasília/DF, Ano XII, n. 39, 2006.

COSTA, L. P. **Caracterização do perfil sensorial e nutricional de chocolates comerciais através da Espectroscopia de infravermelho e calibração multivariada**. Dissertação de Pós-Graduação. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2011. 80p.

COSTA, R. G.; QUEIROGA, R. C. R. E.; PEREIRA, R. A. G. Influencia do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 307-321, 2009.

CUNHA, K. M.; QUAST, L. B.; LUCCAS, V. Influência da adição de lecitina de soja e do poliglicerol poliricinolato nas propriedades reológicas do chocolate. **BOLETIM CEPPA**, Curitiba, v. 28, p. 321-330, 2010.

DEWAR, R.J.; JOYCE, M.J. The thixotropic and rheopectic behaviour of maize starch and maltodextrin thickeners used in dysphagia therapy. **Carbohydrate Polymers**, v. 65, p. 296–305, 2006.

DIMICK, P. S.; HOSKIN, J. M. Chemico-physical Aspects of Chocolate Processing – A Review. **Journal of Canadian Institute of Food Science and Technology**. v. 14, p. 269-282, 1981.

DO, T. A. L.; HARGREAVES, J. M.; WOLF, B.; HORT, J., MITCHELL, J. R. Impact of Particle Size Distribution on Rheological and Textural Properties of Chocolate Models with Reduced Fat Content. **Journal of Food Science**, v. 72, p. 541-552, 2007.

DUBEUF, J. P. Structural, market and organizational conditions for developing goat dairy production systems. **Small Ruminant Research**, v. 60, p. 67–74, 2005.

DUDKIEWICZ, A.; TIEDE, K.; LOESCHNER, K.; JENSEN, L. H.; JENSEN, E.; WIERZBICKI, R.; BOXALL, A. B. A.; MOLHAVE, K. Characterization of nanomaterials in food by electron microscopy. Trends in **Analytical Chemistry**, v. 30, p. 28-43, 2011.

EFRAIM, P.; TUCCI, M. L.; PEZOA-GARCÍA, N. H.; HADDAD, R.; EBERLIN, M.N. Teores de Compostos Fenólicos de Sementes de Cacaueiro de Diferentes Genótipos. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 9, p. 229-236, 2006.

EFRAIM, P.; PEZOA-GARCÍA, N. H.; JARDIM, D. C. P.; NISHIKAWA, A.; HADDAD, R.; EBERLIN, M. N. Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitação sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 142-150, 2010.

EFRAIM, P.; ALVES, A. B., JARDIM, D. C. P. Revisão: Polifenóis em cacau e derivados: teores, fatores de variação e efeitos na saúde. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 14, p. 181-201, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Caprinos & Ovinos em Revista**, Sobral/CE, Ano VI, n. 09, 2013.

FAÇA, T. AL.; VIEIRA, J.; HARGREAVES, J. M.; JUNIOR, M.; WOLF, B. Structural characteristics of cocoa particles and their effect on the viscosity of reduced fat chocolate. **Food Science and Technology**, v. 44, p. 1207-1211, 2011.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Banco de dados FAOSTAT**. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/> > Acesso em: 03/06/2014.

FERNANDES, V. A.; MULLER, A. J.; SANDOVAL, A. J. Thermal, structural and rheological characteristics of dark chocolate with different compositions. **Journal of Food Engineering**, v. 116, p. 97-108, 2013

FERREIRA, A. A. P. Microscopia de força atômica aplicada em imunoenaios. **Química Nova**, v. 29, p. 137-142, 2006.

FERREIRA, A. C. R.; AHNERT, D.; NETO, B. A. M.; MELLO, D. L. N. **Guia de Beneficiamento de Cacau de Qualidade**. Instituto Cabruca. Ilhéus/Bahia, 2013. 52p.

FILHO, G. C. **Medidas do perfil da permissividade elétrica em interfaces sólido-líquido, usando microscopia de força atômica**. Tese de Doutorado. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física, 2001. 104p.

Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical **Manual Online**, 2005. Disponível em: <http://www.cfsan.fda.gov/ebam/bam-5.html> Acesso em 28/07/2014.

GEISE, J. Developments in beverage additives. **Food Technology**, v. 49, p. 64-72, 1995.

GLICERINA, V.; BALESTRA, F.; ROSA, M. D.; ROMANI, S. Effect of manufacturing process on the microstructural and rheological properties of milk chocolate. **Journal of Food Engineering**, 2014.

GOMES, J. J. L.; DUARTE, A. M.; BATISTA, A. S. M.; FIGUEIREDO, R. M. F.; SOUSA, E. P.; SOUZA, E. L.; QUEIROGA, R. C. R. E. Physicochemical and sensory properties of fermented dairy beverages made with goat's milk, cow's milk and a mixture of the two milks. **Food Science and Technology**, v. 54, p. 18 – 24, 2013.

GÓMEZ-RUIZ, J. A.; MIRALLES, B.; AGÜERA, P.; AMIGO, L. Quantitative determination of  $\alpha_{s2}$ - and  $\alpha_{s1}$ -casein in goat's milk with different genotypes by capillary electrophoresis. **Journal of Chromatography A**, v. 1054, p. 279-284, 2004.

GONÇALVES, A. L.; LANA, R. P.; VIEIRA, R. A. M.; HENRIQUE, D. S.; MANCIO, A. B.; PEREIRA, J. C. Avaliação de sistemas de produção de caprinos leiteiros na região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 366-376, 2008.

GREPPI, G. F., RONCADA P.; FORTIN R. Protein Components of Goat's Milk. **Dairy Goats Feeding and Nutrition**, 2008.

HOLDSWORTH, S. D. Rheological models used for the prediction of the flow properties of food products: a literature review. **Transactions of the Institution of Chemical Engineers**, v. 71, p. 139-179, 1993.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/ Pesquisa Pecuária Municipal, **Banco de Dados SIDRA**. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br> > Acesso em 03/06/2014.

IEGGLI, C. V. S.; BOHRER, D.; NASCIMENTO, P. C.; CARVALHO, L. M. Determination of sodium, potassium, calcium, magnesium, zinc and iron in emulsified chocolate samples by flame atomic absorption spectrometry. **Food Chemistry**, v. 124, p. 1189-1193, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 3. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

JÚNIOR, W. R. P. **Efeito do congelamento do leite de cabra obtido em diferentes estágios de lactação sobre a qualidade de queijo minas frescal**. Dissertação de Pós-Graduação. Itapetinga: UESB, 2012. 82 p.

KONKEL, F. E.; OLIVEIRA, S. M. R.; SIMÕES, D. R. S.; DEMIATE, I. M. Avaliação Sensorial de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de amido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, p. 249-254, 2004.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L.; AMARAL, R. L. Formulação de chocolate de cupuaçu e reologia do produto líquido. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 38, p. 463-469, 2002.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L.; GIOIELLI, L. A. Physical interactions between cupuassu and cocoa fats. **Grasas y Aceites**, v. 54, p. 253-258, 2003.

LEITE, P. B. **Caracterização de chocolates provenientes de cultivares de cacau *Theobroma cacao* L resistentes a vassoura de bruxa**. Dissertação de Pós-Graduação. Salvador: UFBA, 2012. 187 p.

LEITE, P. B.; BISPO, E. S.; SANTANA, L. R. R. Sensory profiles of chocolates produced from cocoa cultivars resistant to *Moniliophthora Perniciosa*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 594-602, 2013.

LUCCAS, V.; KIECKBUSCH, T. G. Estudo comparativo do polimorfismo da gordura de cupuaçu e da manteiga de cacau por calorimetria diferencial de varredura (DSC). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, p. 63-68, 2006.

MARTINS, J. M.; SANTOS, J. H. F.; SILVA, W. S.; SILVA, V. B.; ARRUDA, J. A. P.; NASCIMENTO, J. A. R.; DORTAS, L. C.; FREITAS, A. J. A.; RAMOS, A. A. **Melhoria da Qualidade de Cacau**. CEPLAC/CENEX. Ilhéus/Bahia, 2012. 45p.

MCCLEMENTS, D. J. Emulsion design to improve the delivery of functional lipophilic components. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 1, p. 241-269, 2010.

MELLO, F. M. **Chocolate meio amargo contendo substituintes da sacarose e redução do teor de gordura: caracterização sensorial por análise descritiva quantitativa e análise tempo-intensidade**. Dissertação de Mestrado. Campinas: FEA, 2005. 95p.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 2 ed. Viçosa, MG. Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2010, 308p.

MUCCILLO, R. C. S. T. **Caracterização e avaliação de amido nativo modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas**. Tese de Doutorado. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 156p.

MUNDIM, S. A. P. **Elaboração de iogurte funcional com leite de cabra, saborizado com frutos do cerrado e suplementado com inulina**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008. 133p.

NORONHA, J. F. Análise sensorial - Metodologia. 2003. Disponível em: < [http://www.esac.pt/noronha/A.S/Apontamentos/sebenta\\_v\\_1\\_0.pdf](http://www.esac.pt/noronha/A.S/Apontamentos/sebenta_v_1_0.pdf) >. Acesso em: 02/08/2014.

OETTERER, M.; REGITANO-d'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Editora Manole, 2006, 612p.

OLIVEIRA, A. P. V.; FRASSON, K.; YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T. Medida Instrumental de cor em sobremesas lácteas de chocolate: uma técnica de baixo custo e versátil utilizando câmara digital. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, p. 191-196, 2003.

OLIVEIRA, A. P. V.; BENASSI, M. T. Avaliação sensorial de pudins de chocolates com açúcar e dietéticos por perfil livre. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 146-154, 2010.

PAIVA, L. B. **Estudos das propriedades de nanocompósitos de polipropileno/polipropileno grafitizado com anidrido maleico e montmorilonita organofílica**. Dissertação de Mestrado. Campinas: UNICAMP, 2005. 125p.

PARK, J. M.; RAMOS M.; HAENLEIN G. F. W. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research** , v. 68, p. 88-113, 2007.

PETRI, H. M. Reologia ajuda a determinar as propriedades dos alimentos. **Engenharia de Alimentos**, n.30, 2000.

QUAST, L. B.; LUCCAS, V.; DEMIATE, I. M.; SANTOS, R. D.; QUAST, E.; KIECKBUSCH, T. G. Avaliação de propriedades térmicas de manteiga de cacau e gorduras alternativas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, p. 387 – 397, 2011.

QUEIROGA, R. C. R. E.; SANTOS, B. M.; GOMES, A. M. P.; MONTEIRO, M. G.; TEIXEIRA, S. M.; SOUZA, E. L.; PEREIRA, C. J. D.; PINTADO, M. M. E.; Nutritional, textural and sensory properties of Coalho cheese made of goats', cows' milk and their mixture. **Food Science and Technology**, v. 50, p. 538 – 544, 2013.

RAMLI, N.; ZAWAWI, N. Z. A.; MOHD, Z.; IDRIS, N. A. Sensory Evaluation and Physical Characteristics of Chocolate Using Goat's Milk. **International Journal of Dairy Science**, v. 1, p. 146-154, 2006.

RAO, M.A. Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications. 2.ed. New York: Springer, 2007. 481p.

RIBEIRO, A.C.; RIBEIRO S. D. A. Specialty products made from goat milk. **Small Ruminant Research**, v. 89, p. 225 – 233, 2010.

RICHTER, M.; LANNES, S. C. S. Ingredientes usados na indústria de chocolates. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, p. 357-369, 2007.

RICHTER, V. B.; ALMEIDA, T. C. A., PRUDENCIO, S. H.; BENASSI, M. T. Proposing a ranking descriptive sensory method. **Food Quality and Preference**, Elsevier, v. 21, p. 611-620, 2010.

RONCADA, P.; PIRAS, C.; SOGGIU, A.; TURK, R.; URBANI, A.; BONIZZI, L. Farm animal milk proteomics. **Journal of Proteomics**, v. 75, p. 4259-4274, 2012.

ROUSSEAU, D. On the porous mesostructure of milk chocolate viewed with atomic force microscopy. **LWT**, Amsterdam, v.39, p.852–860, 2006.

SAMPAIO, S. C. S. **Chocolate meio amargo produzido de amêndoas de cacau fermentadas com polpa de cajá, cupuaçu ou graviola: características físico-químicas, reológicas e sensoriais**. Dissertação de Pós-Graduação. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 80 p.

SANZ SAMPELAYO, M. R.; CHILLIARD, Y.; SCHMIDELY, P. H.; BOZA, J. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, p. 42–63, 2007.

SCHUMACHER, A. B. **Desenvolvimento de um chocolate meio amargo com maior percentual de proteína**. Dissertação de Pós-Graduação. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 91p.

SCHUMACHER, A. B.; DINIZ, R. D.; CARDOZO, N. S. M.; MARCZAK, L. F. D. Estudo da Tixotropia em Chocolates. **Seminário do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química**, 2009.

SERVAIS, C.; RANC, H.; ROBERTS, I. D. Determination of Chocolate viscosity. **Journal of Texture Studies**, v. 34, p. 476 – 497, 2004.

SEVENTY PERCENT. Review guide. Disponível em:

< <http://www.seventypercent.com/info/review-guide/> >. Acesso em: 02/08/2014.

SILVA, R. C. S. N.; MINIM, V. P. R.; CARNEIRO, J. D. S.; NASCIMENTO, M.; LUCIA, S. M. D.; MINIM, L. A. Quantitative sensory description using the Optimized Descriptive Profile: Comparison with conventional and alternative methods for evaluation of chocolate. **Food Quality and Preference**, v. 30, p. 169-179, 2013.

SILVA, P. D. L.; BEZERRA, M. F.; SANTOS, K. M. O.; CORREIA, R. T. P. Potentially probiotic ice cream from goat's milk: Characterization and cell viability during processing, storage and simulated gastrointestinal conditions. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 1-6, 2014.

SONWAI, S.; ROUSSEAU, D. Controlling fat bloom formation in chocolate – Impact of milk fat on microstructure and fat phase crystallization. **Food Chemistry**, v. 119, p. 286-297, 2010.

STONE, H., SIDEL, J. L., OLIVER, S., WOOLEY, A., SINON, R. C. Sensory evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. **Food Technology**, v. 28, p. 24-34, 1974.

SUZUKI, R. M. **Composição química e quantificação de ácidos graxos em chocolates, achocolatados em pó, bebidas achocolatadas e sorvetes de chocolate**. Dissertação de Pós-Graduação. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2009. 114p.

SVANBERG, L.; AHMÉ, L.; LORÉN, N.; WINDHAB, E. Effect of sugar, cocoa particles and lecithin on cocoa butter crystallisation in seeded and non-seeded chocolate model systems. **Journal of Food Engineering**, v. 104, p. 70-80, 2011.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Elsevier, v. 13, p. 215-225, 2002.

TEIXEIRA, L. J. Q.; ALMEIDA, M. F. L.; LUCIA, S. M. D.; TOSTES, M. G. V. **Ciência de Alimentos, Nutrição e Saúde: Avanços e Perspectivas**. Alegre, ES: CAUFES, 2009, 301p.

VRIESMANN, L. C., Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): structural characterization of a pectic fraction. **Carbohydrate Polymers**, p. 2-4, 2008.

TADROS, T.F. **Rheology of dispersions: principles and applications**. Weinheim: Wiley-VCH, 2010. 199p.