



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

CRISTINE VOGEL

**AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE PEQUENAS FRUTAS (*BERRIES*) NA PRODUÇÃO
DE CERVEJA ARTESANAL: ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL,
COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

LARANJEIRAS DO SUL

2017

CRISTINE VOGEL

**AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE PEQUENAS FRUTAS (*BERRIES*) NA PRODUÇÃO
DE CERVEJA ARTESANAL: ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL,
COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

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

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Henrique Fidelis dos
Santos

LARANJEIRAS DO SUL

2017

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Vogel, Cristine

AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE PEQUENAS FRUTAS (BERRIES) NA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL: ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL, COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE/
Cristine Vogel. -- 2017.

82 f.:il.

Orientador: Gustavo Henrique Fidelis dos Santos.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia de Alimentos , Laranjeiras do Sul, PR, 2017.

1. Cerveja artesanal. 2. Mirtilo . 3. Morango. 4.
Compostos Fenólicos . I. Santos, Gustavo Henrique
Fidelis dos, orient. II. Universidade Federal da
Fronteira Sul. III. Título.

CRISTINE VOGEL

**AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE PEQUENAS FRUTAS (*BERRIES*) NA
PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL: ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA,
SENSORIAL, COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

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. Gustavo Henrique Fidelis dos Santos

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 03 / 02 / 2017

BANCA EXAMINADORA

Gustavo dos Santos

Prof. Dr. Gustavo Henrique Fidelis dos Santos

Marcos Alceu Felicetti

Prof. Dr. Marcos Alceu Felicetti

Vânia Pinto

Prof.^a Dr.^a Vânia Zanella Pinto

AGRADECIMENTOS

As palavras, determinação e persistência resumem claramente o sonho até aqui conquistado: a concretização de uma etapa de uma longa jornada que se procede. A realização deste trabalho só foi possível devido à colaboração, de forma direta ou indireta, de várias pessoas, às quais gostaria de exprimir algumas palavras de agradecimento e profundo reconhecimento.

Primeiramente gostaria de agradecer a DEUS, por ter me proporcionado sabedoria e força para nunca desistir frente aos percalços na realização desse trabalho.

Aos meus amados pais, Roque Vogel e Cecilia Maria Wohlfart Vogel, por todo apoio, confiança e incentivo aos estudos. Obrigada por estarem sempre ao meu lado mesmo que em pensamento. Eu amo vocês!

Agradeço à minha irmã, pelo apoio, compreensão, amizade, carinho, amor incondicional, companheirismo, motivação, paciência e muitos conselhos dados nessa longa trajetória. Também agradecer ao meu cunhado Odinei Luiz Bruxel, pelas constantes palavras de encorajamento.

Ao meu namorado, Alan Konell, pelo carinho, compreensão, apoio, e por todo auxílio prestado como Biersommelier e Mestre Cervejeiro no desenvolvimento desse trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gustavo Henrique Fidelis dos Santos, que nunca mediu esforços para me auxiliar, prestando grande ajuda, incentivo e apoio, além de sugestões e orientações no decorrer deste trabalho.

Aos professores que me orientaram e me auxiliaram em algum momento da graduação, Ernesto Quast, Luciano Tormen e Vânia Zanella Pinto, muito obrigada pelo apoio a ajuda. À professora Eduarda Molardi Bainy por toda orientação e ajuda durante a disciplina de trabalho de conclusão de curso, e a todos os professores de Engenharia de Alimentos pelos ensinamentos.

Às minhas colegas de graduação e grandes amigas para toda vida, Caroline Pavan, Deise Caroline Biassi, Patrícia Opata, Soliane Helen Franco, Jaqueline de Oliveira, Sandra Gomes de Amorin.

Aos professores Marcos Alceu Felicetti e Vânia Zanella Pinto pela participação na banca avaliadora.

Ao professor Alexandre Monkolski pelo empréstimo dos equipamentos cervejeiros.

Aos técnicos de laboratório, Ellen Bernardi, Fernanda Souza, Silvia Tormen, Vanessa Gomes da Silva e Diogo Siqueira por toda ajuda e disposição.

Aos funcionários da UFFS, que nunca mediram esforços no atendimento.

Por fim, agradeço à Universidade Federal da Fronteira Sul, pela oportunidade de estudo.

Muito Obrigada!

“Mares calmos não fazem um bom marinheiro” (The Walking Dead).

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a adição de pequenas frutas (*berries*) tais como morango e mirtilo, no desenvolvimento de uma cerveja artesanal visando obter um produto final com maior teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Foram realizados testes preliminares a fim de padronizar a formulação da cerveja, sendo desenvolvida uma cerveja padrão do estilo Witbier (CW) e outra cerveja do estilo *Fruit Beer* (CF). Realizou-se análise microbiológica da cerveja padrão no início da fermentação e a cada 12 horas, a partir da contagem de células em câmara de Neubauer, com a finalidade de determinar o tempo de fermentação da cerveja. A análise do teor alcóolico foi realizada no mesmo período de amostragem. Em seguida, as cervejas desenvolvidas experimentalmente (CW e CF), e cervejas adquiridas comercialmente, estilo Pilsen (CC) e artesanal Witbier (CA), foram comparadas por meio de análises físico-químicas (pH, sólidos solúveis totais, teor alcóolico, densidade, cor e compostos fenólicos). As amostras CC, CW e CF foram comparadas por meio de análise sensorial, utilizando teste de aceitação para os atributos aparência, cor, aroma, sabor, impressão global e intenção de compra. Foi utilizado o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), variando a concentração de mirtilo e morango para avaliação das respostas dos parâmetros pH, densidade, cor, açúcar redutor, extrato real, extrato aparente, extrato primitivo, teor alcóolico, polifenóis e atividade antioxidante ao nível de 10% de significância. O tempo de fermentação do mosto foi de 216 horas, e neste período o teor alcóolico foi de 4,8%. Para todos os atributos da análise sensorial, a média mínima das notas atribuídas pelos provadores foi superior a 6,0 (gostei ligeiramente). Para a intenção de compra, a maior média obtida resultou na preferência pela cerveja comercial seguida da cerveja do estilo Witbier e *Fruit Beer*. As análises físico-químicas entre as amostras CC, CA, CW e CF, todas mostraram resultados dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação e pelas diretrizes de cada estilo de cerveja. No entanto, a concentração de compostos fenólicos na amostra CF foi maior que nas demais amostras. Referente ao planejamento experimental, o aumento da concentração de mirtilo e morango resultou em aumento da concentração de compostos fenólicos, comportamento não observado para atividade antioxidante.

Palavras-Chave: Cerveja artesanal. Mirtilo. Morango. Compostos fenólicos.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the addition of small berries such as strawberries and blueberries in the development of a craft beer in order to obtain a product with higher concentration of phenolic compounds and antioxidant activity. Preliminary tests were carried out to standardize the beer formulation, with a standard beer style Witbier (CW) and another Fruit Beer style beer (CF). Microbiological analysis of the CW beer was performed at the beginning of the fermentation and every 12 hours, by counting the cells in the Neubauer chamber, in order to determine the fermentation time. Alcohol analysis was performed during the same sampling period. Experimentally developed beers (CW and CF) and commercially purchased Pilsen (CC) and Witbier (CA) beers were compared by physical-chemical analysis, such as pH, total soluble solids, alcohol content, density, color and phenolic compounds. CC, CW and CF samples were compared by sensory analysis means using acceptance test for appearance, color, aroma, taste, overall impression and purchase intention attributes. It was used the central composite rotational design (CCRD) for the evaluation of the variables pH, density, color, reducing sugar, real extract, apparent extract, primitive extract, alcohol content, polyphenols and antioxidant activity, at 10% significance level, varying blueberry and strawberry concentration. The fermentation time of the wort was 216 hours and in this period the alcohol content was 4.8%. For all sensory analysis attributes, the minimum average of the scores attributed by the tasters was higher than 6.0 (I liked it slightly). For the purchase intention, the highest preference was commercial beer followed by Witbier style beer and Fruit Beer. The physical-chemical analyzes between CC, CA, CW and CF samples, resulted in parameters within those established by the legislation and the guidelines of each beers style. However, the phenolic compounds concentration in CF sample was higher than in the other samples. In relation to experimental planning, the increase of blueberry and strawberry concentrations resulted in increased concentration of phenolic compounds, a behavior not observed for antioxidant activity.

Keywords: Craft beer. Blueberries. Strawberries. Phenolic compounds.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	HISTÓRIA DA CERVEJA	15
2.2	DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS CERVEJAS	16
2.2.1	Definição	16
2.2.2	Classificação das Cervejas	16
2.3	PEQUENAS FRUTAS COMO ADJUNTOS	19
2.4	COMPOSTOS FENÓLICOS	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1	MATERIAL	22
3.1.1	Matéria prima para elaboração da cerveja	22
3.1.2	Reagentes	22
3.2	ELABORAÇÃO DA CERVEJA	22
3.2.1	Moagem do Malte	23
3.2.2	Mosturação	24
3.2.3	Filtração do mosto	24
3.2.4	Fervura do mosto	25
3.2.5	Resfriamento do mosto	26
3.2.6	Fermentação	26
3.2.7	Maturação	27
3.2.8	Carbonatação e Envase	27
3.3	TESTES PRELIMINARES	27
3.3.1	Análise Microbiológica	28
3.3.2	pH	28
3.3.3	Sólidos Solúveis (⁰ Brix)	28
3.3.4	Densidade	28
3.3.5	Teor Alcoólico	29
3.3.6	Cor	29
3.3.7	Compostos Fenólicos	29
3.3.8	Análise Sensorial	29
3.4	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	30

3.5	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA CERVEJA.....	31
3.5.1	Extrato Real.....	32
3.5.2	Extrato Aparente.....	32
3.5.3	Extrato Primitivo.....	32
3.5.4	Açúcares Redutores em Maltose.....	32
3.5.5	Acidez Total Titulável.....	32
3.5.6	Atividade Antioxidante.....	33
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
4	Resultados e discussões.....	35
4.1	TESTES PRELIMINARES.....	35
4.1.1	Análise Microbiológica.....	35
4.1.2	Análises Físico-Químicas.....	36
4.1.3	Análise Sensorial.....	39
4.2	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	42
4.2.1	Efeito da adição de Morango e Mirtilo no pH.....	42
4.2.2	Efeito da adição de Morango e Mirtilo na Densidade.....	45
4.2.3	Efeito da adição de Morango e Mirtilo na Cor.....	48
4.2.4	Efeito da adição de Morango e Mirtilo na Acidez Total.....	50
4.2.5	Efeito da adição de Morango e Mirtilo no Açúcar Redutor da cerveja.....	53
4.2.6	Efeito da adição de Morango e Mirtilo no Extrato Real da Cerveja.....	55
4.2.7	Efeito da adição de Morango e Mirtilo no Extrato Aparente da Cerveja.....	57
4.2.8	Efeito da adição de Morango e Mirtilo no Extrato Primitivo da Cerveja.....	59
4.2.9	Efeito da adição de Morango e Mirtilo no Teor Alcoólico da Cerveja.....	61
4.2.10	Efeito da adição de Morango e Mirtilo nos Compostos Fenólicos da Cerveja.....	64
4.2.11	Efeito da adição de Morango e Mirtilo na Atividade Antioxidante.....	66
5	CONCLUSÃO.....	71
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
	APÊNDICE I - Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).....	78
	APENDICE II – Ficha de análise sensorial.....	79

1 INTRODUÇÃO

O acordo com o Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009, da legislação brasileira, artigo 36 “Cerveja é a bebida obtida da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo”.

As microcervejarias, produtoras de cervejas especiais, vem ganhando cada vez mais lugar no mercado de cervejas brasileiras e conquistando o gosto dos consumidores, que buscam bebidas que não se enquadram nos padrões comuns, como por exemplo a cerveja tipo Pilsen, conseguindo atrair novos nichos de mercado (NAKABASHI, 2014).

Segundo a Associação Brasileira de Bebidas (ABRABE), estima-se que existam cerca de 200 microcervejarias, concentradas principalmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, e que representam menos de 1% do setor cervejeiro nacional. Em dez anos, esse segmento apresenta tendência de crescimento e deve atingir 2% do mercado de cervejas. Este crescimento é motivado pela busca por parte dos consumidores de satisfação sensorial e também pelas mudanças nos hábitos de consumo (ABRABE, 2016)

A cerveja artesanal é um produto de excelente qualidade e de alto valor de mercado, possuindo aromas e sabores diferentes, voltado a um mercado consumidor que busca produtos diferenciados e prioriza um produto de qualidade sensorial diferenciada, ao contrário das cervejas consideradas *mainstream*, de produção industrial, que buscam um produto de qualidade, mas que seja produzido em grande quantidade e com custos reduzidos (PINTO, 2015; FERREIRA; BENKA, 2011).

Embora a cerveja seja considerada um meio de relaxamento e diversão, existem vários estudos que mostram que essa bebida possui substâncias que podem ser importantes para a saúde, como por exemplo, os compostos fenólicos (SLAVIN, 2003; DUTHIE, DUTHIE, KYLE, 2000; TAPIERO et al, 2002; MIRANDA et al., 2000; SIQUEIRA, BOLINI, MACEDO, 2008). Estes compostos, presentes no malte e no lúpulo, possuem ação antioxidante. Outros benefícios à saúde seriam a manutenção de níveis saudáveis do colesterol total no sangue, a melhora da hipertensão e de marcadores de inflamação, a reidratação corporal, além da proteção contra o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (HENDGES, 2014).

As cervejas Witbier são cervejas artesanais originalmente belgas, feitas de trigo com adição de especiarias (coentro e cascas de laranja). Na década de 50, a cerveja estilo Witbier quase foi extinta devido às grandes guerras, à preferência pelo estilo Lager nesta época e também pelas fusões de cervejarias. O cervejeiro belga Pierre Celi, na cidade de Hoegaarden decidiu retomar a produção deste estilo baseado em suas memórias. Após este período, a

produção de cerveja Witbier cresceu, sendo hoje produzida por inúmeras cervejarias no mundo (MORADO, 2009).

Atualmente, a preocupação das pessoas com a saúde e a busca por alimentos considerados mais saudáveis têm resultado em aumento no consumo de bebidas à base de frutas e/ou extratos vegetais. Alguns países já produzem cervejas de frutas ou “*fruit beers*”, com diversos sabores, o que indica o grande potencial e diversidade desses adjuntos na elaboração de cervejas (BREJAS, 2014). Os frutos contêm, além dos nutrientes essenciais e de micronutrientes como minerais, fibras e vitaminas, outros compostos secundários de natureza fenólica, denominados polifenóis (SEGTOWICK, et al., 2013).

Os compostos fenólicos presentes na cerveja, além de estarem diretamente relacionados com a qualidade físico-química e sensorial (sabor, aroma, cor), estabilidade coloidal, conservação da cerveja, contribuem de forma benéfica na saúde humana. A ingestão moderada de cerveja, está associada à prevenção de doenças, como inflamações e doenças cardiovasculares (CALLEMIEN; COLLIN, 2009). Além disso, os compostos fenólicos tem efeito direto no metabolismo HDL (colesterol bom), apresentando ainda atividades funcionais como ação anticarcinogênicas e antitrombóticas (GHISELLI, et al., 2010).

Observando esta tendência de mercado, as microcervejarias vêm buscando desenvolver novos tipos de cerveja, com aromas e sabores diferenciados, a fim de atender às novas necessidades e preferências dos consumidores de cerveja.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma cerveja artesanal com adição de pequenas frutas (*berries*), visando obter um produto final com maior teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar o acompanhamento do crescimento celular durante o processo fermentativo;
- Avaliar a composição química das cervejas artesanais experimentais comparadas com amostras de cervejas comerciais;
- Avaliar a aceitação sensorial e a intenção de compra das cervejas artesanais experimentais comparadas com uma cerveja comercial;
- Realizar as análises: pH, sólidos solúveis totais, densidade, teor alcoólico, cor, acidez total, açúcar redutor em maltose, extrato seco, extrato aparente, e extrato primitivo, além de determinar os compostos fenólicos pelo método de Folin-Ciocalteu e a atividade antioxidante pelo método DPPH;
- Realizar um planejamento experimental, utilizando o delineamento composto central rotacional (DCCR) a partir da adição de pequenas frutas como variáveis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRIA DA CERVEJA

As primeiras bebidas alcoólicas possuem origem incerta, sendo provavelmente produzidas de cevada, tâmaras, uvas ou mel. A prática da cervejaria parece ter sido originada na região Mesopotâmica, onde a cevada cresce em estado selvagem. Existem evidências de que a cerveja feita de cevada maltada já era fabricada na Babilônia no ano 6000 a.C. No Egito, esta era uma bebida nacional de grande consumo, ocupando um lugar importante nos ritos religiosos, sendo distribuída ao povo (VENTURINI FILHO, 2010).

Da mesma forma que o vinho, a cerveja foi uma descoberta acidental, resultado da fermentação não induzida de algum cereal. A descoberta da cerveja ocorreu pouco tempo depois do surgimento do pão, em que os sumérios, assim como outras civilizações antigas, descobriram que molhando a massa do pão ela fermentava e o resultado ficava melhor (MORADO, 2009).

A produção e o consumo de cerveja tiveram um grande impulso na Idade Média, por influência dos mosteiros, locais em que este produto não era só melhorado tecnicamente, como também era produzido e vendido. Técnicas de fabricação foram sendo desenvolvidas nestes locais, buscando uma cerveja mais agradável ao paladar e mais nutritivas. A produção de cerveja aumentou em escala, ainda na era medieval, sendo que a Alemanha começou a ganhar importância na fabricação e comercialização da bebida. No ano de 1516 foi promulgada, nesse país, a Reinheitsgebot (Lei da Pureza), que proibia a utilização de outros ingredientes que não fossem a água, a cevada, e o lúpulo (CERVEJAS DO MUNDO, 2016).

A industrialização do processo de fabricação ocorreu juntamente com a invenção da máquina a vapor em 1765 e sua incorporação à produção de cerveja. O processo de pasteurização em 1876 foi outra descoberta que possibilitou a conservação da bebida por um período significativamente maior de tempo. O notável cientista francês, Louis Pasteur, convenceu os produtores a utilizarem culturas selecionadas de leveduras para fermentação do mosto, para manter uma padronização na qualidade da cerveja e impedir a formação de fermentação acética (CERVEJAS DO MUNDO, 2016).

Atualmente, a produção e o consumo de bebidas alcoólicas são uma das atividades mais antigas desenvolvidas pelo homem. Em relação à cerveja, esta talvez seja a mais popular das bebidas, e sua produção vem de milhares de anos durante os quais sofreu aprimoramento técnico visando aumento de produção e de consumo (VENTURINI FILHO, 2010).

No Brasil, a cerveja chegou em 1808, trazida pela família real português. Inicialmente, havia duas opções de bebida, a “Gengibirra” feita de farinha de milho, gengibre, casca de

limão e água, e a “Caramuru” feita de milho, gengibre, açúcar mascavo e água. A cerveja já era produzida nesta época, sendo limitada a um processo caseiro realizado por famílias de imigrantes para consumo próprio. Na década seguinte, as famílias de imigrantes passaram a usar escravos e trabalhadores para produzir cerveja e assim vendê-la ao comércio local (SANTOS, 2008).

Apesar de o processo cervejeiro ter uma história baseada em aproximadamente 8.000 anos, foi somente nos últimos 150 anos que a ciência cervejeira tem sido substancialmente desvendada, utilizando-se atualmente de um amplo campo da ciência envolvendo áreas da engenharia, da bioquímica e da microbiologia. O processo cervejeiro durante muito tempo permaneceu sem grandes modificações, devido principalmente à grande complexidade das reações ocorridas nos vários estágios do processo (BAMFORTH, 2000).

Muitas soluções foram encontradas para problemas do processo cervejeiro nas últimas décadas. Como consequência, cervejarias modernas são hoje estruturadas com métodos e processos utilizando novos equipamentos. Dentre as várias modificações que ocorreram na produção e elaboração de cerveja, destacam-se os processos de fermentação contínua, manipulação genética da cevada e da levedura além do emprego de mostos concentrados (HARDWICK, 1994; REINOLD, 1997).

2.2 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS CERVEJAS

2.2.1 Definição

De acordo com a legislação brasileira, decreto n. 6.871 de 4 de junho de 2009, cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. O malte de cevada usado na elaboração da cerveja e o lúpulo podem ser substituídos por seus respectivos extratos, bem como parte do malte de cevada poderá ser substituído por cereais malteados ou não, assim como amidos e açúcares de origem vegetal (BRASIL, 2009).

2.2.2 Classificação das Cervejas

De acordo com Brasil, 2009, as cervejas são classificadas em:

I - Quanto ao extrato primitivo em:

- a) Cerveja leve, a que apresentar extrato primitivo igual ou superior a 5 % e inferior a 10,5 %, em peso. Cerveja light é a cerveja leve que tiver redução de 25 % de conteúdo de nutrientes ou do valor energético em relação a uma cerveja similar do mesmo fabricante (mesma marca comercial) ou do valor médio do conteúdo de

três cervejas similares conhecidas e que sejam produzidas na região. A cerveja light deverá ter ainda o valor máximo de 35 Kcal/100 mL na cerveja pronta para o consumo.

- b) Cerveja comum, a que apresentar extrato primitivo igual ou superior a 10,5 % e inferior a 12 %, em peso.
- c) Cerveja extra, a que apresentar extrato primitivo igual ou superior a 12 % e inferior ou igual a 14 %, em peso.
- d) Cerveja forte, a que apresentar extrato primitivo superior a 14 %, em peso.

II - Quanto a cor:

- a) Cerveja clara, a que tiver cor correspondente a menos de 20 unidades EBC (European Brewery Convention).
- b) Cerveja escura, a que tiver cor correspondente a 20 ou mais unidades EBC.
- c) Cerveja colorida, aquela que por ação de corantes naturais, apresentar coloração diferente das definidas no padrão EBC.

III - Quanto ao teor alcoólico em:

- a) Cerveja sem álcool, quando seu conteúdo em álcool for menor que 0,5 % em volume, não sendo obrigatória a declaração no rótulo do conteúdo alcoólico.
- b) Cerveja com álcool, quando seu conteúdo em álcool for igual ou superior a 0,5 % em volume, devendo ser obrigatoriamente constar no rótulo o percentual de álcool em volume.

IV - Quanto à proporção de malte de cevada em:

- a) Cerveja puro malte, aquela que possuir 100 % de malte de cevada, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares.
- b) Cerveja, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior ou igual a 50 %, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares.
- c) Cerveja com o nome do vegetal predominante, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior do que 20 % e menor do que 55 %, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares.

V- Quanto à fermentação:

- a) De baixa fermentação;
- b) De alta fermentação.

Existe uma grande variedade de tipos de cerveja no mundo, resultado das mudanças no processo de produção e também dos diferentes tipos de levedura e de maltes utilizados na produção. Todavia, as cervejas podem ser classificadas em três grandes grupos ou famílias:

lager (cervejas de baixa fermentação); ale (cervejas de alta fermentação); lambic (cervejas de fermentação espontânea). Em cada um desses grupos há uma infinidade de tipos de cerveja, e sua origem está normalmente ligada a região em que foi fabricada pela primeira vez (CUNHA, 2011).

Os dois principais manuais de estilos de cervejas conhecidos mundialmente são o Beer Judge Certification Program – BJCP e o Brewers Association – BA. Ambos se baseiam nas principais escolas cervejeiras, enquadrando as cervejas em sub-estilos, considerando para esta classificação atributos como aparência, aroma, paladar e sensação na boca. Atualmente, existem basicamente quatro escolas cervejeiras: a Alemã, a Belga, a Inglesa e a Americana, cada uma representada por estilos específicos. As cervejas brasileiras, apesar de ainda não possuírem características próprias, prezam pela diversidade, reunindo influências americanas, belgas, alemãs e inglesas (SANTOS, 2014).

As cervejas de trigo belgas foram muito populares na Europa no século XVII, porém ao final da Segunda Guerra Mundial não eram mais encontradas nos mercados. A cidade de Hoegaarden, na região de Flandres (Bélgica), famosa por suas cervejas de trigo, teve sua última cervejaria fechada em 1955. Em 1966, Pierre Celis, um leiteiro da cidade resolveu fabricar sua própria cerveja utilizando uma antiga receita guardada na memória. As cervejas de trigo belga voltaram a se destacar no mercado, apresentando crescente número de consumidores e passando a ser procurada como bebida refrescante (MORADO, 2009).

A Witbier é um estilo de cerveja belga fabricada com malte de cevada e trigo, e condimentada com coentro e casca de laranja-azeda da ilha de Curaçau. Algumas variações podem incluir aveia, camomila, limão siciliano, gengibre e pimenta em grãos. Possuem tom dourado pálido, coroado por um colarinho branco firme, formado por proteínas do trigo e alta carbonatação. Seu aroma e seu sabor são agradavelmente cítricos, sendo uma cerveja muito refrescante. Possui uma combinação entre o adocicado da laranja com uma acidez refinada e seca, além dos sabores suaves de grãos de trigo. O lúpulo confere amargor à cerveja e é usado para contrabalançar o adocicado do malte. Como esse estilo não leva muito malte, o lúpulo também não é necessário em grande quantidade. Para ressaltar o sabor, são usadas as especiarias. É tradicionalmente fermentada na garrafa, não sendo filtrada, o que a deixa turva, uma característica conferida pela levedura. O residual de fermento agrega mais sabor à cerveja, por isso a escolha por não filtrar as bebidas feitas com trigo (OLIVER, 2012).

A Witbier é um dos estilos que mais combinam com o verão brasileiro, sendo uma cerveja com sabor frutado agradável e refrescante. Cada vez mais cervejarias do país estão produzindo suas versões de Witbier, na qual à sua produção teve início a pouco tempo. A

preferência por esse estilo vem aumentando, por ser uma ótima opção para quem não está muito acostumado com estilos mais encorpados e lupulados ou para aqueles que estão iniciando nas cervejas artesanais (OLIVER, 2012).

2.3 PEQUENAS FRUTAS COMO ADJUNTOS

As pequenas frutas (também conhecidas como “berries”) são compostas por um grupo que engloba amoras vermelha e preta, framboesa, groselha, mirtilo e morango. Essas frutas apresentam em sua composição uma enorme quantidade de nutrientes e compostos que promovem melhor funcionamento do organismo, tornando-as cada vez mais foco de estudos para elucidação desses benefícios. No Brasil, a fruta vermelha mais apreciada é o morango, enquanto as demais apresentam menor consumo por razões diversas, como menor oferta e maior preço (SOUZA, 2013).

O morangueiro é uma planta perene, rasteira, pertencente à família *Rosácea* e do gênero *Fragaria*. O fruto é a parte comestível, sendo classificado como pseudofruto não climatérico, carnoso, suculento, de coloração vermelha e sabor levemente acidificado, como demonstrado na Figura 1 (a) (ROCHA, et al., 2008).

Dentre as propriedades do morango, destacam-se a sua ação antioxidante, à qual está diretamente relacionada aos compostos fenólicos presentes no fruto, sendo os principais, o ácido elágico e alguns flavonoides (antocianinas, catequina, quercetina e o Kaempferol). O morango também é referenciado pelo seu alto teor de vitamina C, sendo esta de extrema importância para o organismo humano, desempenhando papel fundamental no metabolismo em geral (COPETTI, 2010).

O mirtilo é uma fruta pertence à família *Ericaceae*, nativo de várias regiões da Europa e dos Estados Unidos. A planta tem porte arbustivo ou rasteiro possuindo uma baga de cor azul-escura, de formato achatado, coroada pelos lóbulos persistentes do cálice e com aproximadamente 1 a 2,5 cm de diâmetro e 1,5 a 4 g de peso, como pode ser visualizado na Figura 1 (b). Em seu interior, o mirtilo, apresenta muitas sementes e tem sabor doce-ácido a ácido. Esta fruta ganhou destaque devido às suas propriedades medicinais (FACHINELLO, 2008).

No ano de 1983 iniciaram-se os primeiros experimentos para a produção de mirtilo, sob responsabilidade da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas (RS), com a introdução da coleção de cultivares de baixa exigência em frio do grupo “rabbiteye”, provenientes da Universidade da Florida. Na produção comercial da fruta, a região de Vacaria (RS) foi a pioneira, sendo a referência em termos de produção (SILVA et al., 2008).

O mirtilo, embora ser uma espécie de introdução recente no Brasil, é amplamente cultivado em países do Hemisfério Norte, principalmente Europa e Estados Unidos. Nestas regiões, a espécie tem grande valor comercial, sendo amplamente explorados seus benefícios como alimento funcional, devido aos seus pigmentos naturais, principalmente as antocianinas (DA ROCHA, 2009).

O mirtilo vem despertando a atenção dos produtores e do mercado consumidor mundial, destacando-se devido ao grande interesse do mercado consumidor, tanto no interno quanto no externo, às propriedades funcionais e ao sabor e cor atraentes, seu elevado valor agregado e a ampla possibilidade de industrialização. É um fruto rico em antioxidantes, que possui elevado conteúdo de polifenóis tanto na casca quanto na polpa além de uma elevada concentração de antocianinas, sendo conhecido como “fruto da longevidade” (ANTUNES; RASEIRA, 2006).

O mercado consumidor demanda de novidades na área alimentícia, abrindo espaço para a inserção de frutos pouco conhecidos ou explorados com grande potencial produtor, como a pitanga, a amora e o mirtilo. Apesar dos dois últimos serem exóticos, seus cultivares demonstram boa adaptação ao clima do sul do Brasil, possibilitando seu plantio à nível comercial, favorecendo o desenvolvimento econômico, social e cultural da região (GAZOLA, 2014).

Figura 1 – Frutos de morango (a) e frutos de mirtilo (b)



(a)



(b)

Fonte: revistagloborural.globo.com; poderesdomirtilo.blogspot.com.br

2.4 COMPOSTOS FENÓLICOS

Nos últimos anos vem aumentando o interesse relacionado aos compostos fenólicos presentes em frutos a fim de agregar mais valor em produtos alimentícios, proporcionado

efeitos que tragam benefícios à saúde, uma vez que estes conferem propriedades antioxidantes não apenas para os alimentos, como também para o organismo do homem (SILVA, 2003).

Os antioxidantes são classificados como sendo “inibidores da oxidação lipídica e conseqüentemente da deterioração de alimentos”, ou seja, são compostos naturais ou sintéticos que quando presentes em baixa concentração, comparada à do substrato oxidável, diminui ou inibe expressivamente a oxidação daquele substrato. Além disso, estas substâncias apresentam elevada estabilidade oxidativa e têm propriedade de prevenir a oxidação de outras substâncias, tais como ácidos nucléicos, proteínas e lipídeos (ALMEIDA, 2014).

As principais fontes de fenóis na dieta humana incluem cereais, frutas e legumes, além do vinho, da cerveja, chás, café e chocolates. Estes compostos possuem habilidade de sequestrar radicais livres, pela doação de hidrogênio ou elétrons, ou também pela quelação de íons metálicos. Relacionando o conteúdo total de antioxidantes presentes em uma cerveja, estes dependem não só do tipo de cerveja, mas também das matérias-primas utilizadas como também do processo de fabricação (SOARES, 2002; RODRIGUES; IEMMA, 2009).

A capacidade antioxidante associada ao baixo teor alcoólico da cerveja, bem como, ao consumo moderado, tem a habilidade de potencializar a capacidade antioxidante do plasma sanguíneo, reduzindo dessa forma o risco de doenças coronárias. O etanol, considerado vilão da cerveja, pode intervir no metabolismo de HDL, desempenhando função importante na absorção dos compostos fenólicos (FREITAS et al., 2006). Ele fornece uma melhor bioatividade dos compostos fenólicos, que são os principais antioxidantes presentes na cerveja (SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

3.1.1 Matéria prima para elaboração da cerveja

O processamento da cerveja utilizou água mineral (Itaipu®), camomila em flor e polpa de morango, adquiridos no comércio local de Laranjeiras do Sul-PR. O malte pilsen e o malte munich II, os flocos de trigo, a aveia, o lúpulo em pellet da variedade Hallertau Mittelfruh (Alfa Ácidos 2,8%) e a levedura líquida Belgian Wit SY067, foram adquiridos da Homebrewers, localizada na R. Capitão João Busse, 28-C Curitiba-PR. A casca de laranja amarga seca e o coentro em grãos foram adquiridos da Bombay Herbs & Spices localizado na Al. Min. Rocha Azevedo, Cerqueira César, São Paulo-SP. A polpa de mirtilo foi adquirida do Sítio do Bello – Frutas Nativas situado na R. Álvares Otero, 68, Vila Pirituba, São Paulo-SP.

3.1.2 Reagentes

Para a realização das análises físico-químicas foram utilizados: hidróxido de sódio 98% (Alphatec®), álcool metílico 99,8% P.A(Vetec®), ácido gálico anidro 98% P.A (Vetec®), 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (Sigma-Aldrich), Folin Ciocauteau (Dinâmica), carbonato de sódio (P.A-ACS) 99,5% (Dinâmica), tartarato de sódio e potássio 99,0 (Alphatec®), maltose monohidratada (Vetec®).

3.2 ELABORAÇÃO DA CERVEJA

Os experimentos foram realizados no laboratório de Operações Unitárias da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)-Campus Laranjeiras do Sul-PR.

A formulação para 20 L de cerveja padrão do estilo Witbier está apresentada na Tabela 1.

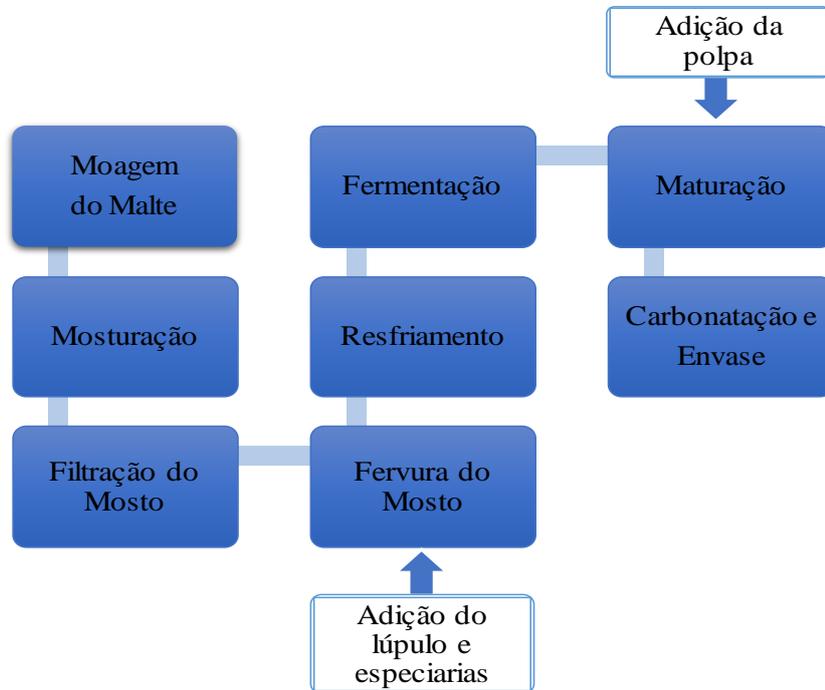
Tabela 1- Matérias-Primas utilizadas para elaboração da cerveja

Matéria-Prima	Quantidade
Malte Pilsen	3,400 Kg
Malte Munich II	0,150 g
Flocos de Trigo	2,200 Kg
Flocos de Aveia	250 g
Lúpulo Hallertau Mittelfruh	30,0 g
Casca de laranja amarga seca	12,0 g
Camomila em flor	7,0 g
Coentro em grãos	15,0 g
Belgian Wit – Bio4 – SY067	50 mL

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A Figura 2 apresenta o fluxograma utilizado no estudo, seguida da descrição de cada etapa.

Figura 2 – Fluxograma de elaboração de Cerveja Artesanal



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

3.2.1 Moagem do Malte

Os maltes foram aferidos em balança semi-analítica (MARTE, UX420H) e em seguida foram moídos utilizando um moinho de discos manual. A Figura 3 apresenta o resultado da moagem realizada do malte.

Figura 3 – Moinho manual (a), Malte moído (b)



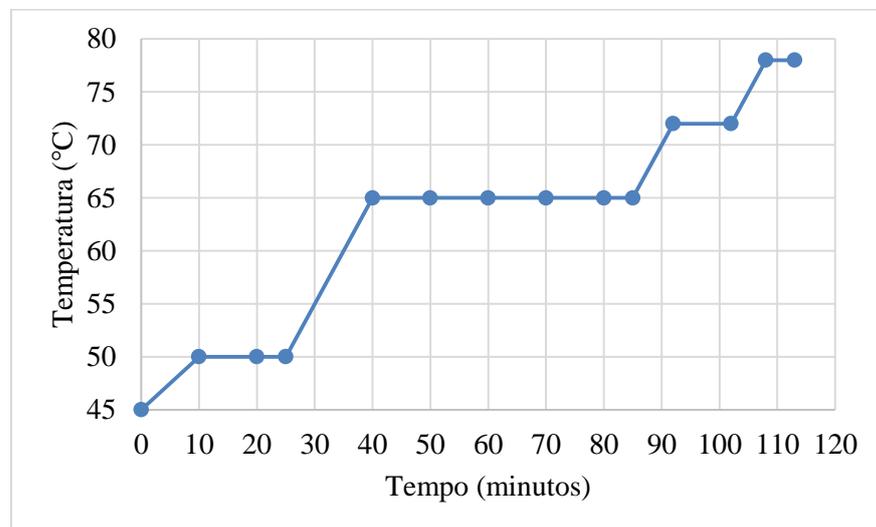
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

3.2.2 Mosturação

Inicialmente, a água foi aquecida até a temperatura de 45 °C na panela de mostura. O malte moído, os flocos de trigo e os flocos de aveia foram adicionados à panela de mostura permanecendo a temperatura de 45 °C durante 10 minutos. Em seguida, foi conduzido o tempo de repouso protéico, que consistiu em manter a temperatura do mosto constante a 50 °C durante 15 minutos.

Após o tempo de repouso protéico, retomou-se a rampa de aquecimento do mosto até 65 °C, permanecendo em temperatura constante por 45 minutos. Ao final deste período, a temperatura do mosto foi elevada para 72 °C, e foi realizado o teste de grau de sacarificação do mosto, ao qual uma gota de solução de iodo 0,2 N foi adicionada em temperatura ambiente sobre uma gota do mosto ainda em preparo. Neste teste, a mudança da coloração roxo-azulada para amarelo claro indica a completa hidrólise do amido. Após a completa hidrólise do amido, a temperatura do mosto foi elevada para 78 °C por um período de 5 minutos, para finalizar a etapa de mostura. Na Figura 4 é apresentado a rampa de brasagem (variação da temperatura em função do tempo utilizados no processo de mosturação).

Figura 4 – Programação de tempo e temperatura no processo de mosturação da cerveja (rampa de brasagem)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

3.2.3 Filtração do mosto

Ao término da hidrólise do amido, foi realizada a filtração (clarificação), para separar as cascas e demais resíduos sólidos do mosto. Entretanto, antes da coleta do mosto filtrado, foi realizada a recirculação (Figura 5.a) com o próprio mosto filtrado, a fim de formar uma camada filtrante, e assim evitar a passagem de cascas e outros constituintes insolúveis para

etapa de fervura. Em seguida, com o término da filtração (“formação da cama de grãos”) (Figura 5.b), o bagaço do malte foi lavado com 14 L de água mineral (denominada água secundária) a 75 °C visando a máxima extração do amido ainda presente no malte.

Figura 5 - Recirculação do mosto (a) e “cama de grãos” formada após filtração (b)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

3.2.4 Fervura do mosto

A etapa de fervura do mosto teve tempo total de 70 minutos. Os lúpulos e as demais especiarias foram adicionados nos seguintes tempos (Figura 6):

- 60 minutos antes do final da fervura: 22,5 g Lúpulo Hallertau Mittelfruh (Figura 6.I);
- 20 minutos antes do final da fervura: 7,5 g Lúpulo Hallertau Mittelfruh;
- 10 minutos antes do final da fervura: 7,0 g de camomila em flor (Figura 6.II), 15,0 g de coentro em grãos (Figura 6.III) e 12,0 g de casca de laranja amarga seca (Figura 6.IV).

Figura 6 - Lúpulo (I), camomila em flor (II), coentro em grãos (III) e laranja amarga seca (IV)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

3.2.5 Resfriamento do mosto

O resfriamento foi realizado com o auxílio de um *chiller* de cobre e de um Banho Ultratermostatizado Splabor, SP-152/10 (Figura 7), visando rápida diminuição da temperatura do mosto para 18 °C. Ao término do resfriamento, o mosto foi tangencialmente recirculado à parede do tanque por 2 minutos, permanecendo em repouso durante 15 minutos, de maneira que a força centrípeta resultante auxiliasse na precipitação de particulados ou aglomerados protéicos (denominados de *trub*). Ao final desse processo o mosto foi transferido para o fermentador, para realização da inoculação da levedura.

Figura 7 - Resfriamento do Mosto com *chiller*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

3.2.6 Fermentação

A fermentação foi realizada á temperatura de 20 °C, durante 9 dias (determinado através da contagem de células), em refrigerador BOD TE-371, Tecnal (Brasil). Após o término da fermentação, a levedura foi retirada do fundo do fermentador, dando início à etapa de maturação.

3.2.7 Maturação

A maturação foi realizada durante 14 dias em temperatura controlada de 0 °C. Para os testes preliminares foi adicionada polpa de mirtilo, e no planejamento experimental foi adicionada polpa de mirtilo e morango nesta etapa, permanecendo durante os 7 dias finais da maturação.

3.2.8 Carbonatação e Envase

Após a maturação, a cerveja foi engarrafada em garrafas de vidro âmbar de 500 ml (Figura 8.a) com adição de solução de açúcar de 5 g L⁻¹ para cerveja padrão e 2 g L⁻¹ para cerveja com adição de polpa de fruta, para refermentação e carbonatação (Figura 8.b) do produto por 10 dias em temperatura ambiente.

Figura 8 - Envase da Cerveja (a) e Refermentação/Carbonatação na Garrafa (b)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

3.3 TESTES PRELIMINARES

A primeira etapa da pesquisa consistiu em padronizar a formulação da cerveja artesanal. Para isso, foram desenvolvidas duas formulações experimentais, uma cerveja padrão do estilo Witbier e outra cerveja do estilo Fruit Beer (com adição de polpa de mirtilo), tendo como estilo base a Witbier.

Para a formulação da cerveja do estilo Witbier foram realizadas análises microbiológicas em microscópio para determinação da viabilidade celular.

Posteriormente, realizou-se uma comparação físico-química entre a cerveja padrão do estilo Witbier (CW), a *Fruit Beer* (CF), uma cerveja comercial Pilsen (CC) e uma cerveja artesanal do mesmo estilo da cerveja padrão (CA). As análises descritas abaixo foram realizadas em amostras descarbonatadas por agitação mecânica e filtradas a fim de que não houvesse interferência do gás e da espuma proveniente da fabricação, em temperatura ambiente. Todas as análises foram realizadas em triplicata. As análises físico-químicas realizadas nas amostras de cerveja foram: pH, sólidos solúveis totais, densidade, teor alcoólico, cor e compostos fenólicos.

Em seguida realizou-se uma avaliação referente a aceitabilidade sensorial das duas formulações experimentais, comparadas com a cerveja comercial Pilsen.

3.3.1 Análise Microbiológica

A contagem de células foi realizada no início da fermentação e a cada 12 horas a fim de determinar o tempo de fermentação da cerveja. Foi realizada em câmara de Neubauer (0,0026 mm² x 0,100 mm) e expresso em número de células mL⁻¹. A análise do teor alcóolico foi realizada no mesmo período de amostragem, descrito no item 3.3.5. A viabilidade celular foi determinada pelo Método Internacional de Coloração com azul de metileno, segundo as normas da ASBC (1996).

3.3.2 pH

A análise foi realizada através de leitura direta em pHmetro (HI221, Hanna Instruments (Romênia), conforme descrito pela A.O.A.C., (2000).

3.3.3 Sólidos Solúveis (⁰Brix)

Realizou-se a medida diretamente em Refratômetro Digital de Bancada (HI 96801, Hanna Instruments Romênia) (IAL, 2008).

3.3.4 Densidade

Em uma proveta de 250 mL, transferiu-se aproximadamente 200 mL da amostra de cerveja, e a densidade foi medida através de densímetro, sendo o resultado expresso no próprio equipamento (FERREIRA, BENKA, 2014).

3.3.5 Teor Alcoólico

A análise do teor alcoólico das cervejas consistiu em transferir 100 mL de amostra para o destilador de nitrogênio TE-0363, Tecnal (Brasil). O destilado foi recolhido em um balão volumétrico de 100 mL, contendo 10 mL de água. Destilou-se até aproximadamente 3/4 do volume inicial, completando-se o volume com água e homogeneizando a solução. A densidade relativa desta solução foi determinada a 20 °C pelo densímetro. O resultado para a conversão em porcentagem de álcool em volume foi realizada através de referência (INTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.3.6 Cor

A cor foi determinada por meio da leitura em Espectrofotômetro Evolution 201, Thermo (Shanghai, China) de cada amostra, a 430 nm, contra uma amostra de água destilada (branco). A cor, em unidades EBC, foi calculada utilizando a Equação (1) (COVENIN, 2001).

$$Cor = Abs \times 12,7 \times 1,97 \times d \quad (1)$$

Em que:

Abs= Absorbância;

d= 10 para cervejas escuras, 1 para as demais cervejas.

3.3.7 Compostos Fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos foi baseada no método de Folin-Ciocalteu, de acordo com Bucic-Kojic et al., (2007). Em balão volumétrico de 25 mL foram adicionados 3 mL de água destilada, 4 mL de solução de Folin-Ciocalteu a 10% e 1 mL da amostra de cerveja. O balão volumétrico foi envolvido com papel alumínio para proteger a solução da luz, deixando reagir por 3 minutos, e em seguida foram adicionados 2,0 mL de solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3) a 7,5%. O volume foi complementado com água destilada e a mistura foi homogeneizada. Os frascos foram mantidos em repouso, na ausência de luz, por 2 horas e posteriormente foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 765 nm, descontando o valor do branco de cada medida. Um curva padrão foi construída com ácido gálico nas concentrações de 0; 0,2; 0,5; 1,0; 2,5 e 5,0 mg de AG/L. Os resultados foram expressos em mg AG/L de amostra.

3.3.8 Análise Sensorial

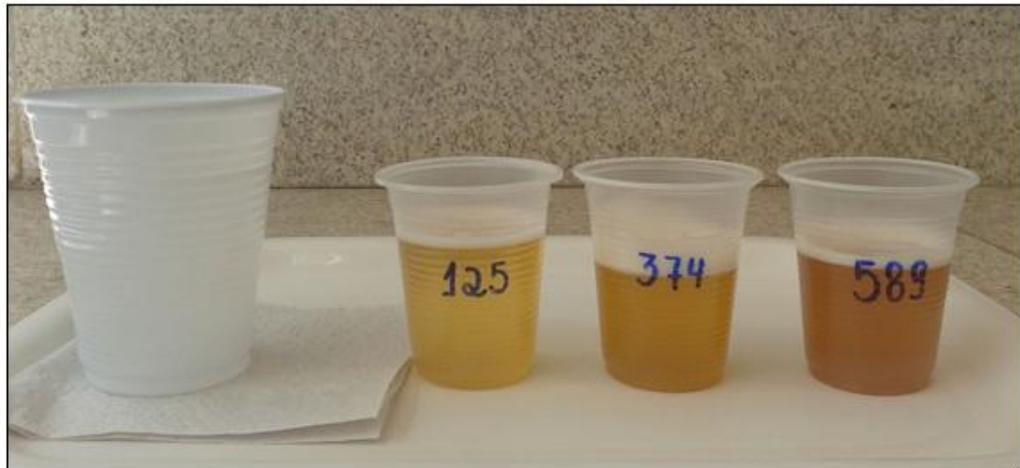
Antes da realização da análise sensorial, a proposta foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP/SH) da UFFS com certificado de apresentação para

apreciação ética (CAAE) 58368816.1000.5564. Os testes de análise sensorial foram aplicados no Laboratório de Análise Sensorial da UFFS/Laranjeiras do Sul-PR. Foram realizados testes de aceitação e intenção de compra de três amostras: as duas formulações da cerveja artesanal experimentais, e a cerveja comercial.

Para o teste foram recrutados 80 provadores não treinados, entre alunos, professores e servidores da UFFS. Os testes foram realizados em cabines individuais, em que as amostras de cerveja foram servidas em copos descartáveis de 80 mL, a uma temperatura de 5 °C, codificados com números aleatórios de três dígitos, juntamente com uma copo de água (Figura 9). Além disso, cada provador recebeu o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (APÊNDICE I) e a ficha de análise sensorial (APÊNDICE II).

Os atributos aparência, cor, aroma, sabor e impressão global foram analisados através de uma escala hedônica estruturada de 9 pontos, sendo 1=desgostei muitíssimo e 9=gostei muitíssimo. Para a intenção de compra utilizou-se uma escala estruturada de cinco pontos, sendo 1=certamente não compraria e 5=certamente compraria.

Figura 9 – Análise Sensorial das amostras apresentadas no teste preliminar



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

3.4 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Na segunda etapa da pesquisa foram realizados ensaios de produção de cerveja com adição de polpa de duas pequenas frutas vermelhas (morango e mirtilo) utilizando o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), aplicando um planejamento fatorial 2^2 completo, totalizando 11 ensaios, sendo quatro fatoriais (combinações dos níveis -1 e +1), quatro axiais (-1,41 e +1,41) e três repetições do ponto central (0) para estimativa do erro padrão.

Na Tabela 2 são apresentadas as faixas de valores codificados e reais utilizados nos ensaios e na Tabela 3 é apresentada a matriz do planejamento. As faixas de variação entre os limites de cada variável foram estabelecidas de acordo com testes preliminares.

Tabela 2 - Variáveis e níveis do planejamento experimental completo 2²

Variáveis Independentes	Níveis codificados e reais das variáveis independentes				
	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Morango (%) – X ₁	1,1	1,7	2,3	2,9	3,5
Mirtilo (%) – X ₂	0,2	0,8	1,4	2,0	2,6

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

Tabela 3 - Matriz do delineamento experimental com valores codificados (X₁ e X₂)

Ensaio	X ₁	X ₂	Morango (%)	Mirtilo (%)
1	-1	-1	1,7	0,8
2	1	-1	2,9	0,8
3	-1	1	1,7	2,0
4	1	1	2,9	2,0
5	-1,41	0	1,1	1,4
6	1,41	0	3,5	1,4
7	0	-1,41	2,3	0,2
8	0	1,41	2,3	2,6
9	0	0	2,3	1,4
10	0	0	2,3	1,4
11	0	0	2,3	1,4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

3.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA CERVEJA

Os parâmetros físico-químicos analisados na etapa do planejamento experimental foram: pH, densidade, teor alcoólico, cor e compostos fenólicos, já descritos nos itens 3.3.2, 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6 e 3.3.7. Também foram realizadas análises de extrato real, extrato aparente, extrato primitivo, açúcar redutor em maltose, acidez total titulável e atividade antioxidante, que estão descritas abaixo. Todas as análises foram realizadas com as amostras decarbonatadas em temperatura ambiente e em triplicata.

3.5.1 Extrato Real

Amostra de 20 mL de cerveja descarbonatada foi transferida para uma cápsula previamente aquecida em estufa com circulação e renovação de ar (SL-102, Solab) à 105 °C por 1 hora, resfriada em dessecador e pesada. A amostra foi aquecida em banho-maria até a secagem. Em seguida, levou-se para a estufa a 105 °C por 1 hora, sendo resfriado em dessecador e pesado. O extrato real foi calculado utilizando a Equação (2) (IAL, 2008).

$$\frac{100 \times P}{V} = \text{Extrato real, \% m/v} \quad (2)$$

Em que:

P = massa do resíduo (g);

V = volume da amostra (mL);

3.5.2 Extrato Aparente

Para a determinação do extrato aparente foi analisado a densidade relativa a 20 °C de uma amostra de 100 mL de cerveja descarbonatada e filtrada e convertido em extrato aparente (IAL, 2008).

3.5.3 Extrato Primitivo

Este parâmetro foi determinado por meio de cálculo envolvendo os valores de teor alcoólico e extrato real segundo a Equação de Balling (IAL, 2008).

$$\frac{[(P \times 2,066) + Er] \times 100}{[100 + (P \times 1,066)]} = \text{extrato primitivo, em \% m/m} \quad (3)$$

Em que:

P = % de álcool em peso;

Er = % de extrato real.

3.5.4 Açúcares Redutores em Maltose

As cervejas foram submetidas ao teste de Lane-Eynon para determinação dos açúcares redutores em maltose (IAL, 2008).

3.5.5 Acidez Total Titulável

Amostra de 10 mL de cerveja descarbonatada e 0,5 mL de fenolftaleína foram adicionados em Erlenmeyer de 250 mL contendo 100 mL de água. A titulação foi realizada

com solução de hidróxido de sódio padronizada 0,1 N, até coloração rósea persistente (IAL, 2008).

3.5.6 Atividade Antioxidante

O método de atividade antioxidante (BRAND-WILLIAMS et al., 1995) é baseado na captura do radical DPPH (2,2-difenil-picril-hidrazil) por antioxidantes produzindo um decréscimo da absorvância a 515 nm.

O método consistiu na preparação de solução inicial de DPPH (100 µM), dissolvido em álcool metílico 80%. Para o preparo das amostras, foi utilizada uma alíquota de 0,1 mL da amostra com 3,9 mL de solução DPPH (100 µM). Para o branco foi realizada a leitura da absorvância do álcool metílico a 80%. Após 30 minutos sem contato com a luz, a absorvância das amostras foi medida em espectrofotômetro a 515 nm e convertida em porcentagem da atividade antioxidante (% AA) utilizando a Equação 4.

$$DPPH \text{ AA}(\%) = \left[1 - \left(\frac{A_s}{A_c} \right) \right] \times 100 \quad (4)$$

Em que:

A_s = absorvância da amostra;

A_c = absorvância da amostra de DPPH sem amostra.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas dos resultados obtidos nos testes preliminares foram realizadas por meio de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de confiança de 90% utilizando *software* STATISTICA™ (versão 10 da StatSoft, Inc) para identificar diferenças significativas entre as médias ao nível de confiança de 90%.

A avaliação dos resultados dos parâmetros físico-químicos no desenvolvimento das formulações por meio do delineamento composto central rotacional (etapa do planejamento experimental) foi realizada pela análise de efeitos, gráfico de Pareto, análise de variância (ANOVA) ao nível de 10% de significância, análise de regressão e por superfície de resposta e suas respectivas curvas de contorno.

Para avaliação dos efeitos das variáveis nas análises físico-químicas foi utilizado o modelo de regressão de segunda ordem dado pela seguinte equação:

$$Y = A_0 + A_1(mo) + A_{11}(mo)^2 + A_2(mi) + A_{22}(mi)^2 + A_{12}(moXmi) \quad (5)$$

Em que:

Y = variável resposta (parâmetros físico-químicos analisados);

m_o = concentração de morango (%);

m_i = concentração de mirtilo (%);

A_0 = constante do intercepto;

A_1 = coeficiente de efeito linear da variável morango;

A_2 = coeficiente de efeito linear da variável mirtilo;

A_{11} = coeficiente de efeito quadrático da variável morango;

A_{22} = coeficiente de efeito quadrático da variável mirtilo;

A_{12} = coeficiente de efeito de interação entre as variáveis.

Para a validação dos modelos quadráticos utilizou-se a análise de variância (ANOVA), avaliando a significância da regressão pelo teste F e o ajuste do modelo aos dados experimentais pelo coeficiente de determinação (R^2). Também foi proposta uma otimização das respostas de compostos fenólicos e atividade antioxidante, feita pela técnica proposta por Derringer e Suich, (1980). Todas as análises estatísticas do planejamento experimental foram realizadas utilizando o *software* STATISTICATM (versão 10 da StatSoft, Inc).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

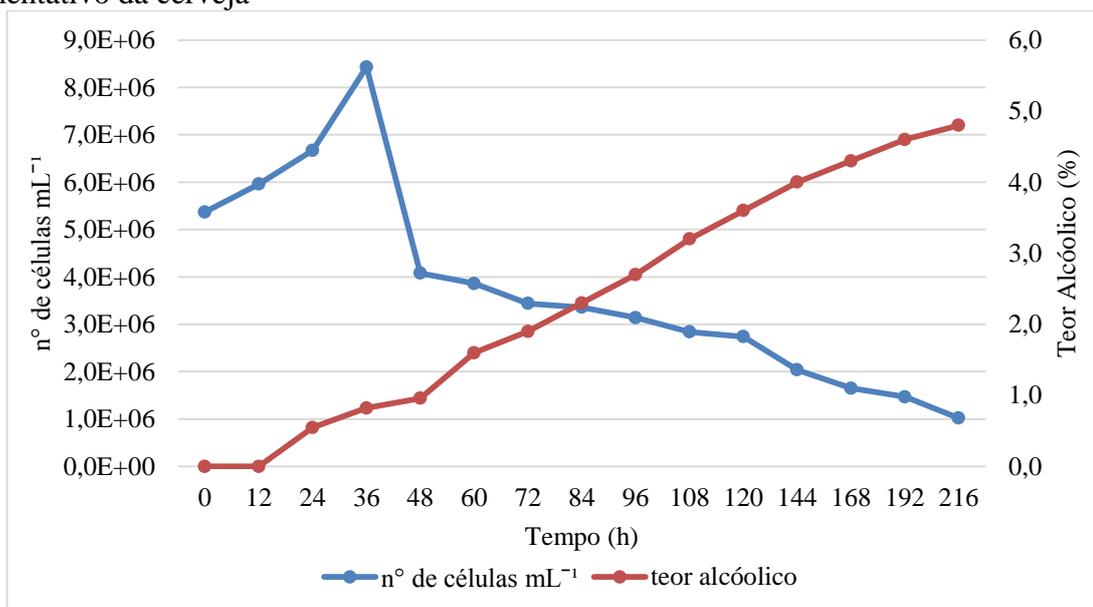
4.1 TESTES PRELIMINARES

A realização de testes preliminares consistiu em avaliar as características físico-químicas das cervejas desenvolvidas experimentalmente e das cervejas comerciais. Além disso, verificar se a adição de pequenas frutas vermelhas no processamento da cerveja causaria aumento na quantidade de compostos fenólicos na cerveja, além de verificar a aceitação das formulações através da aplicação de análise sensorial.

4.1.1 Análise Microbiológica

A Figura 10 representa o crescimento celular, pelo consumo de açúcares presentes no mosto e a produção de etanol em função do tempo, mediante as condições de temperatura estabelecidas na etapa de fermentação.

Figura 10 - Contagem de células e determinação do teor alcóolico durante o processo fermentativo da cerveja



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A fermentação é uma das principais etapas na produção de cerveja artesanal, pois é a etapa em que as leveduras transformam o mosto em cerveja. Desta forma, sua compreensão é de extrema importância para a produção de cervejas de qualidade.

Conforme Figura 10, nas primeiras 12 horas de fermentação, houve um leve aumento na concentração de células da levedura, porém não ocorreu a formação de álcool. Esta fase é denominada de fase adaptativa ou lag time, inicia-se após a inoculação da levedura no mosto, e pode demorar até 15 horas. Nesta fase ocorre a adaptação da levedura às condições do

mosto e a absorção do oxigênio, minerais e aminoácidos para a sintetização de enzimas responsáveis pela quebra da molécula de sacarose.

A partir de 12 horas da fermentação, o teor alcóolico do mosto começou a aumentar, indicando que iniciou-se a fase de crescimento e fermentação. Nesta fase ocorre a conversão dos açúcares fermentáveis do mosto em etanol e dióxido de carbono. Após 36 horas de fermentação, ocorreu uma queda na concentração de leveduras com redução gradual, indicando o declínio ou lise celular. Pelo ensaio experimental, não foi possível observar a fase estacionária da fermentação. A fermentação do mosto foi conduzida até um tempo total de 216 horas, uma vez que o teor alcóolico resultante foi de 4,8% v/v, pois a cerveja Witbier possui teor alcóolico baixo. As leveduras ainda presentes após a etapa de maturação serão responsáveis pela refermentação gerando novamente CO₂ na etapa carbonatação.

Segundo Priest e Stewart (2006), o fim da fermentação é caracterizado comumente pelo consumo de todo o açúcar fermentescível e o começo da floculação das leveduras.

4.1.2 Análises Físico-Químicas

Após padronização na formulação das cervejas experimentais, foi realizada a comparação de parâmetros físico-químicos destas cervejas (padrão do estilo Witbier e *Fruit Beer*) com duas cervejas de estilos distintos existentes no mercado. Os estilos das cervejas adquiridas no mercado foram Witbier (estilo de cerveja padrão deste trabalho) e Pilsen (devido ao seu elevado consumo e aceitação pelo consumidor brasileiro). Os resultados das análises físico-químicas das quatro cervejas são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados das análises físico-químicas das cervejas artesanais experimentais e das cervejas adquiridas comercialmente

	Estilo da Cerveja	pH	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	Densidade (kg cm ⁻³)	Cor (EBC)	Teor Alcóolico (%)	Compostos Fenólicos (mg AG L ⁻¹)
CC	Pilsen	4,0±0,1 ^b	5,5±0,4 ^b	1.004±4 ^b	5,7±0,2 ^d	4,6±0,1 ^b	73,4±1,6 ^c
CA	Witbier	4,2±0,1 ^b	6,3±0,5 ^b	1.007±3 ^{ab}	24,2±0,3 ^a	4,8±0,1 ^b	79,1±1,5 ^b
CW	Witbier	4,7±0,1 ^a	8,0±0,3 ^a	1.014±6 ^a	15,9±0,1 ^c	4,7±0,1 ^b	76,8±1,0 ^b
CF	<i>Fruit Beer</i>	4,5±0,1 ^a	7,5±0,5 ^a	1.010±4 ^{ab}	19,7±0,7 ^b	5,2±0,1 ^a	95,0±0,7 ^a

*CC: cerveja comercial do estilo Pilsen; CA: cerveja artesanal do estilo Witbier; CW: Cerveja padrão do estilo Witbier; CF: cerveja com adição de polpa de mirtilo.

Média e Intervalo de Confiança (n = 3) para 90% de confiabilidade. *Médias com letras diferentes numa mesma coluna indicam amostras que diferem significativamente (p≤0,1) entre si, de acordo com a ANOVA e o teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

Pela Tabela 4, os valores de pH das cervejas adquiridas comercialmente e das cervejas experimentais apresentaram diferença estatística ao nível de 10%. Os valores de pH das amostras CC e CA não apresentaram diferença estatística ($p \leq 0,1$), assim como os valores de pH das amostras CW e CF também não se diferiram estatisticamente ($p \leq 0,1$) entre si. No entanto, de acordo com o Sindicato Nacional da Indústria Cervejeira, a cerveja é um produto suavemente ácido, devendo ter um pH em torno de 4, pois nessas condições tornam-se um meio desfavorável para o crescimento da maioria dos microrganismos. Desta forma, o pH das cervejas analisadas se enquadraram nas condições padrões aceitáveis para este tipo de bebida (SINDISERV, 2014).

Em relação ao teor alcóolico, os fabricantes da cerveja comercial Pilsen (CC) e da cerveja artesanal estilo Witbier (CA) declararam no rótulo de seus produtos teores de 4,8% e 5,0%, respectivamente. A diferença entre o valor rotulado e o valor medido experimentalmente (Tabela 4) pode ser decorrente da metodologia utilizada neste estudo. No período de análise pode ter ocorrido a evaporação de uma fração de álcool durante a destilação, não sendo possível aferir o valor real do teor alcóolico das amostras. No entanto, os valores de teor alcóolico declarados no rótulo e determinados experimentalmente apresentaram valores muito próximos.

Na Tabela 4, as amostras CC, CA e CW não apresentaram diferença estatística ($p \leq 0,1$) para o teor alcóolico. No entanto, a amostra CF diferiu-se estatisticamente em relação a formulação padrão da cerveja estilo Witbier (amostra CW). O aumento no teor alcóolico na cerveja em que foi utilizado o mirtilo como adjunto pode ter ocorrido devido à maior disponibilidade de açúcares fermentescíveis à levedura. Resultado semelhante foi encontrado por Araújo (2016), na elaboração de uma cerveja *Ale* utilizando Melão de Caroá como adjunto do malte nas concentrações de 0, 10, 30 e 50%, ao qual obteve maior teor alcóolico na cerveja com 50 % de adjunto.

As quatro amostras se diferenciaram ($p \leq 0,1$) em relação à cor. Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2009), as cervejas são classificadas como claras ($EBC < 20$) ou escuras ($EBC > 20$). As cervejas estilo Pilsen e Witbier são classificadas como claras, logo as amostras analisadas estão de acordo com o exigido, exceto a amostra CA que apresentou valor acima de 20 EBC. Este erro na análise pode ser justificado pelo fato da cerveja artesanal estilo Witbier ser uma cerveja não filtrada, resultando em erro de leitura na absorção de luz no espectrofotômetro, em virtude das partículas sólidas em suspensão. Comparando os valores de cor entre as amostras CW e CF, verificou-se que a adição da polpa de mirtilo contribuiu com

a coloração da cerveja, tornando-a atrativa e bastante diversificada comparada às cervejas populares encontradas no mercado.

Na Tabela 4, os valores medidos para densidade apresentaram diferença estatística ($p \leq 0,1$) somente entre as amostras CC e CW, enquanto que os valores obtidos para sólidos solúveis diferiram ($p \leq 0,1$) entre as cervejas adquiridas comercialmente (amostras CC e CA) e as cervejas experimentais (amostras CW e CF). Antes da inoculação da levedura, foi realizada a medição de sólidos solúveis totais e densidade do mosto, verificando-se 12 °Brix e 1.050 kg cm⁻³, respectivamente. Ao compararem-se estes valores com os encontrados ao final da elaboração da cerveja experimental (Tabela 4), foi possível verificar uma redução de ambos parâmetros, indicando que os açúcares presentes no mosto sofreram transformações pelas leveduras, que converteu estes açúcares em álcool e dióxido de carbono.

A quantidade de sólido solúvel total entre as amostras CW e CF não se diferenciaram ($p \leq 0,1$). Isto pode ter ocorrido porque na adição de polpa de frutas em cervejas artesanais pode-se observar que a maioria dos sólidos solúveis totais são açúcares fermentescíveis, e atuam como complementação no processo fermentativo, ou seja, no processo *primming* no qual a cerveja artesanal é carbonatada na própria embalagem naturalmente (VENTURINI FILHO, 2010).

De acordo com o Brewers Association (2015), as características encontradas para o estilo *Fruit Beer* vão variar dependendo do estilo-base utilizado. As faixas encontradas para esse estilo referente às características de densidade, cor e teor alcóolico são: 1.006 – 1.030 kg cm⁻¹, 10 – 100 EBC e 2,50 – 12,00 % respectivamente, mostrando que a cerveja desse estilo desenvolvida se enquadra nos padrões estabelecidos.

Botelho (2009), avaliou as características físico-químicas de amostras de cervejas adquiridas no mercado de Belo Horizonte, MG, dentre as quais foram classificadas em grupos. Grupo A: cervejas de trigo; grupo B: pilsen. A cerveja do estilo Witbier, pertencente ao grupo A, foi avaliada quanto ao pH, cor e teor alcóolico, apresentando os seguintes resultados: 4,48, 16 EBC e 4,90%, respectivamente. Já as cervejas Pilsen mostraram os resultados de 4,12, 7 EBC e 4,60 % para os mesmos parâmetros. Os resultados encontrados por este autor vão de encontro aos resultados obtidos neste estudo (Tabela 4), evidenciando a importância na padronização na formulação da cerveja.

Ao realizar o desenvolvimento da cerveja artesanal com adição de frutas, é importante que as características da fruta adicionada se destaquem e sejam harmoniosas com o estilo de cerveja pretendido (STRONG; ENGLAND, 2015). A adição de polpa de mirtilo na etapa de

maturação foi satisfatória para a conservação das características sensoriais, uma vez que isto garantiu a manutenção de componentes sensoriais próprios da fruta.

Em relação a análise de compostos fenólicos, a amostra CA e CW não apresentaram diferença ($p \leq 0,1$), ou seja, as duas cervejas de mesmo estilo apresentaram concentração de compostos fenólicos estatisticamente iguais. A quantidade de compostos fenólicos da amostra CC diferenciou-se estatisticamente das demais amostras. A cerveja comercial Pilsen apresentou teor inferior de compostos fenólicos quando comparado com o estilo Witbier.

Segundo Gerhauser (2005), os constituintes fenólicos presentes na cerveja provêm entre aproximadamente 20-30% do lúpulo e 70-80% do malte, fazendo com que o conteúdo total de antioxidantes no produto dependa do tipo de cerveja, das matérias-primas e do tipo de fabricação utilizado. Os trabalhos de Freitas et al., (2006) e Tafulo et al., (2010) mostraram que as cervejas claras de trigo apresentaram maiores valores de compostos fenólicos do que as cervejas claras de cevada, e também verificaram que os maiores teores de fenólicos foram verificados nas cervejas escuras.

Em relação a cerveja do estilo *Fruit Beer*, obtive um aumento no valor dos compostos fenólicos em relação aos demais tratamentos apresentando um valor de $95,0 \text{ mg AG.L}^{-1}$. Isto pode ser explicado ao fato dos compostos fenólicos da fruta terem migrado para a cerveja, apresentando valor mais elevado.

Comparando a quantidade de compostos fenólicos entre as amostras CW ($76,8 \pm 1,0 \text{ mg AG L}^{-1}$) e CF ($95,0 \pm 0,7 \text{ mg AG L}^{-1}$) verificou-se um aumento de aproximadamente 24%. Este resultado pode ser atribuído ao fato dos compostos fenólicos do mirtilo terem migrado para a cerveja. Outros trabalhos têm pesquisado a contribuição que a adição de frutas podem causar na quantidade de compostos fenólicos em cerveja (ARAÚJO, 2016; BOTELHO, 2009; DO RIO, 2013). No entanto, quando presentes em níveis elevados podem transmitir adstringência, amargor e cor, em especial quando os níveis de açúcar são baixos (HAMINIUK et al., 2011). Desta forma, a próxima etapa da pesquisa consistiu em trabalhar com níveis de concentração de pequenas frutas próximas as concentrações utilizadas nestes ensaios utilizando planejamento experimental.

4.1.3 Análise Sensorial

Após análise microbiológica e análises físico-químicas, foi realizada a análise sensorial utilizando testes de aceitação e intenção de compra. Estes testes foram aplicados para a cerveja comercial Pilsen (amostra CC), experimental Witbier (amostra CW) e experimental *Fruit Beer* (amostra CF), para avaliar a preferência e o nível de aceitação de

cervejas artesanais de estilo não convencional, como a Witbier, em relação a uma cerveja de tradicional consumo pelo brasileiro. Além disso, a análise sensorial teve por objetivo avaliar e comparar o nível de aceitação entre cervejas produzidas sem e com a adição de frutas.

A Tabela 5 apresenta as médias das notas atribuídas para os atributos aparência, cor, aroma, sabor, impressão global e intenção de compra para cada uma das amostras avaliadas na análise sensorial.

Tabela 5 – Análise sensorial das amostras de cerveja para os atributos avaliados na escala hedônica

Amostra	Aparência	Cor	Aroma	Sabor	Impressão Global
CC	7,59±1,40 ^a	7,54±1,50 ^a	7,34±1,50 ^a	7,41±1,62 ^a	7,48±1,52 ^a
CW	7,21±1,46 ^{ab}	7,36±1,59 ^a	6,99±1,80 ^{ab}	6,76±2,12 ^b	6,98±1,76 ^{ab}
CF	6,85±1,73 ^b	6,7±1,66 ^b	6,75±1,59 ^b	6,54±1,93 ^b	6,71±1,71 ^b

*CC: cerveja comercial do estilo Pilsen; CW: Cerveja padrão do estilo Witbier; CF: cerveja com adição de polpa de mirtilo.

**Médias com letras diferentes numa mesma coluna indicam amostras que diferem significativamente ($p \leq 0,1$) entre si, de acordo com a ANOVA e o teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Para o atributo aparência, aroma e impressão global, a amostra CF não apresentou diferença estatística ($p \leq 0,1$) em relação à amostra CW, porém diferiu da amostra CC. Em relação a aparência, a diferença apresentada entre as amostras CC e CF pode estar relacionada com a filtração/clarificação que é realizada em uma cerveja comercial Pilsen e que não foi realizada na cerveja artesanal *Fruit Beer*. Em relação ao aroma, pode-se concluir que o mesmo preponderou neste parâmetro pela adição da polpa de mirtilo. Para o atributo cor, a amostra CF apresentou diferença estatisticamente significativa ao nível de 10% das demais amostras (CC e CW). Esta diferença está diretamente relacionada a cor intrínseca da polpa da fruta adicionada. Para o atributo sabor e intenção de compra, a amostra CW não diferiu estatisticamente ($p \leq 0,1$) em relação à amostra CF, porém, ambas diferiram da amostra CC. Este resultado pode estar relacionado com a questão cultural do consumidor brasileiro, que se habituou a consumir cerveja Pilsen, e muitos ainda não são familiarizados com outros estilos.

Pela Tabela 5, a impressão global das cervejas submetidas à análise sensorial, compreendeu-se entre “gostei ligeiramente” e “gostei muito” resultando em uma boa aceitação das cervejas avaliadas.

De forma geral, os resultados mostraram como os consumidores estão acostumados com as cervejas convencionais existentes no mercado, podendo este ter sido um fator determinante na definição de preferência entre as amostras. No entanto, considerando que a

média das amostras CW e CF para os atributos aparência, cor, aroma, sabor e impressão global encontraram-se com nota acima de 6,0 (o que representa um índice de aceitação superior a 78%), os resultados mostraram que o nível de aceitação das duas cervejas experimentais foi alto.

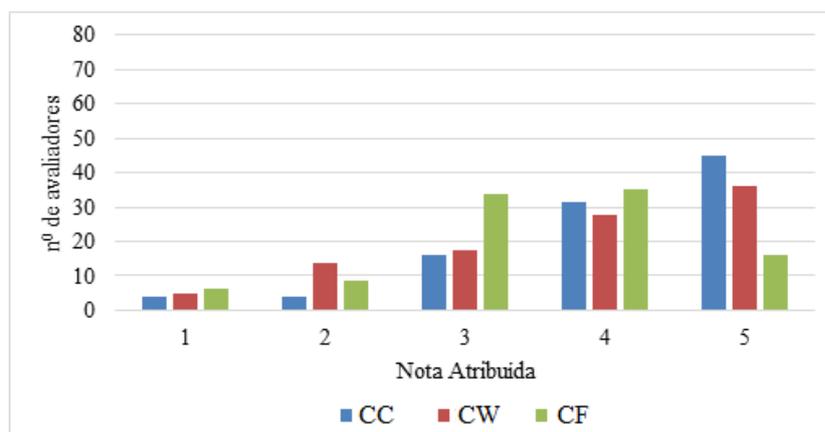
Pinto (2015), realizou análise sensorial de cerveja com adição de acerola e abacaxi como adjunto, adicionadas na etapa de refermentação na garrafa, em diferentes quantidades, obtendo uma aceitação global que variou de 5,80 a 6,06. Estes valores são inferiores, quando comparados a cerveja com adição de polpa de mirtilo desenvolvida no presente trabalho.

As notas obtidas através da análise sensorial refletem a preferência pela cerveja do tipo Lager (Pilsen). As cervejas desenvolvidas nesse estudo são cervejas que possuem aroma e sabor mais complexos. Desta forma, para pesquisas posteriores seria importante selecionar provadores que tenham o hábito de consumir cervejas artesanais com maior frequência. Para isso poderia ser realizada uma pesquisa prévia sobre a frequência de consumo de cerveja além da preferência quanto ao tipo (estilo) de cerveja, para um maior entendimento dos hábitos dos consumidores.

De acordo com dados do Sindicerv (2014), no Brasil o consumo de cerveja tipo Pilsen chega a 98%, o que justifica os resultados coletados durante a análise sensorial, que mostraram que a cerveja comercial obteve maior preferência em relação à cervejas produzidas artesanalmente.

Durante a análise sensorial foi avaliada também a intenção de compra por meio de uma escala hedônica com nota variando de 1 a 5 pontos, e estes resultados podem ser visualizados na Figura 11.

Figura 11 - Frequência da intenção de compra dos 80 avaliadores que participaram do teste de aceitação.



1: Certamente não compraria; 2: Possivelmente não compraria; 3: Talvez comprasse, talvez não comprasse; 4: Possivelmente compraria; 5: Certamente compraria.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

Pela Tabela 5, no que diz respeito à intenção de compra, todas as cervejas avaliadas tiveram uma variação entre “talvez comprasse, talvez não comprasse” e “possivelmente compraria”, sendo que a amostra CF não apresentou diferença estatística em relação à amostra CW, porém diferiu da amostra CC. A média das notas referente a intenção de compra das cervejas CC, CW e CF foram, 4,14, 3,75 e 3,46, respectivamente.

Por meio de um estudo realizado por Pinto (2015), o teste de intenção de compra para cervejas adicionadas de acerola e abacaxi em diferentes concentrações resultou em valores que variaram de 2,88 a 3,20. Esses valores foram inferiores aos obtidos no trabalho. Diante destes resultados pode-se concluir que o tipo da fruta e a quantidade adicionada, podem influenciar na qualidade dos atributos sensoriais do produto.

Na Figura 11 está demonstrada a intenção de compra das amostras de cerveja, ao qual para a nota 5 (certamente compraria) a amostra CC apresentou 45% de intenção de compra, seguida da amostra CW com 36,3%, contra apenas 16,3% para amostra CF. Estes resultados confirmam que o consumidor ainda possui forte hábito de consumir cervejas Pilsen, e ainda não está acostumado com novos estilos, produzidas de forma artesanal. Logo, observa-se a necessidade de atrair a atenção destes consumidores para as cervejas artesanais, sendo que uma das formas é desenvolver produtos bioativos, que é uma tendência de mercado nacional.

4.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A partir dos resultados obtidos nos testes preliminares, em que a cerveja com adição de frutas proporcionou aumento na concentração de compostos fenólicos, apresentou um nível de aceitabilidade alto e os valores dos parâmetros físico-químicos se enquadraram em valores padrões para este tipo de bebida, a segunda etapa deste trabalho consistiu em avaliar o efeito da variação da fração de frutas adicionadas na cerveja padrão (estilo Witbier), mas trabalhando com a adição da polpa de mirtilo e também da polpa de morango, por esta ser uma pequena fruta vermelha regional. O estudo dos efeitos nos parâmetros pH, densidade, cor, acidez total, açúcar redutor, extrato real, extrato aparente, extrato primitivo, teor alcoólico, compostos fenólicos e atividade antioxidante foi realizado mediante aplicação de um planejamento composto central rotacional (DCCR) para obtenção de um modelo quadrático para cada parâmetro.

4.2.1 Efeito da adição de Morango e Mirtilo no pH

A estimativa dos efeitos principais que contribuíram de forma significativa para o pH da cerveja é apresentada na Tabela 6, juntamente com os valores obtidos para o erro padrão,

distribuição t-student, p-valor, valores dos coeficientes de regressão do modelo e seus erros padrões.

Tabela 6 – Efeito e coeficientes de regressão para a resposta do pH

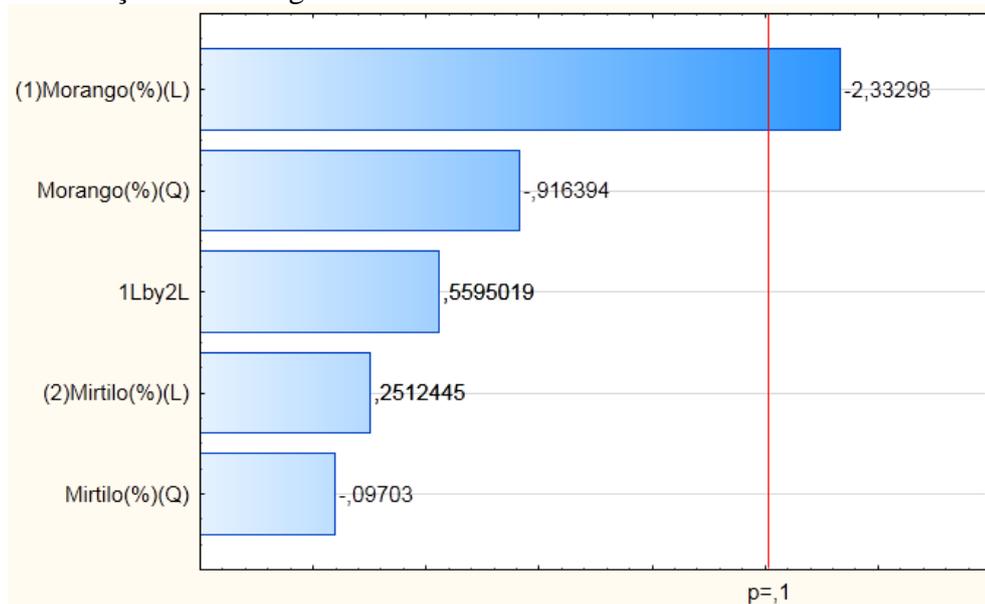
	Efeito	Erro Padrão	t(5)	p-valor	Coefficientes de Regressão	Erro Padrão
Intercepto *	4,762807	0,013753	346,3101	0,000000	4,809	0,158
Morango (L) *	-0,036111	0,015479	-2,3330	0,066962	0,012	0,095
Morango (Q)	-0,011184	0,012205	-0,9164	0,401499	-0,016	0,017
Mirtilo (L)	0,003889	0,015479	0,2512	0,811624	-0,040	0,099
Mirtilo (Q)	-0,001184	0,012205	-0,0970	0,926472	-0,002	0,017
Morango X Mirtilo	0,015000	0,026810	0,5595	0,599954	0,021	0,037

*Fatores estatisticamente significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$)

L - termos lineares Q - termos quadráticos

Por meio da análise da estimativa de efeitos foi possível observar a significância apenas do efeito linear do morango para o intervalo de confiança de 90% (Tabela 6), influenciando negativamente a resposta do pH da cerveja, ou seja, aumentando o valor desta variável, menor será o valor final de pH. Similarmente, o p-valor menor que 10% também indicou que o termo Morango (L) é estatisticamente significativo no modelo quadrático. O diagrama de Pareto, representado na Figura 12, evidencia o efeito significativo somente da variável Morango (L) no pH da cerveja ao nível de 10 % de significância. As outras variáveis não se mostraram significativas.

Figura 12 - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta de pH da cerveja em função da adição de morango e mirtilo



Por meio da análise de variância (ANOVA), comparando-se o valor do F calculado (F_{calc}) com o F tabelado (F_{tab}) é possível afirmar se o modelo proposto é válido e que os parâmetros da equação se ajustam aos dados experimentais. A Tabela 7 apresenta os resultados da ANOVA para o pH da cerveja, na qual o valor tabelado de F para um intervalo de confiança de 90% e com graus de liberdade é $F_{\text{tab}}(5;5;0,1) = 3,453$.

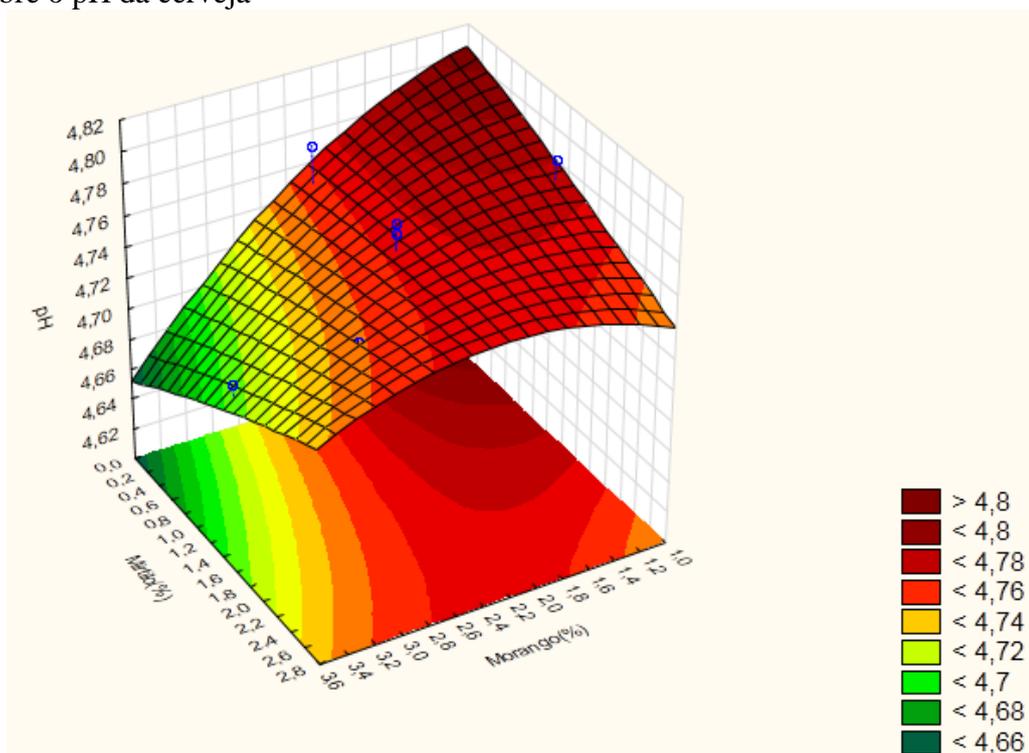
Tabela 7 - ANOVA para a resposta do pH

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R ²
Regressão	0,004847	5	0,000969	1,349	0,574
Erro	0,003594	5	0,000719		
Total	0,008440	10			

$$F_{\text{tab}}(5;5;0,1) = 3,453$$

A análise de variância apresentou um coeficiente de correlação de 0,574 e um $F_{\text{calc}} = 1,349$, inferior ao F_{tab} , que foi de 3,453. Ambos os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático quadrático não é válido. Apesar disso, é possível estabelecer superfícies de resposta que auxiliam na avaliação do efeito da adição de mirtilo e morango sobre o pH da cerveja e em indicar a direção a ser tomada nos próximos experimentos, as quais são apresentadas na Figura 13.

Figura 13 – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de morango (%) e mirtilo (%) sobre o pH da cerveja



Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 13), pode-se observar que ocorre o aumento do pH da cerveja superior a 4,8 com a diminuição das concentrações tanto de morango como de mirtilo. Este resultado corrobora com os resultados obtidos nos testes preliminares (Tabela 4), em que o pH da amostra CW (Witbier sem adição de frutas) foi maior que o pH da amostra CF (Witbier com adição de frutas).

De acordo com o descrito pelo Sindicato Nacional da Indústria Cervejeira (SINDICERV, 2014), o pH da cerveja deve estar em torno de 4,0, sendo que o pH da cerveja envasada depende de alguns fatores tais como o pH do mosto, o poder tampão e da formação de ácidos durante a fermentação (REINOLD, 1997). Quando tem-se um pH muito elevado, a cerveja fica suscetível à ação biológica, levando à precipitação e turvação da bebida, liberação de produtos metabólicos indesejáveis ou até mesmo deterioração do produto por completo. (ROSA; AFONSO, 2015). De acordo com Venturini Filho (2010) há uma tendência de queda de pH para cervejas produzidas com adjunto quando comparadas às cervejas puro malte. Comportamento parecido pode ser verificado por Pinto (2015), na superfície de resposta da ação de polpa de abacaxi e acerola sobre o pH das cervejas, ao qual verificou-se que quanto maior a adição das polpas, menor o pH.

Dessa forma, o aumento da quantidade de polpas de frutas na cerveja experimental resultaria em uma bebida com pH mais próximo a 4,0.

4.2.2 Efeito da adição de Morango e Mirtilo na Densidade

A Tabela 8 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações na densidade da cerveja, juntamente com os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

Tabela 8 - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta da Densidade

	Efeito	Erro Padrão	t(5)	p-valor	Coefficientes de Regressão	Erro Padrão
Intercepto *	1007,211	0,225355	4469,440	0,000000	1005,685	2,591
Morango (L) *	-0,667	0,253629	-2,629	0,046617	-0,040	1,551
Morango (Q)	0,224	0,199983	1,119	0,314185	0,311	0,278
Mirtilo (L) *	-0,667	0,253629	-2,629	0,046617	3,713	1,618
Mirtilo (Q)	-0,276	0,199983	-1,382	0,225613	-0,384	0,278
Morango X Mirtilo *	-1,000	0,439298	-2,276	0,071864	-1,389	0,610

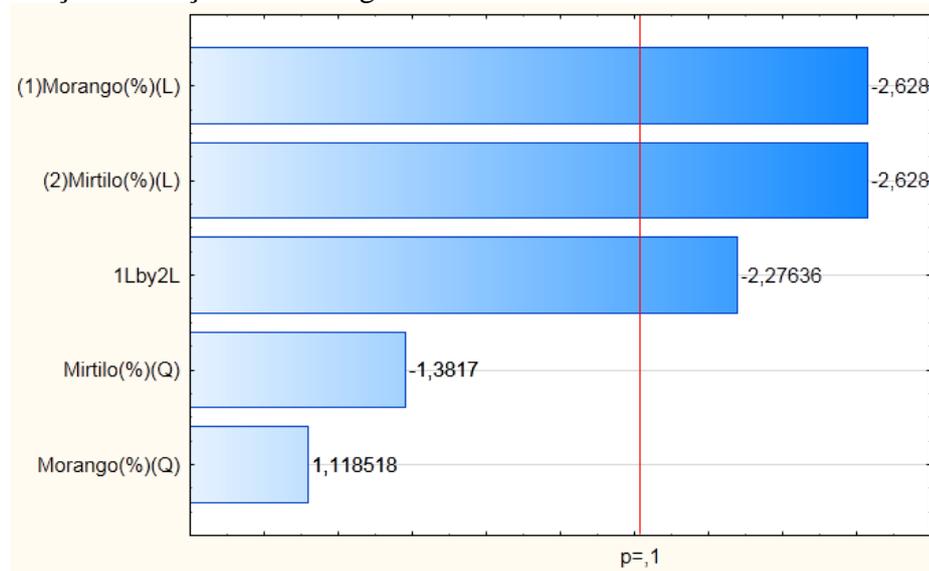
*Fatores estatisticamente significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$)

L - termos lineares Q - termos quadráticos

Pela Tabela 8, verificou-se significância no efeito linear das variáveis morango e mirtilo, e no efeito de interação entre as mesmas, ao nível de confiança de 90%. Ambos

apresentaram efeitos negativos, ou seja, aumentando o valor destas variáveis, menor será o valor da densidade da cerveja. Similarmente, o p-valor menor que 10% também indicou que ambos os termos lineares e de interação entre si são estatisticamente significativos no modelo quadrático. O diagrama de Pareto representado na Figura 14, evidencia o efeito significativo das variáveis Morango (L), Mirtilo (L) e MorangoXMirtilo na densidade da cerveja ao nível de 10% de significância.

Figura 14 - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta da Densidade da cerveja em função da adição de morango e mirtilo



A Tabela 9 apresenta a análise de variância da regressão do modelo representativo na densidade da cerveja.

Tabela 9 - ANOVA para a resposta Densidade

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R ²
Regressão	4,671451	5	0,934290	4,841	0,829
Erro	0,964912	5	0,192982		
Total	5,636364	10			

$$F_{\text{tab}}(5;5;0,1) = 3,453$$

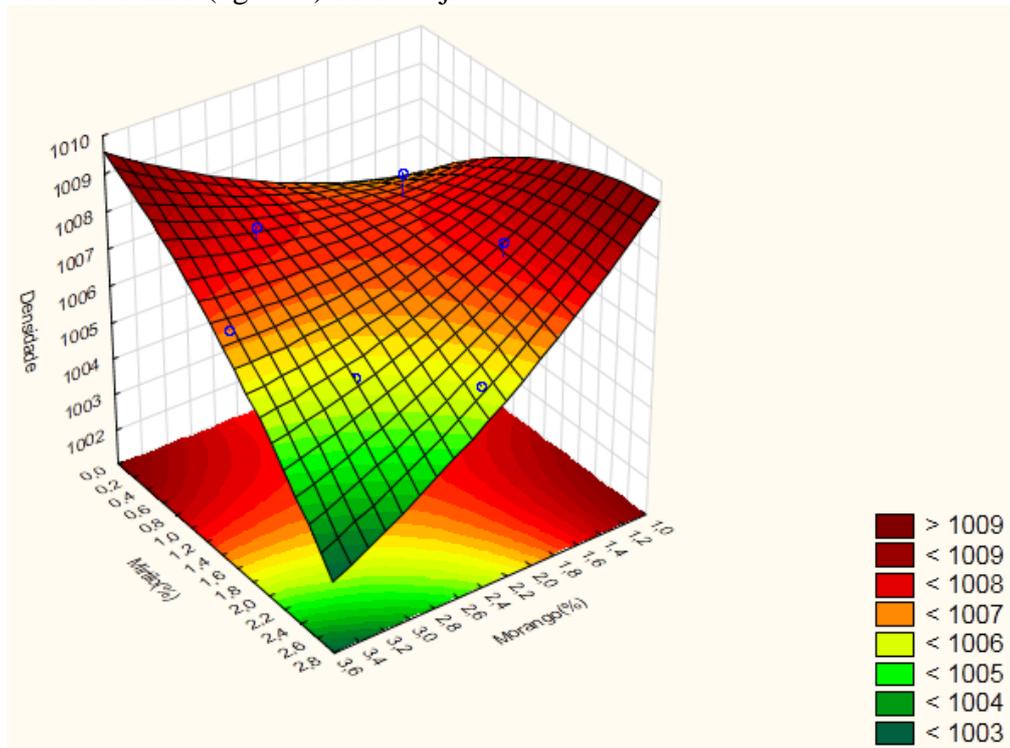
A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,829 e $F_{\text{calc}} = 4,841$ superior ao F_{tab} . O resultado do teste F indicou que o modelo quadrático é válido e o valor do coeficiente de determinação indicou que a curva descreveu de forma razoável a relação entre as concentrações das frutas e a densidade da cerveja, uma vez que 82,9% da variação total em torno da média são explicadas pela regressão.

O modelo matemático validado estatisticamente é apresentado na equação 5.

$$DE=1005,685-0,040(mo)+0,311(mo)^2+3,713(mi)-0,384(mi)^2-1,389(mo \times mi) \quad (5)$$

O modelo quadrático (equação 5) foi representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 15.

Figura 15 – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de morango (%) e mirtilo (%) sobre a Densidade (kg cm^{-3}) da cerveja



Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 15), pode-se observar que ocorre uma tendência de aumento da densidade da cerveja superior a 1.009 kg cm^{-1} em duas situações, aumento da concentração de morango e redução da concentração de mirtilo ou redução da concentração de morango e aumento da concentração de mirtilo. O gráfico também mostra que há uma tendência da densidade reduzir abaixo de 1.003 kg cm^{-1} quando há uma maior adição tanto de morango quanto de mirtilo. Este resultado corrobora com os resultados obtidos nos testes preliminares (Tabela 4), em que a densidade da amostra CW (Witbier sem adição de frutas) foi maior que a densidade da amostra CF (Witbier com adição de frutas).

A densidade inicial (OG – original gravity) da maioria das cervejas, ao qual é medida antes da inoculação da levedura, está entre 1.035 à 1.060. Na etapa fermentação, as leveduras consomem o açúcar produzindo álcool, reduzindo a concentração de açúcar presente no mosto, e fazendo com que a densidade durante a fermentação diminua. A maioria das cervejas

apresentam uma densidade final (FG – final gravity), medida no final da fermentação, entre 1.005 à 1.015 (BICHARA, 2014). Segundo o Brewers Association as estatísticas de OG e FG para as cervejas de frutas do estilo belga são 1.030-1.110 e 1.006-1.030, respectivamente.

Pelo resultado da superfície de resposta (Figura 15), uma adição em maiores proporções das frutas, tenderá a reduzir a densidade da cerveja abaixo de 1.003 kg cm⁻³, podendo não ficar na faixa de densidade determinada pela Brewers Association.

4.2.3 Efeito da adição de Morango e Mirtilo na Cor

A Tabela 10 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações na cor da cerveja, juntamente com os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

Tabela 10 - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta da Cor

	Efeito	Erro Padrão	t(5)	p-valor	Coeficientes de Regressão	Erro Padrão
Intercepto *	14,92976	0,584988	25,52150	0,000002	22,840	6,725
Morango (L) *	1,68461	0,658382	2,55872	0,050726	-8,195	4,027
Morango (Q) *	1,34247	0,519125	2,58602	0,049073	1,865	0,721
Mirtilo (L) *	2,30175	0,658382	3,49607	0,017357	-2,062	4,201
Mirtilo (Q)	0,59190	0,519125	1,14018	0,305865	0,822	0,721
Morango X Mirtilo	0,52540	1,140351	0,46073	0,664335	0,730	1,584

*Fatores estatisticamente significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$)

L - termos lineares Q - termos quadráticos

Pela Tabela 10, verificou-se significância no efeito linear e quadrático da variável morango, e no efeito linear da variável mirtilo, ao nível de confiança de 90%. Ambos apresentaram efeitos positivos, ou seja, aumentando o valor destas variáveis, maior será o valor relacionado a cor da cerveja. Similarmente, o p-valor menor que 10% também indicou que ambos os termos lineares e o termo quadrático do Morango são estatisticamente significativos no modelo matemático. O diagrama de Pareto representado na Figura 16 evidencia o efeito significativo das variáveis Morango (L), Morango (Q) e Mirtilo (L) na cor da cerveja ao nível de 10% de significância.

A Tabela 11 apresenta a análise de variância do modelo representativo para a cor da cerveja.

Figura 16 - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta da Cor da cerveja em função da adição de morango e mirtilo

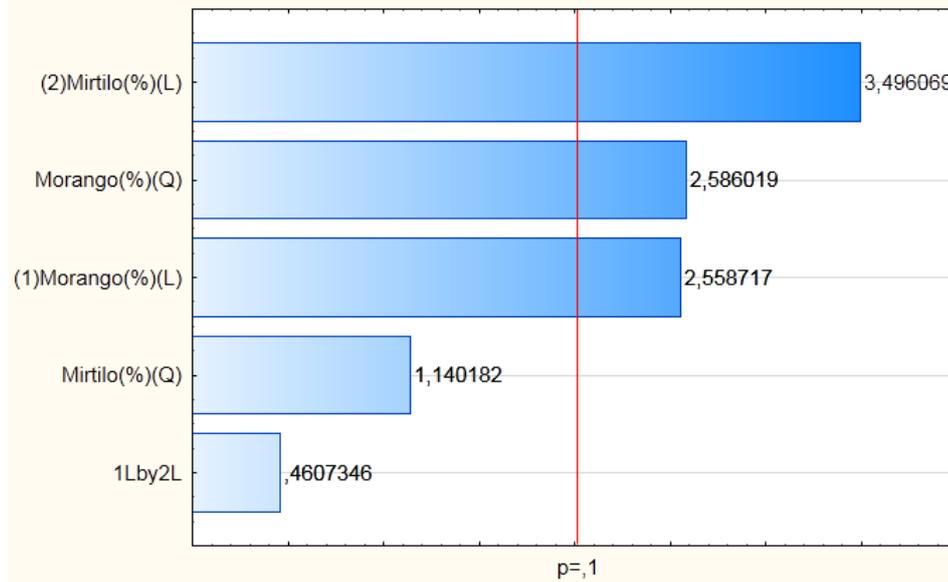


Tabela 11 - ANOVA para a resposta Cor

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R ²
Regressão	33,400402	5	6,680080	5,137	0,837
Erro	6,501999	5	1,300400		
Total	39,902401	10			

$$F_{\text{tab}}(5;5;0,1) = 3,453$$

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,837 e $F_{\text{calc}} = 5,137$ superior ao F_{tab} . O resultado do teste F indicou que o modelo quadrático é válido e o valor do coeficiente de determinação indicou que a curva descreveu de forma razoável a relação entre as concentrações das frutas e a cor da cerveja. O modelo matemático validado estatisticamente é apresentado na equação 6.

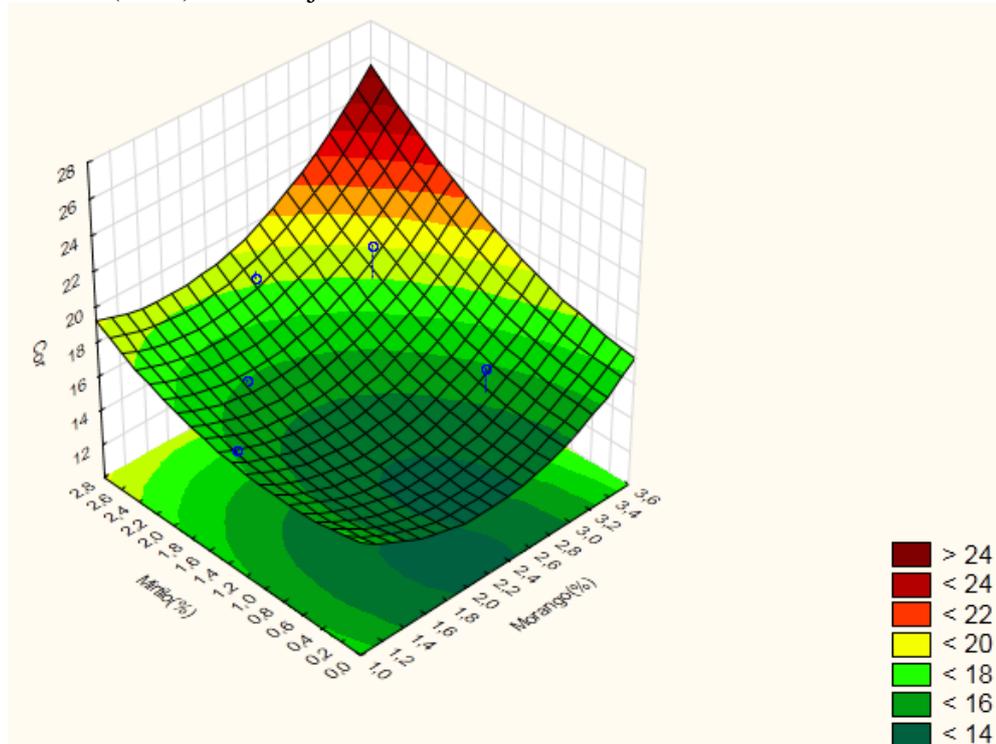
$$\text{Cor} = 22,840 - 8,195(\text{mo}) + 1,865(\text{mo})^2 - 2,062(\text{mi}) + 0,822(\text{mi})^2 + 0,730(\text{mo} \times \text{mi}) \quad (6)$$

O modelo quadrático (equação 6) foi representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 17.

Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 17), pode-se observar que ocorre uma tendência de aumento no valor da cor da cerveja superior a 24 EBC com o aumento das concentrações de morango e de mirtilo. O gráfico mostra que o ponto de mínimo para cor da cerveja inferior a 14 EBC ocorreu em uma faixa de concentração entre 1,8 a 2,4% de morango e de 0 a 0,8% de mirtilo. Este resultado corrobora com os resultados obtidos nos

testes preliminares (Tabela 4), em que o valor da cor da amostra CW (Witbier sem adição de frutas) foi menor que o valor da cor da amostra CF (Witbier com adição de frutas).

Figura 17 – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de morango (%) e mirtilo (%) sobre a Cor (EBC) da cerveja



De acordo com a superfície de resposta gerada, verificou-se que existe uma tendência de aumento da cor da cerveja ao aumentar-se as concentrações de mirtilo e morango. Variações na cor das cervejas podem ocorrer devido ao tipo de matérias-primas (tipo de malte), tipo e quantidade da fruta utilizada como adjunto e também em qual etapa é adicionada (fervura, fermentação, maturação).

De acordo com as diretrizes do estilo de cerveja Brewers Association (2015), a cor das cervejas do estilo Fruit Beer deve estar entre a faixa de 10-100 EBC. No entanto, acima de 20 EBC, a cerveja já é caracterizada como uma cerveja escura. Desta forma, pelo resultado da superfície de resposta (Figura 17), uma adição em maiores proporções de frutas, tenderá a aumentar a cor da cerveja, podendo esta não ser mais classificada com uma cerveja clara.

4.2.4 Efeito da adição de Morango e Mirtilo na Acidez Total

A Tabela 12 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações na acidez total da cerveja, juntamente com os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

Tabela 12 - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta Acidez Total

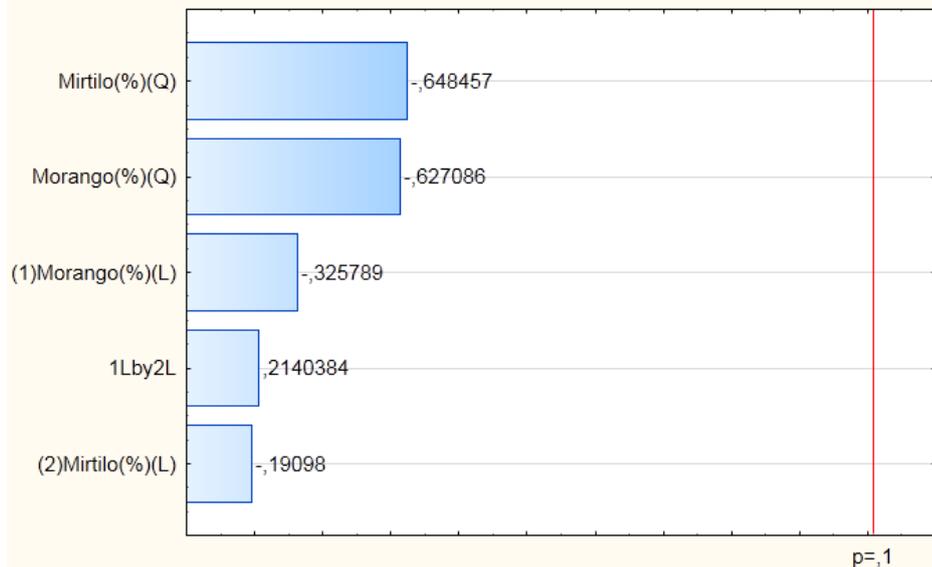
	Efeito	Erro Padrão	t(5)	p-valor	Coefficientes de Regressão	Erro Padrão
Intercepto *	0,203531	0,012918	15,75522	0,000019	0,167	0,149
Morango (L)	-0,004737	0,014539	-0,32579	0,757777	0,032	0,089
Morango (Q)	-0,007189	0,011464	-0,62709	0,558121	-0,010	0,016
Mirtilo (L)	-0,002777	0,014539	-0,19098	0,856054	0,009	0,093
Mirtilo (Q)	-0,007434	0,011464	-0,64846	0,545289	-0,010	0,016
Morango X Mirtilo	0,005390	0,025182	0,21404	0,838972	0,007	0,035

*Fatores estatisticamente significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$)

L - termos lineares Q - termos quadráticos

Pela Tabela 12, não foram observados efeitos significativos para a resposta da acidez total ao nível de confiança de 90%. Similarmente, o p-valor maior que 10% indicou que nenhum dos termos são estatisticamente significativos no modelo matemático. O diagrama de Pareto representado na Figura 18 evidencia que nenhum termo apresentou efeito significativo na acidez total da cerveja ao nível de 10% de significância.

Figura 18 - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta da Acidez Total da cerveja em função da adição de morango e mirtilo



A Tabela 13 apresenta a análise de variância do modelo representativo para a acidez total da cerveja.

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,134 e $F_{\text{calc}} = 0,154$ inferior ao F_{tab} . Ambos os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático quadrático não é válido. Apesar disso, é possível estabelecer superfícies de resposta que auxiliam na avaliação do

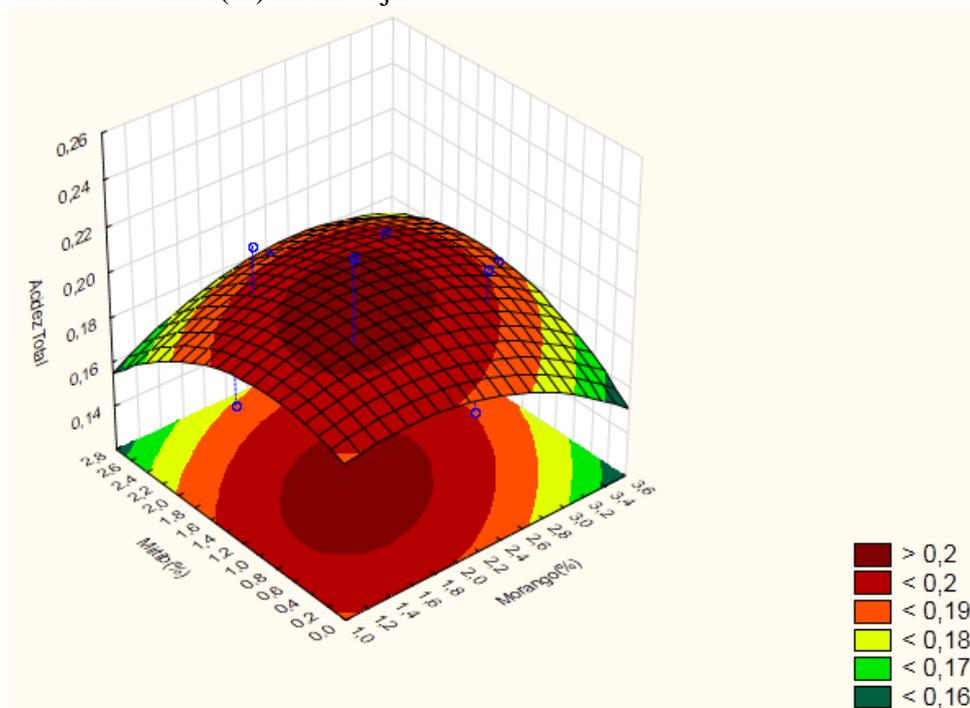
efeito da adição de mirtilo e de morango sobre a acidez total da cerveja e em indicar a direção a ser tomada nos próximos experimentos, as quais são apresentadas na Figura 19.

Tabela 13 - ANOVA para a resposta Acidez Total

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R ²
Regressão	0,000489	5	9,78E-05	0,154	0,134
Erro	0,003171	5	0,000634		
Total	0,003660	10			

$$F_{\text{tab}}(5;5;0,1) = 3,453$$

Figura 19 – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de morango (%) e mirtilo (%) sobre a Acidez Total (%) da cerveja



Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 19), pode-se observar que o ponto máximo para acidez total superior a 0,2% ocorreu em uma faixa de concentração entre 1,4 a 2,6% de morango e entre 0,6 a 1,6% de mirtilo. Os valores obtidos nas cervejas elaboradas neste estudo apresentaram um valor médio de 0,20%, que está relacionado com o amargor da cerveja, influenciado pelas matérias-primas adicionadas, e principalmente pela polpa que foi adicionada proveniente de polpas de frutas ácidas. Os resultados apresentaram valores em conformidade com Curi et al., (2009). Não foi encontrada na literatura consultada qualquer referência de valores padrões para a acidez total de cervejas de alta fermentação. A informação encontrada para acidez total foi para cervejas de baixa fermentação que apresentam valores entre 0,09 a 0,15%.

4.2.5 Efeito da adição de Morango e Mirtilo no Açúcar Redutor da cerveja

A Tabela 14 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações no teor de açúcar redutor da cerveja, juntamente com os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

Tabela 14 - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta Açúcar Redutor

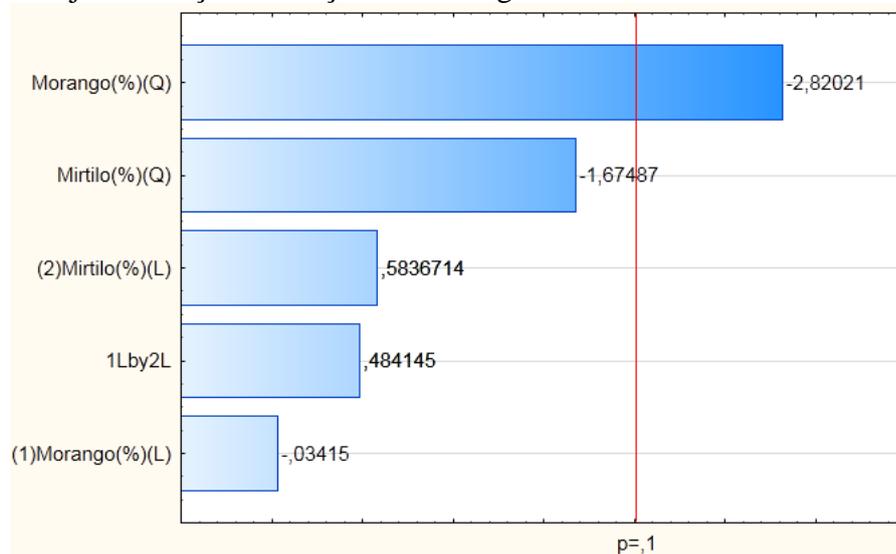
	Efeito	Erro Padrão	t(5)	p-valor	Coeficientes de Regressão	Erro Padrão
Intercepto *	1,221172	0,086659	14,09163	0,000032	-0,417	0,996
Morango (L)	-0,003331	0,097532	-0,03415	0,974079	1,224	0,597
Morango (Q) *	-0,216881	0,076903	-2,82021	0,037099	-0,301	0,107
Mirtilo (L)	0,056927	0,097532	0,58367	0,584778	0,287	0,622
Mirtilo (Q)	-0,128802	0,076903	-1,67487	0,154813	-0,179	0,107
Morango X Mirtilo	0,081787	0,168930	0,48415	0,648744	0,114	0,235

*Fatores estatisticamente significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$)

L - termos lineares Q - termos quadráticos

Pela Tabela 14, verificou-se significância somente no efeito quadrático da variável morango, ao nível de confiança de 90%, apresentando efeito negativo, ou seja, reduzindo o valor desta variável, maior será o valor relacionado ao açúcar redutor da cerveja. Similarmente, o p-valor menor que 10% também indicou que o termo quadrático do morango é estatisticamente significativo no modelo matemático. O diagrama de Pareto representado na Figura 20 evidencia o efeito significativo da variável Morango (Q) no açúcar redutor da cerveja ao nível de 10% de significância.

Figura 20 - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta do Açúcar Redutor da cerveja em função da adição de morango e mirtilo.



A Tabela 15 apresenta a análise de variância do modelo representativo para a resposta dos açúcares redutores da cerveja.

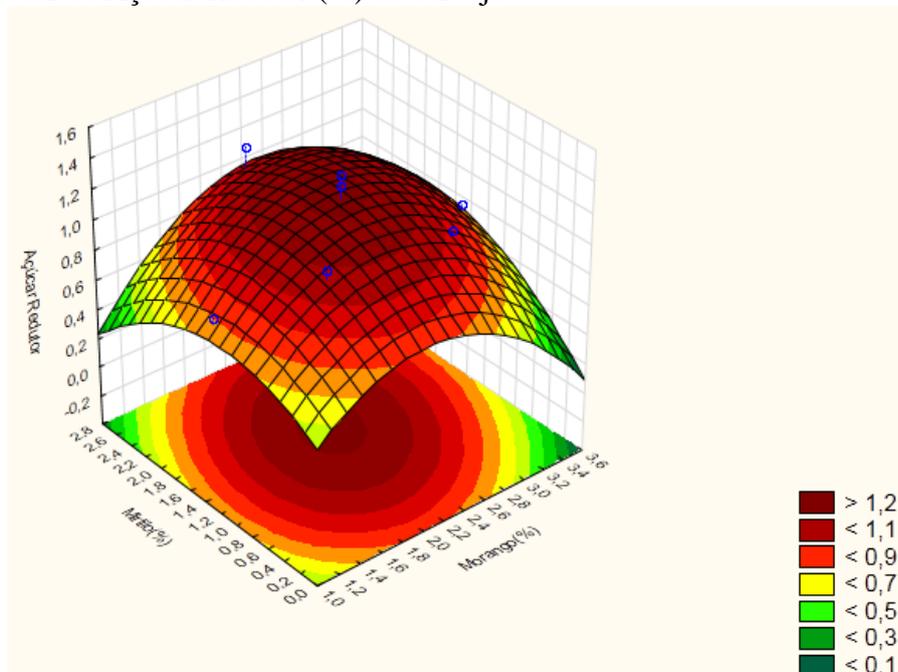
Tabela 15 - ANOVA para a resposta Açúcar Redutor

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R ²
Regressão	0,253880	5	0,050776	1,779	0,640
Erro	0,142687	5	0,028537		
Total	0,396567	10			

$$F_{\text{tab}}(5;5;0,1) = 3,453$$

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,640 e $F_{\text{calc}} = 1,779$ inferior ao F_{tab} . Ambos os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático quadrático não é válido. Apesar disso, é possível estabelecer superfícies de resposta que auxiliam na avaliação do efeito da adição de mirtilo e de morango sobre o teor de açúcar redutor da cerveja e em indicar a direção a ser tomada nos próximos experimentos, as quais são apresentadas na Figura 21.

Figura 21 – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de morango (%) e mirtilo (%) sobre o teor de Açúcar Redutor (%) da cerveja



Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 21), pode-se observar que o ponto máximo para o teor de açúcar redutor superior a 1,2% em maltose ocorre em uma faixa de concentração entre 2,0 a 2,6% de morango e entre 1,2 a 1,8% de mirtilo. Os resultados

apresentaram valores em conformidade com Pinto (2015) que obteve teores de açúcar redutor de entre 0,2 a 1,0% em uma cerveja *Fruit Beer* com adição de acerola e abacaxi, e com Farini e Borges, (2016) que encontraram teores de açúcar redutor de 2,4% em uma cerveja Witbier.

4.2.6 Efeito da adição de Morango e Mirtilo no Extrato Real da Cerveja

A Tabela 16 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações no extrato real, juntamente com os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

Tabela 16 - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta Extrato Real

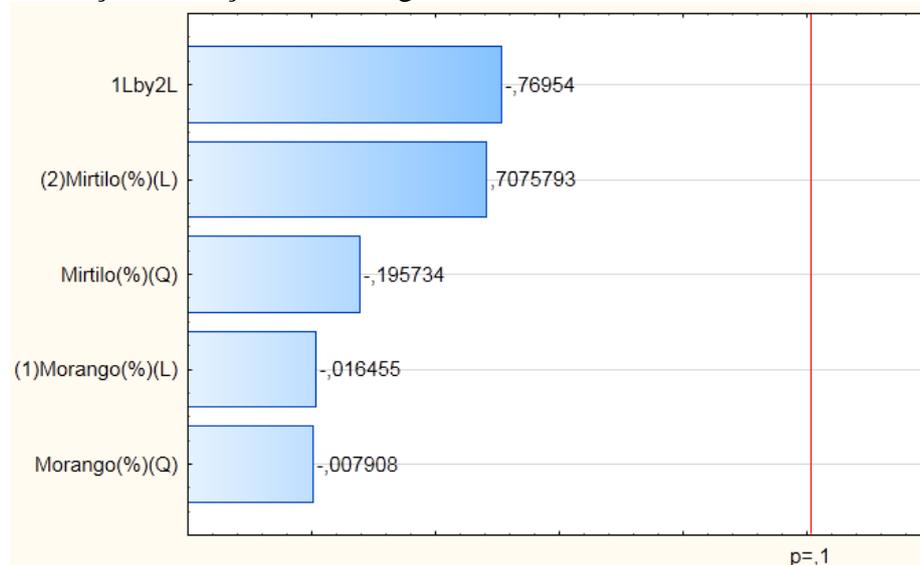
	Efeito	Erro Padrão	t(5)	p-valor	Coefficientes de Regressão	Erro Padrão
Intercepto *	5,281053	0,089993	58,68263	0,000000	4,550	1,035
Morango (L)	-0,001667	0,101284	-0,01646	0,987508	0,265	0,620
Morango (Q)	-0,000632	0,079861	-0,00791	0,993996	-0,001	0,111
Mirtilo (L)	0,071667	0,101284	0,70758	0,510815	0,552	0,646
Mirtilo (Q)	-0,015632	0,079861	-0,19573	0,852524	-0,022	0,111
Morango X Mirtilo	-0,135000	0,175430	-0,76954	0,476335	-0,188	0,244

*Fatores estatisticamente significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$)

L - termos lineares Q - termos quadráticos

Pela Tabela 16, não foram observados efeitos significativos para a resposta do extrato real ao nível de confiança de 90%. Similarmente, o p-valor maior que 10% indicou que nenhum dos termos são estatisticamente significativos no modelo matemático. O diagrama de Pareto representado na Figura 22 evidencia que nenhum termo apresentou efeito significativo no extrato real da cerveja ao nível de 10% de significância.

Figura 22 - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta do Extrato Real da cerveja em função da adição de morango e mirtilo



A Tabela 17 apresenta a análise de variância do modelo representativo para o extrato real da cerveja.

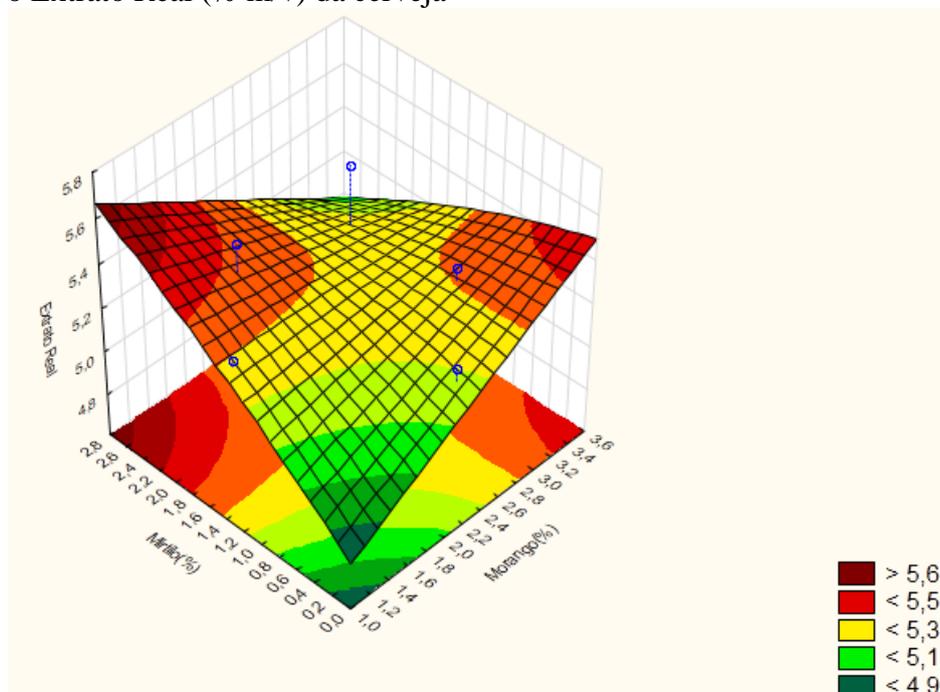
Tabela 17 - ANOVA para a resposta Extrato Real

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R ²
Regressão	0,034999	5	0,007000	0,227	0,185
Erro	0,153878	5	0,030776		
Total	0,188876	10			

$$F_{\text{tab}}(5;5;0,1) = 3,453$$

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,185 e $F_{\text{calc}} = 0,227$ inferior ao F_{tab} . Ambos os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático quadrático não é válido. Apesar disso, é possível estabelecer superfícies de resposta que auxiliam na avaliação do efeito da adição de mirtilo e de morango sobre o extrato real da cerveja e em indicar a direção a ser tomada nos próximos experimentos, as quais são apresentadas na Figura 23.

Figura 23 – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de morango (%) e mirtilo (%) sobre o Extrato Real (% m/v) da cerveja



Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 23), pode-se observar que ocorre uma tendência de aumento do extrato real superior a 5,6% com o aumento da concentração de mirtilo e redução da concentração de morango. O gráfico também mostra que

há uma tendência do extrato real reduzir abaixo de 4,825% quando há uma menor adição tanto de morango quanto de mirtilo. Estes resultados estão em conformidade com Pinto (2015) que obteve extrato real entre 3,2 a 4,8% em uma cerveja *Fruit Beer* com adição de acerola e abacaxi, e com Faber (2011) que obteve extrato real entre 5,06 a 5,15% na cerveja em que foi utilizado erva-mate como substituto parcial do lúpulo.

Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2009), o percentual de extrato real representa todos os sólidos que fazem parte da composição da cerveja, ou seja, indica a quantidade de açúcares, dextrinas e proteínas restantes na cerveja depois da fermentação que não foram transformados em álcool. O extrato real está relacionado com o corpo, cor, estabilidade da espuma e sabor da cerveja. A maioria das cervejas ricas em extrato real serão mais encorpadas que as demais.

4.2.7 Efeito da adição de Morango e Mirtilo no Extrato Aparente da Cerveja

A Tabela 18 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações no extrato aparente da cerveja, juntamente com os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

Tabela 18- Efeito e coeficientes de regressão para a resposta Extrato Aparente

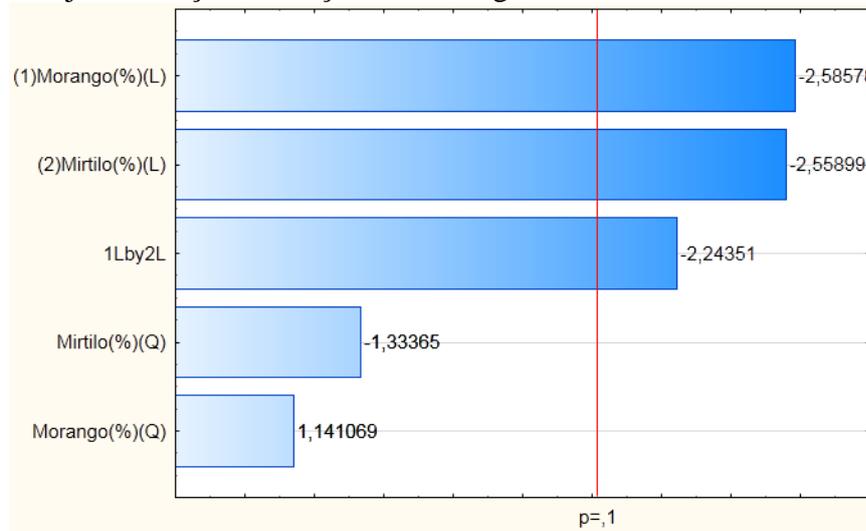
	Efeito	Erro Padrão	t(5)	p-valor	Coefficientes de Regressão	Erro Padrão
Intercepto *	1,844753	0,058593	31,48433	0,000001	1,470	0,674
Morango (L) *	-0,170517	0,065944	-2,58578	0,049087	-0,023	0,403
Morango (Q)	0,059331	0,051996	1,14107	0,305529	0,082	0,072
Mirtilo (L) *	-0,168750	0,065944	-2,55899	0,050709	0,948	0,421
Mirtilo (Q)	-0,069344	0,051996	-1,33365	0,239844	-0,096	0,072
Morango X Mirtilo *	-0,256250	0,114218	-2,24351	0,074884	-0,356	0,159

*Fatores estatisticamente significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$)

L - termos lineares Q - termos quadráticos

Pela Tabela 18, verificou-se significância no efeito linear das variáveis morango e mirtilo, e no efeito de interação entre as mesmas, ao nível de confiança de 90%. Ambos apresentaram efeitos negativos, ou seja, aumentando o valor destas variáveis, menor será o valor do extrato aparente da cerveja. Similarmente, o p-valor menor que 10% também indicou que ambos os termos lineares e de interação entre si são estatisticamente significativos no modelo quadrático. O diagrama de Pareto representado na Figura 24 evidencia o efeito significativo das variáveis Morango (L), Mirtilo (L) e MorangoXMirtilo no extrato aparente da cerveja ao nível de 10% de significância.

Figura 24 - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta do Extrato Aparente da cerveja em função da adição de morango e mirtilo



A Tabela 19 apresenta a análise de variância do modelo representativo para o extrato aparente da cerveja.

Tabela 19 - ANOVA para a resposta Extrato Aparente

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R ²
Regressão	0,304724	5	0,060945	4,672	0,824
Erro	0,065229	5	0,013046		
Total	0,369953	10			

$$F_{\text{tab}}(5;5;0,1) = 3,453$$

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,824 e $F_{\text{calc}} = 4,672$ superior ao F_{tab} . O resultado do teste F indicou que o modelo quadrático é válido e o valor do coeficiente de determinação indicou que a curva descreveu de forma razoável a relação entre as concentrações das frutas e o extrato aparente da cerveja. O modelo matemático validado estatisticamente é apresentado na equação 7.

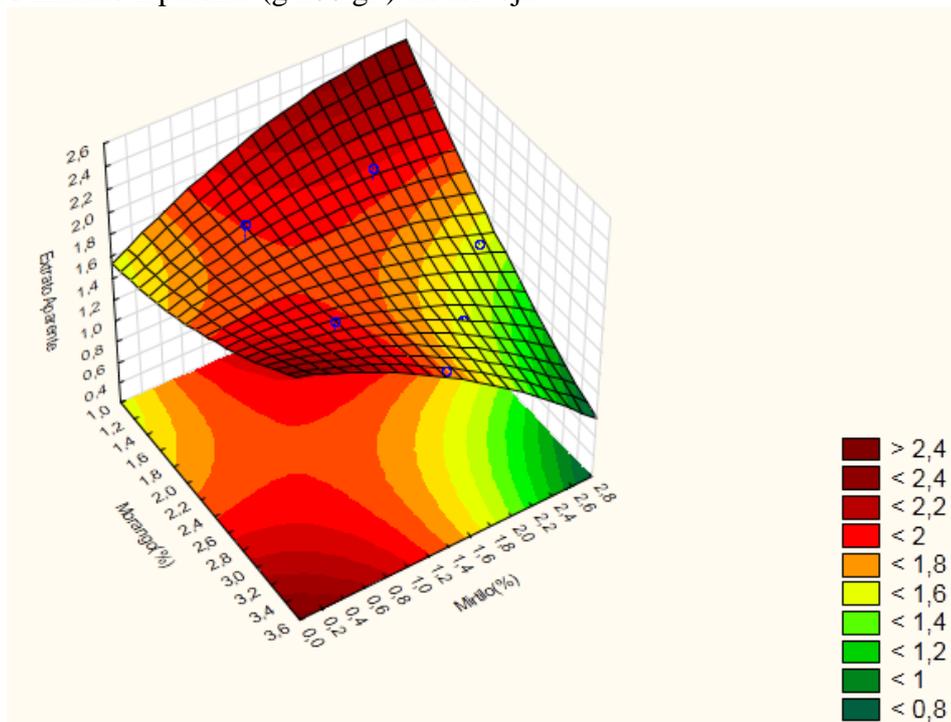
$$EA = 1,470 - 0,023(\text{mo}) + 0,082(\text{mo})^2 + 0,948(\text{mi}) - 0,096(\text{mi})^2 - 0,356(\text{mo} \times \text{mi}) \quad (7)$$

O modelo quadrático (equação 7) foi representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 25.

Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 25), pode-se observar que ocorre uma tendência de aumento do extrato aparente superior a 2,4 g 100 g⁻¹ de solução com o aumento da concentração de mirtilo e redução da concentração de morango, e também com a redução da concentração de mirtilo e aumento da concentração de morango. O gráfico também mostra que há uma tendência do extrato aparente reduzir abaixo de 0,8 g 100 g⁻¹ de

solução quando há uma maior adição tanto de morango quanto de mirtilo. Estes resultados estão em conformidade com Pinto (2015) que obteve extrato aparente entre 0 a 4 g 100 g⁻¹ em uma cerveja *Fruit Beer* com adição de acerola e abacaxi. Segundo a legislação brasileira, o percentual de extrato aparente representa o valor do extrato considerando a presença de álcool, ou seja, após a fermentação (BRASIL, 2009).

Figura 25 – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de morango (%) e mirtilo (%) sobre o Extrato Aparente (g 100 g⁻¹) da cerveja



4.2.8 Efeito da adição de Morango e Mirtilo no Extrato Primitivo da Cerveja

A Tabela 20 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações no extrato primitivo da cerveja, juntamente com os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

Tabela 20 - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta Extrato Primitivo

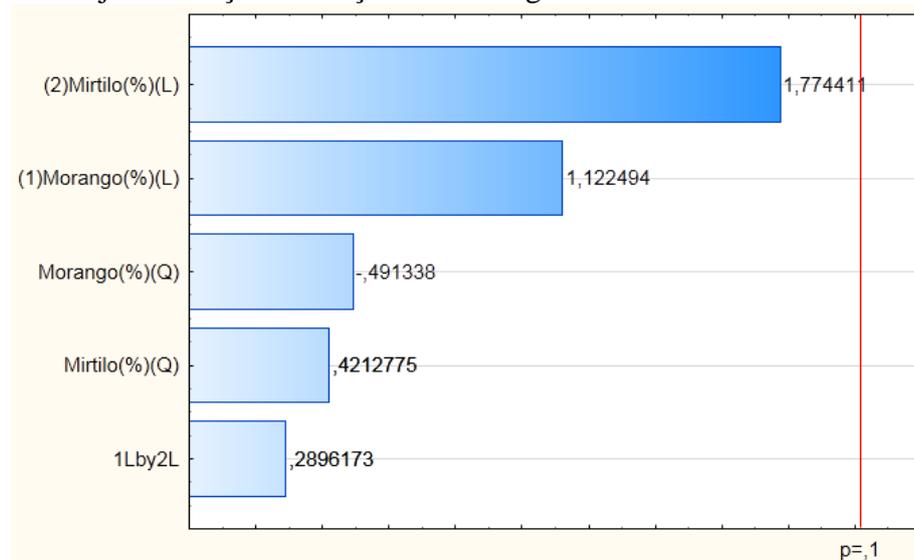
	Efeito	Erro Padrão	t(5)	p-valor	Coefficientes de Regressão	Erro Padrão
Intercepto *	13,87215	0,095328	145,5198	0,000000	13,452	1,096
Morango (L)	0,12043	0,107288	1,1225	0,312643	0,261	0,656
Morango (Q)	-0,04156	0,084595	-0,4913	0,643994	-0,058	0,117
Mirtilo (L)	0,19037	0,107288	1,7744	0,136172	-0,152	0,685
Mirtilo (Q)	0,03564	0,084595	0,4213	0,691049	0,049	0,117
Morango X Mirtilo	0,05382	0,185829	0,2896	0,783735	0,075	0,258

*Fatores estatisticamente significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$)

L - termos lineares Q - termos quadráticos

Pela Tabela 20, não foram observados efeitos significativos para a resposta do extrato primitivo ao nível de confiança de 90%. Similarmente, o p-valor maior que 10% indicou que nenhum dos termos são estatisticamente significativos no modelo matemático. O diagrama de Pareto representado na Figura 26 evidencia que nenhum termo apresentou efeito significativo no extrato primitivo da cerveja ao nível de 10% de significância.

Figura 26 - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta do Extrato Primitivo da cerveja em função da adição de morango e mirtilo



A Tabela 21 apresenta a análise de variância do modelo representativo para o extrato primitivo da cerveja.

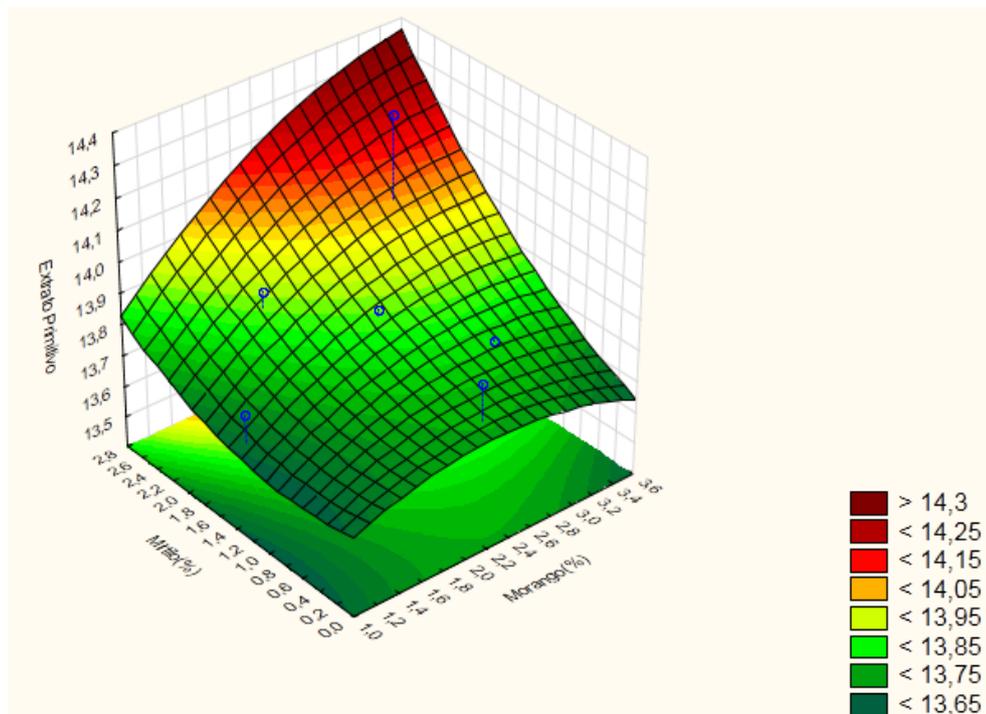
Tabela 21 - ANOVA para a resposta Extrato Primitivo

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R ²
Regressão	0,179035	5	0,035807	1,037	0,509
Erro	0,172662	5	0,034532		
Total	0,351697	10			

$$F_{\text{tab}}(5;5;0,1) = 3,453$$

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,509 e $F_{\text{calc}} = 1,037$ inferior ao F_{tab} . Ambos os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático quadrático não é válido. Apesar disso, é possível estabelecer superfícies de resposta que auxiliam na avaliação do efeito da adição de mirtilo e de morango sobre o extrato primitivo da cerveja e em indicar a direção a ser tomada nos próximos experimentos, as quais são apresentadas na Figura 27.

Figura 27 – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de morango (%) e mirtilo (%) sobre o Extrato Primitivo (% m/m) da cerveja



Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 27), pode-se observar que ocorre uma tendência de aumento do extrato primitivo superior a 14,3% com o aumento da concentração de morango e mirtilo. O gráfico também mostra que há uma tendência do extrato primitivo reduzir abaixo de 13,65% quando há uma menor adição tanto de morango quanto de mirtilo. De acordo com estes valores de extrato primitivo, a cerveja *Fruit Beer* estudada neste trabalho se classifica como extra.

Segundo a legislação brasileira, o extrato primitivo refere-se à quantidade de substâncias dissolvidas no mosto e que dão origem à cerveja, sendo expresso em porcentagem em peso. Como a taxa de extrato primitivo se refere à quantidade de ingredientes diferentes da água utilizados na preparação da cerveja, incluindo o carboidrato (açúcar), nota-se que a adição das pequenas frutas elevou o extrato primitivo (BRASIL, 2009).

4.2.9 Efeito da adição de Morango e Mirtilo no Teor Alcólico da Cerveja

A Tabela 22 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações no teor alcólico da cerveja, juntamente com os coeficientes de regressão.

Pela Tabela 22, verificou-se significância no efeito linear das variáveis morango e mirtilo, no efeito de interação entre as mesmas, e efeito quadrático da variável mirtilo, ao nível de confiança de 90%. Ambos apresentaram efeitos positivos, ou seja, aumentando o

valor destas variáveis, maior será o valor do teor alcóolico da cerveja. Similarmente, o p-valor menor que 10% também indicou que todos os termos, com exceção do termo Morango (Q), são estatisticamente significativos no modelo quadrático. O diagrama de Pareto representado na Figura 28 evidencia o efeito significativo das variáveis Morango (L), Mirtilo (L), Mirtilo (Q) e MorangoXMirtilo no teor alcóolico da cerveja ao nível de 10% de significância.

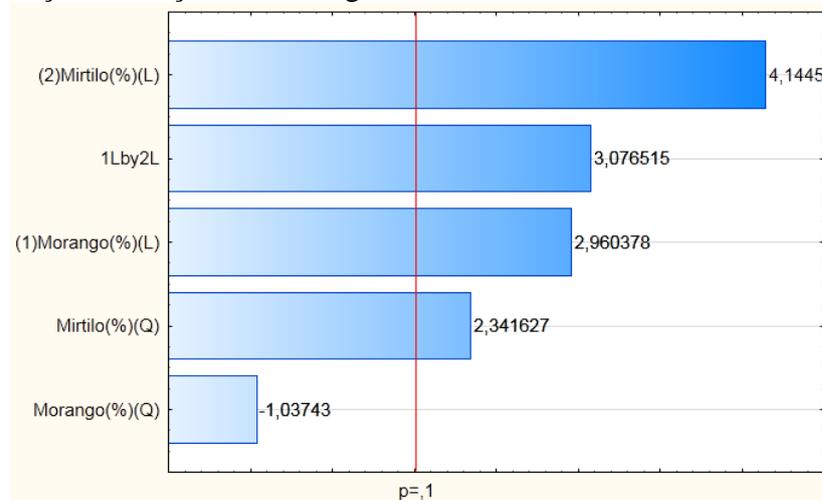
Tabela 22 - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta Teor Alcóolico

	Efeito	Erro Padrão	t(5)	p-valor	Coefficientes de Regressão	Erro Padrão
Intercepto *	5,584211	0,025012	223,2654	0,000000	5,932	0,288
Morango (L) *	0,083333	0,028150	2,9604	0,031505	-0,075	0,172
Morango (Q)	-0,023026	0,022196	-1,0374	0,347079	-0,032	0,031
Mirtilo (L) *	0,116667	0,028150	4,1445	0,008958	-0,584	0,180
Mirtilo (Q) *	0,051974	0,022196	2,3416	0,066246	0,072	0,031
Morango X Mirtilo *	0,150000	0,048756	3,0765	0,027579	0,208	0,068

*Fatores estatisticamente significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$)

L - termos lineares Q - termos quadráticos

Figura 28 - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta do Teor alcóolico da cerveja em função da adição de morango e mirtilo



A Tabela 23 apresenta a análise de variância do modelo representativo para o teor alcóolico da cerveja.

Tabela 23 - ANOVA para a resposta Teor Alcóolico

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R ²
Regressão	0,108114	5	0,021623	9,096	0,901
Erro	0,011886	5	0,002377		
Total	0,120000	10			

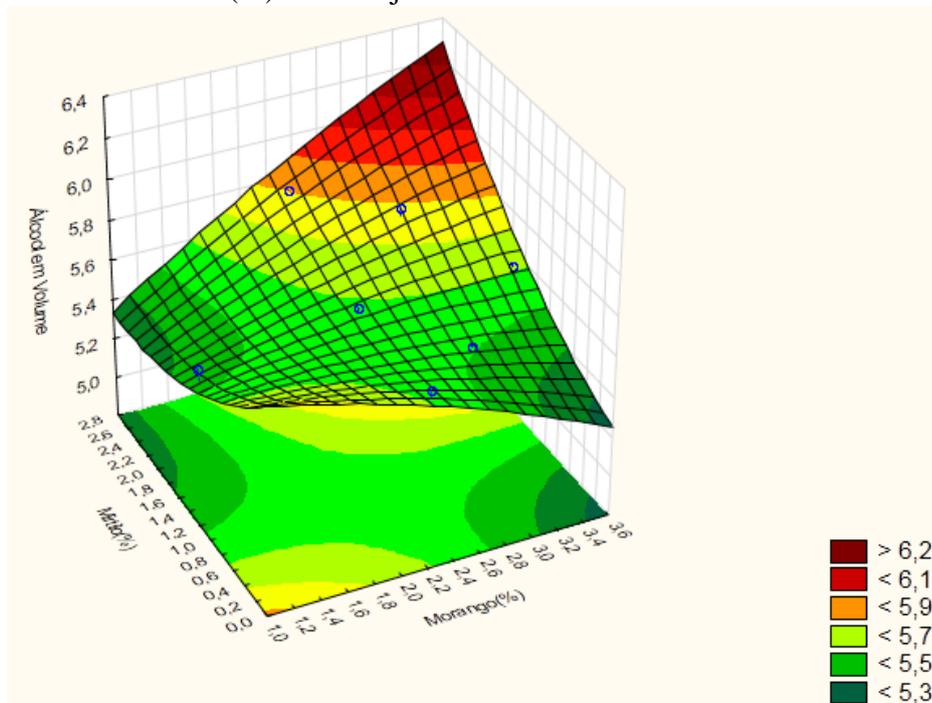
R² = 0,901; F_{tab} (5;5;0,1) = 3,453

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,901 e $F_{\text{calc}} = 9,096$ superior ao F_{tab} . O resultado do teste F indicou que o modelo quadrático é válido e o valor do coeficiente de determinação indicou que a curva descreveu de forma adequada a relação entre as concentrações das frutas e o teor alcóolico da cerveja. O modelo matemático validado estatisticamente é apresentado na equação 8.

$$TA = 5,932 - 0,075(mo) - 0,032(mi)^2 - 0,584(mi) + 0,072(mi)^2 + 0,208(mo \times mi) \quad (8)$$

O modelo quadrático (equação 8) foi representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 29.

Figura 29 – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de morango (%) e mirtilo (%) sobre o Teor Alcóolico (%) da cerveja



Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 29), pode-se observar que ocorre uma tendência de aumento do teor alcóolico superior a 6,2% com o aumento da concentração de morango e mirtilo. Este resultado corrobora com os resultados obtidos nos testes preliminares (Tabela 4), em que o teor alcóolico da amostra CW (Witbier sem adição de frutas) foi menor que o teor alcóolico da amostra CF (Witbier com adição de frutas). Uma possível explicação seria que maior quantidade de açúcares foi fornecida pelas polpas das frutas e fez com que a fermentabilidade da cerveja fosse maior, sendo assim responsável pelo aumento do teor alcóolico.

O teor alcoólico das cervejas do estilo *Fruit Beer* segundo as diretrizes de estilo do Brewers Association (2015), encontra-se numa faixa de 2,50%-12,00%. O teor alcoólico tem relação direta com a maioria das características da cerveja, como a quantidade de sólidos solúveis. Quanto mais álcool a levedura produzir, mais sólidos consumirá, diminuindo o ⁰Brix da mesma (BOTELHO, 2009).

4.2.10 Efeito da adição de Morango e Mirtilo nos Compostos Fenólicos da Cerveja

A Tabela 24 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações para os compostos fenólicos da cerveja, juntamente com os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

Tabela 24 - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta Compostos Fenólicos

	Efeito	Erro Padrão	t(5)	p-valor	Coefficientes de Regressão	Erro Padrão
Intercepto*	98,782117	2,650592	37,267943	0,000000	100,864	30,470
Morango (L)	0,252528	2,983143	0,084652	0,935823	-2,341	18,247
Morango (Q)	0,284094	2,352167	0,120780	0,908569	0,395	3,267
Mirtilo (L)	1,262639	2,983143	0,423258	0,689696	-0,526	19,034
Mirtilo (Q)	0,094698	2,352167	0,040260	0,969444	0,132	3,267
Morango X Mirtilo	0,378792	5,166955	0,073310	0,944401	0,526	7,176

*Fatores estatisticamente significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$)

L - termos lineares Q - termos quadráticos

Pela Tabela 24, não foram observados efeitos significativos para a resposta dos compostos fenólicos ao nível de confiança de 90%. Similarmente, o p-valor maior que 10% indicou que nenhum dos termos são estatisticamente significativos no modelo matemático. O diagrama de Pareto representado na Figura 30 evidencia que nenhum termo apresentou efeito significativo nos compostos fenólicos da cerveja ao nível de 10% de significância.

A Tabela 25 apresenta a análise de variância do modelo representativo para os compostos fenólicos da cerveja.

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,40 e $F_{\text{calc}} = 0,041$ inferior ao F_{tab} . Ambos os resultados indicam que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais e que o modelo matemático quadrático não é válido. Apesar disso, é possível estabelecer superfícies de resposta que auxiliam na avaliação do efeito da adição de mirtilo e de morango sobre os compostos fenólicos da cerveja e em indicar a direção a ser tomada nos próximos experimentos, as quais são apresentadas na Figura 31.

Figura 30 - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta dos Compostos Fenólicos da cerveja em função da adição de morango e mirtilo

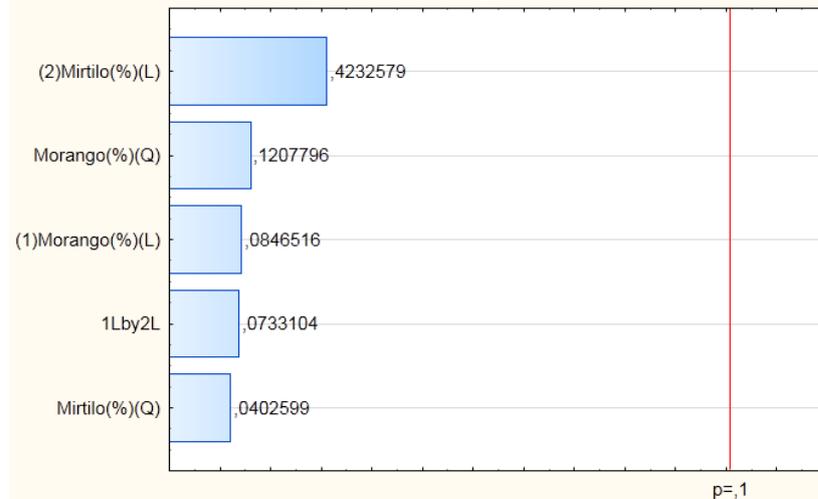
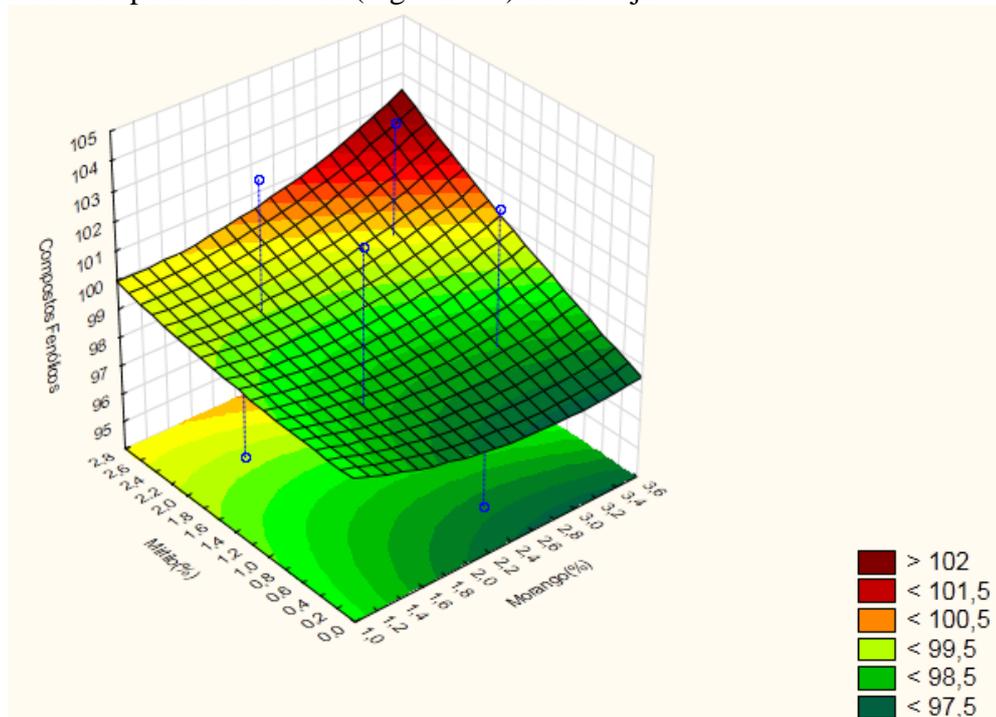


Tabela 25 - ANOVA para a resposta Compostos Fenólicos

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R ²
Regressão	5,508882	5	1,101776	0,041	0,40
Erro	133,487136	5	26,697427		
Total	138,996018	10			

$$F_{\text{tab}}(5;5;0,1) = 3,453$$

Figura 31 – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de morango (%) e mirtilo (%) sobre os Compostos Fenólicos (mg AG L⁻¹) da cerveja



Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 31), pode-se observar que ocorre uma tendência de aumento dos compostos fenólicos superior a 102 mg AG L⁻¹ com o aumento da concentração de morango e mirtilo. Estes resultados evidenciam os resultados obtidos nos testes preliminares (Tabela 4), que a adição de frutas na etapa de maturação da cerveja resultou em aumento significativo nos compostos fenólicos da bebida.

A superfície de resposta também mostra que há uma tendência dos compostos fenólicos reduzir abaixo de 97,5 mg AG L⁻¹ quando há uma menor adição de mirtilo. Nos testes preliminares, a adição de 90 g de mirtilo em 3,6 L de mosto, resultou em uma quantidade de compostos fenólicos de 95 mg AG L⁻¹. Pela estimativa da superfície de resposta, a adição de aproximadamente 170 g de morango em 3,6 L de mosto resultou em 97,5 mg AG L⁻¹ de compostos fenólicos. Estes resultados mostram maior influência do mirtilo no aumento na quantidade de compostos fenólicos na cerveja.

4.2.11 Efeito da adição de Morango e Mirtilo na Atividade Antioxidante

A Tabela 26 apresenta a estimativa dos efeitos significativos dos termos individuais e interações para a atividade antioxidante da cerveja, juntamente com os coeficientes de regressão e seus erros padrões.

Tabela 26 - Efeito e coeficientes de regressão para a resposta Atividade Antioxidante

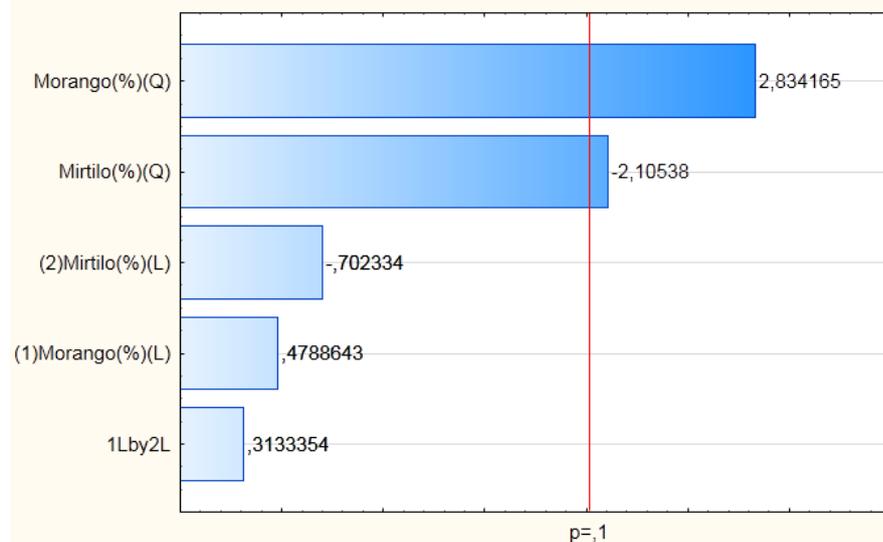
	Efeito	Erro Padrão	t(5)	p-valor	Coefficientes de Regressão	Erro Padrão
Intercepto *	51,262136	2,702156	18,970830	0,000007	94,533	31,062
Morango (L)	1,456311	3,041176	0,478864	0,652243	-45,415	18,602
Morango (Q) *	6,796117	2,397925	2,834165	0,036496	9,439	3,330
Mirtilo (L)	-2,135922	3,041176	-0,702334	0,513811	12,581	19,404
Mirtilo (Q) *	-5,048544	2,397925	-2,105380	0,089143	-7,012	3,330
Morango X Mirtilo	1,650485	5,267471	0,313335	0,766675	2,292	7,316

*Fatores estatisticamente significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,10$)

L - termos lineares Q - termos quadráticos

Pela Tabela 26, verificou-se significância no efeito quadrático da variável morango e mirtilo, ao nível de confiança de 90%. O efeito no termo do morango foi positivo, enquanto que o efeito do mirtilo foi negativo. Similarmente, o p-valor menor que 10% também indicou que ambos os termos quadráticos são estatisticamente significativos no modelo matemático. O diagrama de Pareto representado na Figura 32 evidencia o efeito significativo das variáveis Morango (Q) e Mirtilo (Q) na atividade antioxidante ao nível de 10% de significância.

Figura 32 - Diagrama de Pareto dos efeitos do planejamento para a resposta da Atividade Antioxidante da cerveja em função da adição de morango e mirtilo



A Tabela 27 apresenta a análise de variância do modelo representativo para a atividade antioxidante da cerveja.

Tabela 27 - ANOVA para a resposta Atividade Antioxidante

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	R ²
Regressão	589,232127	5	117,846425	4,247	0,809
Erro	138,731266	5	27,746253		
Total	727,963393	10			

R² = 0,809; F_{tab} (5;5;0,1) = 3,453

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,809 e F_{calc} = 4,247 superior ao F_{tab}. O resultado do teste F indicou que o modelo quadrático é válido e o valor do coeficiente de determinação indicou que a curva descreveu de forma razoável a relação entre as concentrações das frutas e a atividade antioxidante da cerveja. O modelo matemático validado estatisticamente é apresentado na equação 9.

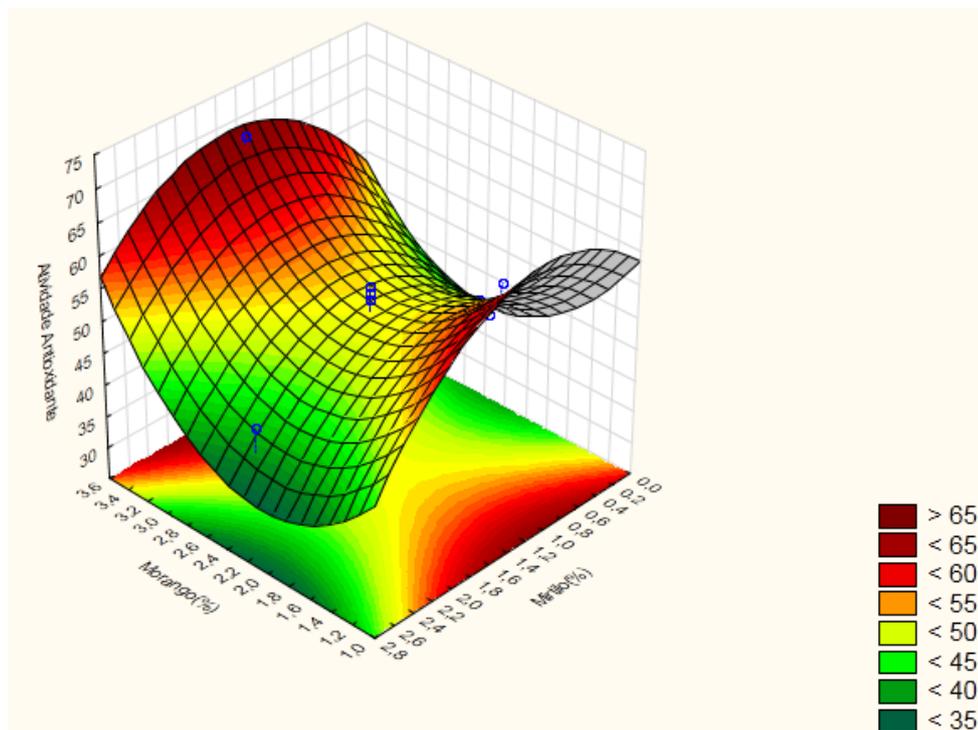
$$AA=51,262+1,456(mo)+6,796(mo)^2-2,136(mi)-5,048(mi)^2+1,65(moXmi) \quad (9)$$

O modelo quadrático (equação 9) foi representado graficamente por meio de superfícies de resposta apresentadas na Figura 33.

Analisando o gráfico de superfície de resposta (Figura 33), pode-se observar que ocorre uma tendência de aumento da atividade antioxidante superior a 65% em uma faixa de concentração entre 0,6% a 1,8% de mirtilo, e em baixas concentrações de morango (1,0%) ou em altas concentrações de morango (3,6%). Estes resultados podem ser explicados pela

diversidade de compostos que possuem ação oxidante e a variedade de interações/reações que ocorrem entre os mesmos, assim como pela complexidade existente na análise e na quantificação da atividade antioxidante nas amostras. Estudos relativos à atividade antioxidante da cerveja têm correlacionado esta propriedade com sua composição em ésteres, aldeídos, dicetonas vicinais, ácidos orgânicos, fenóis e outros compostos diretamente relacionados com a qualidade em que a reação de Maillard forma produtos no malte (MAILLARD et al., 1996; BRIGHT et al., 1999; GOUPY et al., 1999). Wei et al., (2001) realizaram uma pesquisa estabelecendo relação entre os compostos voláteis da cerveja e atividade antioxidante, e descrevem a dificuldade em atribuir estas habilidades antioxidantes somente a compostos voláteis isolados.

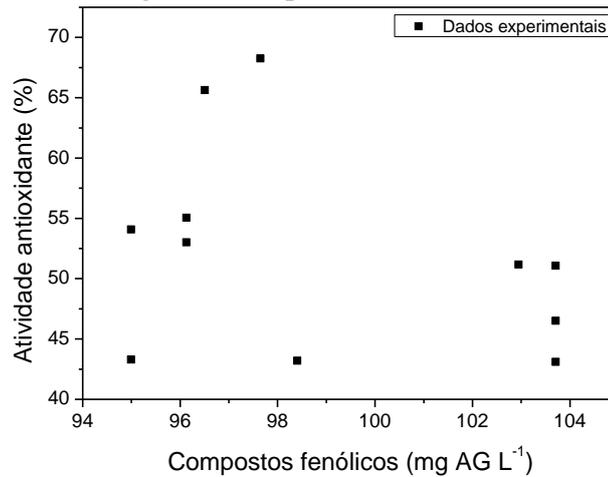
Figura 33 – Superfície de resposta para o efeito das concentrações de morango (%) e mirtilo (%) sobre a Atividade Antioxidante (%) da cerveja



No entanto, os compostos fenólicos estão entre as principais substâncias com capacidade antioxidante. Na Figura 34 é apresentado o gráfico que ilustra a atividade antioxidante em função dos compostos fenólicos.

Pela Figura 34, não foi possível avaliar uma correlação entre os compostos fenólicos e a atividade antioxidante. Este resultado evidencia a complexidade na análise da atividade antioxidante nas amostras.

Figura 34 – Relação da concentração de compostos fenólicos com atividade antioxidante.



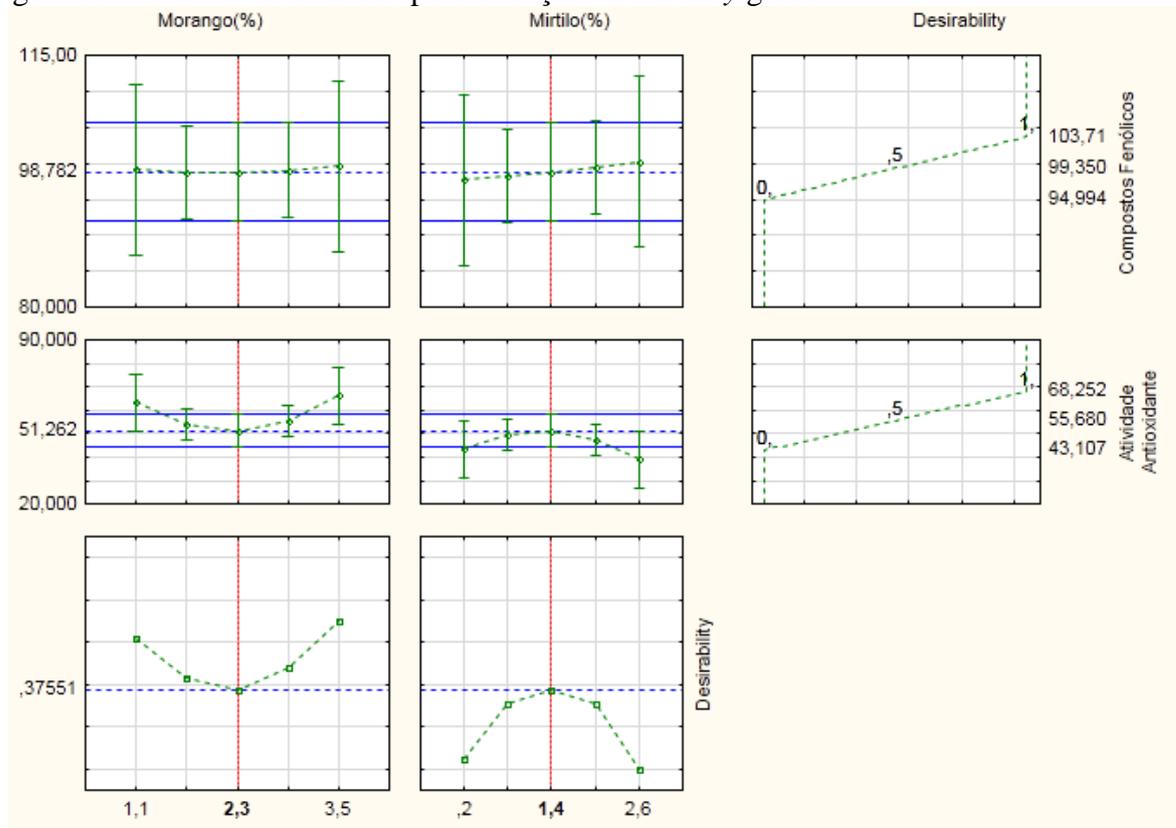
O método de DPPH é um dos poucos radicais orgânicos estáveis. O elétron de nitrogênio na molécula de DPPH confere-lhe uma coloração roxa que se torna incolor na presença de antioxidantes naturais. Este é um método simples, mas algumas desvantagens limitam sua aplicação. Muitos antioxidantes que reagem rapidamente com radicais peróxidos podem ter uma reação muito lenta à DPPH ou podem até ser inertes à ela (HUANG et al., 2005; KURECHI et al., 1980).

Um estudo realizado por Tafulo et al. (2010), sobre controle e comparação da capacidade antioxidante de cervejas, testaram os antioxidantes naturais por TRAP, TEAC, DPPH, FRAP, CUPRAC e ORAC, contra três padrões diferentes (ácido ascórbico, ácido gálico e trolox). Os valores da capacidade antioxidante mais elevados foram obtidos utilizando ORAC e os valores mais baixos foram obtidos por DPPH. Referente ao padrão ácido gálico, foi utilizado para todos os ensaios exceto para DPPH, sendo o padrão que obteve a mais baixa atividade antioxidante. Este estudo ainda mostrou que as cervejas do tipo Lager apresentaram capacidade antioxidante mais baixa do que as ale, e as cervejas portuguesas apresentaram capacidade antioxidante ligeiramente mais baixas que as belgas. Também foi verificado que o maior teor de álcool fornece valores mais elevados de atividade antioxidante,

A fim de encontrar os valores operacionais ótimos das variáveis independentes (concentração de polpa de morango e de mirtilo) que satisfizessem simultaneamente todos os requisitos necessários às variáveis dependentes (compostos fenólicos e capacidade antioxidante), foi utilizado a técnica proposta por Derringer e Suich (1980), que baseia-se na definição da função *desirability* (desejabilidade), em que a otimização simultânea de todas as variáveis-resposta maximiza-se em um único valor, denominado de desejabilidade global, restrito ao intervalo de 0 a 1, em que valores próximos a 1 tem-se uma desejabilidade grande e valores próximos de 0 a desejabilidade é pequena.

A Figura 35 apresenta os gráficos para obtenção da faixa ótima de trabalho.

Figura 35 – Gráficos estatísticos para a função *desirability* global



Pela Figura 35, as linhas horizontais azuis correspondem, aos valores ótimos de cada variável-resposta baseados nos seus limites de confiança e à função *desirability* global, enquanto que as linhas vermelhas verticais correspondem ao valor ótimo de cada variável controlada obtida no ponto de máxima desejabilidade global. A função *desirability* global foi de 0,37551, que indica que a desejabilidade deste modelo de otimização foi pequena. Os valores dos pontos ótimos das variáveis-resposta foi de 98,782 mg AG L⁻¹ para compostos fenólicos e 51,262% para atividade antioxidante, e os valores operacionais que levam ao ótimo das respostas seria a concentração de morango de 2,3% e a concentração de mirtilo de 1,4%. É importante ressaltar que estes valores de concentração correspondem aos valores máximos dos limites utilizados nos testes, ou seja, os resultados encontrados correspondem aos valores mais adequados dentro da região experimental considerada.

Neste trabalho foram analisadas apenas a concentração de compostos fenólicos e atividade antioxidante e a literatura reporta a grande importância dos mesmos em bebidas alcoólicas. O estudo de Ghiselli et al., (2000), mostrou que os antioxidantes presentes na cerveja são prontamente absorvidos e continuam em circulação por um período de tempo significativo.

5 CONCLUSÃO

A adição de pequenas frutas (*berries*) na elaboração da cerveja mostrou-se bastante favorável ao processo, uma vez que não causou grandes variações nos parâmetros físico-químicos da cerveja, mas elevou a concentração de compostos fenólicos na bebida. Logo, a adição de pequenas frutas, como mirtilo pode ser uma alternativa na produção de produtos bioativos.

De acordo com os testes sensoriais, a cerveja comercial Pilsen apresentou maior intenção de compra que as cervejas artesanais. Em relação a impressão global, as cervejas comercial e artesanal Witbier não se diferenciaram estatisticamente, enquanto que a cerveja *Fruit Beer* apresentou diferença estatística significativa. De forma geral, a análise sensorial mostrou que os provadores ainda possuem preferência pelas cervejas comerciais Pilsen, mas que as cervejas artesanais já apresentam boa aceitação pelos provadores.

A partir do planejamento experimental, foi verificado que a adição das polpas de morango e mirtilo aumentou a concentração de polifenóis, comportamento este não verificado para atividade antioxidante. Em relação a parâmetros físico-químicos como pH, acidez total, açúcar redutor, extrato real, extrato aparente, extrato primitivo e teor alcóolico, a adição de frutas na cerveja resultou em valores dentro de padrões especificados pela legislação para este tipo de bebida. No entanto, o aumento na concentração de frutas na cerveja mostrou uma tendência de redução da densidade abaixo do mínimo especificado para este estilo de cerveja, e de aumento dos valores de cor que poderiam alterar sua classificação em relação a este parâmetro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. R. **Compostos bioativos do bagaço de malte: fenólicos, capacidade antioxidante *in vitro* e atividade antibacteriana**. 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Curitiba, 2014.
- AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. *Methods of Analysis of the American Society of Brewing Chemists*. 8th ed. Minnesota: The Technical Committee and the Editorial Committee of the ASBC, 1996.
- ANTUNES, L. E. C; RASEIRA, M. C. B. **Cultivo do mirtilo (*Vaccinium* spp). *Embrapa Clima Temperado. Sistemas de produção*, 2006.**
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BEBIDAS (ABRABE). **Mercado**. Disponível em <http://www.abrabe.org.br/>. Acesso em 19 de julho de 2016.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10th ed. St Paul, 2000.
- ARAÚJO, G. S. **Elaboração de uma cerveja ale utilizando melão de caroá [sicana odorífera (vell.) naudim] como adjunto do malte**. 2016. 133 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.
- BAMFORTH, C. W. **Brewing and brewing research: past, presente and future**. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.80, n. 9, p.1371-1378, 2000.
- BICHARA, Natália. **Dicas sobre o uso de densímetros e refratômetros**. Disponível em: <http://www.lamasbier.com.br>>. Acesso em: 20 de agosto de 2016.
- BISOGNIN, M. et al. **Biologia da mosca-das-frutas sul-americana em frutos de mirtilo, amoreira-preta, araçazeiro e pitangueira**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, n. 2, p. 141-147, 2013.
- BOTELHO, B. G. **Perfil e teores de amins bioativas e características físico-químicas em cervejas**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Belo Horizonte, 2009.
- BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. **Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity**. *Food Science and Technology*, v.28, n.1, p.25-30. 1995.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Decreto 6.871 de 4 de julho de 2009. Acesso em: 19 de julho de 2016.
- BREJAS. **Cervejas especiais**. Disponível em: <http://www.brejas.com.br/cervejas-especiais.shtm>> Acesso em: 08/07/2016.

BREWERS ASSOCIATION. Disponível em: <www.brewersassociation.org/wp-content/uploads/2015/03/2015-brewers-association-beer-style-guidelines.pdf> Acesso em: 02 de junho de 2016.

BRIGHT, D.; STEWART, G.C.; PATINO, H. A novel assay for antioxidant potential of specialty malts. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 57, n. 4, p. 133-137, 1999.

BUCIC-KOJIC, A, et al. Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 1, p. 236-242, 2007.

CALLEMIEN, D.; COLLIN, S. Structure, organoleptic properties, quantification methods and stability of phenolic compounds in beer: a review. **Food Reviews International**, Philadelphia, v. 26, n. 1, p. 1-84, 2009.

CARVALHO, L. G. **Produção de cerveja**. (Dossiê Técnico). Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2007.

CERVEJAS DO MUNDO. **História da cerveja**. Disponível em: <http://www.cervejasdomundo.com/Na_antiguidade.htm>. Acesso em: 01/07/2016

COMPTON, J. Beer quality and taste methodology. **The Practical Brewer: A Manual for the Brewing Industry**, p. 288-308, 1983.

COPETTI, C. **Atividade antioxidante *in vitro* e compostos fenólicos em morangos (*Fragaria X ananassa* Duch): influência da cultivar, sistema de cultivo e período de colheita**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Florianópolis, 2010.

COVENIN. Malta y cerveza. **Métodos de ensayo**. 2. ed. Venezuela, 40 p. 2001.

CUNHA, T. V. **Competitividade e segmentação na indústria cervejeira: Uma análise da competitividade das microcervejarias catarinenses**. 2011. 117 f. Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Ciências Econômicas, Florianópolis, 2011.

CURI, R. A.; VENTURIN FILHO, W.G.; NOJIMOTO, T. Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte: análises físico-química e sensorial. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 2, p. 106-112, 2009.

DA ROCHA, F. I. G. **Avaliação da cor e da atividade antioxidante da polpa e extrato de mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) em pó**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.

DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**. v. 12, n. 1, p. 214-219, 1980.

DO RIO, R F. Desenvolvimento de uma cerveja formulada com gengibre (*Zingiber officinalis*) e hortelã do Brasil (*Mentha arvensis*): avaliação de seus compostos bioativos e

comparação com dois estilos de cerveja existentes no mercado. 2011. 70 f. Dissertação de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Programa de Pós-Graduação Stricto Senso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, 2013.

DUTHIE, G. G.; DUTHIE, S. J.; KYLE, J. A. M. Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as nutritional antioxidants. **Nutrition Research Review**. v.13, n.1, p. 79-106, 2000.

FABER, C.R. **A erva-mate (*Ilex paraguaiensis* Saint Hilaire) como substituto parcial do lúpulo amargor na fabricação de cerveja artesanal**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

FACHINELLO, J. C. Mirtilo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Pelotas, v. 30, n. 2, p. 285-576, 2008.

FARINI, B.W.; BORGES, J.V. Desenvolvimento de uma “cerveja” de malte de arroz. **Revista da Graduação**, v. 9, n. 2, 2016.

FERREIRA, A. S; BENKA, C. L. **Produção de cerveja artesanal a partir de malte germinado pelo método convencional e tempo reduzido de germinação**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curso de Tecnologia em Alimentos, Francisco Beltrão, 2014.

FREITAS G.L.; KUSKOSKI, E. M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Avaliação da atividade antioxidante de diferentes cervejas aplicando os métodos ABTS e DPPH. **Alimentos e Nutrição**, v.17, n.3, p.303-307, 2006.

GAZOLA, M. B. **Caracterização de polpas e bebidas à base de extrato hidrossolúvel de soja, amora, pitanga e mirtilo: análises reológicas, fitoquímicas, físico-químicas, microbiológicas e sensoriais**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Pato Branco, 2014.

GERHAUSER, C. Beer constituents as potential cancer chemopreventive agentes. **European Journal of Cancer**, v. 41, n. 13, p. 1941–1954, 2005.

GHISELLI, A. et al. Beer increases plasma antioxidant capacity in humans. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 11, n. 2, p. 76-80, 2000.

GOUPY, P. et al. Antioxidant composition and activity of barley (*Hordeum vulgare*) and malt extracts and of isolated phenolic compounds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, n. 12, p. 1625-1634, 1999.

HAMINIUK, C. W. I.; PLATA-OVIEDO, M. S. V.; GUEDES, A. R.; STAFUSSA, A. P.; BONA, E.; CARPES, S. T. Chemical, antioxidant and antibacterial study of brasilian fruits. **International Journal of Food Science & Technology**. v. 46, n. 7, p. 1529-1537, 2011.

HARDWICK, William (Ed.). **Handbook of brewing**. CRC Press, 1994.

HENDGES, D. H. **Produção de cervejas com teor reduzido de etanol, contendo quinoa malteada como adjunto**. 2014. 95 f. Tese (Doutor em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial na Área de Microbiologia Aplicada, Lorena, 2014.

HUANG, D; OU, B; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4^a. ed. 1^a edição digital. São Paulo, 2008.

KURECHI, T; KIKUGAWA, K; KATO, T. Studies on the antioxidants. XIII. Hydrogen donating capability of antioxidants to 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v. 28, n. 7, p. 2089-2093, 1980.

MAILLARD, M.-N. et al. Antioxidant activity of barley and malt: relationship with phenolic content. **LWT-Food science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 238-244, 1996.

MARANGON, M. A. **Ácido indolbutírico, época de coleta e aquecimento do substrato no enraizamento de estacas de mitileiro (*Vaccinium ashei* Reas.)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Curitiba, 2010.

MIRANDA, C, L. et al. Antioxidant and prooxidant actions of prenylated and nonprenylated chalcones and flavanones in vitro. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 9, p. 3876-3884, 2000.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. Edição Brasileira, Larousse. 2009.

NAKABASHI, B. B. **Análise da composição físico-química de cerveja caseira (homebrew)**. 2014. 66 f. Monografia (Graduação do Curso de Engenharia Industrial Química) - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

OLIVER, G. **A mesa do mestre cervejeiro: Descobrimos os prazeres das cervejas e das comidas brasileiras**. Senac São Paulo. 2012.

PINTO, L. Í. F. **Acerola (*Malpighia emarginata* DC) e Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merril) como adjunto no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. (Ed.). Handbook of brewing. 2006.

REINOLD, M. R. Produtos utilizados para melhorar a estabilidade físico-química da cerveja. **Engarrafador Moderno**, n.52, p.56, 1997.

ROCHA, D. A. et al. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, 2008.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Campinas: Casa do Pão, 2009.

ROSA, N. A; AFONSO, J. C. A Química da Cerveja. **Química. nova escola**, v. 37, n. 2, p. 98-105, 2015.

SANTOS, H. L. **Análise dos hábitos dos consumidores de cerveja em Porto Alegre/RS e comparação entre os gêneros**. 2008. 64 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Graduação em Administração, Porto Alegre, 2008.

SANTOS, V. C. K. **Uma análise empírica sobre as preferências do consumidor Brasileiro de cervejas artesanais**. 2014. 44 f. Dissertação (Mestrado) - Fundação Getúlio Vargas, Escola de Pós-Graduação em Economia, Rio de Janeiro, 2014.

SEGTOWICK, E. C. dos S.; BRUNELLI, L. T.; VENTURINI FILHO, W. G. Physicochemical and sensorial evaluation of a fermented West indian cherry beverage. **Brazilian Journal Food Technologic**. vol. 16, n.2, p.147-154. 2013.

SILVA, S. D. A. et al. Caracterização de genótipos de mirtilo utilizando marcadores moleculares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 180-184. 2008.

SILVA, P. C. F. **Propriedades antioxidantes in vitro de uvas branca e de uva tinta e de seus respectivos vinhos elaborados**. 2003. 138 f. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SINDICERV. Mercado cervejeiro segue acirrado. Indústria de Bebidas, São Paulo. 2014. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br/atuacao.php>> Acesso 5 de agosto de 2016.

SIQUEIRA, P. B; BOLINI, H. M. A; MACEDO, G. A. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 491-498, 2008.

SLAVIN, J. Why whole grains are protective: Biological mechanisms. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 62, n.1, p.129-134, 2003.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v. 15, n.1, p. 71-81, 2002.

SOUZA, V. R. **Compostos bioativos e o processamento de pequenas frutas vermelhas cultivadas em clima subtropical**. 2013. 196 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

STRONG, G.; ENGLAND, K. **Beer Judge Certification Program: 2015 style guidelines**. 2015. Disponível em: <http://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf>. Acesso em: 18/06/2016.

TAFULO, P. A. R. et al. Control and comparison of the antioxidant capacity of beers. **Food research international**, v. 43, n. 6, p. 1702-1709, 2010.

TAPIERO, H. et al. Polyphenols: do they play a role in the prevention of human pathologies?. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 56, n. 4, p. 200-207, 2002.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**, volume 1 – São Paulo: Blucher, 2010.

WEI, A.; MURA, K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidative activity of volatile chemicals extracted from beer. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 49, n. 8, p. 4097-4101, 2001.

APÊNDICE I - Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) a participar do projeto de pesquisa **“Cerveja artesanal com adição de frutas com atividade antioxidante”**.

O objetivo da pesquisa é produzir uma cerveja artesanal com adição de pequenas frutas ricas em compostos antioxidantes, avaliando a mesma através de testes de aceitação e intenção de compra.

A sua participação é muito importante e consistirá em experimentar amostras de cerveja com adição de pequenas frutas, anotar a codificação dos copos e atribuir uma nota de acordo com as escalas apresentadas no questionário que será entregue. Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, garantindo ao mesmo plena liberdade em colaborar com a pesquisa, podendo: recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma. A bebida que será degustada será composta por água, malte, lúpulo, levedura e pequenas frutas.

Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Os riscos do consumo desta bebida são: alergias as pequenas frutas como mirtilo, pitanga e morango, intolerância ao glúten, ou a qualquer um dos ingredientes utilizados. No entanto, os produtos foram elaborados a partir de matérias-primas de qualidade, seguindo as Boas Práticas de Fabricação de alimentos e previamente a análise sensorial, foram realizadas análises microbiológicas visando garantir a segurança microbiológica dos produtos a serem ingeridos pelos participantes. Os pesquisadores perguntarão aos voluntários se existe alguma possibilidade da pessoa apresentar tendência ao alcoolismo, uma vez que caso apresente esta tendência, a ingestão de pequenas doses de cerveja pode despertar o desejo por doses maiores. No caso de condutores de veículos, os pesquisadores irão orientar previamente o participante para aguardar pelo menos 1 (uma) hora após a ingestão da cerveja para dirigir. Logo, ao assinar este documento você declara não possuir previamente nenhum destes problemas acima citados. Em caso de qualquer indisposição, causado pelo consumo da bebida, durante ou após a análise, você deverá informar imediatamente a pesquisadora do projeto, pessoalmente ou pelos contatos que estão disponíveis logo abaixo.

Destacamos que sua participação é voluntária e não acarretará nenhum prejuízo ou dano pelo fato de colaborar.

Caso os participantes tenham interesse em saber dos resultados finais da pesquisa ou tenham quaisquer dúvidas sobre o comportamento dos pesquisadores ou sobre as mudanças ocorridas na pesquisa, que não constam no TCLE, e caso se considera prejudicado (a) em sua dignidade e autonomia, você poderá entrar em contato com:

- o pesquisador Gustavo Henrique Fidelis dos Santos, pelo telefone (45) 99128764, no Endereço BR 158, Km 405, CEP: 85.301-970, Sala 105, Bloco Discentes, no Campus da UFFS em Laranjeiras do Sul-PR;

- o Comitê de Ética em Pesquisa da UFFS, pelo telefone (49) 2049 1478, na Avenida General Osório, 413-D, Edifício Mantelli, 3º andar, CEP: 89802-210 - Caixa Postal 181, Bairro Jardim Itália, Chapecó-SC. E-mail: cep.uffs@uffs.edu.br

Dessa forma, se você concorda em participar de forma voluntária da pesquisa como consta nas explicações e orientações acima, solicitamos sua assinatura de autorização neste termo, que será também assinado pelo pesquisador responsável em duas vias, sendo que uma ficará com você e outra com a pesquisadora.

Laranjeiras do Sul, _____ de _____ de _____.

Nome do (a) participante

Assinatura do (a) participante

Assinatura do pesquisador responsável

APENDICE II – Ficha de análise sensorial

Sexo: M() F()

Data: ____/____/____

Por favor, avalie as amostras codificadas da esquerda para a direita e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou da mesma.

- 1 Desgostei MUITÍSSIMO
- 2 Desgostei Muito
- 3 Desgostei Moderadamente
- 4 Desgostei Ligeiramente
- 5 Indiferente
- 6 Gostei Ligeiramente
- 7 Gostei Moderadamente
- 8 Gostei Muito
- 9 Gostei MUITÍSSIMO

Código da Amostra	Aparência	Cor	Aroma	Sabor	Impressão Global

Observação:

Assinale qual seria sua atitude quanto à compra do produto:

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

Código da amostra	Nota atribuída

Observação:
