



Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Química  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química



## TESE DE DOUTORADO

Desenvolvimento de Sorvete Probiótico à Base de Leite de  
Cabra: Estudo da Formulação, Características Físico –  
Químicas, Sensoriais e Viabilidade das Bactérias Probióticas

Priscilla Diniz Lima da Silva

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dra. Roberta Targino Pinto Correia  
Coorientadora: Prof<sup>ª</sup> Dra. Karina Olbrich dos Santos.

Natal / RN  
Fevereiro / 2011

**Priscilla Diniz Lima da Silva**

**Desenvolvimento de Sorvete Probiótico à Base de Leite de  
Cabra: Estudo da Formulação, Características Físico –  
Químicas, Sensoriais e Viabilidade das Bactérias Probióticas**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Química, sob a orientação da Prof<sup>a</sup> Dra. Roberta Targino Pinto Correia e coorientação da Prof<sup>a</sup> Dra. Karina Olbrich dos Santos.

Natal / RN  
Fevereiro / 2011

Catálogo da Publicação na Fonte.  
UFRN / CT / PPGEQ  
Biblioteca Setorial "Professor Horácio Nicolas Solimo".

Silva, Priscilla Diniz Lima da.

Desenvolvimento de sorvete probiótico à base de leite de cabra: estudo da formulação, características físico-químicas, sensoriais e viabilidade das bactérias probióticas / Priscilla Diniz Lima da Silva. - Natal, 2011.

120 f.: il.

Orientadora: Roberta Targino Pinto Correa.

Co-orientadora: Karina Olbrich dos Santos.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

1. Sorvete - Alimento funcional - Tese. 2. *Bifidobacterium* - Bactéria probiótica - Tese. 3. Leite de cabra - Tese. I. Correa, Roberta Targino Pinto. II. Santos, Karina Olbrich dos. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BSEQ

CDU 663.67(043.2)

**SILVA, Priscilla Diniz Lima** – Desenvolvimento de Sorvete Probiótico a Base de Leite de Cabra: Estudo da Formulação, Características Físico – Químicas, Sensoriais e Viabilidade das Bactérias Probióticas. Tese de Doutorado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Área de Concentração: Engenharia Química, Sub-Área: Tecnologia e Engenharia de Alimentos. Natal – RN, Brasil.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Roberta Targino Pinto Correia (DEQ/UFRN)

**Co-orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Karina Olbrich dos Santos (EMBRAPA/ CNPC)

---

**RESUMO:** O presente trabalho teve o objetivo de estudar a produção de sorvete elaborado com leite caprino com adição da bactéria probiótica *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*. Foi estruturado em duas etapas. Inicialmente foram avaliadas quatro formulações de sorvete, nas quais foi utilizada gordura vegetal hidrogenada (F1 e F3) e substituto de gordura (F2 e F4) em dois sabores (F1 e F2, maracujá; F3 e F4, goiaba). Os cálculos de densidade aparente e *overrun* foram feitos levando em consideração as especificações da RDC n.º. 266 de setembro de 2005. Também foram realizadas determinações de pH, acidez total titulável e sólidos totais, sólidos solúveis e resíduo por incineração, método Kjeldahl para determinação de proteína bruta, lipídios, açúcares redutores e totais. Além destas análises foram realizados o teste de derretimento e as análises microbiológicas nos sorvetes elaborados. As formulações apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) quanto à composição físico-química, sobretudo no que diz respeito ao teor de sólidos totais e gordura, mas não foi observada influência da formulação sobre o perfil de derretimento das amostras. Quanto à avaliação sensorial, as quatro formulações apresentaram elevados índices de aceitação, sobretudo a formulação F4. Essa formulação foi selecionada para dar prosseguimento aos estudos, cujo objetivo foi estudar os procedimentos de elaboração do sorvete de leite de cabra com adição de *B. animalis* subsp. *lactis*. O pico de concentração celular ( $10,14 \log \text{ UFC/g}$ ) foi alcançado após quatro horas de cultivo sendo esse ponto escolhido para o procedimento de pré-fermentação e adição de *B. animalis* subsp. *lactis* na calda do sorvete. Foram avaliados dois grupos experimentais de sorvete caprino com adição de probióticos: o grupo G1, com adição das bifidobactérias antes da maturação e G2, com etapa de pré-fermentação e adição após a maturação. As propriedades físico-químicas dos dois grupos foram similares, com exceção do pH, cujo valor foi superior no grupo G2 ( $p < 0,05$ ). O grupo G1 apresentou maior ( $p < 0,05$ ) taxa de derretimento ( $3,566 \text{ mL/min}$ ) e ambos os tratamentos apresentaram padrões microbiológicos e sanitários dentro do exigido pela legislação vigente. Os dois grupos foram considerados aceitos sensorialmente, por exibirem níveis de aceitação superiores a 70% em todos os atributos verificados. Os perfis sensoriais das amostras G1 e G2 foram semelhantes ( $p > 0,05$ ), com elevados escores para os atributos cremosidade (6,76 a 6,91) e derretimento na boca (6,53 a 6,67), além de pontuação reduzida para o quesito areosidade (0,85 a 0,86), resultados considerados positivos para esse tipo de alimento. Foi observado decréscimo da população de *B. animalis* subsp. *lactis* após as primeiras 24 horas de produção com contagens de 7,15 e 6,92  $\log \text{ UFC/g}$  para G1 e G2, respectivamente. A contagem de bactérias probióticas apresentou variações ao longo do armazenamento congelado por 108 dias, sobretudo para o grupo G2. O grupo G1, por sua vez, apresentou queda de viabilidade durante os primeiros 35 dias de congelamento, leve variação entre 35 e 63 dias de armazenamento e tendência à estabilização após esse ponto. Após 21 dias sob armazenamento congelado, as amostras G1

e G2 apresentaram contagem de  $1,2 \times 10^9$  e  $1,3 \times 10^9$  UFC/porção, respectivamente, conforme determina a legislação para contagens mínimas por porção de comestíveis gelados. Por sua vez, ao final de 108 dias sob essas condições, as taxas de sobrevivência do *B. animalis* subsp. *lactis* do grupo G1 e G2 foram respectivamente, 94,26% e 81,10%. Após ser submetido a condições gástricas e entéricas simuladas *in vitro*, o sorvete com quatro meses de armazenamento do tratamento G2 apresentou contagem  $9,72 \times 10^5$  UFC/porção. Considerando o disposto pela legislação nacional vigente, segundo a qual um alimento com alegação funcional deve possuir contagem mínima probiótica entre  $10^8$  e  $10^9$  UFC/porção e existência de microrganismos viáveis após exposição às condições gastroentéricas, conclui-se que o sorvete com adição de *B. animalis* subsp. *lactis*, produzido no presente estudo, constitui alimento lácteo funcional.

**Palavras-chave:** leite de cabra; sorvete; probiótico, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*.

Priscilla Diniz Lima da Silva

**Desenvolvimento de Sorvete Probiótico a Base de Leite de Cabra: Estudo da  
Formulação, Características Físico – Químicas, Sensoriais e Viabilidade das Bactérias  
Probióticas**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - PPGEQ, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Química.

Aprovado (a) em 25 / fevereiro / 2011



Prof (ª) Dr (ª) Roberta Targino Pinto Correia  
Orientador(a) – UFRN



Prof (ª) Dr (ª) Karina Olbrich dos Santos  
Co-orientador (a) - EMBRAPA/ CNPC



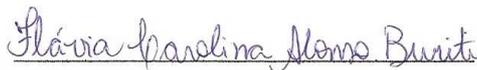
Prof (ª) Dr (ª) Karla Suzanne Florentino S. C.  
Damasceno  
Membro Interno – UFRN



Prof (ª) Dr (ª) Lisandra Mürmann  
Membro Interno - UFRN



Prof (ª) Dr (ª) Carmem S. Favaro-Trindade  
Membro Externo – FZEA/USP



Prof (ª) Dr (ª) Flávia Carolina Alonso Buriti  
Membro Externo - CNPq/FUNCAP/CNPC

**SILVA, Priscilla Diniz Lima – Caprine probiotic ice cream: Formulation, physical-chemical and sensory characterization and viability of probiotic bacteria. Doctorate Thesis, UFRN, Graduate program in Chemical Engineering, Area Chemical Engineering, concentration area Food Engineering and Technology, Natal – RN, Brazil.**

## **Abstract**

This work targetet the caprine ice cream production added with probiotic bacteria *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*. It is divided into two parts. In the first one, four caprine ice cream formulations were evaluated, in which it was used hydrogenated fat (F1 and F3) or fat substitute (F2 and F4) in two different flavors (F1 and F2, passion fruit, F3 and F4, guava). Statistical differences ( $p < 0.05$ ) were detected for their physical-chemical properties, mainly for total solids and fat, but no differences were observed for melting test results. When it went to sensory acceptance, all four ice cream formulations reached high acceptance indexes, mostly formulation F4, which was selected for further studies. In the second part, F4 formulation was prepared with the addition of probiotic bacteria *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*. The growth kinetics was studied and it was observed that the cellular concentration peak was reached after four fermentation hours (10.14 log UFC/g). This time was selected for pre-fermentation procedure and posterior addition at ice cream syrup. In this part of the study, two experimental groups were evaluated: group G1, in which the probiotic addition occurred before the maturation step and group G2, which included a pre-fermentation step and probiotic addition after ice cream maturation. The physical-chemical properties of these two ice cream groups were similar, except for pH, which was higher for group G2 ( $p < 0.05$ ). G1 samples had superior melting rate (3.566 mL/min) and both groups presented microbiological and sanitary results in accordance to current Brazilian legislation. Also, G1 and G2 were considered sensory accepted due to their acceptance indexes higher than 70%. G1 and G2 sensory profiles were similar ( $p > 0.05$ ), and both ice cream samples exhibited high creaminess (6.76 to 6.91) and mouth melting sensation (6.53 to 6.67) scores, while low sandiness scores (0.85 to 0.86) were observed, positive characteristics for this kind of food product. During the first 24 hours after ice cream production, the population of *B. animalis* subsp. *lactis* decreased, reaching 7.15 e 6.92 log CFU/g for G1 and G2, respectively. Probiotic bacteria counts fluctuated in ice cream samples during the first 108 days at frozen storage, especially for G2 group. Decreased probiotic viability was observed for G1 samples during the first 35 days of frozen storage, mild variation between 35 and 63 days and stabilized counts were observed after this time. After 21 days at frozen storage, ice cream samples of G1 and G2 groups reached  $1.2 \times 10^9$  and  $1.3 \times 10^9$  CFU/portion, respectively. After 108 days under these storage conditions, the survival rate of *B. animalis* subsp. *lactis* was 94.26% and 81.10% for G1 and G2 samples, respectively. After simulation of gastroenteric conditions, G2 group reached  $9.72 \times 10^5$  CFU/portion. Considering the current requirements of Brazilian legislation, which stipulates that functional foods must have minimum probiotic count between  $10^8$  and  $10^9$  CFU/portion and detectable probiotic bacteria after being submitted to gastroenteric conditions, it is concluded that the ice cream with the addition of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* made as shown in this work, can be considered as a dairy functional food.

**Keywords:** caprine milk, ice cream, probiotics, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*.

***Tocando em Frente***

*Ando devagar*

Porque já tive pressa  
E levo esse sorriso  
Porque já chorei demais  
Hoje me sinto mais forte,  
Mais feliz, quem sabe  
Eu só levo a certeza  
De que muito pouco sei,  
Ou nada sei  
Conhecer as manhas  
E as manhãs  
O sabor das massas  
E das maçãs  
É preciso amor  
Pra poder pulsar  
É preciso paz pra poder sorrir  
É preciso a chuva para florir  
Penso que cumprir a vida  
Seja simplesmente  
Compreender a marcha  
E ir tocando em frente  
Como um velho boiadeiro  
Levando a boiada  
Eu vou tocando os dias  
Pela longa estrada, eu vou  
Estrada eu sou

.....

Todo mundo ama um dia,  
Todo mundo chora  
Um dia a gente chega  
E no outro vai embora  
Cada um de nós compõe a sua historia  
Cada ser em si  
Carrega o dom de ser capaz  
De ser feliz

.....

Ando devagar  
Porque já tive pressa  
E levo esse sorriso  
Porque já chorei demais  
Cada um de nós compõe a sua historia  
Cada ser em si  
Carrega o dom de ser capaz  
De ser feliz

Almir Sater e Renato Teixeira

## Dedicatória

Á Deus que me deu como maior presente a VIDA! E todos os dias me diz: NÃO TEMAS!! Eu estarei contigo todos os dias de sua existência.

À minha Mainha, por estar sempre tentando nos oferecer o melhor! Sei que temos nossas diferenças, mas EU TE AMO muito!

Á meu pai que apesar da ausência se mostrou, nos últimos tempos, disposto a mudar e fazer a diferença dentro de uma família, NUNCA deixei de te amar!

## **Agradecimentos**

À Deus, por me conceder o dom da sabedoria, sem a sua preciosa presença nada seria possível. Ele esteve presente em todos os momentos da minha vida de forma real e marcante. E a cada dificuldade me mostrava que eu poderia pegar uma folha em branco e reescrever minha vida, recomeçar. Nenhum dia destes quatro anos foi fácil e quantas vezes pensei em desistir, mas Deus me segurava e não deixava eu abandonar o barco e foi graças a estas dificuldades que hoje eu sou o que sou, pois realmente aprendi que Deus não nos dá um fardo maior do que podemos suportar carregar. Posso afirmar que tudo foi feito com amor, dedicação e respeito.

À Virgem Maria, senhora do silêncio a mãe do impossível. Em seu colo me senti amada e protegida durante todos estes anos de estudos e dedicação.

À minha família pelo incentivo, paciência, apoio e aconchego, compartilhando os momentos de alegria e me ajudando a vencer e superar todos os momentos difíceis, enfrentados durante a realização deste trabalho.

A meus pais que perante tantas dificuldades, conflitos estavam ali da forma deles me apoiando, incentivando, rezando e no silêncio dos seus corações chorando por mim.

A meus sobrinhos que quantas vezes me viram chorando e era com um sorriso que me acolhiam, entre uma travessura e outra.

A Carlos Bernadino que ao entrar na minha vida de mansinho tem me ensinado muitas virtudes, dentre elas a paciência e o silenciar. Obrigada por todas as ajudas nas horas aperreadas quando a net não queria funcionar, seu carinho, seu olhar, seu jeito de fazer sorrir, te adoro.

A Professora Dra Roberta Targino por mais esta oportunidade de aperfeiçoamento, por ter sido ser a primeira a me encaminhar na pesquisa, pelo apoio dedicado, pela paciência, conselhos, ensinamentos compartilhados, pela motivação, pela orientação na execução deste trabalho e por não ter desistido perante os obstáculos aparecidos pelo caminho.

À amiga e professora Dra. Margarida Maria Magalhães dos Anjos pelo início da orientação deste trabalho, por mais uma vez fazer parte de minha formação profissional, pela amizade construída há anos e principalmente pela confiança depositada em mim.

À Dra Karina pela co-orientação deste trabalho, por ter ajudado bastante na parte de probióticos, complementando assim a execução do trabalho, pela amizade construída e principalmente pela confiança depositada em mim.

A Magdiely pela amizade, cumplicidade e pelas vezes que tive que trabalhar fins de semanas e elas estavam ali me ajudando, e foram muitos!

Ao Diogo e estagiárias do laboratório de alimentos da Embrapa Caprinos e Ovinos de Sobral-CE.

A Flávia Buriti por todos os ensinamentos, correções e compreensão durante o experimento e a defesa.

Ao Departamento de Agropecuária, na pessoa de Professor Dr. Gerbson que me recebeu muito bem entre o corpo docente do curso de Zootecnia e me proporcionou um momento impar na minha formação acadêmica.

A todos os professores da Zootecnia da UFRN, não tenho palavras para expressar o quanto foi gratificante para eu trabalhar com vocês durante este último ano de doutorado, aprendi muito como profissional e como gente.

Aos Professores e amigos Luciano Patto, Magda Guilhermino, Dinarte Aeda, Henrique, Adriano Rangel, Francisco Chagas, Priscila Vanini, Sergio Carvalho, Suziani, Chayene, Fátima Bezerra, Kátia Borges por toda ajuda com análise dos dados, amizade, cumplicidade, e carinho.

A todos meus alunos do curso de Zootecnia pelo carinho, paciência e atenção.

A Professora Dra. Karla Suzanne pela amizade, cumplicidade e ajuda nas análises microbiológicas, nunca vou esquecer seu desprendimento para ajudar-me.

A Michele Carvalho, minha grande e eterna amiga de confidencias, lágrimas, noites de trabalhos, desabafos por coração machucando, preocupações no trabalho, medo e angústias. Mesmo com aquele jeitinho relax. Sei que ela se preocupa comigo e estava disposta a esta sempre perto e me aconselhar, dar um abraço amigo...é difícil descrever como foi todo este tempo convivendo com você sendo tão diferente de você. Aprendi muito!

A Andréia, minha amiga desde criança, pela amizade, cumplicidade e a fé em um único Deus.

A galera da Fraternidade Discípulos da Mãe de Deus!!! Vocês foram e serão minha família!! Encontrei a partir de vocês Deus e Nossa Senhora cada vez mais viva e presente em minha vida! Como diria meu melhor amigo: os melhores amigos são a família que nós podemos escolher! Escolhi vocês!!!

A galera do Shalom: Priscyla, Zê Carlos, Sarah, Dani, Leonardo, enfim todos que também me mostraram que eu tenho um Deus vivo e presente em cada momento de minha vida!

A Carlos Magno Lima de Souza pela amizade e por tudo vivenciado nestes anos iniciais do doutorado, não poderia deixar de recordar das vezes que você me ajudou, preocupou e expressou sua admiração por mim.

A todos meus amigos que mesmo distante estavam torcendo por mim: Dr. Jonh, Dr. Renaldi, Dra. Cida, Marcio, Catita, Marlice, Ivete, Séfora, Leo Grav, Chris, Leo Zaquine

(*in memorium*) pelo carinho, confiança, lágrimas compartilhadas, confiança, por acreditar e confiar em mim acima de tudo!

A meus colegas quebra galhos, sempre disponíveis a me ajudar quando a internet resolve empacar: Jesus, Thiago, Ailton obrigada pela amizade e carinho.

A SÉFORA Andréia pela amizade, carinho e atenção família.

As minhas eternas amigas: Gerlane, Odisséia e Uliana. As saudades são enormes, o amor, carinho e a gratidão também, vocês que insistiram e me incentivaram a tentar o mestrado e por fim o doutorado e hoje este título também é de vocês, adoro vocês.

A todos os amigos da UFRN, que mesmo longe estavam presentes em cada segundo.

A todos que fazem parte da Embrapa Caprinos e Ovinos!!! Meu muitíssimo Obrigado!

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFRN, pelo contínuo aprimoramento no fornecimento dos seus serviços.

À empresa CAPRILAT na pessoa de Dr. Paulo pela doação do leite em pó, a Empresa DUAS RODAS pela doação dos insumos, ao PROMOCAPRI / FINEP/ SEBRAE por todo investimento em equipamentos e ao CNPq pela bolsa de estudos sem este apoio financeiro a pesquisa não teria acontecido.

A meus amigos, aqueles que permaneceram a meu lado nos momentos difíceis, e apesar de tantos problemas, continuaram a acreditar que eu conseguiria. Para aqueles que estão longe, nunca esquecerei dos telefonemas de força, cartas, emails; para os que estão perto, obrigada por perdoar minhas falhas e minhas ausências nas nossas datas.

A aqueles que não acreditaram, não incentivaram e que criaram ainda mais obstáculos para a realização de mais este sonho, meu muito obrigado! Vocês me ensinaram que preciso juntar realmente as pedras que vou encontrar pelo caminho e através delas construir um lindo e belo castelo e que nada que tenha como base o amor, verdade, honestidade, fé e acima de tudo DEUS pode ser destruído.

Não poderia deixar de lembrar de você que me ensinou a ver a vida desta forma: “estamos nesta vida para sermos felizes”, todo dia é dia de recomeçar, pedir perdão, sorrir, chorar, amar e fazer diferente; a pesquisa precisa exatamente disso: pessoas que façam a diferença.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização neste trabalho, meu muitíssimo obrigada!

## Sumário

<i>Abstract</i>	vii
<i>Dedicatória</i>	ix
<i>Agradecimentos</i>	x
<i>Lista de figuras</i>	xvi
<i>Lista de tabelas</i>	xviii
<i>Lista de equações</i>	xix
<i>Lista de nomenclaturas</i>	xx
<b>1. Introdução</b>	1
<b>2. Objetivos</b>	5
<b>3. Aspectos teóricos</b>	7
3.1 Caprinocultura Leiteira	7
3.2 Leite de Cabra: Leite de cabra: aspectos gerais e composição	9
3.3 Sorvete	14
3.3.1 Definição e legislação	14
3.3.2 Produção e consumo de sorvete no Brasil e no Mundo	15
3.3.3 Estrutura do Sorvete	16
3.3.4 Fabricação do sorvete	21
3.3.4.1 Ingredientes utilizados nos sorvetes e suas funções	22
3.3.4.2 Etapas do processo	26
3.3.4.2.1 Mistura	27
3.3.4.2.2 Homogeneização	28
3.3.4.2.3 Pasteurização	29
3.3.4.2.4 Maturação	29
3.3.4.2.5 Batimento e congelamento	30
3.3.4.2.6 Acondicionamento e embalagem	30
3.3.4.2.7 Congelamento final	31
3.3.4.2.8 Transporte e distribuição	31
3.4 <b>Alimentos funcionais</b>	31
3.4.1 Conceito e legislação	31
3.4.2 Microrganismos probióticos	33
3.4.2.1 Mecanismos de atuação dos microrganismos probióticos	35
3.4.2.2 Gênero <i>Bifidobacterium</i> spp e seu potencial probiótico	38
3.4.2.3 Possíveis efeitos colaterais causados por probióticos	39
3.4.2.4 Aspectos e desafios tecnológicos para a obtenção de alimentos funcionais probióticos	40
3.4.2.5 O desenvolvimento de sobremesas lácteas congeladas probióticas	42
<b>4. Materiais e métodos</b>	46
4.1 Materiais	46
4.2 Métodos	46
4.2.1 Etapa 1: testes preliminares para escolha da formulação	47
4.2.1.1 Elaboração do sorvete	47
4.2.1.2 Análise do produto	49
4.2.1.2.1 Cálculo da densidade aparente e do volume de incorporação de ar	49

	( <i>overrun</i> )	
4.2.1.2.2	Análises químicas	50
4.2.1.2.2.1	pH	50
4.2.1.2.2.2	Acidez total titulável	50
4.2.1.2.2.3	Determinação de Sólidos solúveis	51
4.2.1.2.2.4	Determinação de sólidos totais	51
4.2.1.2.2.5	Resíduo por incineração (cinzas)	51
4.2.1.2.2.6	Açúcares redutores e açúcares totais	52
4.2.1.2.2.7	Gordura	52
4.2.1.2.2.8	Proteína	53
4.2.1.2.3	Análises microbiológicas	54
4.2.1.2.4	Análises Físicas- Teste de derretimento ( <i>meltdown test</i> )	55
4.2.1.2.5	Análise Sensorial	56
4.2.1.2.5.1	Teste de aceitação utilizando escala hedônica	56
4.2.2	Etapa 2: Desenvolvimento do sorvete de leite de cabra potencialmente probiótica	57
4.2.2.1	Elaboração de sorvete <b>de leite de cabra com adição de probióticos</b>	57
4.2.2.2	Avaliação da cinética de multiplicação do <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> em leite de cabra e em sorvete	57
4.2.2.3	Definição da quantidade e condições de incorporação de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> ao produto	59
4.2.2.4	Análise do produto	60
4.2.2.4.1	Teste de aceitação utilizando escala hedônica	60
4.2.2.4.2	Análise descritiva quantitativa (ADQ)	61
4.2.2.4.3	Avaliação <i>in vitro</i> da resistência da cultura probiótica de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> às condições gástricas e entéricas durante a vida de prateleira dos sorvetes.	65
4.2.2.5	Análises estatísticas	66
5.	<b>Resultados e discussão</b>	68
5.1	Etapa 1: testes preliminares para escolha da formulação	68
5.1.1	Densidade aparente, <i>overrun</i> e caracterização físico-química dos sorvetes	68
5.1.2	Análises microbiológicas	71
5.1.3	Teste de derretimento ( <i>meltdown test</i> )	72
5.1.4	Análise sensorial	77
5.1.4.1	Avaliação sensorial	77
5.2	Etapa 2: Desenvolvimento do sorvete de leite de cabra potencialmente probiótica	79
5.2.1	Cinética de multiplicação e viabilidade do <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> (BLC 1) em leite de cabra	79
5.2.2	Densidade aparente, <i>overrun</i> e caracterização físico-química dos sorvetes	82
5.2.3	Análises microbiológicas	84
5.2.4	Análises Físicas- Teste de derretimento ( <i>meltdown test</i> )	84
5.2.5	Avaliação sensorial	86
5.2.5.1	Teste de aceitação sensorial utilizando escala hedônica	86

<b>5.2.5.2</b>	Análise descritiva quantitativa (ADQ)	88
<b>5.2.6</b>	Avaliação da cinética de multiplicação e viabilidade do <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> em sorvete de leite de cabra	91
<b>5.2.7</b>	Sobrevivência de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> no tratamento G2 frente às condições gástricas e entéricas simuladas <i>in vitro</i> em dois períodos de produção do sorvete	98
<b>5.2.7.1</b>	Avaliação do potencial funcional do sorvete de leite de cabra com adição de <i>B. animalis</i> subsp. <i>lactis</i>	100
<b>6.</b>	<b>Conclusões</b>	103
<b>7.</b>	<b>Referências</b>	105

## Lista de Figuras

Figura 3.1	Distribuição do rebanho caprino dentre as regiões brasileiras no ano de 2008.	8
Figura 3.2	Concentração dos principais ácidos graxos nos leites caprino, bovino e humano.	13
Figura 3.3	Consumo mundial de sorvete em 2009.	15
Figura 3.4	Produção mundial de sorvete em 2009.	16
Figura 3.5	Mecanismos de desestabilização de emulsões.	17
Figura 3.6	Formação da estrutura tridimensional do sorvete.	19
Figura 3.7	Efeito da adição de emulsificantes nas estruturas dos glóbulos de gordura.	20
Figura 3.8	Efeito de emulsificantes sobre o derretimento de sorvetes mediante a adição de diferentes emulsificantes: monodiglicerídeos (mdg) e polisorbato (ps) .	21
Figura 3.9	Fluxograma geral para fabricação de sorvetes.	27
Figura 3.10	Principais mecanismos de atuação dos probióticos na proteção e manutenção da saúde do hospedeiro.	37
Figura 4.1	Fluxograma de elaboração dos sorvetes de leite.	49
Figura 4.2	Esquema experimental do teste de derretimento.	55
Figura 4.3	Ficha de escala hedônica utilizada na análise sensorial.	56
Figura 4.4	Fluxograma geral de elaboração dos sorvetes de leite de cabra com a adição de probióticos.	58
Figura 4.5	Ficha de avaliação desenvolvida para análise sensorial de sorvete de goiaba elaborado a partir de leite de cabra e com adição de probióticos.	64
Figura 5.1	Comportamento da amostra F1 durante teste de derretimento.	73
Figura 5.2	Comportamento da amostra F2 durante teste de derretimento.	73
Figura 5.3	Comportamento da amostra F3 durante teste de derretimento.	74
Figura 5.4	Comportamento da amostra F4 durante teste de derretimento.	74
Figura 5.5	Perfil de derretimento de sorvete de leite de cabra preparado mediante diferentes formulações (F1, F2, F3 e F4).	76
Figura 5.6	Multiplicação do <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> em leite de cabra.	81
Figura 5.7	Perfil de derretimento dos sorvetes de leite de cabra sabor goiaba com adição de probióticos antes (G1) e após a maturação (G2).	85

Figura 5.8	Perfil sensorial das duas amostras de sorvete de leite de cabra sabor goiaba com adição de probióticos antes (G1) e após a maturação (G2) .	90
Figura 5.9	Contagem da bactéria probiótica <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> em amostras de sorvete dos grupos G1 e G2 produzidas a partir de leite de cabra durante as primeiras 24 horas após a produção.	95
Figura 5.10	População de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> (BLC 1) em amostras de sorvete dos grupos G1 e G2 produzidas a partir de leite de cabra durante 108 dias de armazenamento congelado ( $-18\pm 3^{\circ}\text{C}$ ).	96
Figura 5.11	Sobrevivência de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> em amostras de sorvete de leite de cabra do grupo G2 frente às condições gástricas e entéricas simuladas <i>in vitro</i> após 1 mês e 4 meses de armazenamento.	98

## Lista de Tabelas

Tabela 3.1	Valores médios para a composição química dos leites caprino, bovino e humano.	11
Tabela 3.2	Composição do leite em pó integral de cabra.	22
Tabela 3.3	Classificação dos sorvetes segundo seu teor de gordura.	23
Tabela 3.4	Exemplos de microrganismos descritos como possuidores de características probióticas segundo a ANVISA.	34
Tabela 3.5	Exemplos de produtos alimentícios lácteos adicionados de bactérias probióticas (principalmente o <i>Bifidobacterium</i> ) e potencialmente probióticas descritos na literatura.	42
Tabela 4.1	Formulações testadas para a elaboração de sorvete de leite de cabra.	47
Tabela 4.2	Definição dos termos descritivos e materiais de referências para sorvete de goiaba elaborado a partir de leite de cabra com adição de probióticos.	63
Tabela 5.1	Parâmetros físico-químicos, expressos em média (desvio padrão) dos sorvetes de leite de cabra elaborados segundo as formulações F1, F2, F3 e F4.	69
Tabela 5.2	Equações lineares e coeficientes de correlação obtidos para o teste de derretimento das formulações de sorvete caprino F1, F2, F3 e F4.	75
Tabela 5.3	Escores médios atribuídos ao sorvete elaborado com leite de cabra de acordo com as formulações F1, F2, F3 e F4.	78
Tabela 5.4	Índice de aceitação sensorial do sorvete elaborado com leite de cabra em pó nas formulações F1, F2, F3 e F4.	78
Tabela 5.5	Resultados da composição físico-química do sorvete de leite de cabra sabor goiaba com adição de probióticos antes (G1) e após a maturação (G2).	83
Tabela 5.6	Equações lineares e coeficientes de correlação obtidos para o teste de derretimento das formulações de sorvete caprino sabor goiaba nos tratamentos G1 e G2.	86
Tabela 5.7	Escores médios atribuídos aos sorvetes de leite de cabra sabor goiaba com adição de probióticos antes (G1) e após a maturação (G2).	87
Tabela 5.8	Índice de aceitação sensorial do sorvete elaborado com leite de cabra com adição de probióticos antes (G1) e após a maturação (G2).	88
Tabela 5.9	Escores médios atribuídos durante a análise descritiva quantitativa para amostras de sorvete de leite de cabra sabor goiaba com adição de probióticos antes (G1) e após a maturação (G2).	89

## Lista de Equações

Equação 4.1	Cálculo de densidade aparente.	49
Equação 4.2	Cálculo do volume de incorporação de ar ( <i>overrun</i> ).	50
Equação 4.3	Acidez total titulável.	50
Equação 4.4	Sólidos totais.	51
Equação 4.5	Resíduo por incineração (cinzas).	51
Equação 4.6	Proteína.	53

## Lista de Abreviaturas

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
ABIS	Associação Brasileira de Indústrias de Sorvete
mdg	monodiglicerídeos
ps	polisorbato
SNG	sólidos não-gordurosos
pH	Potencial hidrogeniônico
UFC	Unidade formadora de colônia
IgA	Imunoglobulina A
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
CNPC	Embrapa Caprinos e Ovinos
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ADQ	Análise descritiva quantitativa
IA	Índice de aceitação
rpm	Rotações por minuto
AR	Açúcares redutores
AT	Açúcares totais
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada