



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**EDUARDO LEONARSKI**

**OTIMIZAÇÃO DE GELEIA DE GUABIROBA (*Campomanesia  
xanthocarpa*) ADICIONADA DE PREBIÓTICO**

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2017**

**EDUARDO LEONARSKI**

**OTIMIZAÇÃO DE GELEIA DE GUABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa*)  
ADICIONADA DE PREBIÓTICO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção de grau de  
Bacharel em Engenharia de Alimentos da  
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vânia Zanella Pinto  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Larissa Canhadas Bertan

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2017**

**PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas**

Leonarski, Eduardo

OTIMIZAÇÃO DE GELEIA DE GUABIROBA (Campomanesia xanthocarpa) ADICIONADA DE PREBIÓTICO/ Eduardo Leonarski. -- 2017.

76 f.

Orientador: Vânia Zanella Pinto.

Co-orientador: Larissa Canhadas Bertan.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Engenharia de alimentos , Laranjeiras do Sul, PR, 2017.

1. Carotenoides. 2. Compostos fenólicos. 3. Fruto-oligossacarídeos. 4. Frutas nativas. 5. Fibra alimentar solúvel. I. Pinto, Vânia Zanella, orient. II. Bertan, Larissa Canhadas, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

**EDUARDO LEONARSKI**

**OTIMIZAÇÃO DE GELEIA DE GUABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa*)  
ADICIONADA DE PREBIÓTICO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras do Sul-PR.

Orientador: Professor Dr. Vânia Zanella Pinto

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 03 / 12 / 17

**BANCA EXAMINADORA**

*Vânillite*

Prof. Dr. Vânia Zanella Pinto

*Larissa C. Bertan*

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Larissa Canhadas Bertan

*Cátia dos Passos Francisco*

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catia Tavares dos Passos Francisco

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer excepcionalmente as duas pessoas mais importantes presentes na minha vida, a minha avó, Dona Lourdes e meu avô, Senhor Inácio, por todo o carinho, apoio, compreensão, conselhos e amor que vocês depositaram não só durante esta jornada, mas durante a minha vida toda. Estendo meus agradecimentos para todos os demais familiares que sempre me incentivaram a correr atrás dos meus objetivos.

As minhas professoras Vânia Zanella Pinto e Larissa Canhadas Bertan, serei sempre muito grato por toda a confiança depositada à mim para a elaboração deste trabalho, vocês foram muito importantes para a construção do mesmo. Agradeço também a professora Cátia Tavares dos Passos Francisco pela oportunidade de poder trabalhar no meu primeiro projeto de iniciação científica, o qual despertou o meu interesse pela área da pesquisa. Vocês três formam a tríplice trindade responsável por despertar em mim ainda mais a paixão pela Engenharia de Alimentos, por me fazerem acreditar no meu potencial e acreditar que ao me dedicar o máximo possível, no final, sempre terei resultados positivos. Hoje posso dizer que vocês são mais que professoras e tenho certeza de que sempre levarei vocês no meu coração. Adicionalmente, muito obrigado as professores Cátia e Larissa por aceitarem fazer parte da banca.

Agradeço em especial ao professor Gustavo Henrique Fidelis dos Santos por me ensinar a utilizar o *software* que utilizei para o desenvolvimento do trabalho e também pela parceria que foi construída nesses anos.

Sou muito grato também aos professores que tive oportunidade de ser monitor da suas disciplinas, Luciano Tormen, Carlos José Raupp Ramos, Thiago Bergler Bitencourt e Vivian Menezes. Agradeço também aos professores Andresa Freitas, Carlos Augusto Fernandes Dagnone, Cátia Tavares dos Passos Francisco, Eduarda Molardi Bainy, Gustavo Henrique Fidelis dos Santos, Larissa Canhadas Bertan, Leda Battestin Quast, Luciano Tormen, Marcos Felicetti, Marjory Xavier Rodrigues, Thiago Bergler Bitencourt e Vânia Zanella Pinto por todos os ensinamentos, conselhos e brincadeiras, sem sombra de dúvidas vocês deram o melhor de si e eu tenho orgulho de ter tido a oportunidade de aprender com vocês. Espero que o futuro nos reserve vários encontros, pois sentirei saudades!

Por último, agradeço a minha nova família que encontrei em Laranjeiras do Sul, o nosso sexteto que depois de um tempo virou quarteto, mas nunca deixou que faltasse amor e companheirismo em quaisquer que fossem os momentos. Pollyana Pellenz e

Tauana Mendes, nós sentimos muito a falta de vocês! Fernanda M. Rosário, Mayara Kuasnei e Thainara A. D. Vendruscolo, a graduação inteira a gente lutou junto e eu tenho orgulho em dizer que tudo que conquistamos foi em prol do nosso esforço, da nossa amizade. Eu desejo do fundo do meu coração que vocês obtenham muito sucesso, pois eu sei o quanto cada uma de vocês merecem. Obrigado por todos os momentos nos quais vocês me deram conselhos e me permitiram ser eu mesmo sem nenhum julgamento, me ajudaram e me fizeram rir como se não houvesse o amanhã. Não é à toa que somos o Quarteto Fantástico, todos somos fantásticos uns para os outros, e acredito que sempre seremos. Eu amo muito vocês!

Muito obrigado aos demais colegas de classe, Ana Camila, Flávia Sanches, Claudinei Alves, Cassio Cassim e Mateus Knapp, pelo companheirismo de todos esses anos, e em especial a Cintia que passou a integrar o nosso grupo. Agora quinteto (?).

Agradeço a Naiara Nobre dos Reis pelo auxílio e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho e também pela amizade. As minhas amigas que sempre levarei comigo Anna F. Moraes, Daniele Marcheseli, Larissa S. da Silva, Larissa Alves e Juliana Cabral, obrigado por tudo, sucesso na jornada de cada uma de vocês! Agradecimento em especial ao Thiago, amigo que foi muito importante para mim durante toda essa jornada.

Empresa Metachem, muito obrigado pela doação do FOS. E ao professor Edimir Andrade Pereira e a UTFPR pelo auxílio para realização da análise de TPA.

## RESUMO

A industrialização de frutas permite aumentar o período de oferta e garantir a disponibilidade em épocas sazonais, bem como, aproveitar o excedente da produção. O Sul do Brasil possui grande diversidade de frutas nativas, as quais apresentam boa capacidade de industrialização, porém são pouco exploradas. Entre as frutas nativas encontra-se a guabiroba, a qual apesar de apresentar pequeno interesse industrial, pode ser utilizada para a elaboração de diversos tipos de produtos, tais como a geleias. Estas em geral, possuem alto teor de sacarose (até 50%), e a redução deste ingrediente pela substituição total ou parcial por fibras dietéticas, com efeito, prebiótico como os fruto-oligossacarídeos (FOS), pode ser considerada uma boa estratégia. Com isso, objetivou-se neste trabalho otimizar formulações de geleia, seguindo um delineamento composto central rotacional (DCCR 2<sup>3</sup>). As variáveis independentes analisadas foram a concentração de sacarose em relação à concentração de FOS (S/FOS), concentração de pectina (P) e concentração de ácido cítrico (AC). Os efeitos sobre as variáveis respostas foram atividade de água, rendimento, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, cor instrumental (luminosidade, Croma e ângulo *hue*) e perfil de textura (adesividade e dureza). Após a análise dos resultados, as formulações otimizadas foram caracterizadas quanto ao teor de umidade, cinzas, proteína, lipídeos, carboidratos totais, açúcares redutores, atividade de água, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, teor de compostos fenólicos totais, carotenoides e ácido ascórbico. Os resultados obtidos através do DCCR, indicaram que a concentração de ácido cítrico exerceu efeito linear com relação ao pH e a acidez das geleias, sendo que a acidez também sofreu efeito quadrático da concentração de S/FOS. Pôde-se verificar também que quanto maior a concentração de ácido cítrico menor foi o pH e maior foi a acidez das geleias. Já a pectina exerceu efeito linear para a dureza das geleias. Assim, constatou-se que as amostras contendo 0,5% e 1% de pectina foram suficientes para a formação do gel, sendo ambas as concentrações definidas como adequadas. As formulações otimizadas (F2, F6 e F9) e submetidas à análise da composição química apresentaram diferença apenas com relação à umidade, na qual a F9 (contendo 1% de pectina e ácido cítrico, e proporção de 42,5/7,5% de sacarose/FOS) apresentou valor superior das demais. A acidez foi mais elevada para as formulações na qual se adicionou maior quantidade de ácido (1,5% para as formulações F2 e F6) e o pH apresentou-se mais ácido, assim como era esperado. Com relação aos compostos bioativos, todas as geleias apresentaram elevados teores de compostos fenólicos e carotenoides. Frente ao exposto, é possível concluir que a adição de FOS em geleias elaboradas com frutas nativas pode ser uma alternativa interessante para melhorar as características nutricionais do produto.

**Palavras-chave:** Carotenoides, compostos fenólicos, fruto-oligossacarídeos, frutas nativas, fibra alimentar solúvel.

## ABSTRACT

The industrialization of fruit allows to increase the period of offer and to guarantee the availability in seasonal times, as well as, to take advantage of the surplus of the production. The South of Brazil has a great diversity of native fruits, which have good industrialization capacity, but are little explored. Among the native fruits, we have the guabiroba, which although of little industrial interest, can be used for the elaboration of several types of products, such as jellies. These are generally high in sucrose (up to 50%), and the reduction of this ingredient by total or partial substitution by dietary fibers, in effect, prebiotic such as fructooligosaccharides (FOS), can be considered a good strategy. The objective of this work was to optimize gel formulations, following a Central Rotatable Composite Design (CRCD 2<sup>3</sup>). The independent variables analyzed were the concentration of sucrose in relation to the concentration of FOS (S / FOS), pectin concentration (P) and citric acid concentration (AC). The effects on the response variables were water activity, yield, soluble solids, pH, titratable acidity, instrumental color (luminosity, chroma and hue angle) and texture profile (adhesiveness and hardness). After analysis of the results, the optimized formulations were characterized for moisture content, ashes, protein, lipids, total carbohydrates, reducing sugars, water activity, pH, titratable acidity, soluble solids, total phenolic compounds content, carotenoids and acid ascorbic acid. The results obtained through the CRCD indicated that the citric acid concentration exerted a linear effect with respect to the pH and the acidity of the jellies, and the acidity also had a quadratic effect of the S/FOS concentration. It was also verified that the higher the concentration of citric acid the lower the pH and the greater the acidity of the jellies. Already the pectin exerted linear effect for the hardness of the jellies. Thus, it was found that the samples containing 0.5% and 1% of pectin were sufficient for gel formation, both concentrations being defined as adequate. The optimized formulations (F2, F6 and F9) and submitted to the analysis of the chemical composition presented difference only with respect to moisture, in which F9 (containing 1% pectin and citric acid, and ratio of 42.5 / 7.5% of sucrose/FOS) presented higher value than the others. The acidity was higher for the formulations in which more acid was added (1.5% for the F2 and F6 formulations) and the pH was more acidic as expected. Regarding bioactive compounds, all jellies presented high levels of phenolic compounds and carotenoids. In view of the above, it is possible to conclude that the addition of FOS in jellies elaborated with native fruits can be an interesting alternative to improve the nutritional characteristics of the product.

**Keywords:** Carotenoids, phenolic compounds, fructooligosaccharides, native fruits, soluble dietary fiber.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Influência dos constituintes básicos de uma geleia sobre a sua consistência.	17
<b>Figura 2 -</b> Formação do gel durante a fabricação da geleia.....	18
<b>Figura 3 -</b> Frutos da guabirobeira, guabiroba ( <i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg). ....	20
<b>Figura 4 –</b> Pectina: (A) com alto teor de metoxilação (ATM) e (B) com baixo teor de metoxilação (BTM). ....	22
<b>Figura 5 -</b> Estrutura química dos principais fruto-oligossacarídeos: (A) 1-kestose (GF <sub>2</sub> ), (B) nistose (GF <sub>3</sub> ) e (C) frutofuranosil nistose (GF <sub>4</sub> ). ....	25
<b>Figura 6 –</b> Guabirobas higienizadas (A) e imersas para sanitização (B).....	28
<b>Figura 7 –</b> Polpa da guabiroba.....	29
<b>Figura 8 -</b> Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta do pH da geleia em função da adição S/FOS, pectina e ácido cítrico.....	37
<b>Figura 9 –</b> Superfície de resposta para o efeito das concentrações de S/FOS (%) e ácido cítrico (%), fixando a pectina (1%) sobre o pH das geleias. ....	38
<b>Figura 10 -</b> Superfícies de resposta para o efeito das concentrações de Pectina (%) e ácido cítrico (%), fixando a S/FOS (42,5%) sobre o pH da geleia.....	39
<b>Figura 11 -</b> Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta de acidez da geleia em função da adição S/FOS, pectina e ácido cítrico. ....	41
<b>Figura 12 -</b> Superfície de resposta para o efeito das concentrações de S/FOS (%) e ácido cítrico (%), fixando a pectina (1%) sobre a acidez (g de ácido cítrico 100 <sup>-1</sup> g de amostra) da geleia. ....	42
<b>Figura 13 -</b> Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta de dureza das geleias em função da adição S/FOS, pectina e ácido cítrico.....	48
<b>Figura 14 -</b> Superfície de resposta para o efeito das concentrações de S/FOS (%) e pectina (%), fixando o ácido cítrico (1%) sobre a dureza (N) das geleias. ....	49
<b>Figura 15-</b> Superfície de resposta para o efeito das concentrações de ácido cítrico (%) e pectina (%), fixando a S/FOS (42,5%) sobre a dureza (N) das geleias. ....	50
<b>Figura 16 –</b> Formulações de geleia de guabiroba selecionadas através da otimização.	52

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Concentrações de sacarose/FOS, ácido cítrico e pectina utilizadas no delineamento.....	29
<b>Tabela 2</b> – Delineamento experimental composto central rotacional (DCCR) completo. ....	30
<b>Tabela3</b> - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta da atividade de água. ....	33
<b>Tabela 4</b> – ANOVA para variável dependente a atividade de água. ....	34
<b>Tabela 5</b> - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta do rendimento das geleias. ....	34
<b>Tabela 6</b> - ANOVA para a variável dependente rendimento.....	35
<b>Tabela 7</b> - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta para os sólidos solúveis. 35	
<b>Tabela 8</b> - ANOVA para a variável dependente concentração de sólidos solúveis.....	36
<b>Tabela 9</b> - Efeito e coeficientes de regressão para a variável de resposta do pH. ....	36
<b>Tabela 10</b> – ANOVA para a variável dependente pH das geleias. ....	37
<b>Tabela 11</b> - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta da acidez.....	40
<b>Tabela 12</b> - ANOVA para a variável dependente acidez titulável. ....	41
<b>Tabela 13</b> - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta para a luminosidade.....	43
<b>Tabela 14</b> - ANOVA para variável dependente luminosidade das geleias.....	44
<b>Tabela15</b> - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta valor de croma (c*). ....	44
<b>Tabela 16</b> - ANOVA para a variável dependente croma (c*) das geleias. ....	45
<b>Tabela 17</b> - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta ângulo <i>hue</i> . ....	45
<b>Tabela 18</b> - ANOVA para a variável dependente ângulo <i>hue</i> das geleias.....	46
<b>Tabela 19</b> - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta adesividade.....	46
<b>Tabela 20</b> - ANOVA para a adesividade das geleias.....	47
<b>Tabela21</b> - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta da dureza. ....	47
<b>Tabela 22</b> - ANOVA para a variável dependente dureza das geleias.....	48
<b>Tabela 23</b> – Formulações selecionadas para próxima etapa. ....	51
<b>Tabela 24</b> - Teor de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e açúcares redutores da polpa e das amostras F2, F6 e F9 das geleias de guabiroba. ....	52
<b>Tabela 25</b> - Atividade de água, pH, acidez titulável e sólidos solúveis da polpa e amostras F2, F6 e F9 das geleias de guabiroba. ....	56
<b>Tabela 26</b> - Resultados das análises de carotenoides, compostos fenólicos e ácido ascórbico realizados na polpa e amostras F2, F6 e F9 das geleias de guabiroba. ....	58

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2. OBJETIVO</b> .....	15
<b>2.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	15
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	15
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
<b>3.1 GELEIAS</b> .....	16
3.1.1 Formação do gel.....	17
3.1.2 Guabiroba ( <i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg) .....	19
3.1.3 Pectina e acidulantes .....	21
3.1.3.1 Pectina .....	21
3.1.3.2 Acidulantes .....	23
3.1.4 Açúcar .....	23
<b>3.2 PREBIÓTICOS</b> .....	24
3.2.1 Fruto-oligossacarídeos (FOS).....	25
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	27
<b>4.1 MATERIAIS</b> .....	27
<b>4.2 REAGENTES</b> .....	27
<b>4.3 EQUIPAMENTOS</b> .....	27
<b>4.4 DESPOLDAMENTO DA GUABIROBA</b> .....	28
<b>4.5 ELABORAÇÃO DAS GELEIAS</b> .....	29
<b>4.6 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL</b> .....	30
<b>4.7 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES</b> .....	30
4.7.1 Atividade de água, Sólidos solúveis (SS), Rendimento e pH .....	31
4.7.2 Acidez titulável (AT) .....	31
4.7.3 Parâmetros de cor .....	31
4.7.4 Perfil de textura (T).....	32
<b>4.8 ANÁLISE DAS FORMULAÇÕES OTIMIZADAS</b> .....	32
<b>4.8.1 Análises físico-químicas</b> .....	32
<b>4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	32
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33

<b>5.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL</b> .....	33
5.1.1 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico na atividade de água ( $a_w$ ) ...	33
5.1.2 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico no rendimento das geleias..	34
5.1.3 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico na concentração de Sólidos Solúveis .....	35
5.1.4 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico no pH .....	36
5.1.5 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico na acidez .....	40
5.1.6 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico na Luminosidade ( $L^*$ ) das geleias.....	43
5.1.7 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico para o valor de croma ( $c^*$ ) das geleias.....	44
5.1.8 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico para o ângulo <i>hue</i> das geleias .....	45
5.1.9 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico para a adesividade das geleias .....	46
5.1.10 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico na dureza das geleias.....	47
<b>5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA</b> .....	52
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	62
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	63

## 1. INTRODUÇÃO

Associado ao processo do envelhecimento da população há um crescimento significativo de doenças relacionadas à obesidade, sendo o risco para doenças cardiovasculares a de maior incidência (LAMANTE et al., 2005; GAIO et al., 2013). Em consequência disso, têm-se observado aumento da conscientização da população quanto à saúde e qualidade de vida e a adoção de hábitos alimentares não restritivos e sem exageros (TOREZAN, 2000). Além disso, o estilo de vida saudável pode ser o início da manutenção da saúde e prevenção de doenças. Dessa forma, acredita-se que uma alimentação equilibrada e variada, associada com atividades físicas regulares, assim como, a manutenção de comportamentos preventivos e o controle de estresse sejam importantes para manter prevenir as doenças associadas ao envelhecimento (ESTEVEVES et al., 2010).

Visando diversificar os alimentos com apelo à saúde, têm sido inseridos no mercado diversos produtos contendo fruto-oligossacarídeos, os quais são fibras prebióticas com poder adoçante (GIBSON, ROBERFROID, 1995). Na maioria dos países, os FOS são considerados ingredientes e não aditivos alimentares. Estes são fibras alimentares e nos Estados Unidos possuem o status GRAS (*Generally recognized as safe*), geralmente reconhecidos como seguros (HAULY, 2002).

De acordo com Bali et al. (2014), os FOS possuem benefícios para a saúde, incluindo a absorção de cálcio e minerais, substituição de açúcar e gordura em produtos alimentares, além da redução de colesterol e controle de algumas doenças degenerativas, como o câncer. Os FOS são fermentados no cólon resultando na produção de ácido graxos de cadeia curta (AGCC) e redução do pH, que exerce ação bactericida (CHERBUT, 2002; DENIPOTE, TRINDADE, BURINI, 2010, KOPPHOOLIHAN, 2001).

Quando esses AGCC são absorvidos, eles contribuem para o *pool* de energia disponível do hospedeiro, protegendo-o contra mudanças patológicas no cólon. Além disso, em concentrações mais elevadas, estes auxiliam na manutenção do pH no lúmen do cólon, sendo crucial para a expressão de muitas enzimas bacterianas sobre compostos estranhos e sobre o metabolismo de carcinógenos no intestino (KOPPHOOLIHAN, 2001).

O consumo de produtos industrializados na forma de sucos, polpas, doces, geleias cresce exponencialmente e em virtude disto, tem fomentado o mercado nacional

e internacional de frutas (COSTA et al., 2013; SABOIA, COPPINI, 2012; LICODIEDOFF, 2008). O processamento de produtos à base de frutas, além de aumentar o período de oferta do produto, promove o aproveitamento do excedente da produção sazonal. Além disso, estes produtos são vantajosos pela praticidade por serem prontos e, assim, fazem cada vez mais parte do hábito da população brasileira (LICODIEDOFF, 2008).

O Sul do Brasil apresenta grande diversidade de frutas nativas, sendo estas consideradas de alto potencial de industrialização. Dentre elas podemos citar a amora preta, a jaboticaba, a guabiroba a pitanga e outras (LEMOS, 2014). A guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg), é pouco explorada comercialmente, entretanto, possui teores consideráveis de vitamina C, flavonoides, ferro, fósforo, zinco, potássio, manganês, compostos fenólicos totais, carotenoides totais e outros componentes nutricionalmente importantes (SANTOS, 2011). Além disso, possui elevada atividade antioxidante, sendo que esta se dá pela presença de compostos fenólicos e ácido ascórbico em sua composição (ALVES et al., 2013), os quais são responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células (BIANCHI, ANTUNES, 1999).

Segundo Bagetti (2014), o crescente interesse dos consumidores por alimentos funcionais e o aproveitamento de fontes alternativas de matérias-primas justificam os esforços para se estudar o potencial de frutos regionais.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Otimizar o processo de produção de geleia de guabiroba através de delineamento composto central rotacional (DCCR).

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudar as influências das variáveis independentes, concentração de sacarose em relação à concentração de FOS (S/FOS), concentração de pectina (P) e concentração de ácido cítrico (AC), sobre as variáveis dependentes: atividade de água, rendimento, sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), cor instrumental e parâmetros de textura (T);
- Caracterizar a polpa e as geleias otimizadas de guabiroba por meio de análises físico-químicas.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 GELEIAS

A legislação brasileira considera as geleias como produtos oriundos de frutas, inteira(s), ou em parte(s) e/ou semente(s), obtidas por secagem, e/ou laminação e/ou fermentação, e/ou concentração e/ou congelamento, e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos (BRASIL, 2005). Contudo, frequentemente conceitua-se geleia o produto obtido da polpa de fruta que, processado, apresenta uma forma geleificada devido ao equilíbrio entre pectina, açúcares e ácidos adicionados ou naturalmente presentes na fruta (VENDRUSCOLO, MOREIRA e VENDRUSCOLO, 2009).

De acordo com Scolforo e Silva (2013), as geleias são produtos consumidos por boa parte da população brasileira, pois apresentam sabor adocicado e agradável ao paladar. Estes produtos agradam todas as faixas etárias, principalmente por serem provenientes de frutas, promovendo paladar singular.

Para a elaboração de geleias, são necessárias frutas que se apresentam suficientemente maduras, pois assim, estas apresentam seu melhor sabor, cor e aroma, sendo ricas em açúcar e pectina (KROLOW, 2005). Os componentes básicos para a elaboração das geleias são frutas, pectina, ácido (cítrico, tartárico ou málico) e açúcar. No caso da elaboração de geleias *light* e *diet*, o açúcar é substituído por adoçante/edulcorante apropriado (TOREZAN, 2000). Segundo o Inmetro (2004), o termo *light* é utilizado para alimentos produzidos de forma a reduzir em, no mínimo, 25% do valor calórico e/ou alguns nutrientes, tais como açúcares, gorduras saturadas, gorduras totais, colesterol e sódio, quando comparado ao teor em versão tradicional.

Nos últimos anos, devido à preocupação dos consumidores pela redução do açúcar nos produtos em geral, mesmo tendo uma quantidade pré-estabelecida pela legislação brasileira, têm-se realizados estudos visando diminuir a concentração do mesmo. (SANTOS, 2014). Assim, como estratégias para a redução dos açúcares, o uso de fruto-oligossacarídeos (FOS) pode ser empregado na substituição parcial da sacarose sem comprometer as características do produto final.

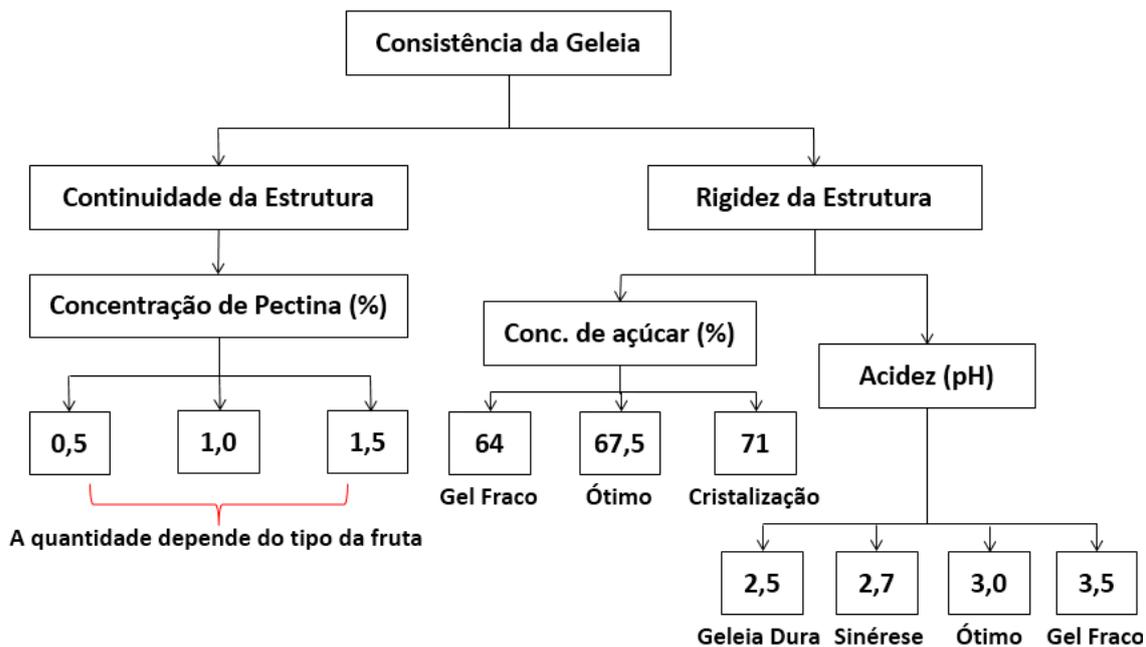
Neste contexto, além das geleias tradicionais, alguns autores elaboraram geleias *diets*, utilizando pitanga (PÔRTO et al., 2015) e suco de maracujá (LAMANTE et al., 2005). Nas geleias *diets* utilizando pitanga, foram realizadas análises de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis no período de 180 dias. Os autores não observaram diferença na acidez e no pH, enquanto que o teor de sólidos solúveis nas formulações que

continham aspartame e acessulfame + sucralose apresentaram diferença durante o armazenamento se comparadas a geleia convencional com sacarose (PÔRTO et al., 2015). As formulações de geleia *diet* de maracujá elaboradas por Lamante et al. (2005) tiveram ótima aceitação, sendo que a formulação contendo stevia (média de aceitação de 7,3, sendo maior que 7 gostei regularmente) se destacou principalmente pela cor, entretanto foi menos preferida quanto aos atributos sabor e espalhabilidade, se comparada a formulação contendo aspartame (média de aceitação de 7,8).

### 3.1.1 Formação do gel

O gel pode ser definido como uma rede tridimensional sólida que retém entre sua malha uma fase líquida (MULTON, 2000). O estado “gel” é considerado como sendo um estado próximo ao estado sólido, o que devido a sua organização permite manter a sua consistência (LICODIEDOFF, 2008). De maneira geral, o gel formado durante a elaboração da geleia envolve a pectina, o açúcar e o ácido (LÜCK; JAGER, 1999). O gel de pectina se forma em pH próximo a 3, sendo que acima de 3,4 geralmente não ocorre geleificação. A concentração ótima de açúcar é de aproximadamente 67,5% e em geral, 1% de pectina é suficiente para a produção gel consistente, resultando em geleia firme. A Figura 1 demonstra a influência dos componentes básicos de uma geleia no grau de geleificação.

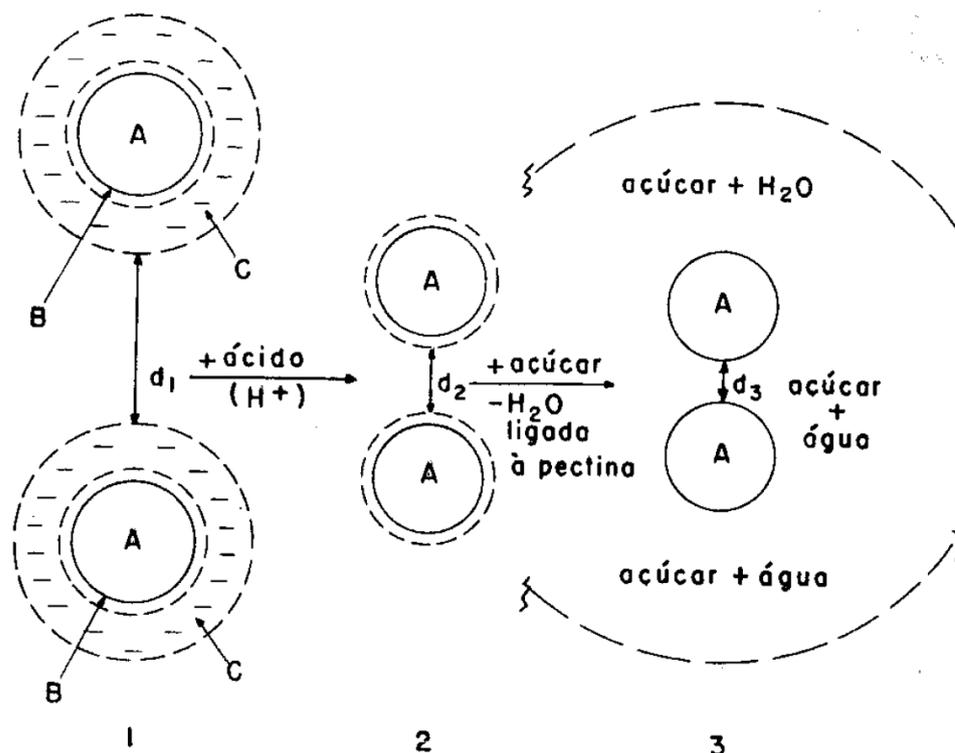
**Figura 1** - Influência dos constituintes básicos de uma geleia sobre a sua consistência.



Fonte: Rauch (1965) apud Torrezan (1998), com modificações.

Na Figura 2 está representada a formação de gel na produção de geleias. Para que haja a passagem da mistura dos ingredientes para gel, é necessário que ocorra a aproximação das micelas (A), reduzindo o campo negativo ao redor destas estruturas. A adição de ácidos que liberam  $H^+$  e fazem a protonação dos grupos carboxílicos ionizados negativamente (C), aproxima as micelas (pH deve estar na faixa de 2,80 a 3,50). Após a protonação, as micelas situam-se numa distância menor ( $d_2$ ), ainda não suficiente para a formação do gel devido à água presente ao redor das micelas. Logo, os açúcares têm a função de se ligarem com a água e diminuírem a distância entre estas ( $d_3$ ) (LICODIEDOFF, 2008).

**Figura 2** - Formação do gel durante a fabricação da geleia.



A = micela de pectina dispersa em água  
C = campo elétrico com cargas negativas

B = camada de água de hidratação  
D = distância entre micelas

- $(d_1)$  = distância A-A é muito grande e há repulsão eletrostática;
- $(d_2)$  = distância A-A é grande pela presença de água de hidratação. Não há mais repulsão eletrostática;
- $(d_3)$  = distância A-A é suficientemente pequena para permitir ligações de hidrogênio entre as moléculas da micela.

Fonte: Bobbio (1984) apud Licodiedoff (2008).

### 3.1.2 Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg)

A guabiroba ou gabirola (*Campomanesia* spp.) é pertencente à família *Myrtaceae* (ALMEIDA et al., 2000) e são provenientes principalmente da região Sul do Brasil, Uruguai, Paraguai e Argentina (BIAVIATTI, 2004). No período da floração, a guabirobeira desfolha e emite grande quantidade de flores brancas, sendo assim considerada uma planta melífera e ornamental. Os frutos da guabirobeira (Figura 3) são comestíveis e apresentam sabor agradável, sendo comercializadas a granel, principalmente por ambulantes e feiras livres (ALMEIDA et al., 2000).

**Figura 3** - Frutos da guabirobeira, guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg).



Fonte: Haas, (2009).

Os frutos apresentam polpa abundante e suculenta, sendo aproveitados na produção de refrescos, sorvetes, licores (ADAN, 2010) e também na produção de doces caseiros, indicando a presença de componentes pécticos (KIM; TENG; WICKER, 2005).

Valillo (2008) realizou análises físico-químicas da guabiroba *in natura*, e verificou teores elevados de umidade e carboidratos totais, além disso, avaliou a quantidade de óleo essencial presente na fruta, chegando à conclusão de que este óleo depende da espécie da fruta estudada.

A análise da composição química também foi realizada por Grando (2015), que avaliou partes individuais do fruto, sendo as sementes, a casca e a polpa. A autora observou que o teor de fibra bruta foi maior na semente e na casca, quando comparadas à polpa. Ainda, identificou que a semente possui teor de proteína mais elevado que as demais partes e, teor de umidade inferior que a casca e a polpa. A mesma autora ainda avaliou que a quantidade de vitamina C presente na polpa, (2,92 g de ácido ascórbico/100 g da amostra) é elevada, assim como, seu alto poder antioxidante (72,18 % de inibição do radical DPPH), além de apresentar elevado teor de compostos fenólicos totais, 0,619 g ácido gálico/100 g (HAAS, 2011) e 2,66 g ácido gálico/100 g. Já Haas (2011), reportou 1,77 g de ácido ascórbico/100 g o fruto inteiro de guabiroba e Santos (2011) obteve 290,84 µg/g de carotenoides totais (SANTOS, 2011).

Apesar das características químicas interessantes apresentada pela guabiroba, a mesma possui alta taxa metabólica, o que de maneira geral, faz com que o fruto apresente vida útil curta. Quando madura as guabirobas têm período curto para serem aproveitadas, de 5 a 7 dias sob refrigeração. Em função dessa característica, para ter bom aproveitamento destes frutos deve-se elaborar produtos com características nutricionais e sensoriais próximas ao fruto *in natura*, bem como microbiologicamente seguros (SANTOS, 2011). Assim, são necessários estudos que visem o aperfeiçoamento de técnicas de conservação, com o intuito de manter ao máximo as características da fruta após o período de frutificação (FREITAS et al., 2008). Desta forma, a elaboração de geleias é uma alternativa, uma vez que o processamento baseia-se num tratamento térmico com adição de açúcar. A cocção diminui a disponibilidade de água no meio, o que consequentemente dificulta processos bioquímicos e microbiológicos, garantindo então o aumento de vida útil do produto (SILVA et al., 2012). No caso da guabiroba, Freitas et al. (2008) a utilizou devido ao seu alto potencial de industrialização, para a elaboração de geleia, sendo que a maior aceitação foi nas formulações que apresentavam maior adição de ácido cítrico.

### **3.1.3 Pectina e acidulantes**

#### **3.1.3.1 Pectina**

As pectinas formam um grupo complexo de polissacarídeos estruturais que são encontrados na parede celular primária e nas camadas intercelulares de plantas terrestres (MILOS et al., 2007).

Na indústria de alimentos, as pectinas pela capacidade de formar géis, têm importância tecnológica principalmente na utilização de geleias (COELHO, 2008).

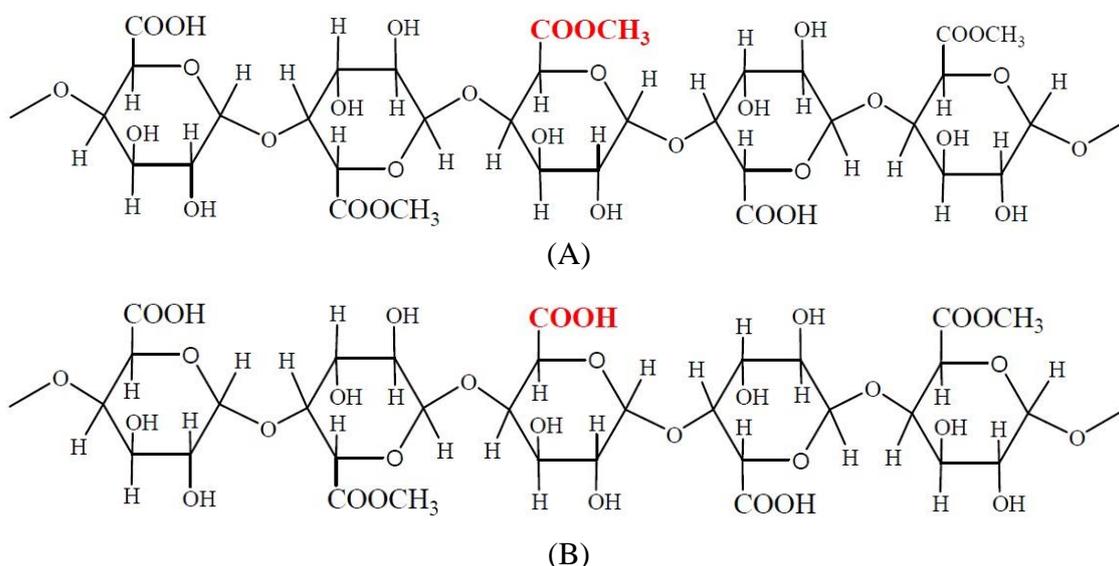
A pectina utilizada na indústria de alimentos é classificada em dois grupos, baseada nas propriedades de geleificação, que é consequente do seu grau de metoxilação. O grau de metoxilação é definido pela proporção dos grupos carboxílicos (ácidos) presentes na forma esterificada (TOREZAN, 2000; BOBBIO, BOBBIO, 2003).

A proporção entre o número de grupos ácidos esterificados em relação ao número total dos grupos ácidos define o grau de esterificação (DE) ou grau de metoxilação (DM) da pectina. As pectinas que possuem alta metoxilação (ATM) (Figura4 - A) são aquelas que apresentam um DM maior que 50%, formando gel em concentrações de 60% a 80% de sólidos solúveis e com pH na faixa de 2,8 a 3,8 e são

normalmente empregadas na formulação de geleias convencionais (NACHTIGALL et al., 2004).

As pectinas de baixa metoxilação (BTM) (Figura 4 - B) possuem DM inferior a 50%, com isso, podem formar gel em concentrações de sólidos solúveis de 10% a 70% e com faixa de pH de 2,8 a 6,0. Porém, as pectinas de baixa metoxilação necessitam da presença de íons bivalentes, como o cálcio, magnésio, entre outros para formar géis de boa qualidade (TORREZAN, 1998; MESBAHI et al., 2004) sem a presença de açúcares. Na elaboração de geleia *diets*, é necessário a utilização de pectina BTM, uma vez que não é adicionado sacarose

**Figura 4** – Pectina: (A) com alto teor de metoxilação (ATM) e (B) com baixo teor de metoxilação (BTM).



Fonte: Siguemoto (1993) apud Licodiedoff (2008).

Silva et al. (2009) extraíram pectina da guabiroba e concluíram que o fruto possui diferentes tipos de pectinas, que influenciam diretamente em sua textura, o que viabiliza a elaboração de diversos produtos. Entretanto, Freitas et al. (2008) ao realizar testes para formulação de geleias chegaram à conclusão de que a pectina presente na guabiroba não é suficiente para a geleificação, logo, para a formulação de geleia é necessário a adição de pectina comercial.

Nacazume et al. (2008) elaborou formulações de geleia *diet* com mistura das polpas de batata *yacon* (25%), goiaba (40%) e acerola (35%). A análise sensorial foi realizada de 30 em 30 dias até 6 meses após a fabricação, sendo que somente a qualidade global apresentou diferença significativa até o final das análises.

Nachtigall et al. (2004) elaboraram geleias lights de amora-preta e observaram que na formulação padrão em que continha 1:0,7 de polpa/sacarose foi necessário a adição de pectina ATM. Enquanto que, nas formulações em que foram reduzidos 50% da sacarose foi necessária a adição de pectina BTM para adquirir o gel desejado e algumas ainda necessitaram da associação de gomas (carragena e xantana) para que se obtivesse a textura desejada.

### **3.1.3.2 Acidulantes**

Os ácidos utilizados na elaboração de geleia estão naturalmente presentes na frutas ou adicionados, sendo utilizados para este fim os ácidos orgânicos, tais como o ácido cítrico, o ácido tartárico e o ácido málico. Quando as frutas não tiverem concentração suficiente de ácido ou acidez suficiente, esta deve ser corrigida para que se obtenha uma boa geleificação e também realce do sabor natural das frutas (KROLOW, 2005). Segundo Jackix (1988), o valor do pH da geleia deve estar situado próximo a 3,00 para ocorrer a formação do gel. Acima destes valores a formação do gel não irá ocorrer, pois o excesso de ácido enrijece as fibras da rede.

Segundo Soler (1991), podem ser utilizados como acidulantes na geleia, ácido cítrico, tartárico, málico ou láctico, sendo o ácido cítrico o mais utilizado devido ao seu sabor agradável. Além disso, o ácido também auxilia para evitar a cristalização do açúcar durante o armazenamento da geleia (KROLOW, 2005).

### **3.1.4 Açúcar**

O açúcar comercial (sacarose) é o principal agente adoçante empregado pela indústria de alimentos e também pode ser considerado em excelente agente conservador. Apesar de não possuir mecanismo direto contra microrganismos como os aditivos conservantes age por meio de osmose, reduzindo a fração líquida disponível do produto e este se torna impróprio para grande parte dos microrganismos, exceto à microbiota osmofílica, destruídos através de processos associados de conservação (pH e calor). Esta característica aumenta a vida útil de diversos produtos em que são adicionadas grandes quantidades de sacarose, tais como, geleias, doces em pasta, compotas, frutas cristalizadas, etc (EVANGELISTA, 2005).

O açúcar que se emprega na fabricação de geleias no Brasil é a sacarose de cana-de-açúcar. Durante a cocção em meio ácido a sacarose sofre um processo de hidrólise sendo desdobrada parcialmente em glicose e frutose, sendo este processo conhecido como inversão. Esta inversão parcial é necessária, pois evita a cristalização que pode

ocorrer durante o armazenamento (TORREZAN, 1998). Além da sacarose, para a elaboração de geleias podem ser utilizadas também a glicose, frutose, entre outros açúcares, em quantidades suficientes para alcançar uma concentração de sólidos solúveis de 65 a 68 °Brix (GAVA, 2007).

Fernandes et al. (2013) utilizou além do açúcar comercial, o açúcar mascavo na preparação de geleias de goiaba. A formulação com açúcar mascavo apresentou teor de minerais mais elevados se comparado com o açúcar cristal, entretanto apresentou menor doçura e uma cor mais escura, o que a levou ser menos aceita se comparado com o padrão (com açúcar cristal).

De acordo com Torezan (2000), no caso das geleias de baixo teor calórico, ou lights, os substitutos de sacarose mais utilizados são acessulfame e aspartame, dentre os edulcorantes não calóricos temos o esteviosídeo (não nutritivo), além do sorbitol e da frutose, que são adoçantes nutritivos. Esses substitutos, em geral, são utilizados em combinação entre si ou com sacarose, ocasionando economia na quantidade adicionada e reduzindo sabores indesejados como o amargor residual. Além de edulcorantes, podem ser adicionadas também fibras alimentares a fim de diminuir o teor calórico das geleias.

### **3.2 PREBIÓTICOS**

Os prebióticos geralmente são definidos como ingredientes alimentares não digeríveis, que afetam de maneira benéfica o organismo por estimular seletivamente o crescimento e ou a atividade de um número limitado de bactérias no cólon (GIBSON, ROBERFROID, 1995; KAUR, GUPTA, 2002). Os prebióticos abrangem os frutanos, que incluem a inulina, os fruto-oligossacarídeos, além de galactoligossacarídeos, lactulose, isomaltoligossacarídeo, xiloligossacarídeos e gentioligossacarídeos (GIBSON, FULLER, 2000).

Alguns requisitos devem ser considerados para um ingrediente alimentar ser considerado prebiótico. Este não pode ser hidrolisado nem absorvido na parte superior do trato gastrointestinal, deve ser seletivamente fermentado por um ou um limitado número de bactérias potencialmente benéficas ao cólon e deve preferencialmente induzir efeitos que são benéficos para a saúde do hospedeiro (GIBSON, 1999; TUOHY et al., 2005; ROBERFROID, 2007).

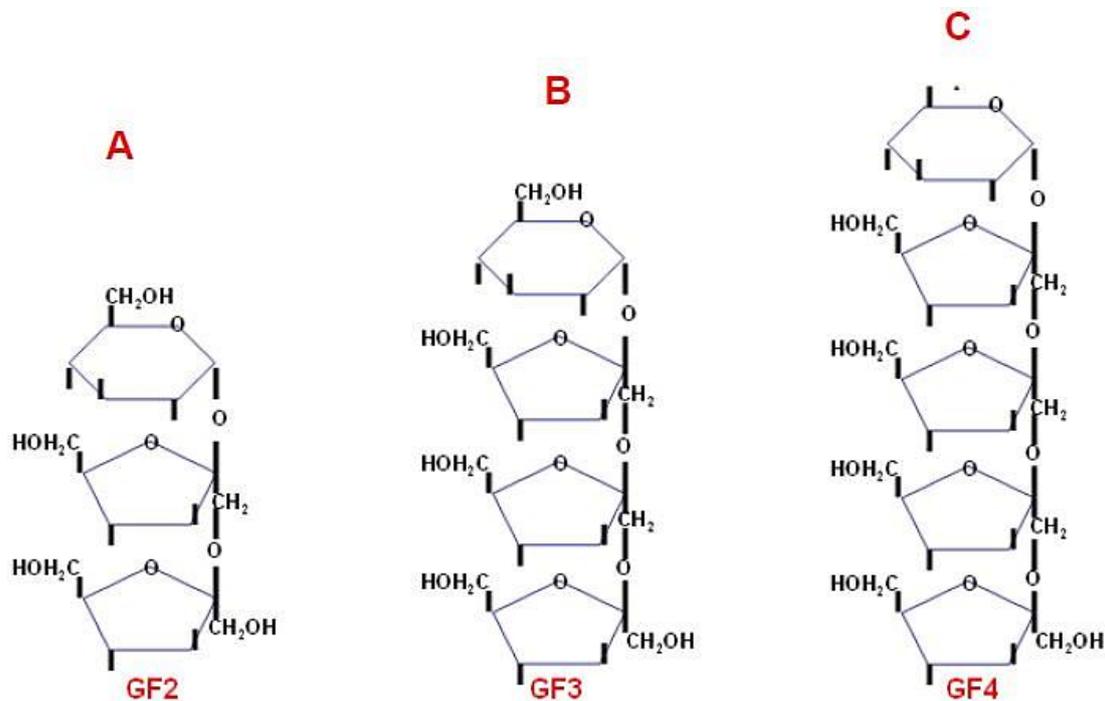
### 3.2.1 Fruto-oligossacarídeo (FOS)

Os frutanos são constituídos de moléculas de sacarose, nas quais uma ou duas unidades de frutose são adicionadas por ligações  $\beta$ -(2-1) (FERREIRA, 2001). Estes são subdivididos em dois grupos, os fruto-oligossacarídeos (FOS) e a inulina. Estes têm sido designados como prebióticos e como fibras alimentares solúveis pela sua não digestibilidade pelas enzimas do trato digestivo humano, ainda que sejam fermentadas pelas bactérias presentes no trato intestinal (CONTADO, 2009).

Segundo Carabin e Flamm (1999), a única diferença entre a inulina e o FOS é o grau de polimerização, sendo este o número de unidades individuais de monossacarídeos que compõem a molécula.

Além disso, os FOS (Figura 5) destacam-se mais pelas suas características funcionais do que pela doçura que proporcionam aos alimentos. A sua ingestão proporciona efeitos benéficos à saúde, tais como, prevenção a cáries, redução dos níveis séricos de colesterol e lipídeos, estímulo do crescimento de bifidobactérias no trato digestivo e outros (PASSOS; PARK, 2003).

**Figura5** - Estrutura química dos principais fruto-oligossacarídeos: (A) 1-kestose (GF<sub>2</sub>), (B) nistose (GF<sub>3</sub>) e (C) frutofuranosil nistose (GF<sub>4</sub>).



Fonte: Lemos (2008).

Estas fibras alimentares são aplicadas em várias áreas, sendo que apresentam cerca de um terço do poder adoçante da sacarose, e não são calóricas. Não podem ser

considerados carboidratos ou açúcares, nem fontes de energia, por isso podem ser consideradas seguras para o consumo por diabéticos (SANGEETHA et al., 2005).

Diversos produtos alimentares têm incorporado os frutanos, dentre eles, produtos de padaria e confeitaria. Estes produtos têm uma grande aceitação pelo consumidor, devido principalmente às suas características reológicas, tais como, produtos leves e facilmente mastigáveis (LEITÃO et al., 1984).

Em trabalho realizado por Stlader et al. (2013), na formulação de bolo de beterraba foram elaboradas com FOS, visando fontes alternativas para a redução de açúcar. Com isso, 0, 7,5% e 15% de FOS foram empregados nas preparações, em substituição da sacarose (15%, 7,5%, 0). Então, realizou-se análise sensorial com crianças em fase pré-escolar, no qual foram avaliados aparência, aromar sabor e cor. Todos os atributos avaliados receberam notas positivas, sendo que nenhum deles diferiu entre si ( $p < 0,05$ ). Com isso, o fruto-oligossacarídeos pode ser considerado uma alternativa viável para a substituição total ou parcial da sacarose em diferentes tipos de alimentos.

Além destes produtos, a utilização desses compostos em geleias é reportada por Scolforo e Silva (2013) que elaboraram geleia de maçã com adição de FOS com o intuito de diminuir a utilização de açúcar nas suas formulações. Os autores concluíram que é possível elaborar geleias de maçãs enriquecidas com até 6% de fruto-oligossacarídeos sem que este componente prejudique o sabor das preparações.

Há trabalhos em que os FOS foram utilizados para a obtenção de características funcionais em determinados produtos alimentícios, como no estudo de Sales et al. (2008), no qual foram adicionados em sorvete de creme. A conclusão foi e que o FOS é um ingrediente promissor no desenvolvimento de produtos ricos em fibras, sendo possível produzir sorvete com aceitação sensorial semelhante ao tradicional, agregando valor nutricional ao produto.

A adição de FOS em iogurtes de soja também foi estudada, para obter característica probióticas (HAULY et al., 2005). Estes apresentaram maior viscosidade, coesividade e adesividade e menor dureza que o iogurte não suplementado. Além disso, todos os produtos apresentaram bom índice de aceitação sensorial.

Além de trabalhos em alimentos, têm-se realizados estudos *in vivo*, para verificar o efeito dos FOS no sistema imunológico de ratos. De acordo com Lemos (2008), os resultados obtidos sugerem que a suplementação da dieta com FOS promoveu aumento

na absorção de nutrientes da mucosa intestinal e também aumentou a produção de anticorpos dos mesmos.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 MATERIAIS**

As guabirobas foram coletadas nas cidades de Laranjeiras do Sul e Cantagalo, quando estas apresentavam-se amareladas e com textura firme. Os ingredientes para a elaboração das geleias foram a polpa da guabiroba, fruto-oligossacarídeos (FOS) foram doados pela empresa Metachem, SP, o açúcar cristal (Alto Alegre) foi adquirido no mercado local e o ácido cítrico anidro P.A 99,5% (Dinâmica ®) e a pectina cítrica (Dinâmica ®) utilizados foram provenientes da Universidade Federal da Fronteira Sul.

### **4.2 REAGENTES**

Os reagentes utilizados foram hipoclorito de sódio, Ácido Sulfúrico P.A. 95-98%, Álcool Étilico P.A 99,9%, Hidróxido de Sódio P.A 99%, Ácido Clorídrico P.A 37%; Glicose P.A. 100% adquiridos da Alphatec; Sulfato de Potássio; Ferrocianeto de Potássio P.A. 99%; Ácido Gálico Anidro 98% P.A (Vetec®), 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (Sigma-Aldrich), Folin Ciocauteau 2N (Dinâmica), Carbonato de Sódio (P.A-ACS) 99,5%; Clorofórmio 99% (Alphatec®), Metanol 99% (Impex®); Sulfato de Sódio Anidro (Alphatec®), Amido Solúvel P.A (Alphatec®), Iodato de Potássio P.A (Neon®), Tartarato de Sódio e Potássio P.A. 99-102%;

### **4.3 EQUIPAMENTOS**

Despolpadeira mecânica (DMJI-05, Hauber Macanuda, Joinville, Brasil); Analisador de Aw (CH8863, Novasina AG Lanchem Lab Master, Suíça); Refratômetro digital (HI 96801, Hanna Instruments - Romênia); Balança analítica (HUY220, Shimadzu, Filipinas); pHmetro de bancada (HANNA instruments, HI2221, Calibration Check pH/ORP Meter, Tamboré – SP); Centrífuga de Gerber Simplex II, ITR (Esteio, Brasil); Banho-Maria microprocessado Q215S2; Estufa com circulação e renovação de ar SL-102, Solab; Agitador magnético com aquecimento, Nova Instrumentos (Piracicaba/SP); Autoclave Phoenix (Araraquara, Brasil); Colorímetro CR400, Konica Minolta (Japão); Vortex NA162, Marconi (Piracicaba, Brasil); Mufla 2000G, Zezimaq (Brasil); Bloco digestor TE-040/25, Tecnal (Brasil); Destilador de nitrogênio TE-0363,

Tecnal (Brasil); Texturômetro (Stable Micro Systems Modelo TA –XT2i, Goldaming, England) e Espectrofotômetro (Termo Scientific, Uniscience Multiskan GO).

#### 4.4 DESPOLPAMENTO DA GUABIROBA

As guabirobas (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) foram colhidas de forma manual no mês de dezembro de 2016. Os frutos foram colhidos maduros, e aqueles que se apresentavam maduros demais ou verdes foram descartados, assim como, aqueles que apresentavam furos ou quaisquer injúrias por danos mecânicos. As frutas foram higienizadas e sanitizadas em solução de hipoclorito na concentração de 200 ppm (10 mL L<sup>-1</sup>) por 15 min (GRANDO, 2015). Após, os frutos foram imersos em água para a retirada do excesso de hipoclorito de sódio. Em seguida, as frutas foram embaladas em sacos plásticos e congeladas em freezer (-18°C), até a sua utilização.

**Figura6** – Guabirobas higienizadas (A) e imersas para sanitização (B).



Fonte: o autor.

Para a etapa do despulpamento, assim como Grando (2015), foi necessário o descongelamento das frutas, em geladeira à temperatura de refrigeração ( $6 \pm 10^\circ\text{C}$ ) por cerca de 24 h. Posteriormente, com o auxílio da despulpadeira mecânica dotada de peneira de 0,8 mm, as frutas foram despulpadas, sendo que a massa obtida foi armazenada em embalagens plásticas contendo 500 g e 1000 g e congeladas em freezer (-18°C), até o momento de sua utilização.

**Figura 7** – Polpa da guabiroba.

Fonte: o autor.

#### 4.5 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Um delineamento composto central rotacional (DCCR) foi aplicado, com planejamento fatorial  $2^3$ , com 3 repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios. Os níveis codificados e decodificados encontram-se descritos na Tabela 1. O planejamento experimental com as variáveis reais e codificadas para avaliar a influência da concentração de sacarose em relação à concentração de FOS (S/FOS), concentração de ácido cítrico (AC) e concentração de pectina (P) está detalhado na Tabela 2. As variáveis dependentes analisadas foram atividade de água, rendimento, sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), cor instrumental, parâmetros de textura (T) das geleias de guabiroba.

**Tabela 1** – Concentrações de sacarose/FOS, ácido cítrico e pectina utilizadas no delineamento.

Variáveis independentes	Níveis		
	-1	0	1
Sacarose/FOS (%)	50/0	42,5/7,5	35/15
Ácido cítrico (%)	0,5	1,0	1,5
Pectina (%)	0,5	1,0	1,5

Fonte: o autor.

A concentração de pectina (P) utilizada foi estabelecida conforme descrito por Krolow (2005) e Brasil (2009). No caso da adição de ácido cítrico (AC), foram adotados concentrações de 0,5%, 1,0% e 1,5% (FREITAS et al., 2008). Para a proporção de sacarose/FOS, foram realizados testes para encontrar quais seriam as melhores proporções.

**Tabela 2** – Delineamento experimental composto central rotacional (DCCR) completo.

Ensaio	Codificadas/reais		
	S/FOS (%)	P (%)	AC (%)
1	-1 (50/0)	-1 (0,5)	-1 (0,5)
2	-1 (50/0)	-1 (0,5)	+1 (1,5)
3	-1 (50/0)	+1 (1,5)	-1 (0,5)
4	-1 (50/0)	+1 (1,5)	+1 (1,5)
5	+1 (35/15)	-1 (0,5)	-1 (0,5)
6	+1 (35/15)	-1 (0,5)	+1 (1,5)
7	+1 (35/15)	+1 (1,5)	-1 (0,5)
8	+1 (35/15)	+1 (1,5)	+1 (1,5)
9	0 (42,5/7,5)	0 (1,0)	0 (1,0)
10	0 (42,5/7,5)	0 (1,0)	0 (1,0)
11	0 (42,5/7,5)	0 (1,0)	0 (1,0)

\*S/FOS: Concentração de sacarose e FOS; P: pectina; AC: ácido cítrico. Fonte: o autor.

#### 4.6 ELABORAÇÃO DAS GELEIAS

Para a elaboração das geleias foram adicionadas em uma panela de aço inoxidável, com agitação manual constante, a polpa e a sacarose/FOS (1/2 da quantidade total), sendo submetidas à cocção até atingir a concentração de 52 °Brix. Após, foi adicionada o restante da sacarose/FOS, a pectina e o ácido cítrico sob agitação constante até que todos os ingredientes fossem solubilizados e então o aquecimento foi interrompido. Após o resfriamento, esta foi armazenada em recipiente de vidro hermeticamente fechado e levada a geladeira, na qual seria mantida a temperatura de refrigeração ( $6 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ) até a sua devida utilização.

#### 4.7 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES

Após o delineamento, foram realizadas as seguintes análises nas 11 formulações de geleia de guabiroba.

#### 4.7.1 Atividade de água, Sólidos solúveis (SS), Rendimento e pH

A atividade de água ( $A_w$ ) foi determinada a 25°C em analisador de  $A_w$  por leitura direta em triplicata. Os sólidos solúveis (°Brix) foram determinados com o uso do refratômetro digital, através de leitura direta em triplicata.

O rendimento foi calculado com base na quantidade de geleia elaborada, através da quantidade de ingredientes (g) utilizados para a sua elaboração e as massas medidas em balança. A equação (1) foi utilizada para o cálculo do rendimento e o mesmo foi expresso em %.

$$\text{Rendimento}(\%) = \frac{\text{massa final da geleia elaborada}}{\text{massa inicial dos ingredientes}} * 100 \quad \text{Equação (1)}$$

A leitura do pH foi realizada de forma direta, em triplicata, utilizando um medidor de pH de bancada previamente calibrado, em uma suspensão de 10 g de geleia em 100 mL de água destilada.

#### 4.7.2 Acidez titulável (AT)

Para determinação da acidez total titulável, utilizou-se a metodologia descrita por IAL (2008). As amostras de geleia (10g) foram diluídas em 100 mL de água, e titulados com solução de NaOH 0,1 M até atingir o pH igual 8,2 até no máximo 8,4. A acidez total titulável foi expressa em g de ácido cítrico  $100^{-1}$  g da amostra.

#### 4.7.3 Parâmetros de cor

A análise instrumental de cor foi realizado por análise direta utilizando colorímetro para a obtenção dos parâmetros luminosidade ( $L^*$ ), em que  $L^* = 0$  corresponde a preto e  $L^* = 100$  a branco; cromaticidade  $a^*$  - transição da cor verde ( $-a^*$ ) para o vermelho ( $+a^*$ ); cromaticidade  $b^*$ -transição da cor azul ( $-b^*$ ) para a cor amarela ( $+b^*$ ). Através desses dados foram calculados os valores de croma ( $c^*$ ), que correspondem à saturação ou intensidade da cor (Eq. 2) e os valores de ângulo de tonalidade ou ângulo *hue* ( $h^\circ$ ), expressa em graus (Eq. 3).

$$c^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Equação (2)}$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \frac{a^*}{b^*} \quad \text{Equações (3)}$$

#### **4.7.4 Perfil de textura (T)**

O perfil de textura (TPA) foi analisado utilizando texturômetro com probe cilíndrico (P/0.5R). Os parâmetros avaliados foram adesividade e dureza, sendo os parâmetros de medição os seguintes: velocidade de pré-teste: 5,0 s; velocidade de teste: 2,0 s; velocidade de pós-teste: 2,0 s, e distância: 10 mm.

### **4.8 ANÁLISE DAS FORMULAÇÕES OTIMIZADAS**

As geleias que melhor se ajustaram ao delineamento através de todas as análises citadas anteriormente foram destinadas as demais análises de composição físico-química.

#### **4.8.1 Análises físico-químicas**

As análises foram realizadas segundo o Instituto Adolfo Lutz (2008): umidade (estufa a 105°C, método 012/IV); cinzas (mufla a 550°C, método 018/IV); proteínas (Kjeldahl modificado, método 037/IV Protídios); lipídeos (Bligh-Dyer modificado, método 353/IV); açúcares redutores em glicose (método 038/IV) e carboidratos totais (calculados por diferença: 100 - % água - % de lipídeos - % de proteínas - % de cinzas).

Os carotenoides foram determinados conforme descrito pela AOAC (2005). A análise de ácido ascórbico foi realizada conforme o Instituto Adolfo Lutz (2008), pelo método 064/IV. Os compostos fenólicos totais foram realizados conforme (KWIATKOWSKI et al., 2010).

### **4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Para a validação dos modelos utilizou-se a análise de variância (ANOVA), avaliando a significância (95% de confiança) da regressão pelo teste t-student, pelo teste F e o ajuste do modelo aos dados experimentais pelo coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>). Todas as análises estatísticas do planejamento experimental foram realizadas utilizando software adequado.

Todas as análises de caracterização das formulações otimizadas foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos com o valor médio  $\pm$  desvio padrão da média. Sendo que, as médias obtidas serão avaliadas através de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com nível de significância de 5%, utilizando *software* adequado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A primeira etapa deste projeto foi a avaliação das características tecnológicas das geleias, seguindo um delineamento composto central rotacional (DCCR 2<sup>3</sup>), no qual foram analisadas as variáveis independentes (i) concentração de sacarose em relação à concentração de FOS (S/F), (ii) concentração de pectina (P) e (iii) concentração de ácido cítrico (AC). As variáveis dependentes foram (i) atividade de água, (ii) rendimento, (iii) sólidos solúveis (SS), (iv) pH, (v) acidez titulável (AT), (vi) cor instrumental e (vii) parâmetros de textura (adesividade e dureza).

#### 5.1.1 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico na atividade de água ( $a_w$ )

A estimativa dos efeitos principais que contribuíram de forma significativa para a variação da  $a_w$  da geleia de guabiroba adicionada de FOS é apresentada na Tabela 3, juntamente com o erro padrão, distribuição t-student, p-valor, coeficientes de regressão do modelo e seus erros padrões.

**Tabela 3-** Efeito e coeficientes de regressão para a resposta da atividade de água.

	<b>Efeito</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>t(3)</b>	<b>p-valor</b>	<b>Coefficientes de regressão</b>	<b>Erro Padrão</b>
<b>Intercepto *</b>	0,846678	0,0072	116,685	0,000001	0,5815	0,2783
<b>S/FOS (%) (L)</b>	-0,00466	0,0088	-0,5251	0,635836	0,0110	0,0129
<b>S/FOS (%) (Q)</b>	-0,01252	0,0170	-0,7359	0,515127	-0,0001	0,0001
<b>P (%) (L)</b>	0,005500	0,0088	0,6189	0,579805	0,0353	0,0541
<b>AC (%) (L)</b>	-0,00433	0,0088	-0,4876	0,659237	0,0359	0,0541
<b>S/FOS x P</b>	-0,00633	0,0088	-0,7127	0,527483	-0,0008	0,0011
<b>S/FOS x AC</b>	-0,00816	0,0088	-0,9190	0,425886	-0,0010	0,0011
<b>P x AC</b>	0,003000	0,0088	0,3376	0,757922	0,0060	0,0177

\*Fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (L) termos lineares; (Q) termos quadráticos. S/FOS – Sacarose/FOS; P – Pectina; AC – ácido cítrico. Fonte: o autor.

Como pode ser observado na Tabela 3, o p-valor maior que 5% indicou que os efeitos não foram significativos no modelo matemático para a resposta da atividade de água ao nível de confiança de 95%.

A análise de variância (ANOVA) do modelo representativo para a atividade de água da geleia de guabiroba está apresentada na Tabela 4.

**Tabela 4** – ANOVA para variável dependente a atividade de água.

	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>Graus de Liberdade</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F calculado</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Regressão</b>	0,000459	7	0,000066	0,415	0,906
<b>Erro</b>	0,000474	3	0,000158		
<b>Total</b>	0,000933	10			

\*  $F_{\text{tab}}(3;7;0,05) = 8,8867$ . Fonte: o autor.

Através da análise de variância (ANOVA) é possível verificar se o modelo proposto é válido e quais os parâmetros da equação se ajustam aos dados experimentais, comparando-se o valor do F calculado ( $F_{\text{calc}}$ ) com o F Tabelado ( $F_{\text{tab}}$ ). Como pode ser observado, o valor de  $F_{\text{calc}} = 0,415$  foi inferior ao  $F_{\text{tab}}$  (8,8867), portanto, os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático não é válido. Por isso, para este parâmetro não foram elaboradas as superfícies de resposta.

### 5.1.2 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico no rendimento das geleias

Na Tabela 5 é exposta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações para o rendimento da geleia, assim como os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

**Tabela 5** - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta do rendimento das geleias.

	<b>Efeito</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>t(3)</b>	<b>p-valor</b>	<b>Coefficientes de regressão</b>	<b>Erro Padrão</b>
<b>Intercepto *</b>	77,8594	1,2844	60,618	0,00001	162,434	49,277
<b>S/FOS (%) (L)</b>	3,43538	1,5730	2,18387	0,1169	-4,2800	2,2975
<b>S/FOS (%) (Q)</b>	6,17029	3,0122	2,04843	0,1329	0,0548	0,0267
<b>P (%) (L)</b>	1,57779	1,5730	1,00300	0,3897	3,9046	9,5829
<b>AC(%) (L)</b>	0,28320	1,5730	0,18003	0,8686	-2,7490	9,5829
<b>S/FOS x P</b>	-1,0465	1,5730	-0,66530	0,5534	-0,1395	0,2097
<b>S/FOS x AC</b>	-0,1008	1,5730	-0,06410	0,9529	-0,0134	0,2097
<b>P x AC</b>	1,80182	1,5730	1,14541	0,3351	3,6036	3,1461

\*Fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (L) termos lineares; (Q) termos quadráticos. S/FOS – Sacarose/FOS; P – Pectina; AC - ácido cítrico. Fonte: o autor.

Como pode ser observado na Tabela 5, o p-valor maior que 5% indicou que os efeitos não foram significativos no modelo matemático para a resposta rendimento das geleias ao nível de confiança de 95%.

A análise de variância (ANOVA) do modelo representativo para o rendimento da geleia de guabiroba está apresentada na Tabela 6.

**Tabela 6** - ANOVA para a variável dependente rendimento.

	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>Graus de Liberdade</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F calculado</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Regressão</b>	58,21377	7	8,316253	1,68035	0,7968
<b>Erro</b>	14,84738	3	4,94913		
<b>Total</b>	73,06115	10			

\*  $F_{\text{tab}}(3;7;0,05) = 8,8867$ . Fonte: o autor.

A Tabela 6 demonstra o valor de  $F_{\text{calc}}(1,6803)$  foi inferior ao  $F_{\text{tab}}(8,8867)$ . Além disso, pelo coeficiente de determinação, este modelo representaria apenas 79,68% dos dados. Logo, os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático não é válido. Em consequência disso, para este parâmetro não foram elaboradas as superfícies de resposta.

### 5.1.3 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico na concentração de Sólidos Solúveis

A Tabela 7 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações para os sólidos solúveis, assim como os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

**Tabela 7** - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta para os sólidos solúveis.

	<b>Efeito</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>t(3)</b>	<b>p-valor</b>	<b>Coefficientes de regressão</b>	<b>Erro Padrão</b>
<b>Intercepto *</b>	65,3666	0,90996	71,8341	0,000006	118,577	34,911
<b>S/FOS (%) (L)</b>	-1,4416	1,11447	-1,29358	0,28640	-2,1328	1,6277
<b>S/FOS (%) (Q)</b>	2,37500	2,13406	1,11290	0,34690	0,0211	0,0189
<b>P (%) (L)</b>	-0,8916	1,11447	-0,80008	0,48216	-1,3722	6,7892
<b>AC (%) (L)</b>	-0,7916	1,11447	-0,71035	0,52873	-8,6389	6,7892
<b>S/FOS x P</b>	0,25833	1,11447	0,23180	0,83160	0,0344	0,1486
<b>S/FOS x AC</b>	1,55833	1,11447	1,39826	0,25647	0,2078	0,1486
<b>P x AC</b>	-0,4916	1,11447	-0,44116	0,68895	-0,9833	2,2289

\*Fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (L) termos lineares; (Q) termos quadráticos. S/FOS – Sacarose/FOS; P – Pectina; AC - ácido cítrico. Fonte: o autor.

Como pode ser observado na Tabela 7, o p-valor maior que 5% indicou que os efeitos não foram significativos no modelo matemático para a resposta sólidos solúveis ao nível de confiança de 95%.

A análise de variância (ANOVA) do modelo representativo para o teor de sólidos solúveis está apresentada na Tabela 8.

**Tabela 8** - ANOVA para a variável dependente concentração de sólidos solúveis.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R <sup>2</sup>
<b>Regressão</b>	15,550871	7	2,221553	0,89430	0,670
<b>Erro</b>	7,45236	3	2,484120		
<b>Total</b>	23,00323	10			

\*  $F_{\text{tab}}(3;7;0,05) = 8,8867$ . Fonte: o autor.

O valor de  $F_{\text{calc}} = 0,8943$  é inferior ao  $F_{\text{tab}} = 8,8867$  (Tabela 8). Logo, os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático não é válido. Além disso, pelo coeficiente de determinação, este modelo representaria apenas 67,03% dos dados. Os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático não é válido. Em decorrência disso, para este parâmetro não foram elaboradas as superfícies de resposta.

#### 5.1.4 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico no pH

Na Tabela 9 estão expostos a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações no pH da geleia, assim como os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

**Tabela 9** - Efeito e coeficientes de regressão para a variável de resposta do pH.

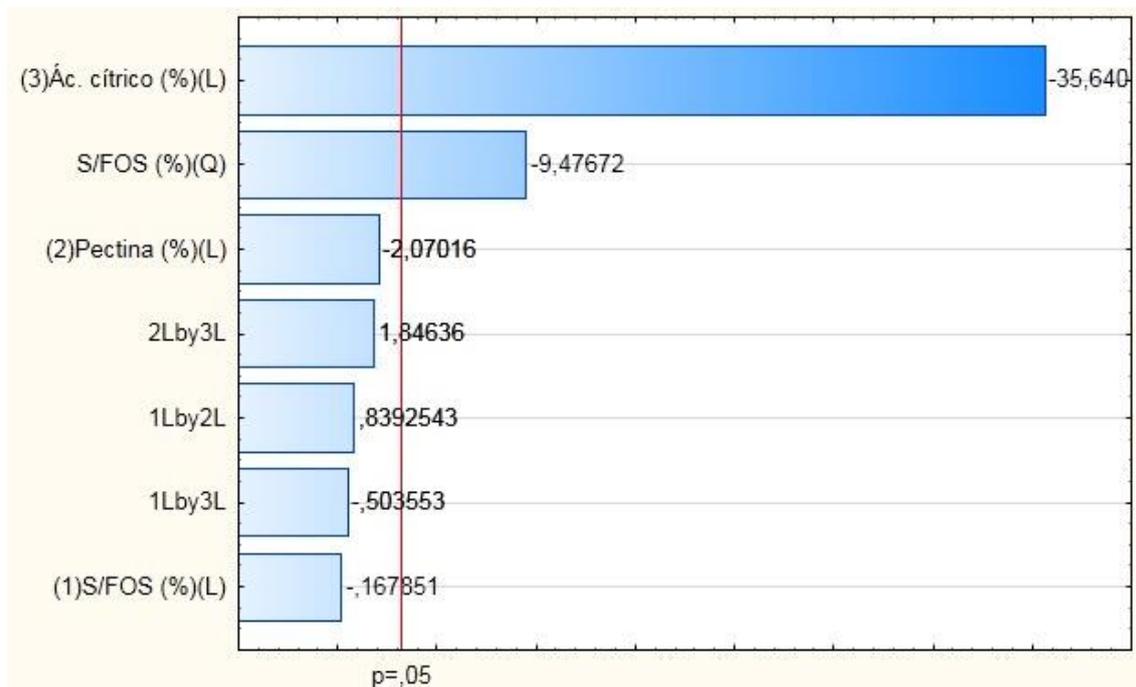
	Efeito	Erro padrão	t(3)	p-valor	Coeficientes de regressão	Erro Padrão
<b>Intercepto *</b>	3,242222	0,01216	266,607	0,00000	-0,4451	0,4665
<b>S/FOS (%) (L)</b>	-0,00250	0,01489	-0,1679	0,87737	0,2033	0,0217
<b>S/FOS (%) (Q) *</b>	<b>-0,27027</b>	<b>0,02852</b>	<b>-9,4767</b>	<b>0,00249</b>	<b>-0,0024</b>	<b>0,0002</b>
<b>P (%) (L)</b>	-0,03083	0,01489	-2,0702	0,13022	-0,1566	0,0907
<b>AC (%) (L) *</b>	<b>-0,53083</b>	<b>0,01489</b>	<b>-35,6403</b>	<b>0,00004</b>	<b>-0,5433</b>	<b>0,0907</b>
<b>S/FOS x P</b>	0,012500	0,01489	0,8393	0,46293	0,0016	0,0019
<b>S/FOS x AC</b>	-0,00750	0,01489	-0,5036	0,64922	-0,0010	0,0019
<b>P x AC</b>	0,027500	0,01489	1,8464	0,16201	0,0550	0,0297

\*Fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (L) termos lineares; (Q) termos quadráticos. S/FOS – Sacarose/FOS; P – Pectina; AC - ácido cítrico. Fonte: o autor.

A concentração de S/FOS apresentou efeito quadrático e a concentração de AC efeito linear das geleias ( $p < 0,05$ ) (Tabela 9), sendo esses termos significativos no modelo matemático.

O diagrama de Pareto, representado na Figura 8, evidencia o efeito significativo de ambas variáveis, S/FOS (Q) e AC (L). As outras variáveis não foram significativas.

**Figura 8** - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta do pH da geleia em função da adição S/FOS, pectina e ácido cítrico.



Fonte: o autor.

A Tabela 10 apresenta os resultados da ANOVA para o pH da geleia, na qual o valor tabelado de F para o intervalo de confiança de 95% e com graus de liberdade é  $F(3;7;0,05) = 8,8867$ .

**Tabela 10** – ANOVA para a variável dependente pH das geleias.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R <sup>2</sup>
<b>Regressão</b>	0,607265	7	0,086752	195,53177	0,9978
<b>Erro</b>	0,001331	3	0,000444		
<b>Total</b>	0,608596	10			

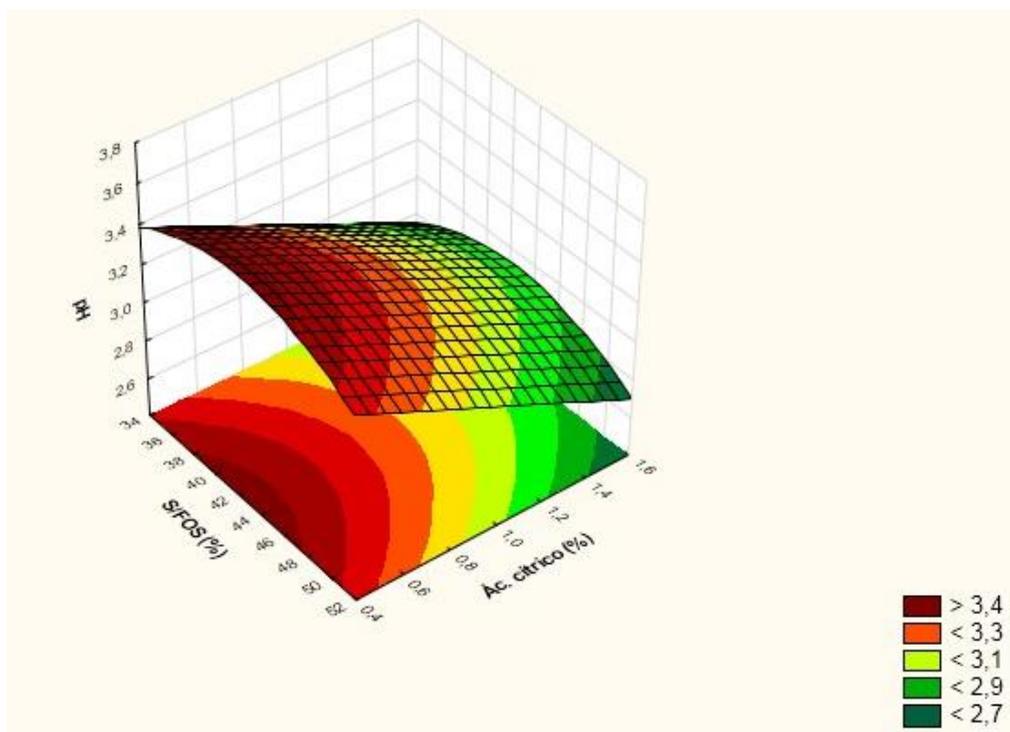
\*  $F_{\text{tab}}(3;7;0,05) = 8,8867$ . Fonte: o autor.

A análise de variância apresentou coeficiente de determinação de 0,99781 e  $F_{\text{calc}} = 195,53$ , sendo este superior ao  $F_{\text{tab}}$ . Portanto, como  $F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}}$ , o modelo é válido e o coeficiente de determinação indicou que os pontos da curva descrevem a relação entre a S/FOS, pectina (P) e ácido cítrico (AC) com o pH da geleia, uma vez que 99,78% da variação total em torno da média são explicadas pela regressão. O modelo matemático validado estatisticamente é apresentado na equação 4, na qual a pectina foi fixada em 1%.

$$\text{pH} = -0,4451 + 0,2034 * \text{S/FOS} - 0,0024 * (\text{S/FOS})^2 - 0,5433 * \text{AC} + 0,00166 * 1 * \text{S/FOS} - 0,00099 * \text{S/FOS} * \text{AC} + 0,055 * 1 * \text{AC} \quad \text{Equação (4)}$$

O modelo (Equação 4) foi representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 9.

**Figura 9** – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de S/FOS (%) e ácido cítrico (%), fixando a pectina (1%) sobre o pH das geleias.



Fonte: o autor.

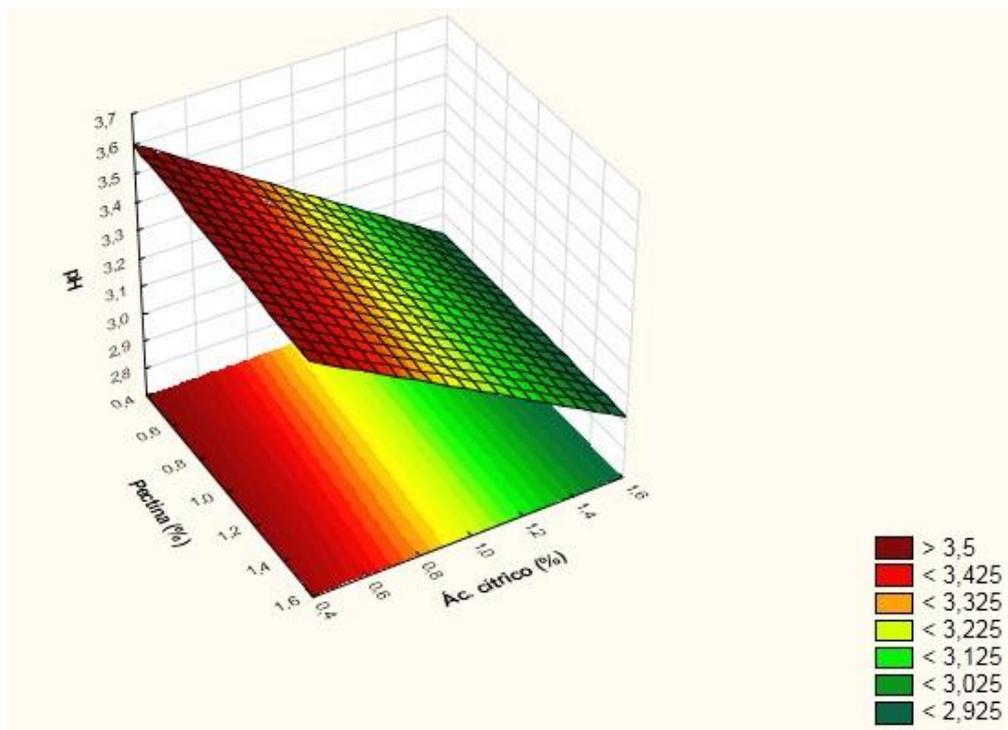
Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 9), pode-se observar que com a redução do teor de ácido cítrico adicionado ocorreu um aumento no pH (resultado este que já era esperado). O gráfico demonstra que o ponto de menor pH da geleia é aproximadamente de 2,8, o qual ocorre em uma faixa de concentração entre 35% a 50% de sacarose e de 1,5% de ácido cítrico. O pH máximo se encontra próximo a 3,4, quando a adição de ácido cítrico é mínima (0,5%). Pode-se perceber também, que a relação da quantidade de S/FOS interfere pouco no pH das geleias, enquanto a quantidade de ácido cítrico adicionada afeta diretamente este parâmetro.

A Figura 10 demonstra a superfície de resposta (Equação 5) para o pH quando fixada a concentração de S/FOS a 42,5%.

$$\text{pH} = -0,4451 - 0,1566*P - 0,5433*AC + 0,00166*42,5*P - 0,00099*42,5*AC + 0,05*P*AC$$

Equação (5)

**Figura 10** - Superfícies de resposta para o efeito das concentrações de Pectina (%) e ácido cítrico (%), fixando a S/FOS (42,5%) sobre o pH da geleia.



Fonte: o autor.

Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 10), pode-se observar que ocorre redução do pH com o aumento da concentração do ácido cítrico. O gráfico mostra que o ponto de mínimo para o pH da geleia foi de 2,93 ocorrendo em uma faixa de concentração entre 0,5% a 1,5% de pectina e de 1,5% de ácido cítrico. O pH máximo foi de aproximadamente 3,5, ocorrendo também em uma faixa de concentração entre 0,5% e 1,5% de pectina, enquanto o teor do ácido cítrico foi de 0,5%. Pode-se perceber então, que a relação da quantidade de pectina não interfere na acidez das geleias, mas sim, a quantidade de ácido cítrico adicionada.

De acordo com Torrezan (1998), ocorre a formação de gel somente em pH próximo de 3,0. Sendo que se este for maior que 3,4 não ocorre geleificação e se o pH for menor que 2,7 pode ocorrer sinérese. Todas as formulações de geleia de guabirola desenvolvidas no presente trabalho apresentaram o pH próximos a 3,0 e apresentaram uma boa formação do gel.

### 5.1.5 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico na acidez

Na Tabela 11 está apresentada a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações na acidez titulável da geleia, assim como os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

**Tabela 11** - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta da acidez.

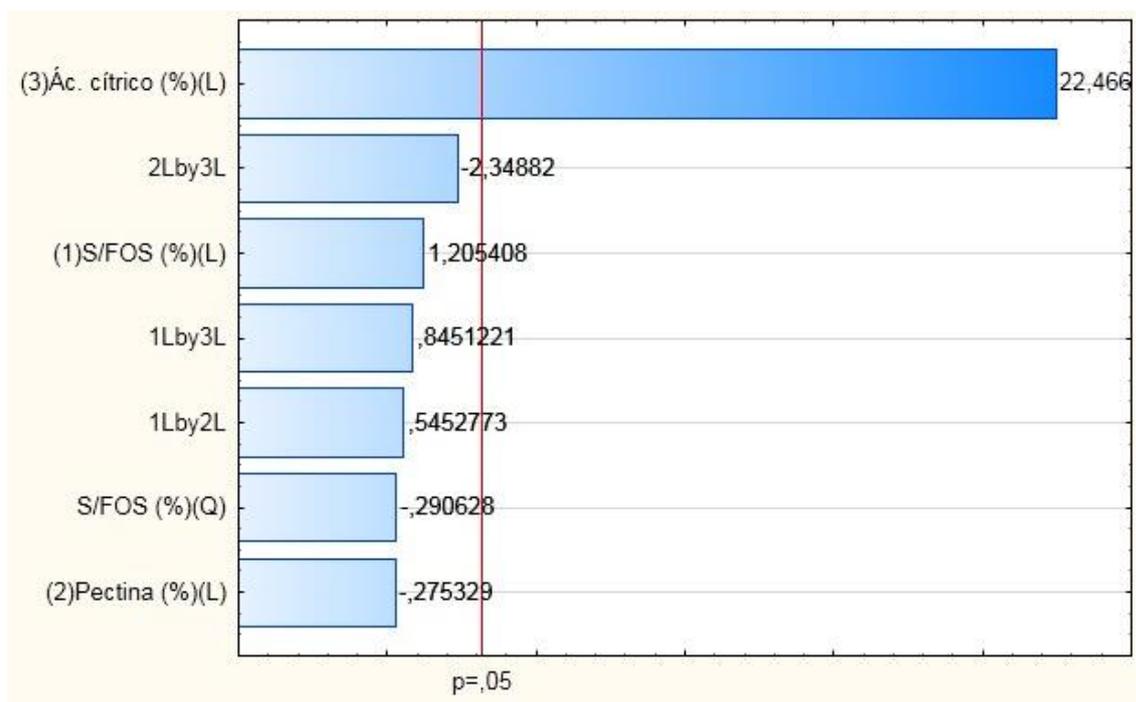
	<b>Efeito</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>t(3)</b>	<b>p-valor</b>	<b>Coeficientes de regressão</b>	<b>Erro Padrão</b>
<b>Intercepto *</b>	1,492542	0,038109	39,1653	0,000037	0,0288	1,4620
<b>S/FOS (%) (L)</b>	0,056261	0,046673	1,2054	0,314452	0,0147	0,0681
<b>S/FOS (%) (Q)</b>	-0,02597	0,089373	-0,2906	0,790269	-0,0002	0,0007
<b>P (%) (L)</b>	-0,01285	0,046673	-0,2753	0,800938	0,0621	0,2843
<b>AC (%) (L) *</b>	<b>1,048596</b>	<b>0,046673</b>	<b>22,4666</b>	<b>0,000193</b>	<b>1,0443</b>	<b>0,2843</b>
<b>S/FOS x P</b>	0,025450	0,046673	0,5452	0,623489	0,0033	0,0062
<b>S/FOS x AC</b>	0,039445	0,046673	0,8451	0,460114	0,0052	0,0062
<b>P x AC</b>	-0,10962	0,046673	-2,3488	0,100413	-0,2192	0,0933

\*Fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (L) termos lineares; (Q) termos quadráticos. S/FOS – Sacarose/FOS; P – Pectina; AC - ácido cítrico.Fonte: o autor.

Através da análise da estimativa de efeitos foi observada significância linear, pelo p-valor menor que 5%, do ácido cítrico para o intervalo de confiança de 95% (Tabela11).

O diagrama de Pareto, representado na Figura 11, evidencia este efeito somente da variável AC (L).As outras variáveis não se mostraram significativas ( $p < 0,05$ ).

**Figura 11** - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta de acidez da geleia em função da adição S/FOS, pectina e ácido cítrico.



Fonte: o autor.

A Tabela 12 apresenta os resultados da ANOVA para a acidez da geleia, na qual o valor tabelado de F para um intervalo de confiança de 95% e com graus de liberdade é  $F_{\text{tab}}(3;7;0,05) = 8,8867$ .

**Tabela 12** - ANOVA para a variável dependente acidez titulável.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R <sup>2</sup>
<b>Regressão</b>	2,234578	7	0,319225	73,27025	0,9941
<b>Erro</b>	0,013070	3	0,004356822		
<b>Total</b>	2,247648	10			

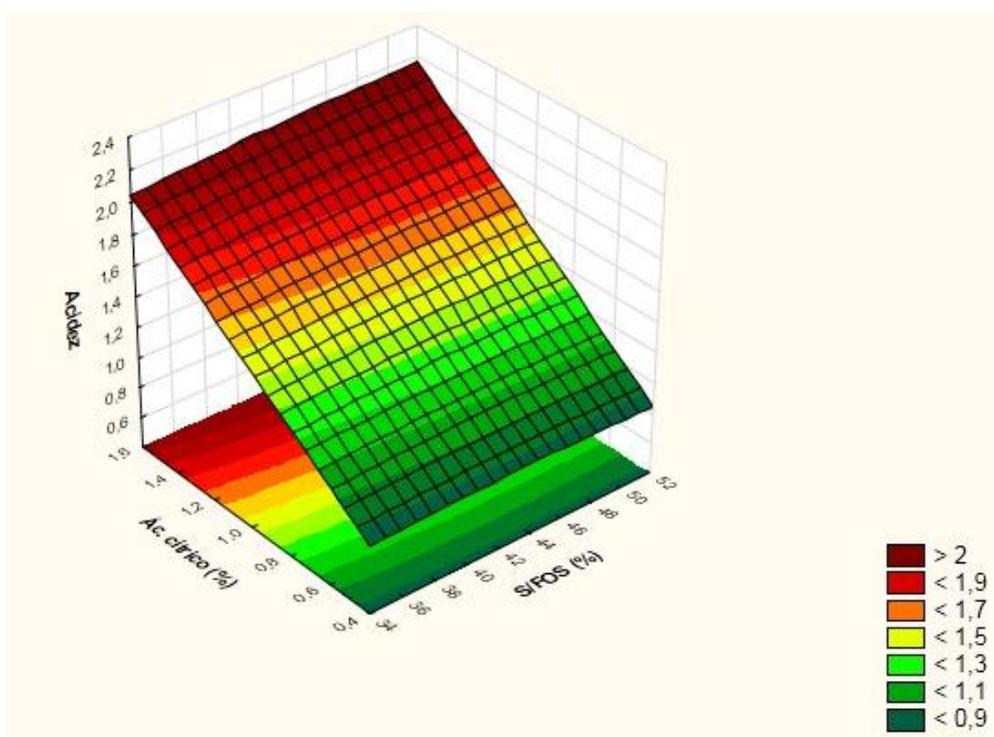
\*  $F_{\text{tab}}(3;7;0,05) = 8,8867$ . Fonte: o autor.

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,9941 e  $F_{\text{calc}} = 73,27$  sendo este superior ao  $F_{\text{tab}}$  (8,8867). Portanto, como  $F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}}$ , o modelo é válido e o coeficiente de determinação indicou que os pontos da curva descrevem a relação entre a S/FOS, P e AC para a acidez da geleia, uma vez que 99,42% da variação total em torno da média são explicadas pela regressão. O modelo matemático validado ( $p < 0,05$ ) é apresentado na equação 6, na qual a pectina foi fixada em 1%.

$$\text{Acidez} = 0,0288 + 0,0147 * \text{S/FOS} - 0,00023 * \text{S/FOS}^2 + 1,044 * \text{AC} + 0,00339 * 1 * \text{S/FOS} + 0,0052 * \text{S/FOS} * \text{AC} - 0,219 * 1 * \text{AC} \quad \text{Equação (6)}$$

O modelo (Equação 6) foi representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 12.

**Figura 12** - Superfície de resposta para o efeito das concentrações de S/FOS (%) e ácido cítrico (%), fixando a pectina (1%) sobre a acidez (g de ácido cítrico $100^{-1}$ g de amostra) da geleia.



Fonte: O autor.

Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 12), pode-se observar que ocorre uma tendência de aumento no teor de acidez titulável com o aumento da adição do ácido cítrico. O gráfico demonstra que a acidez titulável mínima da geleia foi de 0,9 g de ácido cítrico $100^{-1}$ g de amostra, ocorrendo em uma faixa de concentração entre 35% a 50% de sacarose (de 15% a 0% de FOS) e de 0,5% de ácido cítrico. Pode-se perceber então, que a relação da quantidade de S/FOS não interfere na acidez das geleias, mas sim a quantidade de ácido cítrico adicionada.

Estudos realizados por Freitas (2008) apontaram que as geleias de guabirobas podem ser adicionadas de 1,0% e 1,5% de ácido cítrico. No mesmo estudo, a formulação com 1,5% de adição de ácido cítrico foi a única que obteve uma boa intenção de compra.

A equação 7 apresenta o modelo matemático validado estatisticamente quando a S/FOS foi fixado a 42,5%.

$$\text{Acidez} = 0,0288 + 0,06218*P + 1,0443*AC + 0,0034*42,5*P + 0,0052*42,5*AC - 0,2192*P*AC \quad \text{Equação (7)}$$

Assim como a P, a variação da S/FOS não foi significativa para o modelo com relação à acidez titulável das geleias, sendo somente a adição do ácido cítrico significativa ( $p < 0,05$ ) para o modelo. Com isso, a superfície de resposta fixando o S/FOS apresenta comportamento similar quando fixado a pectina (Figura 12).

De acordo com Freitas (2008), as formulações que possuíam 1,5% de ácido cítrico foram as melhores aceitas. Com isso, em pode-se eliminar algumas formulações que contem baixas concentrações de ácido cítrico. Apenas F2, F4, F6 e F8 possuem 1,5% de ácido cítrico e, portanto, estas seriam as indicadas para avaliações posteriores.

### 5.1.6 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico na Luminosidade (L\*) das geleias

A Tabela 13 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações para a luminosidade (L) da geleia, assim como os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

**Tabela 13** - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta para a luminosidade.

	Efeito	Erro padrão	t(3)	p-valor	Coeficientes de regressão	Erro Padrão
<b>Intercepto *</b>	34,514	1,0473	32,9545	0,00006	17,4995	40,182
<b>S/FOS (%) (L)</b>	-1,9900	1,2827	-1,55139	0,21860	0,87360	1,8734
<b>S/FOS (%) (Q)</b>	-1,2188	2,4562	-0,49625	0,65380	-0,01083	0,0218
<b>P (%) (L)</b>	1,5583	1,2827	1,21487	0,31131	3,74667	7,8141
<b>AC (%) (L)</b>	-3,4683	1,2827	-2,70389	0,07354	0,70333	7,8141
<b>S/FOS x P</b>	-0,1450	1,2827	-0,11304	0,91713	-0,01933	0,1710
<b>S/FOS x AC</b>	-0,4950	1,2827	-0,38590	0,72531	-0,06600	0,1710
<b>P x AC</b>	-0,6833	1,2827	-0,53272	0,63116	-1,36667	2,5654

\*Fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (L) termos lineares; (Q) termos quadráticos. S/FOS – Sacarose/FOS; P – Pectina; AC - ácido cítrico. Fonte: o autor.

Como pode ser observado na Tabela 13, o p-valor maior que 5% indicou que os efeitos não foram significativos no modelo matemático para a resposta Luminosidade ao nível de confiança de 95%.

A análise de variância (ANOVA) do modelo representativo para a Luminosidade está apresentada na Tabela 14.

**Tabela 14** - ANOVA para variável dependente luminosidade das geleias.

	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>Graus de Liberdade</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F calculado</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Regressão</b>	39,11204	7	5,58743	1,6979	0,789
<b>Erro</b>	9,87219	3	3,29073		
<b>Total</b>	48,9842	10			

\*  $F_{\text{tab}}(3;7;0,05) = 8,8867$ . Fonte: o autor.

O valor de  $F_{\text{calc}} = 1,6979$  é inferior ao  $F_{\text{tab}} = 8,8867$  (Tabela 14). Logo, os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático não é válido. O coeficiente de determinação foi igual a 0,7894, sendo 78,94% dos dados podem ser representados por este modelo.

### 5.1.7 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico para o valor de croma (c\*) das geleias

A Tabela 15 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações para o valor de croma (c\*), assim como os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

**Tabela 15** - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta valor de croma (c\*).

	<b>Efeito</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>t(3)</b>	<b>p-valor</b>	<b>Coeficientes de regressão</b>	<b>Erro Padrão</b>
<b>Intercepto *</b>	19,6893	1,09421	17,9939	0,00037	31,8552	41,980
<b>S/FOS (%) (L)</b>	-3,2410	1,34014	-2,41847	0,09429	-0,33286	1,9573
<b>S/FOS (%) (Q)</b>	0,08459	2,56617	0,03296	0,97577	0,00075	0,0228
<b>P (%) (L)</b>	2,13545	1,34014	1,59345	0,20931	1,44101	8,1639
<b>AC (%) (L)</b>	-3,0028	1,34014	-2,24067	0,11089	-1,57610	8,1639
<b>S/FOS x P</b>	0,38543	1,34014	0,28761	0,79237	0,05139	0,1786
<b>S/FOS x AC</b>	0,01111	1,34014	0,00829	0,99390	0,00148	0,1786
<b>P x AC</b>	-0,7448	1,34014	-0,55579	0,61711	-1,48967	2,6802

\*Fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (L) termos lineares; (Q) termos quadráticos. S/FOS – Sacarose/FOS; P – Pectina; AC - ácido cítrico. Fonte: o autor.

Como pode ser observado na Tabela 15, o p-valor maior que 5% indicou que os efeitos não foram significativos no modelo matemático para a resposta croma ao nível de confiança de 95%.

A análise de variância (ANOVA) do modelo representativo para o valor de croma está apresentada na Tabela 16.

**Tabela 16** - ANOVA para a variável dependente cor (c\*) das geleias.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R <sup>2</sup>
<b>Regressão</b>	49,57411	7	7,08201	1,9716	0,821
<b>Erro</b>	10,77584	3	3,59195		
<b>Total</b>	60,34996	10			

\*  $F_{\text{tab}}(3;7;0,05) = 8,8867$ . Fonte: o autor.

O valor de  $F_{\text{calc}} = 1,9716$  foi inferior ao  $F_{\text{tab}} = 8,8867$  (Tabela 20), logo, os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático não é válido. Além disso, o coeficiente de determinação explicaria apenas 82,1% dos dados coletados, portanto, para este parâmetro não foi elaborado as superfícies de resposta.

### 5.1.8 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico para o ângulo *hue* das geleias

A Tabela 17 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações para o ângulo *hue*, assim como os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

**Tabela 17** - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta ângulo *hue*.

	Efeito	Erro padrão	t(3)	p-valor	Coeficientes de regressão	Erro Padrão
<b>Intercepto *</b>	66,9191	1,18602	56,4228	0,00001	-107,1	45,503
<b>S/FOS (%) (L)</b>	2,06466	1,45258	1,42137	0,25033	7,898	2,1215
<b>S/FOS (%) (Q) *</b>	<b>-9,9035</b>	<b>2,78148</b>	<b>-3,56051</b>	<b>0,03780</b>	<b>-0,088</b>	<b>0,0247</b>
<b>P (%) (L)</b>	-1,1060	1,45258	-0,76141	0,50179	4,106	8,8489
<b>AC (%) (L)</b>	0,09498	1,45258	0,06539	0,95198	3,594	8,8489
<b>S/FOS x P</b>	-1,1914	1,45258	-0,82021	0,47219	-0,159	0,1936
<b>S/FOS x AC</b>	-0,8892	1,45258	-0,61220	0,58368	-0,119	0,1936
<b>P x AC</b>	0,7698	1,45258	0,52999	0,63284	1,540	2,9051

\*Fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (L) termos lineares; (Q) termos quadráticos. S/FOS – Sacarose/FOS; P – Pectina; AC - ácido cítrico. Fonte: o autor.

Através da análise da estimativa de efeitos foi observada significância quadrática pelo p-valor menor que 5%, da concentração S/FOS para o intervalo de confiança de 95% (Tabela17) para a resposta ângulo *hue*.

A análise de variância (ANOVA) do modelo representativo para o ângulo de *hue* está apresentada na Tabela 18.

**Tabela 18** - ANOVA para a variável dependente ângulo *hue* das geleias.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R <sup>2</sup>
<b>Regressão</b>	70,09404	7	10,01343	2,37285	0,84
<b>Erro</b>	12,65998	3	4,21999		
<b>Total</b>	82,7540	10			

\*  $F_{\text{tab}}(3;7;0,05) = 8,8867$ . Fonte: o autor.

Embora o termo S/FOS quadrático tenha sido significativo, o valor de  $F_{\text{calc}} = 2,37$  foi inferior ao  $F_{\text{tab}} = 8,8867$  (Tabela 18). Logo, os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático não é válido. Portanto, para este parâmetro não foi elaborado as superfícies de resposta.

### 5.1.9 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico para a adesividade das geleias

A Tabela 19 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações para a adesividade, assim como os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

**Tabela 19** - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta adesividade.

	Efeito	Erro padrão	t(3)	p-valor	Coefficientes de regressão	Erro Padrão
<b>Intercepto *</b>	27,005	10,5898	2,55012	0,08393	627,89	406,29
<b>S/FOS (%) (L)</b>	-7,907	12,9699	-0,60970	0,58513	-22,611	18,943
<b>S/FOS (%) (Q)</b>	23,230	24,8355	0,93536	0,41860	0,206	0,2208
<b>P (%) (L)</b>	14,054	12,9699	1,08359	0,35786	-125,46	79,011
<b>AC (%) (L)</b>	-18,960	12,9699	-1,46189	0,23993	-88,018	79,011
<b>S/FOS x P</b>	23,213	12,9699	1,78982	0,17142	3,095	1,7293
<b>S/FOS x AC</b>	10,779	12,9699	0,83109	0,46688	1,437	1,7293
<b>P x AC</b>	3,9878	12,9699	0,30746	0,77859	7,976	25,939

\*Fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (L) termos lineares; (Q) termos quadráticos. S/FOS – Sacarose/FOS; P – Pectina; AC - ácido cítrico. Fonte: o autor.

Como pode ser observado na Tabela 19, o p-valor maior que 5% indicou que os efeitos não foram significativos no modelo matemático para a resposta adesividade ao nível de confiança de 95%.

A análise de variância (ANOVA) do modelo representativo para a adesividade está apresentada na Tabela 20.

**Tabela 20** - ANOVA para a adesividade das geleias.

	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>Graus de Liberdade</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F calculado</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Regressão</b>	2875,3918	7	410,7702	1,22094	0,740
<b>Erro</b>	1009,312	3	336,437		
<b>Total</b>	3884,704	10			

\*  $F_{\text{tab}}(3;7;0,05) = 8,8867$ . Fonte: o autor.

O valor de  $F_{\text{calc}} = 1,2209$  foi inferior ao  $F_{\text{tab}} = 8,8867$  (Tabela 20). Logo, os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático não é válido. Além disso, pelo coeficiente de determinação, este modelo apresentaria apenas 74,02% dos dados. Com isso, os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático não é válido. Portanto, para este parâmetro não foi elaborado as superfícies de resposta.

#### 5.1.10 Efeito da Sacarose/FOS, pectina e ácido cítrico na dureza das geleias

Na Tabela 21 está exposta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações na dureza das geleias, assim como os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

**Tabela 21**- Efeito e coeficientes de regressão para a resposta da dureza.

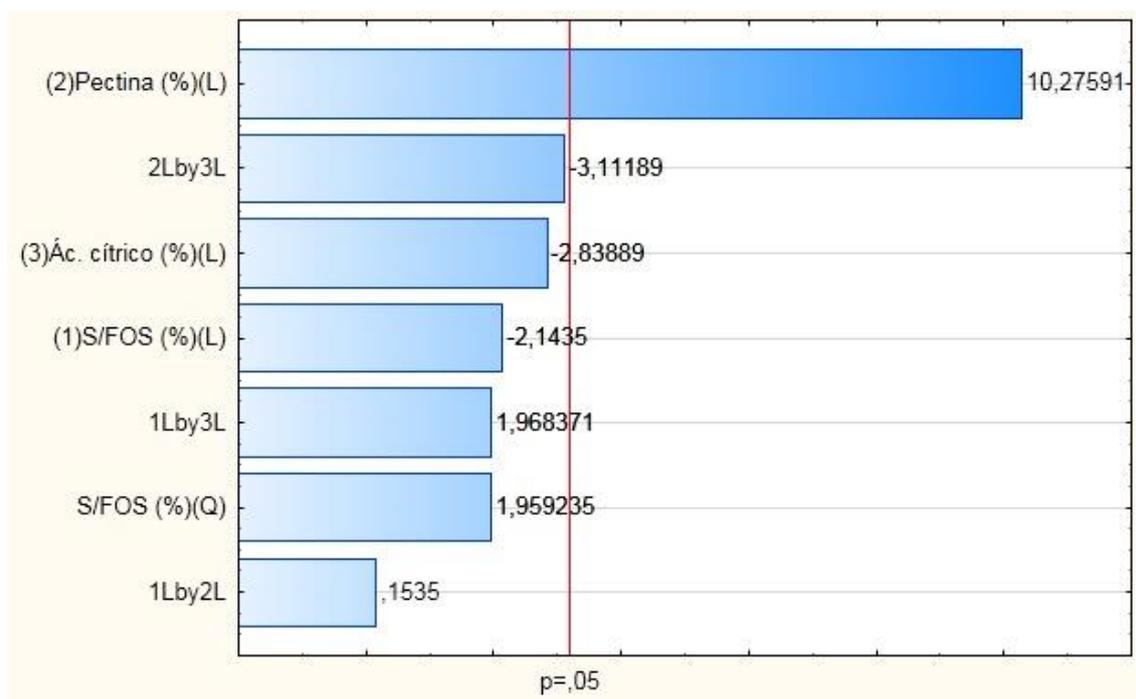
	<b>Efeito</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>t(3)</b>	<b>p-valor</b>	<b>Coefficientes de regressão</b>	<b>Erro Padrão</b>
<b>Intercepto *</b>	36,344	3,88354	9,35870	0,00258	343,944	148,99
<b>S/FOS (%) (L)</b>	-10,195	4,75635	-2,14350	0,12145	-15,5076	6,9468
<b>S/FOS (%) (Q)</b>	17,844	9,10772	1,95923	0,14496	0,1586	0,0810
<b>P (%) (L) *</b>	<b>48,875</b>	<b>4,75635</b>	<b>10,2759</b>	<b>0,00196</b>	<b>74,341</b>	<b>28,975</b>
<b>AC (%) (L)</b>	-13,502	4,75635	-2,83889	0,06570	-36,953	28,975
<b>S/FOS x P</b>	0,7301	4,75635	0,15350	0,88774	0,0973	0,6342
<b>S/FOS x AC</b>	9,3623	4,75635	1,96837	0,14367	1,2483	0,6342
<b>P x AC</b>	-14,801	4,75635	-3,11189	0,05280	-29,602	9,5127

\*Fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (L) termos lineares; (Q) termos quadráticos. S/FOS – Sacarose/FOS; P – Pectina; AC - ácido cítrico. Fonte: o autor.

Através da análise da estimativa de efeitos foi observada significância linear, pelo p-valor menor que 5%, da Pectina (L) para o intervalo de confiança de 95% (Tabela 21) para a resposta dureza.

O diagrama de Pareto, representado na Figura 13, evidencia este efeito significativo da variável P (L). As outras variáveis não se mostraram significativas.

**Figura 13** - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta de dureza das geleias em função da adição S/FOS, pectina e ácido cítrico.



Fonte: o autor

A Tabela 22 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA) para a dureza da geleia.

**Tabela 22** - ANOVA para a variável dependente dureza das geleias.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R <sup>2</sup>
<b>Regressão</b>	6138,442	7	876,9203	19,3812	0,978
<b>Erro</b>	135,737	3	45,246		
<b>Total</b>	6274,180	10			

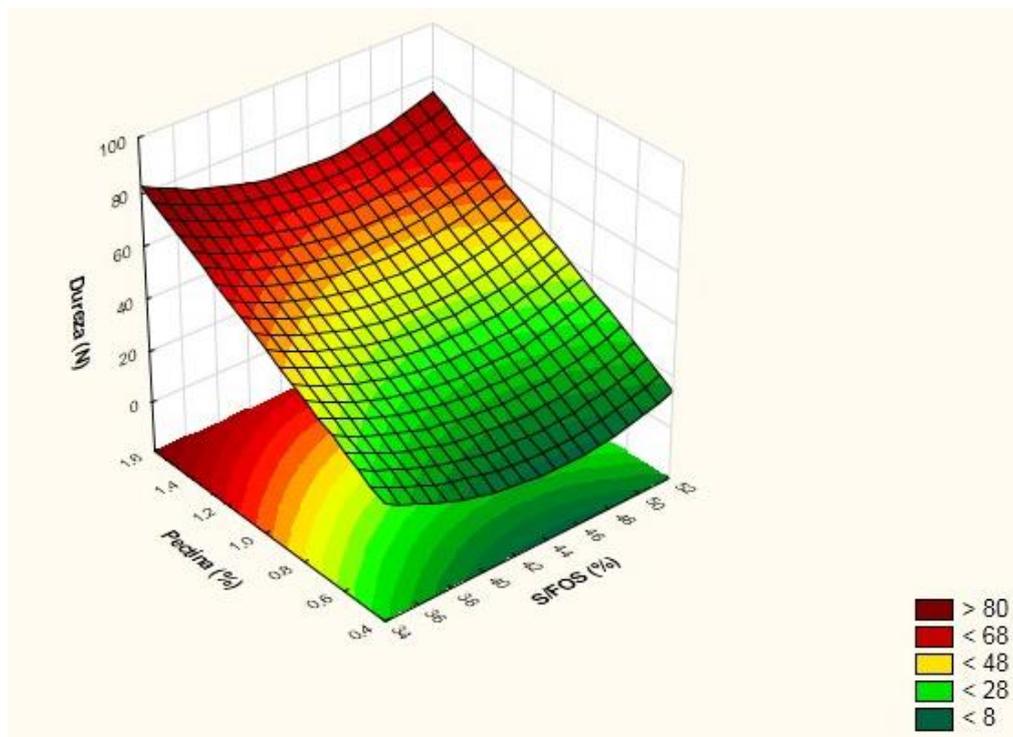
\*  $F_{\text{tab}}(3;7;0,05) = 8,8867$ . Fonte: o autor.

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,978 e  $F_{\text{calc}} = 19,38$ , sendo este superior ao  $F_{\text{tab}}$  (8,8867). Portanto, como  $F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}}$ , o modelo é válido e o valor do coeficiente de determinação indicou que os pontos da curva descrevem a relação entre a S/FOS, P e AC para a dureza das geleias, uma vez que 97,84% da variação total em torno da média são explicadas pela regressão. O modelo matemático validado estatisticamente é apresentado na Equação 10, na qual o ácido cítrico foi fixado em 1%.

$$\text{Dureza} = 343,9439 - 15,5075 * \text{S/FOS} + 0,1586 * \text{S/FOS}^2 + 74,3411 * \text{P} + 0,09734 * \text{S/FOS} * \text{P} + 1,2483 * 1 * \text{S/FOS} - 29,6025 * 1 * \text{P} \quad \text{Equação (10)}$$

O modelo (Equação 10) foi representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 14.

**Figura 14** - Superfície de resposta para o efeito das concentrações de S/FOS (%) e pectina (%), fixando o ácido cítrico (1%) sobre a dureza (N) das geleias.



Fonte: o autor

Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 14), pode-se observar que ocorre uma tendência de aumento na dureza com o aumento da adição de pectina. O gráfico demonstra que o ponto de mínimo para a dureza das geleias foi de aproximadamente 8 N, na faixa de concentração entre 35% a 50% de sacarose (de 15% a 0% de FOS) e contendo 0,5% de pectina. Pode-se perceber com isso, que a relação da quantidade de S/FOS não interfere na dureza das geleias, mas sim, a quantidade de pectina adicionada, uma vez que quando adicionado 1,5% de pectina, a dureza das geleias se apresentaram máximas, aproximadamente 80 N independente da quantidade de S/FOS.

Freitas et al. (2008) ao realizar testes para formulação de geleias chegaram à conclusão de que a pectina presente na guabiroba não é suficiente para a geleificação, logo, para a formulação de geleia é necessário a adição de pectina comercial. A adição de 0,5% de pectina já foi suficiente se obter textura desejável. Quando se adicionou 1,5% de pectina, a geleia tornou-se muito dura, ficando com aspecto semelhante a um doce, e não geleia. De acordo com Torrezan (1998), geralmente 1% de pectina é

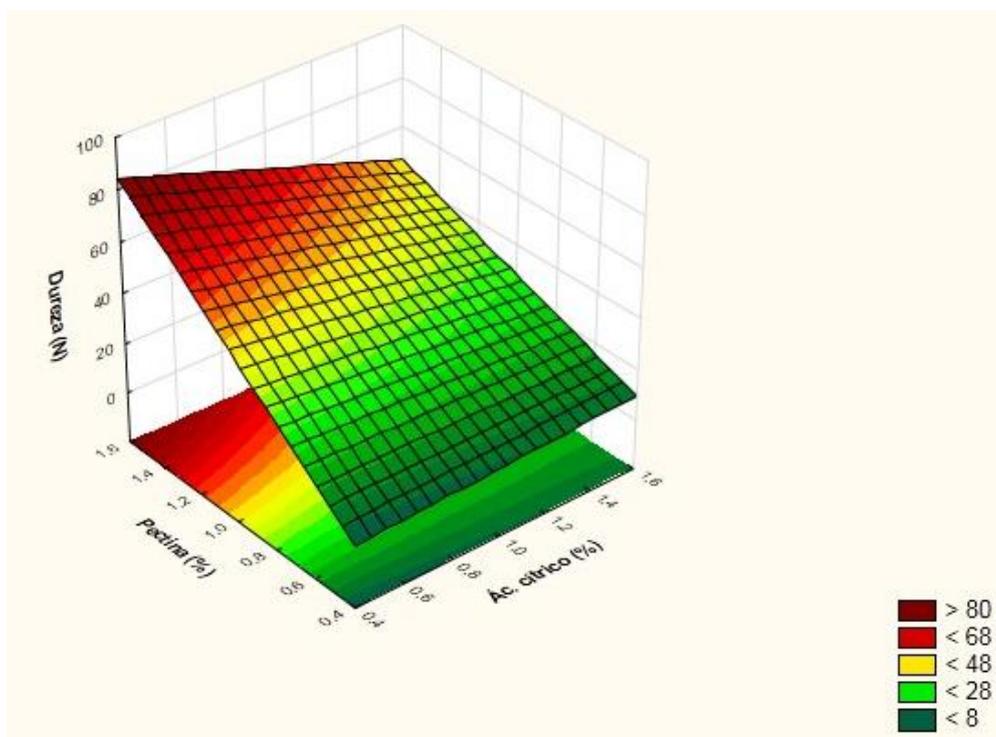
suficiente para produzir uma geleia firme, mas isso depende da quantidade de pectina que a fruta possui. Estudo realizado por Santos (2009) demonstrou que a guabiroba possui diferentes tipos de pectinas que influenciam a sua textura, o que viabiliza a elaboração de diversos produtos. Entretanto, esta quantidade de pectina não é suficiente para a formação do gel para a elaboração de geleias, por isso é necessária à adição deste ingrediente. Portanto, a adição de 0,5% de pectina para a elaboração da geleia de guabiroba é suficiente para formar um gel adequado.

A equação 11 apresenta o modelo matemático validado estatisticamente quando a S/FOS foi fixado a 42,5%.

$$\text{Dureza} = 343,9439 + 74,3411 \cdot P - 36,9530 \cdot AC + 0,0973 \cdot 42,5 \cdot P + 1,2483 \cdot 42,5 \cdot AC - 29,6025 \cdot P \cdot AC \quad \text{Equação (11)}$$

Assim como a concentração de S/FOS, a variação do ácido cítrico não foi significativa para o modelo com relação a dureza das geleias, somente a adição da pectina foi significativo ( $p < 0,05$ ) para o modelo. O modelo (Eq. 11) foi representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 15.

**Figura 15** - Superfície de resposta para o efeito das concentrações de ácido cítrico (%) e pectina (%), fixando a S/FOS (42,5%) sobre a dureza (N) das geleias.



Fonte: o autor.

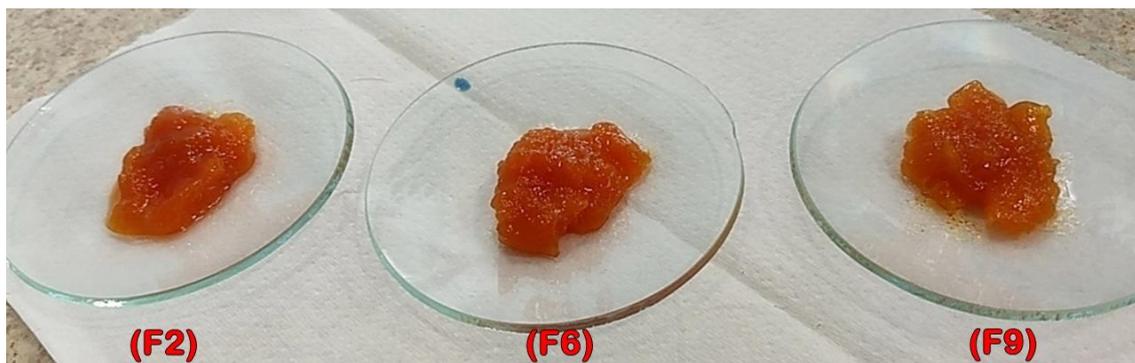
A Figura 15, demonstra que somente a pectina apresenta efeito na dureza das geleias. Pode-se perceber que as formulações nas quais foram utilizados teores de 0,5% de pectina apresentaram consistência considerada adequada para geleias. Além disso, conforme se aumentou o teor de pectina às geleias foram ficando cada vez mais duras e perdendo a consistência características. Como se pode verificar, quando foi adicionada a concentração mais elevada de ácido cítrico, houve redução na dureza das geleias, porém este efeito não foi significativo ( $p < 0,05$ ).

Na etapa de discussão de dados no qual o parâmetro acidez titulável foi analisado, determinou-se que apenas quatro formulações seriam adequadas para avaliações posteriores, no caso F2, F4, F6 e F8. Destas formulações, as que continham 0,5% de pectina (F2 e F6) foram selecionadas para serem caracterizadas, pois foram consideradas as mais adequadas através dos parâmetros analisados através da otimização, uma vez que as amostras F4 e F8, por conterem 1,5% de pectina, apresentaram uma consistência distinta a esperada para o produto. Assim, para as demais caracterizações foram considerados as formulações F2 e F6, assim como o ponto central (F9), descritas na Tabela 23. O ponto central também foi selecionado para as análises de caracterização, levando-se em conta que posteriormente pode-se realizar também a análise sensorial destas geleias. A Figura 16 apresenta as formulações escolhidas.

**Tabela 23** – Formulações selecionadas para próxima etapa.

Ensaio	Codificadas/reais		
	S/FOS (%)	P (%)	AC (%)
2	-1 (50/0)	-1 (0,5)	+1 (1,5)
6	+1 (35/15)	-1 (0,5)	+1 (1,5)
9	0 (42,5/7,5)	0 (1,0)	0 (1,0)

Fonte: o autor.

**Figura 16** – Formulações de geleia de guabiroba selecionadas através da otimização.

Fonte: o autor.

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Na Tabela 24 estão apresentados os resultados da caracterização da polpa de guabiroba, assim como das geleias selecionadas através do DCCR, sendo elas as F2, F6 e F9.

**Tabela 24** - Teor de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e açúcares redutores da polpa e das amostras F2, F6 e F9 das geleias de guabiroba.

Análises	Polpa	F2	F6	F9
<b>Umidade (%)</b>	82,75±0,63 <sup>a</sup>	31,1±1,39 <sup>c</sup>	32,71±0,14 <sup>c</sup>	36,12±0,21 <sup>b</sup>
<b>Cinzas (%)</b>	0,47±0,08 <sup>a</sup>	0,45±0,06 <sup>a</sup>	0,43±0,09 <sup>a</sup>	0,35±0,11 <sup>a</sup>
<b>Proteína (%)</b>	1,09±0,11 <sup>a</sup>	0,72±0,03 <sup>b</sup>	0,65±0,01 <sup>b</sup>	0,59±0,01 <sup>b</sup>
<b>Lipídeos (%)</b>	1,15±0,10 <sup>a</sup>	0,58±0,10 <sup>b</sup>	0,57±0,05 <sup>b</sup>	0,56±0,09 <sup>b</sup>
<b>Carboidratos totais (%)</b>	14,54±0,62 <sup>c</sup>	67,15±1,37 <sup>a</sup>	65,64±0,25 <sup>ab</sup>	62,38±0,19 <sup>b</sup>
<b>ARG (%)</b>	nd*	26,68±0,4 <sup>b</sup>	30,80±0,99 <sup>a</sup>	27,73±0,62 <sup>b</sup>

F2 = formulação contendo 50% de sacarose e nada de FOS; F6 = formulação contendo 35% de sacarose e 15% de FOS e F9 = formulação contendo 42,5% de sacarose e 7,5% de FOS. ARG = Açúcares redutores em glicose. \*nd = não determinado. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: o autor.

O teor de umidade da polpa de guabiroba foi de 82,75%, sendo este teor próximo ao descrito por Vallilo (2008), que foi igual a 81,4%. Grandó (2015) reportou teor de umidade da polpa superior ao verificado no presente estudo (85,4%). Com relação à umidade das geleias, as formulações F2 (31,75%) e F6 (32,71%) não diferiram entre si, sendo que estas diferiram de F9 (36,12%) ( $p < 0,05$ ). Essa redução de umidade entre a polpa e as geleias ocorreu em virtude das condições de processamento da geleia que se dá pela adição da sacarose e sacarose/FOS, além da evaporação da água. De acordo com Conceição (2009), a sacarose pode ser considerada um agente umectante e

pode diminuir o teor de umidade do produto. Este fato evidencia a redução da umidade das geleias pelo aumento da proporção de sólidos, com relação à polpa. Segundo Rosa et al. (2012), o tratamento térmico também promove o aumento de sólidos e redução do teor de umidade, devido ao tempo que a geleia é exposta a cocção e consequente evaporação da água.

Os FOS possuem grupos OH disponíveis para ligações, os quais podem associar com a água através de pontes de hidrogênio, formando uma rede mais coesa do gel, dificultando sua evaporação, o que pode ter contribuído para essa diferença de umidade entre a formulação F6 (15% de FOS) e F9 (7,5% de FOS). Além disso, outro aspecto que pode ter influenciado neste resultado foi a quantidade de ácido cítrico utilizada, sendo 1,5% e 1,0% para as formulações F6 e F9, respectivamente. Freitas et al. (2008) comenta que a acidez excessiva das geleias podem causar desidratação e hidrólise da pectina. Com isso, apesar de F6 possuir maior quantidade de FOS e consequentemente ter maior capacidade de aprisionar a água, esta formulação continha maior teor de ácido, o que leva a perda de água das geleias, constatando então o fato dessa formulação possuir maior quantidade de FOS e não possui maior teor de umidade se comparada com F9.

Scolforo e Silva (2013) elaboraram geleias de maçã enriquecidas com FOS, descrevendo teores de umidade de 30,6% a 39,2 das amostras analisadas. Os teores deste trabalho se apresentam no intermédio dos descritos pelos autores, sendo que estes encontram-se próximos aos de referências preconizadas pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, que são de 35 a 38% de umidade (BRASIL, 1978).

O conteúdo de cinzas de um alimento refere-se a uma estimativa do teor de minerais presentes na amostra, sendo resultado da combustão sofrida pela amostra durante o aquecimento em mufla (NOLLET, 2004). O teor de cinzas da polpa de guabiroba foi igual a 0,47%, sendo este bem próximo ao verificado por Vallilo (2008), que foi igual a 0,5% e inferior ao verificado por Grando (2015), que foi igual a 0,67%. As geleias de guabiroba não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ) com relação ao teor de cinzas (Tabela 24). Scolforo e Silva (2013), ao elaborar geleia de maçã obteve teores de cinza igual a 0,27 e 0,28%, enquanto Santos (2014) ao elaborar geleia de Palma com teor igual a 0,74%. O conteúdo de cinzas das geleias está relacionado principalmente com o tipo de fruta utilizada, sendo que, se a fruta contiver um teor elevado de minerais, consequentemente a geleia também irá conter elevado teor dos mesmos. Além disso, o tipo de açúcar utilizado também pode influenciar no teor de minerais, uma vez que

Legislação, Resolução - CNNPA nº 12, de 1978 da ANVISA, permite um teor de cinzas de até 0,4%.

O teor de proteínas para a polpa de guabiroba foi igual a 1,09%, sendo este teor muito próximo ao descrito por Santos (2011) e por Valillo (2008), sendo que ambos os autores relatam teor de proteína de 1,1% para o fruto. Com relação às geleias, nenhuma das amostras diferiram entre si ( $p < 0,05$ ) (Tabela 24). Essa redução do teor de proteína da polpa ao elaborar da geleia pode ter ocorrido em virtude do próprio processamento, no qual é utilizado calor e alta acidez, os quais podem ter contribuído para essa redução. (BARCELOS e FERRUA, 2003). Além disso, é adicionado 50% de açúcar e 50% de polpa, ou seja, a própria preparação da geleia (pela diluição da polpa) pode ter influência na diminuição do teor deste compostos. Segundo Barcelo e Ferrua (2003), é comum a redução dos teores de proteína em alimentos processados em que se usa a aplicação de calor em presença de carboidratos, pigmentos, lipídeos e alta acidez, componentes e fatores esses presentes em produtos como a geleia.

A polpa de guabiroba apresentou um teor de lipídeos de 1,15%, sendo que Grando (2015) observou um teor de 0,9% de lipídeos na polpa de guabiroba. As geleias apresentaram teores de lipídeos entre 0,56 e 0,58%, sendo que nenhuma delas diferiu entre si ( $p < 0,05$ ). A redução do teor de lipídeos observado durante o processamento da geleia pode ter ocorrido pela diluição da polpa na preparação da geleia, como citado anteriormente, ou em virtude da oxidação, a qual ocorre na presença de oxigênio, assim como luz, fatores esses que estavam presente durante a elaboração (ANDRADE, 2006).

Como citado anteriormente, os carboidratos foram calculados pela diferença entre as demais análises ( $100\% - \text{umidade} (\%) - \text{cinzas} (\%) - \text{proteína} (\%) - \text{lipídeos} (\%)$ ). A polpa de guabiroba apresentou teor de carboidratos totais igual a 14,54%. As formulações de geleia F2 (67,15%) e F6 (65,64%) não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ) com relação a este parâmetro. A formulação F6 também não diferiu ( $p < 0,05$ ) da formulação F9, sendo que esta apresentou teor de carboidratos totais igual a 62,38%. A formulação F2 diferiu da formulação F9 ( $p < 0,05$ ), isso se deve ao fato deste parâmetro ter sido calculado por diferença, a umidade destas formulações eram bem distintas (diferença de 5,02%), enquanto que os demais parâmetros não apresentaram grande diferença. Scolforo e Silva ao formularem geleias de maçã, verificaram teores de carboidratos totais igual a 60,05% e 68,38%, sendo estes teores próximos aos verificados neste trabalho. Napoli et al. (2014) ao elaborar geleias tradicionais e lights de guabiroba descreveram teores entre 45,03% e 66,24% de carboidratos totais, sendo que estes

teores mais elevados (66,24% e 63,28%) são de geleias tradicionais, adicionadas de 50% de polpa e 50% de açúcar. Os menores teores de carboidratos (45,03% e 54,29%) descritos pelos mesmos autores devem-se ao fato de se ter adicionado a geleia certa quantidade de açúcar light (6%) e diminuído o teor de açúcar tradicional.

Com relação aos açúcares redutores, as formulações F2 (50% de sacarose) e F9 (42,5% de sacarose e 7,5% de FOS) não apresentaram diferenças ( $p < 0,05$ ) (Tabela 24). A formulação F6, a qual apresenta maior porcentagem de FOS (35% de sacarose e 15% de FOS) se diferiu das demais, apresentando 30,8% de açúcares redutores na sua composição. A formulação que apresentou maior quantidade de açúcares redutores foi a que continha a maior quantidade de FOS, indicando a possibilidade deste ingrediente se degradar através da cocção e liberar açúcares redutores na forma de frutose e glicose, em menor quantidade (Figura 5).

Batista (2015) elaborou geleia de jabuticaba adicionada de fibras (biomassa de banana verde ou chia), sendo que a autora descreveu teores de açúcares redutores entre 22,58 a 27,29%. De acordo com a autora, durante a cocção a sacarose em meio ácido sofre hidrólise, sendo desdobrada parcialmente em açúcares redutores, tais como a glicose e a frutose. Adicionalmente, os açúcares redutores apresentam grande importância na elaboração de geleias, pois conferem brilho ao produto e podem reduzir e/ou atrasar a cristalização da sacarose refletindo na redução do nível de doçura das mesmas (JACKIX, 1988).

Na Tabela 25 estão apresentados a atividade de água, o pH, o teor de acidez titulável e de sólidos solúveis da polpa e das amostras das geleias de guabiroba.

De acordo com Leitão (1968), as polpas de frutas apresentam alta atividade de água ( $> 0,95$ ), sendo que a polpa de guabiroba apresentou atividade de água igual a 0,95. Pereira et al. (2009), realizou análise de atividade de água de diferentes marcas em polpa de açaí, caju, goiaba, graviola e morango, relatando valores entre 0,929 e 0,977. As variações que ocorrem na composição dos frutos podem ser atribuídas às diferenças de espécies botânicas, assim como ao grau de maturidade dos frutos analisados, à região de coleta, ao clima, ao solo, à estação do ano, entre outros fatores, que podem contribuir para as alterações de diversas características bioquímicas (SANTOS, 2011).

**Tabela 25** - Atividade de água, pH, acidez titulável e sólidos solúveis da polpa e amostras F2, F6 e F9 das geleias de guabiroba.

Análises	Polpa	F2	F6	F9
<b>Atividade de água</b>	0,95±0,00 <sup>a</sup>	0,83±0,00 <sup>b</sup>	0,84±0,00 <sup>b</sup>	0,86±0,01 <sup>b</sup>
<b>pH</b>	4,29±0,01 <sup>a</sup>	2,84±0,01 <sup>c</sup>	2,84±0,01 <sup>c</sup>	3,24±0,00 <sup>b</sup>
<b>Acidez titulável(g100<sup>-1</sup>g)*</b>	0,59±0,02 <sup>c</sup>	2,07±0,03 <sup>a</sup>	2,06±0,02 <sup>a</sup>	1,45±0,01 <sup>b</sup>
<b>Sólidos solúveis (°Brix)</b>	16,3±0,08 <sup>b</sup>	66,3±0,50 <sup>a</sup>	67,4±0,16 <sup>a</sup>	65,2±0,48 <sup>a</sup>

F2 = formulação contendo 50% de sacarose e nada de FOS; F6 = formulação contendo 35% de sacarose e 15% de FOS e F9 = formulação contendo 42,5% de sacarose e 7,5% de FOS. \*Expressa em: g de ácido cítrico. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: o autor.

As formulações das geleias de guabiroba apresentaram  $a_w$  entre 0,83 a 0,86, sendo que estes valores não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ). De acordo com Moura et al. (2011), geleias que apresentam atividade de água igual ou superior a 0,88 necessitam a adição de um conservante, pois estas são consideradas semi-perecíveis. Assim, como nenhuma das formulações elaboradas apresentou atividade maior que 0,86, não se fez necessária a adição de conservantes.

A atividade de água quantifica o grau de ligação da água contida no alimento, refletindo a disponibilidade que esta água possui para agir como solvente e participar de reações químicas, bioquímica e microbiológicas (LABUZA, 1977). Têm-se utilizado depressores para diminuir o valor de atividade de água, sendo este parâmetro então considerado um fator de preservação do alimento. Geralmente os açúcares podem ser adicionados como depressores de  $a_w$  (TORREZAN et al., 1999).

A polpa de guabiroba apresentou pH igual a 4,23, o que caracteriza a fruta como ácida. O valor obtido é muito próximo ao descrito por Grandó (2015), que verificou pH da polpa de guabiroba igual a 4,3. Através do valor obtido (4,23) é possível concluir que a guabiroba utilizada neste estudo se encontrava em estágio avançado de maturação (SANTOS, 2011), característica esta importante para elaboração de geleias que utilizam frutas climatéricas em sua formulação.

As geleias apresentaram pH menor que a polpa ( $p < 0,05$ ), provavelmente devido a adição de ácido cítrico nas formulações. As amostras F2 e F6 nas quais foram adicionados 1,5% de ácido cítrico apresentaram o mesmo pH, diferindo da amostra F9 na qual foi adicionada 1,0% de ácido cítrico (Tabela 25). Como citado anteriormente, é recomendado que o pH da geleia não seja menor que 2,7, pois pode ocorrer a sinérese e, também que não seja superior a 3,5, pois o gel formado pode ser muito fraco.

Adicionalmente, segundo Albuquerque (1997), pH abaixo de 3,5 é o recomendado para formação do gel. Desta forma, a adição de ácido cítrico nas formulações de geleias foi fundamental para a adequada formação de gel e consequente textura característica.

A acidez titulável em ácido cítrico da polpa foi de  $0,59 \text{ g } 100^{-1} \text{ g}$ , sendo este valor próximo ao encontrado por Rodrigues (2016), na qual foi evidenciada a acidez da polpa de guabiroba igual a  $0,69 \text{ g } 100^{-1} \text{ g}$ .

As geleias, assim como no caso do pH, que foram adicionadas de concentrações iguais de ácido cítrico (1,5%) (F2 e F6) não se diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), mas diferiram da amostra na qual foi adicionado somente 1% de ácido cítrico (F9) (Tabela 25). Rezende (2011) descreveu teores de acidez titulável, em ácido cítrico, para geleia de jaboticaba entre 1,59 e 1,61 ( $\text{g } 100^{-1} \text{ g}$ ) sem adição de ácido. Segundo Jackix (1988), a acidez deve ser controlada entre 0,3 a 0,8 ( $\text{g } 100^{-1} \text{ g}$ ), pois acima deste teor pode provocar sinérese, enquanto que abaixo de 0,3 ( $\text{g } 100^{-1} \text{ g}$ ) a rede de gel formada se torna fraca. No caso das geleias analisadas, após determinado tempo, pode ser verificado a ocorrência de sinérese devido à alta acidez. Rezende (2011) ainda comenta que a acidez (1,59 e 1,61  $\text{g } 100^{-1} \text{ g}$ ) das geleias de jaboticaba foi o possível motivo pelo qual a geleia ficou muito rígida, espalhando-se com dificuldade. Portanto, os autores concluíram que a adição de menor teor de ácido cítrico possivelmente seria suficiente para uma boa formação do gel. Vários autores ao elaborarem geleias encontraram teores de acidez titulável acima de  $1,0 \text{ g } 100^{-1} \text{ g}$ , e estes valores não interferiram quanto a aceitabilidade destas, obtendo resultados positivos quando submetidas a análise sensorial (NACHTIGALL et al., 2004; NETO, 2012; SANTOS, 2014; BATISTA, 2015).

A polpa apresentou  $16,3^\circ \text{Brix}$  de sólidos solúveis, sendo este próximo ao constatado por Rodrigues (2016), na qual descreveu teor de sólidos solúveis para a polpa da mesma fruta igual a  $17,1^\circ \text{Brix}$ . As geleias apresentaram valor de sólidos solúveis entre  $65,2$  e  $67,4^\circ \text{Brix}$ , não se diferenciando entre si ( $p < 0,05$ ). Os teores estão de acordo com os relatados na literatura, sendo que Freitas (2008) reportou teor de sólidos solúveis entre  $65,08$  a  $68,63^\circ \text{Brix}$  para geleias de guabiroba. Adicionalmente, os teores verificados neste trabalho estão de acordo com Soler (1991) que comenta que a concentração de açúcar deve ser em torno de  $67,5^\circ \text{Brix}$  para a elaboração de geleias, pois se o ponto final da geleia for superior a esse teor de sólidos ocorrerá à formação de cristais e, se for inferior, resultará em geleia de consistência fora dos padrões.

Na Tabela 26 estão apresentados os teores de compostos bioativos, como, carotenoides totais, ácido ascórbico (vitamina C) e compostos fenólicos totais presentes na polpa e nas amostras de geleia de guabiroba.

**Tabela 26** - Resultados das análises de carotenoides, compostos fenólicos e ácido ascórbico realizados na polpa e amostras F2, F6 e F9 das geleias de guabiroba.

<b>Análises</b>	<b>Polpa</b>	<b>F2</b>	<b>F6</b>	<b>F9</b>
<b>Carotenoides totais*</b>	116,55±1,33 <sup>a</sup>	47,93±2,33 <sup>bc</sup>	51,31±2,61 <sup>b</sup>	43,76±1,90 <sup>c</sup>
<b>Ácido ascórbico*</b>	5,66±0,08 <sup>a</sup>	2,04±0,10 <sup>b</sup>	2,12±0,12 <sup>b</sup>	2,00±0,05 <sup>b</sup>
<b>Compostos Fenólicos totais*</b>	752,3±1,92 <sup>a</sup>	506,45±4,57 <sup>b</sup>	511,96±2,1 <sup>b</sup>	466,76±3,95 <sup>c</sup>

F2 = formulação contendo 50% de sacarose e nada de FOS; F6 = formulação contendo 35% de sacarose e 15% de FOS e F9 = formulação contendo 42,5% de sacarose e 7,5% de FOS. \*Carotenoides totais expresso em:  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -carotenog<sup>-1</sup>; Ácido ascórbico expresso em g de ácido ascórbico100<sup>-1</sup>g de amostra; Compostos fenólicos totais expresso em: mg de ácido gálico100<sup>-1</sup>g de amostra. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: o autor.

A polpa de guabiroba apresentou teor de carotenoides totais igual a 116,55  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno/g. Segundo Santos (2011), dos carotenoides predominantes no fruto de guabiroba, 42% correspondem ao  $\beta$ -caroteno, precursor da vitamina A, seguido de 32% de  $\beta$ -criptoxantina e 19,12%  $\alpha$ -caroteno. Dentre esses o  $\beta$ -caroteno é o mais abundante e importante em alimentos, seguido do  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -criptoxantina, os quais possuem a metade da atividade de vitamina A (RODRIGUES-AMAYA, 2001).

De acordo com Capecka et al. (2005), o conteúdo de carotenoides nas frutas e vegetais depende de vários fatores, dentre ele podemos citar a variedade genética, o estágio de maturação, o armazenamento pós-colheita, o processamento e o preparo dos mesmos.

As geleias apresentaram teores de carotenoides totais entre 43,76  $\mu\text{g}$   $\beta$ -carotenog<sup>-1</sup> e 51,31  $\mu\text{g}$   $\beta$ -carotenog<sup>-1</sup>. As amostras F2 e F6 não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), assim como a F2 e a F9, entretanto, as amostras F6 e F9 diferiram entre si ( $p < 0,05$ ).

O processo de elaboração das geleias de guabiroba promoveu uma redução de 58,88%, 55,98% e 62,45% nos teores de carotenoides, nas formulações F2, F6 e F9, respectivamente quando comparadas à polpa (Tabela 26). Maciel et al. (2009), ao elaborar geleias mistas com diferentes percentuais de polpa de acerola e manga verificaram redução no teor de carotenoides totais das formulações com relação as polpas de 56,3 a 68,46%. Rutz et al. (2012), elaborou geleia de *physalis* tradicional

(50% extrato e 50% de sacarose) e verificou redução de 64,4%. Desta forma, pode-se verificar que a redução do teor de carotenoides totais geralmente é elevada na produção de geleias.

Durante o processamento de alimentos, em geral, ocorre a degradação de nutrientes lábeis e compostos bioativos, podendo estes, ao serem degradados, alterar a composição nutricional dos alimentos. Os principais fatores que contribuem para essas alterações são elevadas temperaturas, exposição à luz e ao oxigênio, presença de umidade, pHs extremos, agentes oxidantes e redutores, além da presença de íons metálicos, sendo que esses fatores dependem do tipo de processo que o alimento é submetido (CORREIA et al., 2008).

A autora Rodriguez-Amaya (1997) comenta que a perda de carotenoides durante o processamento térmico foi amplamente estudada. Sendo que esses estudos obtiveram como resultado que a exclusão do oxigênio, pelo uso de vácuo ou preenchimento a quente, embalagens impermeáveis ao oxigênio e atmosfera inerte, bem como, proteção da luz e estocagem à baixas temperaturas protegem os carotenoides da degradação. Ferreira (2001) sugere que os principais fatores ambientais que influenciam diretamente na perda de carotenoides nos alimentos são a luz, seguida da temperatura, se houver presença de oxigênio. Além disso, a natureza não saturada dos carotenoides torna-os susceptíveis à isomerização e oxidação (BIANCHI; ANTUNES, 1999).

De acordo com Maciel et al. (2009), a presença de ácidos orgânicos, principalmente ácido ascórbico, pode contribuir para a proteção dos carotenoides nas geleias. Como pode-se perceber neste trabalho, as formulações que apresentaram maior quantidade de carotenoides foram as mesmas que continham maior quantidade de ácido ascórbico, evidenciando então este fato citado pelos autores.

A polpa de guabiroba é rica em ácido ascórbico (vitamina C), sendo verificado 5,66 g de ácido ascórbico $100^{-1}$ g de polpa (Tabela 26), sendo este teor próximo ao descrito por Opata (2016), que foi 5,93 g de ácido ascórbico $100^{-1}$ g. As geleias de guabiroba não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ) quanto ao teor de vitamina C (Tabela 26). Pode-se verificar elevada perda de vitamina C pela cocção da geleia, sendo estes 63,96%, 62,54% e 64,66% para F2, F6 e F9, respectivamente. Estas perdas são próximas ao avaliado por Zitha (2016), que descreveu redução de 66,15% do teor de vitamina C após o processamento da geleia de mangaba com relação à polpa.

A degradação da vitamina C possui um mecanismo específico e depende de vários fatores como pH, teor de acidez, presença de íons metálicos e luz, teor de

umidade, atividade de água, presença de aminoácidos, carboidratos, lipídios e enzimas e principalmente de temperaturas elevadas (ROJAS, GERSCHENSON, 1997; UDDIN et al., 2002; TEIXEIRA, MONTEIRO, 2006; MARFIL et al., 2008). Além disso, a degradação do ácido ascórbico depende também da composição dos alimentos e também das condições de armazenamento dos mesmos (FENNEMA, et al., 2010). De acordo com Lee e Kader (2000), o controle da temperatura é a ferramenta mais importante para estender a vida útil e manter a qualidade das frutas e seus produtos e evitar a perda de compostos de interesse.

No caso das geleias já prontas, a causa principal da redução do conteúdo de ácido ascórbico pode ser o oxigênio residual presente no espaço não preenchido do recipiente, ajudado por atividades de degradação na presença de luz, assim como, a presença de calor, o qual acelera a reação de oxidação do ácido (JAWAHEER et al., 2003; FENNEMA et al, 2008; SHAKIR et al., 2010). Após a oxidação, pela perda de elétrons, o ácido ascórbico será convertido em ácido desidroascórbico (DHAA), sendo este altamente instável, ocasionando a formação do ácido dicetogulônico (DKA) devido clivagem do anel. A formação do DKA de forma irreversível é responsável pela perda de atividade da vitamina C. A degradação anaeróbica que retoma o oxigênio do espaço restante do recipiente é consumida e também pode levar a formação de furfural (FENNEMA, 2008; SINGH et al., 2009).

O conteúdo de compostos fenólicos totais presentes na polpa de guabiroba foi 752,3 mg de ácido gálico $100^{-1}$ g da amostra, sendo este elevado quando comparado com o descrito por Haas (2011) para o fruto de guabiroba (616,9 mg de ácido gálico $100^{-1}$ g). As formulações de geleia apresentaram teores entre 466,76 e 511,96 mg de ácido gálico $100^{-1}$ g da amostra, sendo que somente a amostra F9 se diferiu das demais ( $p < 0,05$ ).

Com relação à polpa de guabiroba, houve redução do teor de compostos fenólicos totais de 32,68%, 31,95% e 37,96% para as formulações das geleias F2, F6 e F9, respectivamente. Vignoli-Silva (2009) verificou a redução de 44,66% no teor de compostos fenólicos totais na geleia de guabiroba com relação ao fruto congelado, sendo este teor um pouco maior ao verificado neste trabalho. Rutz et al. (2012), ao elaborar geleia de *Physalis* verificaram decréscimo de 16,19% no teor de compostos fenólicos totais, enquanto Zitha (2016) verificou decréscimo de 50% no teor de compostos fenólicos totais para a geleia de mangaba. Salgado et al.(2009), verificaram para a geleia de acerola e cajá acréscimo de aproximadamente 7% do teor de compostos

fenólicos totais em relação ao conteúdo presente na polpa. Assim, pode-se concluir que, quando os frutos são submetidos a processamento térmico, este pode acarretar redução, acréscimo ou inalteração no teor de compostos fenólicos totais nos produtos finais (BOEKEL et al., 2010), sendo o tempo e a temperatura do processamento térmico os parâmetros mais importantes do processo, bem como o tipo de fruta empregada.

Patras et al. (2011), sugere que a redução do teor de compostos fenólicos totais pode ser principalmente devido à oxidação. Durante o processamento dos frutos, ocorre a ruptura celular, através de cortes e esmagamento, levando ao aumento da tendência à oxidação não enzimática. Segundo Kim e Padilla-Zakour (2004) os fatores físicos e biológicos podem auxiliar no aumento da atividade enzimática e conseqüentemente a destruição dos compostos fenólicos, reduzindo então as propriedades funcionais do produto. Numa dieta alimentar saudável é muito importante à ingestão de alimentos ricos em compostos fenólicos e carotenoides, sendo que de acordo com Silva et al. (2010), à ingestão continuada de alimentos ricos em carotenoides e compostos fenólicos, em geral está associada à prevenção de diversos tipos de doenças degenerativas.

De acordo com a RDC nº 269 de 22 de setembro de 2005, a ingestão diária recomendada (DIR) para adultos de vitamina A é de  $600 \mu\text{g}/\text{dia}^{-1}$  e de vitamina C de  $45 \mu\text{g}/\text{dia}^{-1}$  (BRASIL, 2005). Com relação à vitamina A, o alto teor de carotenoides presente nas geleias indica elevada concentração de compostos pró vitamina A, porém não se sabe com precisão sobre a quantidade destes compostos. Enquanto que, o alto teor de vitamina C indica que as geleias são uma fonte deste composto, podendo ser então um alimento importante para suprir a necessidade diária dessa vitamina.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição do prebiótico (FOS) para a elaboração de geleia de guabiroba não apresentou alteração nas características analisadas através do delineamento composto central rotacional (DCCR), enquanto que a concentração de ácido cítrico apresentou significância para a acidez e também para o pH. No caso da pectina, esta apresentou significância quanto a textura das geleias, quando avaliado a dureza das mesmas.

Frente ao exposto, pode-se concluir que a redução do açúcar e a consequente substituição pelo FOS não alterou as propriedades avaliadas, portanto, a proporção adicionada de 15% de FOS e 35% de sacarose pode ser considerada uma ótima alternativa para a elaboração deste produto. Quanto à aceitação do mesmo, ainda se faz necessário uma análise sensorial a fim de consolidar estes resultados.

Com relação à composição química das geleias, a F9 foi a que apresentou teor de umidade superior se comparada com as demais amostras. Em consequência disso, apresentou quantidade menor de carboidratos. As formulações (F6 e F9) nas quais foram adicionados maior quantidade de ácido cítrico (1,5%) que a amostra F2 (1,0%), apresentaram uma acidez mais elevada e consequentemente um pH mais ácido.

As geleias elaboradas apresentaram alto teor de compostos bioativos, sendo verificado a redução destes com relação a polpa. A perda de carotenoides e vitamina C foi superior a 55% para todas as geleias, enquanto a redução no teor dos compostos fenólicos foi inferior (menor que 38%). A F6 foi a que apresentou maior quantidade de compostos bioativos, sendo esta formulação a com maior quantidade de prebiótico adicionado (15%).

O prebiótico adicionado demonstrou-se um ótimo ingrediente para produtos que necessitam da redução do açúcar, pois este não alterou as propriedades das geleias com relação à geleia tradicional (sem a adição do FOS). Com isso, podemos considerar o FOS uma ótima alternativa para produtos mais saudáveis, pois este apresenta um alto potencial para a industrialização de novos produtos e sua consequente inserção no mercado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAN, N. **Estrutura demográfica, conhecimento e uso local de Guabiroba (*Campomanesia spp.*)**. Relatório do estágio de conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

ALBUQUERQUE, J. P. Fatores que Influem no Processamento de Geléias e Geleia das de frutas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.15, n.3, p.268-278, 1997.

ALMEIDA M. J. F., NAVES R. V., XIMENES P. A. Influência das abelhas (*Apis mellifera*) na polinização da gabioba (*Campomanesia spp.*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.30, n.2, p. 25-28, 2000.

ALVES, A. M., ALVES, M. S. O., FERNANDES, T. D. O., NAVES, R. V., NAVES, M. M. V.. Physical and chemical characterization, total phenolics and antioxidant activity of the gabioba pulp and residue. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 837-844, 2013.

ALVES, Ana Paula de Carvalho. **Casca de jaboticaba (*Plinia jaboticaba* (Vell.) Berg): processo de secagem e uso como aditivo em iogurte**. 2011 91 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, 2011.

ANDRADE, E. C. B. **Análise de alimentos: uma visão química da nutrição**. São Paulo: Varela, 2006. 238 p.

AOAC. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 2005. método 970.64.

BALI, V., PANESAR, P. S., BERA, M. B., PANESAR, R. Fructo-oligosaccharides: production, purification and potential applications. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 55, n. 11, p. 1475-1490, 2014.

BAGETTI, M. **Caracterização físico-química, compostos fenólicos majoritários da fruta e atividade antioxidante da geléia de cambuci (*campomanesiaphaea* O. Berg.)**. 2014. 125 f. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas. 2014.

BARCELOS, M. F. B.; FERRUA, F. Q. **Frutas e hortaliças processadas: métodos de conservação e efeitos no valor nutritivo.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. 71 p.

BATISTA, R. V. **DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE TIPO “SUNDAE” SABOR JABUTICABA (*Myrciariajaboticaba (Vell) Berg*) COM ADIÇÃO DE FIBRAS.** 2015. 73 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Engenharia de Alimentos - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul – PR, 2015.

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 2, p. 123-30, 1999.

BIAVATTI, M. W. et al. Preliminary studies on *Campomanesia xanthocarpa* (Berg.) and *Cupheacarthagenensis* (Jacq.) JF Macbr. aqueous extract: weight control and biochemical parameters. **Journal of ethnopharmacology**, v. 93, n. 2, p. 385-389, 2004.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos.** 3ª ed. São Paulo, Livraria Varela, 2003.

BOEKEL, M. V.; FOGLIANO, V.; PELLEGRINI, N.; STANTON, C.; SCHOLZ, G.; LALLJIE, S.; SOMOZA, Z.; KNORR, D.; JASTI, P. R.; EISENBRAND, G. A review on the beneficial aspects of food processing. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 54, n. 9, p. 1215-1247, 2010.

BRASIL, ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução CNNPA n. 12, de 1978. Normas Técnicas Especiais. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de julho de 1978.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Resolução RDC nº12, de 2 de janeiro de 2001.** Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. **CNNPA nº 12 de 1978.** Normas Técnicas Especiais para Geleia de Frutas.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. Resolução RDC n.º 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Produtos de

Vegetais, Produtos de Frutas e Cogumelos Comestíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 set. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução – RDC Nº 28, 26 de maio de 2009. Atribuição de aditivos alimentares, suas funções e seus limites máximos para geleias (de frutas, de vegetais, de mocotó e com informação nutricional complementar de baixo ou reduzido valor energético). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2009.

BÚRIGO, T., FAGUNDES, R. L., TRINDADE, E. B. S. M., VASCONCELOS, H. C. F. F., MASSAUT, I. H., ROTOLO, M. A. S. Ação do prebiótico sobre as proteínas de fase aguda de pacientes com neoplasia hematológica. **Rev bras hematol hemoter**, v. 29, n. 2, p. 130-135, 2007.

CAPECKA, E.; MARECZEK, A.; LEJA, M. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. **Food Chemistry**, London, v. 93, p. 223-226, 2005.

CARABIN, I. G.; FLAMM, W. G.. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 30, n. 3, p. 268-282, 1999.

CHAUHAN, O. P.; ARCHANA, B. S.; SINGH, A.; RAJU, P. S.; BAWA, A. S. Utilization of tender coconut pulp for jam making and its quality evaluation during storage. **Food and Bioprocess Technology**, Dublin, v. 6, n. 6, p. 1444-1449, 2013.

CHERBUT, C. Inulin and oligofructose in the dietary fibre concept. **British Journal of Nutrition**, v. 87, n. S2, p. S159-S162, 2002.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de frutas e hortaliças. Fisiologia e manuseio**. 1ª Ed., Lavras, 1990, 320p.

COELHO, M. T. **Pectina: Características e Aplicações em Alimentos**. 2008. **32f**. Seminário (Disciplina de Seminários em Alimentos) – Departamento de Ciência

dos Alimentos, Curso de Bacharelado em Química de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CONCEIÇÃO, M. C. **Efeito da concentração de sacarose e pectina sobre a estabilidade da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) liofilizada.** 2009. p 116. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CONTADO, E. W. N. F. **Obtenção, caracterização e utilização dos frutanos de tubérculos do yacon (*Smallanthus sonchifolia*).** 144 f. 2009. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 1, p. 83-95, 2008.

COSTA, D. O.; CARDOSO, G. R.; SILVA, G. M. V. A evolução do setor produtivo e comercialização de polpa de fruta no brejo paraibano: estudo de caso na coaprodes. **XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: A gestão dos processos de produção e as parcerias globais para o desenvolvimento sustentável dos sistemas produtivos**, 2013.

DAI, J.; MUMPER, R. J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. **Molecules**, v. 15, n. 10, p. 7313-7352, 2010.

DENIPOTE, Fabiana Gouveia; TRINDADE, Erasmo Benício Santos de Moraes; BURINI, Roberto Carlos. Probióticos e prebióticos na atenção primária ao câncer de cólon. **Arquivos de Gastroenterologia**, p. 93-98, 2010.

ESTEVES, J. V. D. C.; Andreato, L. V.; Moraes, S. M. F.; Prati, A. R. C. Estilo de Vida de Praticantes de Atividades Físicas em Academias da Terceira Idade de Maringá-PR. **Conexões**, v. 8, n. 1, 2010.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. São Paulo. Ed. Atheneu, 2005. 625 p.

FAKHOURI, F. M. **Coberturas comestíveis aplicadas na preservação de goiabas in natura.** 2002. 129 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos -

Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 2002.

FENNEMA O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 4ª edição, Editora: Artmed. Porto Alegre, 2010, 900p.

FENNEMA, O. **Food Chemistry**. 3.ed. New York: Marcel Dekker, 1996.

FERNANDES, L. G. V., BRAGA, C. M. P., KAJISHIMA, S., SPOTO, M. H. F., BORGES, M. T. M. R., VERRUMA-BERNARDI, M. R. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE GELEIAS DE GOIABA PREPARADAS COM AÇÚCAR MASCAVO. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.15, n.2, p.167-172, 2013.

FERREIRA, C. L. L. F. Tecnologia para produtos lácteos funcionais: probióticos. In: PORTUGAL, J. A. B.; CASTRO, M. C. D.; SILVA, P. H. F.; SAVINO, A. C.; NEVES, B. S.; ARCURI, E. F. **O agronegócio do leite e os alimentos lácteos funcionais**. Juiz de Fora: EPAMIG - Centro Tecnológico- ILCT, 2001. Cap.4, p. 183-203.

FERREIRA, J.E.M. **Cinética e fatores que influenciam na degradação de carotenóides em sistemas modelose alimentos**. 2001. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001.

FLORES, S. H., ROSSI, D., MAGALHÃES, C., KINUPP, V. Triagem preliminar da presença de inulina em plantas alimentícias. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 22, n. 2, p. 247-250, 2011.

FREITAS, J. B.; CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R.. Geleia de gabioba: avaliação da aceitabilidade e características físicas e químicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 87-94, 2008.

GAIO, D. M., ULBRICH, E. M., MANTOVANI, M. D. F., MOREIRA, R. C. Importância do cuidado domiciliar de enfermagem para o controle pressórico de pessoas com hipertensão arterial. **Revista de pesquisa: cuidado é fundamental (Online)**, v. 5, n. 2, p. 3819-3827, 2013.

GAVA, A. J., **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Ed. Nobel. 2007. 284p.

GIBSON, Glenn R.; FULLER, Roy. Aspects of in vitro and in vivo research approaches directed toward identifying probiotics and prebiotics for human use. **The Journal of nutrition**, v. 130, n. 2, p. 391-395, 2000.

GIBSON, Glenn R.; ROBERFROID, Marcel B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **The Journal of nutrition**, v. 125, n. 6, p. 1401, 1995.

GOËCZE, A. C. **Influência da preparação do licor de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* Vell berg) no teor de compostos fenólicos**. 2007 81 p. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 2007.

GRANDO, R. C. **Caracterização química de diferentes partes da fruta de guabiroba (*campomanesi axanthocarpaberg*) e viabilidade de utilização em produtos alimentícios**. 2015. 68 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Engenharia de Alimentos - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul – PR, 2015.

HAAS, Lírio I. R. **Caracterização físico-química, fitoquímica, atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo*, e efeitos antiproliferativos de extratos dos frutos do araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) e da guabiroba (*Campomanesi axanthocarpa* O. Berg.)**. 2011. 107 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

HAULY, M.C.O.; MOSCATTO, J. A. inulina e Oligofrutose: Uma revisão sobre as propriedades funcionais, efeitos prebióticos e importância na indústria de alimentos. **Semina: Ciências Exatas e tecnológicas**, Londrina, v.23, n.1,p. 105-118, dez, 2002.

IAL: Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, 2008. 1020 p.

INMETRO. Produtos Diète Light– parte I e II. 2004. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/prodLightDiet2.asp>>. Acesso em: 14 outubro 2017.

JACKIX, M. H. **Doces, geléias e frutas em calda: Teórico e Prático**. Campinas: Ed. Ícone, 1988.

JAWAHEER, B.; GOBURDHUN, D.; RUGGOO, A. Effect of processing and storage of guava into jam and juice on the ascorbic acid content. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 58, n. 3, p. 1-12, 2003.

KASTNER, H. et al. Structure formation in sugar containing pectin gels–Influence of tartaric acid content (pH) and cooling rate on the gelation of high-methoxylated pectin. **Food chemistry**, v. 144, p. 44-49, 2014.

KAUR, N.; GUPTA A. K . Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. Department of Biochemistry and Chemistry, **Punjab Agricultural University, Ludhiana** 141 004, India, 2002.

KIM, D. O.; PADILLA-ZAKOUR, O. I. Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum, and raspberry. **Journal of food science**, v. 69, n. 9, 2004.

KIM, Y; TENG, Q; WICKER, L. Action pattern of Valencia orange PME de-esterification of high methoxylpectins and characterization of modified pectins. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 340, n. 17, p. 2620-2629, 2005.

KIMBALL, D. **Citrus Processing – Quality Control and Technology**. New York: Van Nostrand Reinold, 1991.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, 2008.

KOPP-HOOLIHAN, Lori. Prophylactic and therapeutic uses of probiotics: a review. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 101, n. 2, p. 229-241, 2001.

KROLOW, Ana Cristina Richter. **Preparo artesanal de geléias e geleadas**. Embrapa Clima Temperado, 2005.

KWIATKOWSKI, A., FRANÇA, G., OLIVEIRA, D. M., ROSA, C. I. L. F., CLEMENTE, E. Avaliações químicas da polpa e resíduo da polpa de amora-preta Orgânica, cv. Tupy. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, vol. 1, n. 1, p. 43-45 Campo Mourão- PR, 2010.

LABUZA, T. P. The properties of water in relationship to water binding in food: a review. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 1, n. 2, p. 167-1, 190, 1977.

LAMANTE, A.C.B.; DADA, M.A.; FURQUIM, M.; GRAVENA, C.; BELLARDE, F.B.; LUCIA, F.D. Obtenção de geléia “diet” elaborada com suco de maracujá. **Revista Uniara**, n. 16, p. 189-196, 2005.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.

LEITÃO, M. F. F. Microbiologia de sucos e produtos ácidos. **Bol. ITAL**, Campinas, v. 15, p.1-15, 1968.

LEITÃO, R.F.F.; PIZZINATTO, A.; VITTI, P.; SHIROSE, I.; MORI, E.E.M. Estudos de duas cultivares de triticale e sua aplicação em produtos de massas alimentícias (macarrão, biscoito e bolos). **Boletim ITAL**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 325-334, 1984.

LEMOS, A. C. G. **Efeito da suplementação de frutooglissacarídeos (FOS) sobre o sistema imunológico: estudo em ratos**. 2008. 107p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

LEMOS, A. H. **Enriquecimento de néctar de guabiroba (Campomanesia Xanthocarpa Berg) com soro do leite: Efeito nas características físicas, químicas e sensoriais**. 2014. 50 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Engenharia de Alimentos - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul – PR, 2014.

LICODIEDOFF, S. **Influência do teor de pectinas comerciais nas características físico-químicas e sensoriais da geleia de abacaxi (*Ananas comosus*(L.) Merrill)**. 2008. 118p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

LOPES, R. L. T. Dossiê Técnico-Fabricação de Geleias. **Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais-CETEC**, 2007.

LOVATEL, J. L.; COSTANZI, A. R.; CAPELLI, R. **Processamento de frutas e hortaliças**. Caxias do Sul, RS: Educs, 2004.

- LÜCK, E. e JAGER, M. Conservación química de los alimentos : características, usos, efectos. 2. ed. **Zaragoza**: Acribia, 1999.
- MACIEL, M. I. S. et al. Características sensoriais e físico-químicas de geleias mistas de manga e acerola. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 247-256, 2009.
- MALHERBI, N. M. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a base de polímeros de fontes renováveis e polpa de Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*)**. 2015. 87f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Engenharia de Alimentos - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul – PR, 2015.
- MARFIL, P. H. M.; SANTOS, E. M.; TELIS, V. R. N. Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, n. 9, p. 1642-1647, 2008.
- MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista Saúde pública**. São Paulo: v. 34, 1, p. 50-55, fev., 2000.
- MESBAHI, G.; JAMALIAN, J.; FARAHNAKY, A. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. **Food Hydrocolloids**. UK, v.xx, p. 1-8, August, 2004.
- MOHNEN, Debra. Pectin structure and biosynthesis. **Current opinion in plant biology**, v. 11, n. 3, p. 266-277, 2008.
- MULTON, J. L. **Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias**. Zaragoza: Acribia, 2000.
- NACAZUME, N., PRATI, P., BERBARI, S. A. G., GERMER S. P. M., CARARGO G. A., ORMENESE, R. S. C., SILVA, M. G., Desenvolvimento de geleia dietética funcional de yacon, goiaba e acerola. In: **Congresso interestadual de iniciação científica**. Anais.. Instituto de Tecnologia de Alimentos – SP, 2008.
- NACHTIGALL, A. M., SOUZA, E. D., MALGARIM, M. B., ZAMBIAZI, R. C. Geléias light de amora-preta. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 337-357, 2004.
- NAPOLI, B.; ANDRADE, D. R. M.; HELM, C. V. Elaboração de geleia tradicional e light de guabiroba. In: **Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE)**.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 23., 2014, Cuiabá. Fruticultura: oportunidades e desafios para o Brasil.[SI]: SBF, 2014.

NOLLET, L. M. L. **Handbook of Food Analysis: Physical characterization and nutrient analysis**. Hardcover, Second Edition. vol.1, 2004.

OPATA, P.; BERTAN, L. C.; QUAST, L. B.; TORMEN, L. **Efeitos do processo da secagem de polpa de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* berg) em estufa**. In: Anais... XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos – CBCTA 2016.

PASSOS, Luciana Maria Liboni; PARK, Yong Kun. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 385-390, 2003.

PATRAS, A.; BRUNTON, N. P.; TIWARI, B. K.; BUTLER, F. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 7, p. 1245-1252, 2011.

PEREIRA, J. M. D. A. K., Oliveira, K. A. M., SOARES, N. D. F. F., GONÇALVES, M. P. J. C., PINTO, C. L. O., FONTES, E. A. F. Avaliação da Qualidade físico-química, microbiológica e microscópica de polpas de frutas congeladas comercializadas na cidade de Viçosa-MG. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 4, p. 437-442, 2009.

PÔRTO, A. C., VILANOVA, L. B., CHIM, J. F., MACHADO, M. R. G., REISSIG, G. N., VERGARA, L. P. Geleias convencional e diet de pitanga (*eugeniauniflora* l.): estabilidade microbiológica durante o armazenamento. In: 5º Simpósio de Segurança Alimentar. 5. 2015. **Anais do 5º Simpósio de Segurança Alimentar**, Bento Gonçalves, RS, 2015.

REIS, Felipe Richter et al. The processing and characterization of red chili pepper jam. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 2, p. 137-142, 2009.

REZENDE, L. C. G. **Influência do processamento no teor de compostos fenólicos e na avaliação sensorial de geleia de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* Vell. Berg)**. 2011. 90p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ROBERFROID, M. B. Prebiotics: The Concept Revisited. **The Journal of Nutrition**; Mar; 137, 3S; Health Module pg. 830S, 2007.

RODRIGUES, V. N.; **Licor de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*): análise mercadológica, desenvolvimento e caracterização físico-química e sensorial**. 2016. 51f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Engenharia de Alimentos - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul – PR, 2016.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods**. OMNI Research: ILSI Press: Washington D. C., 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. **Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods**. Arlington, VA: John Snow Incorporated/OMNI Project, 1997.

ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. N. Ascorbic acid destruction in sweet aqueous model systems. **Lebensm.-Wiss. U- Technol.**, v. 30, p. 567-572, 1997.

ROSA, N. C.; TRINTIM, L. T.; CORRÊA, R. C.; VIEIRA, A. M. S.; BERGAMASCO, R. Elaboração de geléia de abacaxi com hortelã zero açúcar: processamento, parâmetros físico-químicos e análise sensorial. **Revista Tecnológica**, p. 83-89, 2012.

RUTZ, J. K.; VOSS, G. B.; JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B. BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. C. Caracterização de geleia de *Physalis peruviana* L. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 23, n. 3, p. 369-375, jul./set. 2012.

SABOIA, J.; COPPINI, D. Percepção do Consumidor em Relação à Imagem e Qualidade do Suco de Uva na Região do Vale dos Vinhedos. Rio Grande do Sul: **IX Congresso Virtual Brasileira de Administração**, 2012.

SALES R. L., VOLP A. C. P., BARBOSA K. B. F., DANTAS M. I. S., DUARTE, H. S., MINIM V. P. R. Mapa de preferência de sorvetes ricos em fibras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2008, v. 28, p. 27-31.

SALGADO, P.L.; MOURA, N. P.; LINS, A. C. A.; MACIEL, M. I. S. Produção de geléias funcionais sem adição de açúcar a base de cajá e acerola. In: CONGRESSO BRASILEIRA DE ECONOMIA DOMÉSTICA, 20, 2009. **Anais... Associação Brasileira de Economistas Domésticos**. Fortaleza - CE, 2009. p. 343-354.

SANGEETHA, P. T.; RAMESH, M. N.; PRAPULLA, S. G. Recent trends in the microbial production, analysis and application of fructooligosaccharides. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n. 10, p. 442-457, 2005.

SANTOS, M. C. G. **Propriedades nutricionais e funcionais de palma (*Opuntia ficus-indica*) e sua utilização no processamento de geleias**. 2014. 115 f. Dissertação (mestrado) – Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa –PR, 2014.

SANTOS, M. S. **Impacto do processamento sobre as características físico químicas, reológicas e funcionais de frutos da guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*)**. 2011, 148 f. Tese (doutorado) - Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR, 2011.

SANTOS, M. S., CARNEIRO, P. I. B., WOSIACKI, G., PETCOWICZ, C. L. O., CARNEIRO, E. B. B., Caracterização físico-química, extração e análise de pectinas de frutos de *Campomanesia Xanthocarpa* B.(Gabioba). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 101-106, 2009.

SCOLFORO, C. Z.; SILVA, EMM. ELABORAÇÃO DE GELEIA DE MAÇÃ ENRIQUECIDA COM FRUTO-OLIGOSSACARÍDEO Development of apple jelly enriched with fructooligosaccharide. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 24, n. 1, 2013.

SHAKIR, I., DURRANI, Y., HUSSAIN, I., QAZI, I. M., ZEB, A. Physicochemical analysis of apple and pear mixed fruit jam prepared from varieties grown in Azad Jammu and Kashmir. **Pakistan journal of Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 177-180, 2008.

SILVA, A. S., ALVES, M. A. M., CERQUEIRA, G. A. ELABORAÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DE GELÉIA DE BACUPARI (*Garcinia sp.*). In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 7, 2012, Palmas. **Anais do VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**, Palmas, TO. 2012.

SILVA, M. L. C; COSTA, R. S; SANTANA, A. S; KOBLITZ, M. G B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, 2010.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S. dos, GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4 edição. São Paulo: Livraria Varela, 614p, 2010.

SOLER, M. P. et al. Industrialização de frutas: manual técnico. **Campinas: ITAL, Rede de Informações de Tecnologia Industrial Básica**, 1991. 206 p.

STADLER, F.; ANTONIU, F.; NOVELLO, D. Caracterização sensorial de bolo de beterraba com adição de frutooligossacarídeos por crianças em fase pré-escolar. **Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde ISSN: 2236-1103**, v. 3, n. 2, 2013.

TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Vitamin C degradation in fruit juice. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.17, n.2, p.219-227, abr./jun. 2006.

TOREZAN, G.A.P. **Tratamento enzimático em suco de manga para redução dos teores de sacarose e glicose e obtenção de geleia através de processo contínuo**. Dissertação (Mestrado) - UNICAMP, Campinas, 2000.

TORREZAN, R. Manual para a produção de geléias de frutas em escala industrial. **EMBRAPA-CTAA. Documentos**, 1998.

TORREZAN, Renata; JARDINE, José Gilberto; VITALI, A. de A. Efeito da adição de solutos e ácidos em polpa de goiaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 1, p. 43-45, 1999.

TUOHY, K. M.; ROUZAUD, G. C. M.; BRÜCK, W. M.; GIBSON, G. R. Modulation of the Human Gut Microflora Towards Improved Health Using Prebiotics – **Assessment of Efficacy Current Pharmaceutical Design**, 11, 75-90, 2005.

UDDIN, M. S.; HAWLADER, M. N. A.; DING, L.; MUJUMDAR, A. S. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **J. Food Engen.**, v. 51, p. 21-26, 2002

VALLILO, M. I., MORENO, P. R. H., OLIVEIRA, E. D., LAMARDO, L. C. A., GARBELOTTI, M. L. Composição química dos frutos de *Campomanesia xanthocarpa* Berg Myrtaceae. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. suppl 0, p. 231-237, 2008.

VENDRUSCOLO, C. T.; MOREIRA, A. S.; VENDRUSCOLO, J. L. S. Tecnologia de frutas e hortaliças: geleias, doces cremosos e em massa. **Pelotas: Editora Universitária UFPel**, 2009.

ZITHA, E. Z. M. **Impacto do processamento, embalagem e tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. 2016. 160 p. Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2016.