



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS

ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ALINE MARIA TENÓRIO ELIAS

**PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DE *BLENDS* DE VARIEDADES DE
CAFÉ EM DIFERENTES CONDIÇÕES DO PROCESSO DE
TORREFAÇÃO**

Garanhuns– PE

2019

ALINE MARIA TENÓRIO ELIAS

**PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DE *BLENDS* DE VARIEDADES DE
CAFÉ EM DIFERENTES CONDIÇÕES DO PROCESSO DE
TORREFAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, como parte das exigências do curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Suzana Pedroza da Silva

Garanhuns– PE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

E42p Elias, Aline Maria Tenório

Perfil físico-químico de *Blends* de variedades de café em Diferentes condições do processo de torrefação / Aline Maria Tenório Elias. - 2019.

77 f.

Orientador(a): Suzana Pedroza da Silva
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia de Alimentos, Garanhuns, BR - PE, 2019.

Inclui referências

1. Café - Indústria 2. Café - Cultivo 3. Café - Análise
Indústria I. Silva, Suzana Pedroza da, orient. II. Título.

CDD 633.73

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DE *BLENDS* DE VARIEDADES DE
CAFÉ EM DIFERENTES CONDIÇÕES DO PROCESSO DE
TORREFAÇÃO**

Aprovado em: _29/01/2019_

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Suzana Pedroza da Silva
Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE
(Presidente - Orientadora)

Prof^a. Dr^a. Tatiana Souza Porto
Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE
(Membro examinador)

Prof. Dr. Romero Luiz Mendonça Sales Filho
Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE
(Membro examinador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter proporcionado pessoas importantes em meu caminho, por todas as oportunidades concedidas e por neste momento a conquista da conclusão do curso de Engenharia de Alimentos estar tão próxima.

Agradeço à minha família, pelo apoio e incentivo durante todo o curso. Minha mãe Adilma, meu pai Alberto e minha irmã Alana, que sempre estiveram presentes em todas as etapas que vivenciei, me dando todo o suporte necessário e comemorando cada conquista alcançada. Agradeço ao meu namorado Igor, por ter se feito tão presente mesmo em circunstâncias difíceis, seu apoio sempre me motivou e sua alegria e admiração a cada etapa que foi concluída durante o trabalho me incentivaram a cada vez buscar o meu melhor.

Agradeço à Indústria & Comércio Café Ouro Verde LTDA, por disponibilizar as amostras necessárias e pelo interesse no tema deste trabalho.

Agradeço a todo o corpo docente da Engenharia de Alimentos que tanto contribuíram para minha formação, destaco alguns, que, sem dúvida, sempre mostraram o seu melhor, cada um em sua área, motivando e alegrando a jornada de todos os alunos. Fabrício, Caio, Francisco, Jorge, Ana Cláudia, Daniele, Hudson, Vilma e Liliane a contribuição de cada um é especial na formação dos alunos da UFRPE/UAG.

Em especial agradeço à minha orientadora Suzana Pedroza, que, sempre se mostrou responsável, compreensiva, dedicada e incentivadora dos seus alunos. A ela agradeço por sempre me ajudar a melhorar, por estar presente em todas as etapas deste trabalho e por acreditar que eu poderia desenvolvê-lo da melhor maneira possível, muitas vezes me mostrando soluções que eu não poderia enxergar sozinha. Sendo hoje uma inspiração de pessoa e de profissional brilhante, e, além disso, uma amiga especial. É um orgulho ser sua orientanda.

Aos professores da banca examinadora, Romero Luiz e Tatiana Souza, agradeço imensamente por sempre mostrarem excelência em seus trabalhos, cumprindo de forma excepcional suas metas quanto à formação curricular dos alunos. E, mais ainda, pelo respeito e consideração dedicados aos estudantes, sempre acreditando e ajudando a todos a desenvolverem suas habilidades. Sem dúvidas são professores que deixam suas marcas e orgulham a comunidade acadêmica da UFRPE/UAG. Agradeço por aceitarem contribuir com meu trabalho.

Aos amigos que fiz durante o curso, que hoje já estão formados ou seguiram diferentes rumos profissionais. Agradeço pela amizade, pelo apoio e por tudo que compartilhamos. Maria Beatrice, William, Erik, Tamara, Jéssica, Erica Maria, Nayá, Bruno e Fernanda, agradeço a todos e torço muito pelo futuro de cada um.

Agradeço também aos meus colegas de turma, pois passamos por essa trajetória juntos, e, em meio a cada dificuldade, o companheirismo entre todos, foi o que tornou essa jornada mais leve.

Monnykhe e Érica, agradeço por todos esses anos que estivemos juntas, pela amizade construída, por cada vitória conquistada e compartilhada e por estarem sempre presentes. Pedro, agradeço pela amizade durante o curso, por todas as conversas bem-humoradas, que sem dúvida facilitaram os momentos mais difíceis do trabalho, por ter me ajudado sempre, principalmente nas etapas finais do trabalho. Marcelo agradeço pelo convívio desde o início do curso, por tudo que passamos, muitas vezes não acreditando que iríamos chegar ao fim dessa trajetória. Carol, agradeço por mostrar sempre alegria e descontração e por todos os trabalhos realizados juntas. Angélica, agradeço por todas nossas conversas e pelas experiências que passamos, principalmente nesses momentos finais do curso.

Agradeço a todos os alunos do Laboratório de Análise de Alimentos (LAAL), que são esforçados, dedicados e sempre dispostos a ajudar. Agradeço muito a Cinara, Claudivan e Venâncio, que me auxiliaram no laboratório por diversas vezes, mesmo não estando ligados ao projeto deste trabalho. Agradeço especialmente à Dayane, quem eu pude conhecer e conviver, obrigada por todos os dias que passamos no laboratório, por todo o esforço, por acreditar que tudo daria certo e pelos trabalhos que pudemos desenvolver juntas a partir dessa ideia. Sei que o esforço aliado à humildade de sempre estar disponível a ensinar e aprender irá construir carreiras incríveis para cada um.

Agradeço também ao Centro Laboratorial de Apoio a Pesquisa da Unidade Acadêmica de Garanhuns (CENLAG), representado por pessoas solícitas e dispostas a ajudar. Renann, Marcos e Rodrigo, muito obrigada por todas as vezes que precisei e pude contar com o auxílio de vocês, foi essencial à realização deste trabalho.

Agradeço a todos que estiveram presentes durante essa caminhada, tendo a certeza que cada um deixa sua contribuição no resultado final e faz a jornada valer mais à pena.

RESUMO

O Brasil é o maior produtor de sacas de grãos de café verde, sendo a população brasileira a maior consumidora de bebida de café do mundo. Diversos parâmetros fazem essa bebida ser tão apreciada pelo consumidor, destacando-se as características sensoriais e seu efeito estimulante, que é causado pela presença da cafeína. Neste sentido, a etapa de torra é fundamental porque é onde ocorrem importantes mudanças químicas que conferem ao café o sabor, aroma e cor peculiar. As espécies *Coffea arabica* (café arábica) e *Coffea canephora* (café conillon) são as mais utilizadas pelas torrefadoras de café a nível mundial, isso por causa de suas altas produtividades e bons rendimentos a nível industrial. O Brasil, com seu vasto território e clima diversificados, é capaz de produzir ambas as espécies de maneira bastante expressiva, o que deixa o país em posição de destaque em relação à exportação de café. As indústrias torrefadoras trabalham a partir de uma combinação dessas duas variedades, o chamado *blend*. Os *blends* são elaborados a partir da mistura de diferentes variedades e safras para obter características que personalizem os sabores e aromas do produto final. Para este trabalho foram elaborados onze *blends*, de acordo com um planejamento fatorial 2^3 , onde foram feitas diferentes combinações de concentrações de *Coffea arabica* em relação ao *Coffea canephora*, submetidos à diferentes condições de torra, variando-se o tempo e a temperatura. Os *blends* foram torrados, moídos e em seguida foram realizadas as análises de granulometria, perda de massa, rendimento, teor de umidade, teor de cinzas, densidade aparente, cor, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, índice de acidez, ácidos graxos livres, lipídeos, índice de saponificação, açúcares redutores, proteínas, carboidratos por diferença, extrato aquoso e teor de cafeína. Todos os *blends* de café foram classificados como torra fina, mostraram baixa perda de massa, e, conseqüentemente, bom rendimento. A densidade foi mais elevada para os *blends* com maior concentração do *Coffea canephora*. O pH e a cor foram os parâmetros mais influenciados pelo grau de torra. Os valores de umidade, sólidos solúveis totais, extrato aquoso, cafeína e lipídeos estavam de acordo com o exigido pela legislação. A partir da análise de todos os aspectos avaliados, foi possível evidenciar a influência das concentrações das variedades de café nos *blends*, bem como das condições de torra no experimento, esses efeitos foram demonstrados através de Gráficos de Pareto. Por fim, foi observado que os experimentos elaborados com 31,25% de café arábica e 68,75% de café conillon, torrados a 170 °C por 12 min, mostraram bons resultados, e pode ser um padrão adotado pelas indústrias torrefadoras de café, sendo uma boa combinação para a formulação do café do tipo tradicional, que é o tipo de bebida de café mais consumido no Brasil.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, Torra, Otimização de processo.

ABSTRACT

Brazil is the largest producer of sacks of green coffee beans, and the Brazilian population is the largest consumer of coffee drinks in the world. Several parameters make this drink so appreciated by the consumer, highlighting the sensory characteristics and its stimulating effect, which is caused by the presence of caffeine. In this sense, the roasting stage is fundamental because it is where important chemical changes occur that give the coffee the peculiar taste, smell and color. The *Coffea arabica* (arabica coffee) and *Coffea canephora* (conillon coffee) species are the most used by coffee roasters worldwide, due to their high yields and good industrial yields. Brazil, with its vast territory and diverse climate, is able to produce both species in a very expressive way, which leaves the country in a prominent position in relation to coffee exports. The roasting industries work from a combination of these two varieties, the so-called *blend*. The blends are made from the blending of different varieties and vintages to obtain characteristics that personalize the flavors and aromas of the final product. For this work, eleven *blends* were elaborated, according to a factorial design 2^3 , where different combinations of *Coffea arabica* concentrations were made in relation to *Coffea canephora*, submitted to different roasting conditions, varying the time and the temperature. The *blends* were roasted, milled and then the granulometry analyzes were performed, moisture content, ash content, apparent density, color, pH, total soluble solids, total titratable acidity, acid number, free fatty acids index, lipid content, saponification index, reducing sugars, proteins, carbohydrates by difference, aqueous extract and caffeine content. All coffee *blends* were classified as fine roasted, showed low mass loss, and, consequently, good yield. The density was higher for the *blends* with higher concentrations of *Coffea canephora*. The pH and color were the parameters most influenced by the degree of roasting. The values of moisture, total soluble solids, aqueous extract, caffeine and lipids were in accordance with the legislation. From the analysis of all the evaluated aspects, it was possible to show the influence of the concentrations of the coffee varieties in the blends, as well as the roasting conditions in the experiment, these effects were demonstrated through Pareto Graphs. Finally, it was observed that the experiments with 31.25% arabica coffee and 68.75% conillon coffee roasted at 170 °C for 12 min showed good results, and may be a standard adopted by the roasting coffee industries, being a good combination for the formulation of traditional coffee, which is the type of coffee most consumed in Brazil.

Key words: *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, roast, Process optimization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 (A) Café arábica cru.....	26
FIGURA 1 (B) Café arábica torrado.....	26
FIGURA 2 (A) Café conillon cru.....	26
FIGURA 2 (B) Café conillon torrado.....	26
FIGURA 3 Estrutura Molecular da Cafeína (C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂).....	32
FIGURA 4 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Perda de Massa.....	49
FIGURA 5 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Rendimento.....	50
FIGURA 6 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Umidade.....	51
FIGURA 7 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Densidade Aparente.....	53
FIGURA 8 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Luminosidade.....	54
FIGURA 9 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente pH.....	56
FIGURA 10 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Extrato Aquoso.....	61
FIGURA 11 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Cinzas.....	72
FIGURA 12 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Sólidos Solúveis Totais.....	72
FIGURA 13 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Acidez Total Titulável.....	73
FIGURA 14 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Índice de Acidez.....	73
FIGURA 15 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Ácidos Graxos Livres.....	74

FIGURA 16 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Lipídeos.....	74
FIGURA 17 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Índice de Saponificação.....	75
FIGURA 18 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Açúcares Redutores.....	75
FIGURA 19 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Proteína.....	76
FIGURA 20 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Extrato Aquoso.....	76
FIGURA 21 Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Cafeína.....	77

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Características agronômicas das variedades de café arábica e conillon.....	17
TABELA 2 Composição média dos constituintes nas variedades arábica e conillon....	19
TABELA 3 Características específicas para tipos de café tradicional, superior e <i>gourmet</i>	22
TABELA 4 Características gerais de torra clara, média e escura.....	24
TABELA 5 Parâmetros e níveis do planejamento fatorial – <i>Blends</i> de café arábica e conillon.....	35
TABELA 6 Planejamento Experimental - <i>Blends</i> de café arábica e conillon.....	36
TABELA 7 Classificação da moagem do café torrado e moído.....	37
TABELA 8 Resultados dos parâmetros avaliados nos 11 experimentos.....	47

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café

AGL - cidos Graxos Livres

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ATT - Acidez Total Titulável

IA - ndice de Acidez

IS - ndice de Saponificação

PM - Perda de Massa

SST - Sólidos Solúveis Totais

ρ_{ap} - Densidade Aparente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 O CAFÉ	18
2.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFÉ.....	19
2.3 <i>Coffea arabica</i> L.....	20
2.4 <i>Coffea canephora</i> P.	21
2.5 ELABORAÇÃO DE BLENDS.....	22
2.6 TORREFAÇÃO.....	24
2.7 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	25
2.8 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ASSOCIADOS AO CAFÉ.....	26
2.8.1 Cor.....	27
2.8.2 Acidez Total Titulável e pH.....	28
2.8.3 Sólidos Solúveis Totais	29
2.8.4 Ácido clorogênico	30
2.8.5 Lipídeos	30
2.8.6 Carboidratos.....	31
2.8.7 Proteínas	32
2.8.8 Extrato Aquoso	32
2.8.9 Cafeína	33
2.9 Tratamento Estatístico.....	34
2.9.1 Planejamento Experimental.....	34
2.9.2 Gráficos de Pareto	35
3 MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1 COLETA DA MATÉRIA-PRIMA	36
3.2 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS.....	36
3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS BLENDS DE CAFÉ ARÁBICA E CONILLON.....	37
3.3.1 Análises Físico- Químicas.....	38
3.3.1.1 Granulometria	38
3.3.1.2 Perda de massa.....	38
3.3.1.3 Rendimento	39
3.3.1.4 Teor de umidade	39

3.3.1.5 Teor de Cinzas.....	39
3.3.1.6 Densidade aparente.....	40
3.3.1.7 Cor.....	40
3.3.1.8 pH.....	40
3.3.1.9 Sólidos Solúveis Totais.....	41
3.3.10 Acidez Total Titulável (Ácido Clorogênico).....	41
3.3.1.11 Índice de acidez (IA)/ Ácidos graxos livres (AGL).....	41
3.3.1.12 Lipídeos.....	42
3.3.1.13 Índice de saponificação (IS).....	43
3.3.1.14 Açúcares Redutores.....	43
3.3.1.15 Proteínas.....	44
3.3.1.16 Carboidrato por diferença.....	44
3.3.17 Extrato Aquoso.....	45
3.3.1.18 Teor de Cafeína.....	45
3.4 Análise dos Dados.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 GRANULOMETRIA.....	49
4.2 PERDA DE MASSA.....	49
4.3 RENDIMENTO.....	50
4.4 TEOR DE UMIDADE.....	51
4.5 TEOR DE CINZAS.....	53
4.6 DENSIDADE APARENTE (P_{AP}).....	53
4.7 COR.....	54
4.8 PH.....	56
4.9 SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS.....	57
4.10 ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ÁCIDO CLOROGÊNICO EM GRAMAS DE AMOSTRA).....	57
4.11 ÍNDICE DE ACIDEZ/ ÁCIDOS GRAXOS LIVRES.....	58
4.12 LIPÍDEOS.....	59
4.13 ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (IS).....	59
4.14 AÇÚCARES REDUTORES.....	60
4.15 PROTEÍNAS.....	60
4.16 CARBOIDRATOS POR DIFERENÇA.....	61
4.17 EXTRATO AQUOSO.....	61

4.18 TEOR DE CAFEÍNA	62
5 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE	72

1 INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos agrícolas mais valorizados no Brasil, gerando grande riqueza e desenvolvimento para a economia do país. É definido como a semente sadia e limpa das diversas espécies do gênero *Coffea* (HALAL, 2008). Os grãos de café passam por uma longa sequência de etapas envolvendo diferentes operações unitárias, até chegar ao produto final, que é extremamente apreciado pela população devido suas características marcantes, principalmente de aroma e sabor.

Mundialmente, as duas espécies mais produzidas com a finalidade de processamento industrial são as *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, produzindo os cafés conhecidos como café arábica e café conillon, respectivamente. Essas espécies possuem bom rendimento e dão boas características sensoriais à bebida. Assim, elas são utilizadas formando um *blend*, que mistura as duas variedades de café, com o objetivo de melhorar o produto final.

O consumo da bebida café no Brasil está inserido como um hábito cultural que atinge diferentes regiões geográficas, faixas etárias e classes sociais. Ao final de 2018, a pesquisa anual de estimativa de consumo de café no Brasil, realizada pela Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC), apontou que o brasileiro se tornou a população que mais consome a bebida no mundo, passando inclusive os Estados Unidos, que antes ocupava o primeiro posto do *ranking*.

A bebida de café é bastante conhecida pelo seu efeito estimulante, que é resultado da presença da cafeína, componente mais conhecido do grão de café. Entretanto existem diversos outros compostos no café, incluindo alguns minerais como, potássio, zinco, ferro, cobre; aminoácidos como arginina, alanina, glicina; açúcares como sacarose, glicose, frutose; lipídeos, ácidos orgânicos, entre outros.

A composição do grão verde de café é bastante ampla e, o seu processo de transformação para o conhecido produto final é extremamente complexo, fazendo com que o café seja um dos produtos agrícolas que mais sofrem alterações até chegar ao ponto de consumo. Dentro da cadeia produtiva de café, a etapa que mais merece destaque é a torrefação dos grãos. É nesta etapa que o grão de café passa por diversas mudanças que conferem a ele a cor, o aroma e o sabor desejado, além de ser nessa etapa que ocorre degradação, ou ainda, atenuação de diversos compostos.

A etapa de torrefação dos grãos deve ser cuidadosamente controlada. O binômio tempo x temperatura deve ser estudado, de modo que, gere um produto final de sabor,

cor e aroma agradáveis e equilibrados, atingindo a expectativa do consumidor. E, ainda, que a composição físico-química após o processo esteja de acordo com os padrões exigidos pela legislação competente.

O apreço do consumidor brasileiro pela bebida café é muito expressivo e faz com que a indústria busque sempre melhorias que atendam às necessidades e exigências dos consumidores. Considerando que o café não possui valor nutricional relevante, sendo consumido apenas pela sensação agradável que é capaz de proporcionar, é de extrema importância que as indústrias atentem para os aspectos de qualidade e inovações de produtos que agradem o consumidor.

O consumidor brasileiro está cada vez mais exigente com a qualidade do produto adquirido, além disso, está buscando produtos mais diferenciados, um exemplo disso é o consumo crescente de cafés do tipo *gourmet*, que têm padrões de qualidade mais elevados, destacando-se também os cafés em cápsula, uma inovação recente que vem sendo incorporada ao cotidiano dos consumidores. Entretanto, o café do tipo tradicional, é ainda, o mais buscado por grande parte da população, seja pelo seu custo mais acessível ou pelo conhecimento geral do público sobre a qualidade já conhecida do produto.

Um estudo realizado pela Euromonitor International, em 2018, mostra que o brasileiro consome uma média de 661 xícaras de café torrado e moído por ano, um valor que é considerado 9 vezes acima da média global. E, ainda, que em 2017, cerca de 80% do café consumido no país foi do tipo tradicional (SALADO, 2018).

Diante disso, esse trabalho teve como objetivo traçar o perfil físico-químico de *blends* elaborados com café arábica e conillon submetidos à diferentes condições de torrefação. Sabendo-se que as características físico-químicas e sensoriais são afetadas por diversas variáveis no processamento do café, buscou-se compreender os principais fatores que interferem no resultado final do café torrado e moído e interações destes associados à qualidade final da bebida de café, para isso foi elaborado um planejamento fatorial 2^3 utilizando as variáveis tempo de torrefação, temperatura de torrefação e concentração das variedades de café arábica e conillon.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O CAFÉ

A planta de café é membro da família dos Rubiaceae, que inclui mais de 6 mil espécies, a maioria delas arbustos tropicais. Existem pelo menos 25 espécies importantes, todas originárias da África e de algumas ilhas do Oceano Índico. São arbustos que medem de 2,0 a 2,5 metros de altura, podendo atingir até 10 metros. Do ponto de vista econômico, as 2 espécies mais importantes cultivadas no mundo são a *Coffea arabica* L. e a *Coffea canephora* P. (conhecida como conillon ou robusta) (FERNANDES *et al.*, 2001).

A qualidade e grande produtividade dessas espécies fazem com que elas sejam utilizadas mundialmente, como matéria-prima de indústrias de café de diversos segmentos. A Tabela 1 a seguir apresenta as principais características agrônômicas de cada uma das espécies.

Tabela 1. Características agrônômicas das variedades de café arábica e conillon

Parâmetros	Arábica	Conillon
Cromossomos	44	22
Tamanho dos arbustos (m)	2,5-4,5	4,5-6,5
Folhas	Pequenas ovais	Grandes, mais claras
Flores	Pequenas	Grandes
Formato da Semente	Ovulada	Arredondada
Tamanho da semente (mm)	5-13	4-8
Maturação (meses)	7-9	9-11
Clima ideal	Temperado (12-22 °C)	Equatorial (22-26 °C)
Altitude (m)	600-2200	0-800

Fonte: Eugênio, 2011

O café durante o seu período de maturação, apresenta diversas modificações químicas que conduzem a um ponto ideal de colheita, garantindo que os grãos irão gerar uma bebida de boa qualidade sensorial. A maturação do café dá-se início com o aumento da atividade respiratória e com a síntese do etileno, proporcionando o metabolismo de açúcares e ácidos, a degradação da clorofila e síntese de pigmentos responsáveis pela mudança da coloração da casca, que passa de verde para vermelho, além disso, ocorre diminuição de adstringência e síntese de compostos voláteis como aldeídos, ésteres, cetonas e álcoois, que são responsáveis por caracterizar o aroma do fruto maduro (LEITE, 1991).

O sabor e aroma da bebida de café conferem grande aceitação por parte do público a este produto, cujo consumo se tornou um hábito mundial e está inserido na cultura de muitas regiões. Assim, os interesses do mercado consumidor por cafés especiais são cada vez mais crescentes, e provocam a adoção de novas tecnologias de produção e preparo de cafés de melhor qualidade. A indústria cafeeira está sempre inovando em técnicas que garantam a qualidade de seus produtos, além de desenvolver novos sabores que atendem aos anseios do mercado mundial (ROCHA; FERREIRA, 2001).

2.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFÉ

Uma característica peculiar da bebida de café é o fato de não possuir valor nutricional significativo, sendo consumida basicamente devido aos efeitos fisiológicos e psicológicos relacionados à presença da cafeína e, além disso relacionados ao prazer e satisfação que seu aroma e sabor são capazes de proporcionar, além de aspectos culturais aos quais o café também está envolvido (HALAL, 2008).

Dentre os componentes do café, a cafeína é o mais conhecido, devido às suas propriedades fisiológicas e farmacológicas, principalmente as relacionadas ao efeito na redução do sono e também às suas propriedades estimulantes (NOGUEIRA; TRUGO, 2003).

O sabor e o aroma da bebida de café são bastante complexos, resultantes da presença de vários constituintes químicos voláteis e não voláteis, onde se destacam os ácidos, aldeídos, cetonas, açúcares, proteínas, ácidos graxos, compostos fenólicos,

incluindo também a ação de enzimas em alguns destes constituintes, gerando produtos que interferirão no sabor da bebida (SARRAZIN *et al.*, 2000).

Segundo TOCI (2006) a composição química do café cru depende da espécie e também de fatores associados às práticas agrícolas, além de, grau de maturação do fruto do café, processamento primário e condições de estocagem.

O grão verde de café contém uma vasta diversidade de compostos químicos, estes reagem e interagem em todos os estágios do processamento do café, criando um produto final com uma característica única e de complexa estrutura. Destaca-se que cada espécie possui variações em seus componentes, que irão caracterizar diferenças sensoriais entres elas (ALESSANDRINI *et al.*, 2008). A Tabela 2 abaixo mostra os principais constituintes entres as variedades de café arábica e conillon.

Tabela 2. Composição média dos constituintes nas variedades arábica e conillon

Constituintes	Composição média (%)			
	Arábica cru	Arábica torrado	Conillon cru	Conillon torrado
Cafeína	0,9-1,2	1,0-1,3	1,6-2,0	1,7-2,4
Trigonelina	1,0-1,2	0,5-1,0	0,7-1,0	0,3-0,7
Cinzas	3,0-4,2	3,0-4,5	4,0-4,4	4,0-6,0
Ácido clorogênico	5,5-8,0	2,5-4,5	7,0-10,0	3,8-4,6
Outros ácidos	1,5-2,0	1,0-2,4	1,5-2,0	1,0-2,6
Sacarose	6,0-8,0	0,0	5,0-7,0	0,0
Açúcares redutores	0,1-1,0	0,2-0,3	0,4-1,0	0,2-0,3
Polissacarídeos	44,0-55,0	24,0-39,0	37,0-47,0	25,0-37,0
Proteínas	11,0-13,0	7,8-10,4	11,0-13,0	7,8-10,4
Aminoácidos	0,5	0,0	0,8	0,0
Lipídeos	14,0-16,0	14,0-20,0	9,0-13,0	11,0-16,0
Sólidos Solúveis	23,8-27,3	26,8-30,1	26,0-30,0	28,0-32,0

Fonte: Eugênio, 2011

2.3 *Coffea arabica* L.

O grupo arábica é a espécie mais complexa do gênero *Coffea*, tem 44 cromossomos, que conferem ao café diferentes nuances e sabores. É uma planta delicada, que se desenvolve em altas altitudes, acima de 800 m, sendo geralmente plantada entres os trópicos (MATIELLO, 2017). O café arábica origina sabor suave, aromático, mais fino e requintado que pode ser bebido puro, sem haver mistura com outra variedade de café (ROSSETTI, 2007).

A produção de café arábica concentra-se principalmente em Minas Gerais, São Paulo e Paraná (MORAIS et al., 2008). Minas Gerais concentra a maior área com a espécie, 1.207 mil hectares, correspondendo a 70% da área ocupada com café arábica, em âmbito nacional (CONAB, 2018). Com relação à safra 2017/18 no Brasil, estimou-se um volume de 94,88 milhões de sacas.

O café do tipo arábica é bastante utilizado para a produção de cafés “gourmet” (ABIC, 2018) e esse setor tem um crescimento significativo, demonstrando o interesse do público consumidor por uma bebida de qualidade superior.

2.4 *Coffea canephora* P.

A espécie *C. canephora* Pierre, conhecida como café conillon, ou ainda, café robusta, é uma planta que se multiplica por fecundação cruzada, principalmente pela ação do vento e dos insetos (EUGÊNIO, 2011). As plantas dessa espécie, propagadas por sementes, não reproduzem as mesmas características genéticas desejáveis da planta matriz, apresentando variações quanto à estrutura da planta, produtividade, resistência, época de maturação do fruto, tamanho e forma das sementes, dos frutos e das folhas (AMARAL et al., 2007).

Trata-se de uma planta rústica, resistente à seca, a pragas e doenças (FERRÃO et al., 2004), por este motivo, sua plantação exige menos do local de plantio e do agricultor, e, assim, é comercializada a preços inferiores aos das sacas de café arábica. Além disso, pode tolerar temperaturas mais elevadas e deficiência hídrica, destacando-se também por ter uma produtividade mais elevada em comparação à variedade arábica (CONAB, 2018).

A safra 2017/18 no Brasil teve um volume estimado de 64,87 milhões de sacas de café conillon. Mundialmente, destacam-se também na produção de café conillon o Vietnã, Indonésia e Índia (AQUINO, 2018).

No Brasil, a grande maioria das lavouras de café conillon localiza-se no estado do Espírito Santo, em seguida, tem-se os estados de São Paulo, Paraná, Bahia e Rondônia (MORAIS et al., 2009). O café conillon é adicionado ao café arábica, primeiramente com objetivo de redução de custo e aumento do rendimento, mas também com grande potencial para balancear o sabor e o corpo da bebida, destacando-se na produção de café solúvel, isso porque a variedade conillon apresenta um teor

elevado de sólidos solúveis, o que é uma característica fundamental para a produção deste tipo de bebida (MALAVOLTA, 2000; MORAIS *et al.*, 2009).

2.5 ELABORAÇÃO DE *BLENDS*

As variedades de espécies do gênero *Coffea*, com suas características e composições químicas específicas, podem gerar diversas combinações que resultam na melhoria da qualidade da bebida de café, ou, ainda, lhe confere um sabor diferenciado (BRASIL, 2010).

À essa combinação é dado o nome de *blend*, que tem por objetivo aproveitar o potencial sensorial de cada variedade de café, combinando-as de tal forma que enriqueçam o perfil de sabor, aroma, textura e cor do produto final.

A elaboração do *blend* proporciona ao produto final uma expressiva capacidade de competição no mercado, tendo em vista o maior rendimento industrial. Além disso, a combinação de variedades de café ainda apresenta vantagem em relação aos custos no processo industrial, considerando um maior preço de comercialização do café arábica em relação ao conillon, apesar das características tecnológicas de ambas variedades serem de igual qualidade e importância (IVOGLO *et al.*, 2008).

Com a prática do *blend*, é possível, misturar acidez com doçura, muito encorpado com pouco encorpado, de tal forma que a mistura forneça uma bebida específica para o produto final desejado (CBP&D/Café, 2004).

A formação de *blends* se expandiu mais fortemente a partir do crescimento da indústria de café solúvel no Brasil, por volta da década de 50. A indústria de café solúvel encontrou na espécie *C. canephora* um produto mais adequado para as suas exigências, por esta possuir uma quantidade mais elevada de sólidos solúveis, e foi utilizada principalmente na formação de *blends* com o café arábica (CORTEZ, 1998).

Os *blends* podem ser feitos antes ou depois da torra, essa escolha varia de acordo com as características da torrefadora, tipo de torrador utilizado, fluxo de etapas na indústria e também destinação do produto final.

Nos *blends* feitos antes da torra, são combinadas características de café semelhantes, ajustando-se as concentrações necessárias para satisfazer a exigência do mercado, do produto em questão e também manter uma padronização adequada. A

vantagem deste método é a consistência do produto, tendo como desvantagem a incapacidade de aperfeiçoar as características de cada variedade de café individualmente. Nos *blends* feitos depois da torra, os diferentes cafés são torrados separadamente, assim cada um passa pelo processo de torra de acordo com o binômio tempo e temperatura adequado a cada variedade. Depois da torra, cada café é provado individualmente (através da prova de xícara) para em seguida fazer a combinação desejada do *blend* final. A vantagem deste método é a capacidade de aperfeiçoamento das características de cada variedade, entretanto tem como desvantagem a falta de consistência do produto (ILLY; VIANI, 2005).

De acordo com o *blend* elaborado, ele poderá ser destinado a tipos de café diferenciados, como o tradicional, superior e o *gourmet*. O *blend* deve gerar um produto final que apresente as características da Tabela 3 a seguir:

Tabela 3. Características específicas para tipos de café tradicional, superior e *gourmet*

Característica	Tradicional ou Extraforte	Superior	Gourmet
Aroma	Fraco a moderado	Característico	Característico, marcante e intenso
Acidez	Baixa	Baixa a moderada	Baixa a alta
Amargor	Fraco a moderadamente intenso	Moderado	Típico
Sabor	Razoavelmente característico	Característico e equilibrado	Característico, equilibrado e limpo
Adstringência	Moderada	Baixa	Muito baixa, leve
Corpo	Pouco encorpado a encorpado	Razoavelmente encorpado	Encorpado, redondo e suave
Qualidade global	Regular a ligeiramente bom	Razoavelmente bom a bom	Muito bom a excelente

Fonte: Norma de Qualidade Recomendável e Boas Práticas de Fabricação de Cafés Torrados em Grão e Cafés Torrados e Moídos, ABIC (2018).

2.6 TORREFAÇÃO

A qualidade final da bebida de café é intrinsecamente relacionada ao grau de torra (tempo e temperatura usados no processo) dos grãos, que influencia diretamente na sua cor, sabor e aroma e também nas características associadas aos parâmetros físico-químicos do café, como acidez, açúcares totais, sólidos solúveis, dentre outras.

Cortez (2001) descreveu o processo da torrefação como sendo a passagem dos grãos de café por um aquecimento de forma controlada, para que seja desencadeada uma série de reações exotérmicas, que irão formar compostos responsáveis pelo sabor e aroma do café, porém, sem que tais reações ultrapassem o ponto ideal e se inicie o processo de carbonização.

Durante o processo de torra ocorrem reações complexas, que conferem ao café o sabor, aroma e cor peculiar (EUGÊNIO, 2011). Dentre as reações que ocorrem, destacam-se as reações de Maillard, formando os compostos chamados melanoidinas, que são pigmentos escuros que auxiliam na formação da coloração característica do café torrado; a degradação de Strecker; a caramelização de açúcares e a degradação de ácidos clorogênicos, proteínas e polissacarídeos (ILLY; VIANI, 1998; RODARTE 2008).

O processo de torrefação pode ser dividido em três etapas consecutivas: secagem, torrefação e resfriamento. Na primeira etapa, ocorre perda de massa devido à eliminação de água e liberação de compostos voláteis presentes nos grãos. Nesse estágio, os grãos mudam da cor verde para uma cor amarelada. Na segunda etapa, ocorre com mais intensidade reações exotérmicas de pirólise, que resultam na modificação da composição química dos grãos, onde alguns componentes são degradados, e outros, formados. As cores dos grãos, nesse estágio, mudam de marrom-claros a escuros por causa, principalmente, da caramelização dos açúcares. Na terceira etapa, faz-se necessária para promover o resfriamento imediato, a nível industrial esta etapa ocorre por meio de injeção de ar frio ou aspersão de água, para evitar a carbonização do produto (CAMPOS, 2016).

O ponto ideal de torra dos grãos de cafés é bastante variável, levando em consideração o produto final desejado, e, principalmente o público consumidor.

A depender do mercado consumidor, varia-se o grau de torrefação, produzindo-se cafés de colorações mais claras, que são apreciados nos Estados Unidos, até

colorações mais intensas, que são apreciados na Europa. No Brasil, as torras médias e moderadamente escuras são as mais utilizadas (TOCI *et al.*, 2006). No entanto, torras excessivas podem ser encontradas em grande parte dos cafés tradicionais de baixa qualidade comercializados no Brasil. Este tipo de torrefação surgiu da necessidade de mascarar defeitos ou baixa qualidade da matéria-prima, como a presença de impurezas, definindo um padrão brasileiro “queimado” que gera uma bebida extremamente escura, amarga e com reduzido aroma (MOURA *et al.*, 2007).

Segundo Moura *et al.* (2007), o grau de torra é evidenciado, principalmente, pela cor do grão, mas também pode ser avaliado por outros fatores, como a perda de massa e o aroma e sabor característicos, além de mudanças químicas de determinados componentes intrínsecos ao grão de café.

Nesse sentido, a torra pode ser classificada como clara, média ou escura e cada uma irá gerar diferentes características na bebida de café, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Características gerais de torra clara, média e escura

Grau de Torra	Características
Clara	Acentuada acidez, suavidade do aroma e sabor, menos amargor
Média	Acentua o aroma e o sabor
Escura	Diminuiu a acidez, acentua sabor amargo, bebida mais escura

Fonte: ABIC, 2013.

2.7 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A economia gerada pela produção de café exerce um papel de extrema relevância para o desenvolvimento econômico do Brasil. O país ocupa a posição de maior produtor e maior exportador de café verde, e ainda, é o líder de consumo mundial da bebida (ABIC, 2018). O café é um dos produtos mais representativos da economia agrícola brasileira, tem grande participação no desenvolvimento nacional, contribuindo para os setores de indústria e serviço, além do setor do campo (ANCELES, 2013).

Segundo o relatório mensal de dezembro de 2017 publicado pelo Conselho dos Exportadores de Café do Brasil (CeCafé), o país exportou mais de 30,7 milhões de

sacas de café verde no ano, com receita de US\$ 5,2 bilhões. Os Estados Unidos foi o país que mais recebeu café exportado do Brasil, seguido pela Alemanha, destacando-se também a Itália, Japão e Bélgica.

A cadeia produtiva de café é responsável pela geração de mais de oito milhões de empregos no Brasil, promovendo renda, acesso à saúde e à educação para os trabalhadores e suas famílias (MAPA, 2017).

Deste modo, a importância da cafeicultura para o Brasil traduz-se pela sustentação econômica dos setores de produção, comercialização, industrialização e consumo, relacionados à cultura, e pela distribuição de renda a diversos segmentos da economia no país (FERREIRA, 2010).

O Brasil dispõe de grandes extensões de terra de diferentes altitudes e produz, conseqüentemente, uma grande variedade de tipos de bebidas, o que o favorece em relação aos outros países concorrentes. Além disso, destaca-se no processo de desenvolvimento tecnológico, nos ramos de irrigação e mecanização, o que lhe garante a competitividade no mercado internacional (MORAIS *et al.*, 2008).

Para o ano de 2018, a área total plantada com as variedades arábica e conillon está estimada em 2.168,6 mil hectares (AQUINO, 2018).

No mapeamento por estados, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Bahia são os estados maiores produtores de café do país, sendo o estado mineiro destaque na produção, chegando a ser responsável por mais de 50% da produção total nacional (CONAB, 2018).

Em relação ao volume da produção brasileira, o ranking dos seis maiores estados produtores em 2018, em ordem decrescente, é: Minas Gerais, com 30,7 milhões de sacas, que corresponde a 53% da produção total; em seguida, Espírito Santo, com 12,81 milhões de sacas (22%); São Paulo, com 6,07 milhões de sacas (10%); Bahia, com 4,50 milhões de sacas (8%), seguido por Rondônia, 2,19 milhões de sacas (4%) e, por fim, Paraná, sexto estado produtor, com 2%, produzindo 1,05 milhão de sacas (EMBRAPA, 2018).

2.8 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ASSOCIADOS AO CAFÉ

Diversas são as formas de classificação dos grãos de café, que são avaliados, principalmente, por características físicas, as quais incluem as características de cor,

formato, tamanho e presença de defeito nos grãos. Essas características estão relacionadas com o plantio, tipo de solo, altitude, colheita, espécie e são importantes para avaliar a qualidade do café.

Para o café torrado e moído, produto pronto para ser destinado ao consumidor final, a classificação baseia-se na avaliação de parâmetros físico-químicos e atributos sensoriais. Ambos os fatores estão intrinsecamente relacionados ao beneficiamento dos grãos de café e, mais especificamente, às condições de torra. As características físico-químicas influenciam diretamente nos aspectos sensoriais do café, que levam à aceitação ou rejeição por parte do consumidor.

Assim, faz-se muito importante a análise de parâmetros físico-químicos intrínsecos ao café, cada um com sua devida relevância e influência na qualidade final do produto.

2.8.1 Cor

Nos grãos crus, é possível diferenciar as variedades de café arábica e conillon apenas pela diferença das colorações. A coloração do grão de café é altamente modificada durante o processo de torrefação, no qual o grão passa de uma cor amarela esverdeada para a cor escura característica do café torrado (Figura 1a e 1b; Figura 2a e 2b).

Figura 1. (a) Café arábica cru



(b) Café arábica torrado



Fonte: Autor, 2018

Figura 2. (a) Café conillon cru



(b) Café conillon torrado



Fonte: Autor, 2018

A coloração é o parâmetro mais utilizado para descrever a torra do café, que é classificado, de acordo com a luminosidade, como claro, médio ou escuro (SACCHETTI *et al.*, 2009).

Sacchetti *et al.* (2009) e Moura *et al.* (2007) identificam as condições de torra apenas pelo valor L^* , onde para torra clara $L^* > 35$, torra média $L^* > 25 < 35$ e torra escura $L^* < 25$. Por esta classificação também é possível determinar torras muito claras, moderadamente claras, muito escuras e moderadamente escuras.

O café submetido a processos de torra mais amenos possui acidez mais acentuada, pouco aroma, corpo e doçura moderada. Entretanto, na torrefação mais escura, a acidez é reduzida, o aroma é acentuado, mas nem sempre agradável, e a doçura é substituída por amargor mais intenso. Também é observado uma maior perda de massa dos grãos que passam por torrefação mais drásticas, estes perdem grande parte da umidade, além de uma fração de material orgânico (SANTOS, 2010).

De modo geral, os cafés com melhor qualidade global são àqueles cujo binômio tempo/temperatura do processo de torra é muito bem estudado, do ponto de vista dos atributos físico-químicos e também da preferência do consumidor.

2.8.2 Acidez Total Titulável e pH

A acidez característica da bebida de café é um atributo importante na qualidade sensorial deste; sabe-se que essa característica varia com diversos fatores como o estágio de maturação dos frutos, local de origem, espécie, tipo de colheita, dentre outros (SIQUEIRA; ABREU, 2006).

O teor de acidez é mais elevado nos grãos defeituosos, chamados pretos e ardidos, que são aqueles provenientes de colheitas tardias e processo de secagem inadequada, havendo fermentações prolongadas. Assim, uma acidez muito elevada na bebida de café está relacionada a baixa qualidade deste, uma vez que, pode estar associado à presença desses grãos (AGNOLETTI, 2015; MARTINEZ *et al.*, 2013).

A acidez é determinada pela concentração do íon de hidrogênio (pH), o qual está relacionado com o grau de ionização ou de dissociação de um determinado ácido presente em uma solução aquosa ácida ou da mistura de ácidos. No café, podem ser encontrados ácidos orgânicos não voláteis, como ácido cítrico (0,5%), málico (0,5%), oxálico (0,2%) e tartárico (0,4%) (WOODMAN, 1985).

O teor de acidez dos grãos de café é reduzido após a torra, percebido pelo aumento do pH, tornando a bebida mais palatável, sem excesso de amargor ou acidez (OLIVEIRA, 2014).

O grau de torra também é muito importante no que diz respeito à acidez da bebida de café, é percebido que em torras de coloração mais clara a acidez é mais acentuada, em comparação à acidez moderada promovida por uma torra mais escura (MELO, 2004).

2.8.3 Sólidos Solúveis Totais

O conteúdo de sólidos solúveis totais (SST) no café é importante, principalmente, para garantir o “corpo” da bebida. A fração de SST é composta por cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos, dentre outros compostos (AGNOLETTI, 2015).

Deste modo, durante o processo de torra, o teor de sólidos solúveis é reduzido, como consequência da perda de ácidos orgânicos e da volatilização de alguns compostos no processo térmico (MENDONÇA *et al.*, 2005).

Assim como todos os compostos que fazem parte da composição química do café, o teor de SST é variável de acordo com a espécie, onde são relatados estudos que comprovam uma maior quantidade desses compostos na variedade conillon, tendo em média 26,07-30,6%, em relação a 23,85-27,31% na variedade arábica (AGNOLETTI, 2015).

O teor de SST mais elevado é muito importante para as características específicas do café solúvel, o qual se trata de um café próprio para o consumo mais rápido constituído por grânulos maiores que devem ser rapidamente dissolvidos em água quente.

Neste sentido, um teor mais elevado de SST contribui para a rápida dissolução do café em água. E, nesse contexto a indústria de café solúvel encontra na espécie *Coffea canephora* uma matéria-prima adequada para esse fim, a qual é bastante utilizada em grandes concentrações nos *blends* com a espécie *Coffea arabica*.

2.8.4 Ácido clorogênico

O termo ácido clorogênico (ACG) é utilizado para se referir a uma família de ésteres formados pela esterificação de um ou mais derivados do ácido trans-cinâmico. Os ACG estão, juntamente com a cafeína, dentre os compostos mais estudados no café, devido a seus atributos relacionados à função antioxidante, e à influência na atuação da dopamina (CAZARIN, UETA, 2014).

Os ácidos clorogênicos sofrem intensa degradação durante o processamento térmico do grão, podendo chegar a uma perda de até 90% em torras escuras, o que faz gerar uma série de compostos voláteis, como os compostos fenólicos, importantes para o “flavor” do café (AGNOLETTI, 2015; NOGUEIRA, TRUGO, 2003).

A composição de ACG no café é extremamente complexa com a presença de pelo menos cinco grupos principais, sendo eles: ácido cafeoilquímico, ácidos dicafeoilquímico, ácidos feruloilquímico, ácidos p-coumaroilquímico e ácidos cafeoilferuloilquímico. Nos grãos de café verde os ACG podem chegar até 14% em peso seco (NASCIMENTO, 2006).

Os ACG, assim como a cafeína, são facilmente solubilizados em água quente, assim, ambos estão presentes na bebida de café, as concentrações destes irão depender da variedade das espécies de café, do processo de torra e da sua estabilidade térmica (NOGUEIRA, TRUGO, 2003).

2.8.5 Lipídeos

O café é rico em óleos, sendo a variedade arábica ainda mais rica comparada a conillon, além disso, após o processo de torra, o teor de lipídeos tende a aumentar, devido, principalmente à degradação de carboidratos durante o processamento térmico (VIDAL, 2001; SILVA, 2007). Os teores de lipídeos variam, principalmente, de acordo com a composição inicial da matéria-prima e do grau de torra (SILVA, 2007).

A maior parte dos óleos que estão presentes no café é constituída por frações de ácido palmítico (34,5%) e linoleico (40,3%) (TURATTI, 2001; VIDAL, 2001).

Os ácidos graxos insaturados, dentre eles, o linoleico, que possui presença expressiva nos grãos de café, apresentam elevada propensão à auto-oxidação, sendo a

velocidade da reação aumentada pelo número de insaturações de cada molécula (PÉREZ-GALVÉS *et al.*, 2004).

A oxidação do café é iniciada nos grãos ainda crus, e, reflete-se nas características do produto final, sendo uma das principais causas de perdas do produto (QUAST; AQUINO, 2004). O teor lipídico do café torrado e moído é uma característica importante a ser estudada, pois a oxidação dos lipídeos no café causam graves modificações no sabor e odor do produto, que por consequência, depreciam a qualidade do mesmo (PÁDUA *et al.*, 2002).

2.8.6 Carboidratos

O principal carboidrato presente no grão verde é a sacarose. Em geral, grãos de café arábica possuem maior teor de sacarose do que os grãos da variedade conillon, e, durante a torra a sacarose é rapidamente degradada, restando apenas uma pequena quantidade no grão torrado (MUIINHOS, 2017).

Durante a torra, os teores de açúcares totais são significativamente reduzidos, e essa redução depende bastante do grau de torra utilizado e da composição inicial do grão café (LOPES, 2000).

Os açúcares totais são constituídos pela soma dos açúcares redutores, como glicose e frutose, com os açúcares não redutores, representados pela sacarose (PEREIRA, 2008).

Os carboidratos, no café, atuam como precursores do sabor e aroma característicos, a partir da origem de várias substâncias como furanos, aldeídos e ácidos carboxílicos, que influenciam na qualidade final do produto (AGNOLETTI, 2015).

Os açúcares têm grande importância durante a torra, na formação da cor, onde reagem com aminoácidos, pela Reação de Maillard, dando origem as melanoidinas, compostos desejáveis responsáveis pela cor marrom do café torrado, e também compostos voláteis responsáveis pelo aroma do café (AGNOLETTI, 2015; MUIINHOS, 2017).

2.8.7 Proteínas

Os atributos sensoriais do café são, em grande parte, provenientes da quebra de proteínas, havendo a formação de compostos aromáticos, bem como a interação dos aminoácidos derivados (SANTOS, 2010).

A contribuição das proteínas para o sabor e aroma específicos do café se dá por meio de reações que ocorrem durante o processo de torrefação, destacando-se a Reação de Maillard, onde os grupamentos amino reagem com os açúcares redutores dando origem a compostos pigmentados, de cor marrom e desejáveis, denominados melanoidinas. Desse modo, as proteínas promovem a formação de diversos compostos importantes para as características sensoriais do café (EUGÊNIO, 2011).

Em decorrência das reações de degradação, o teor de proteína bruta dos grãos de café é diminuído após o processo de torrefação além disso, as diferentes espécies podem apresentar variações quanto a quantidade de proteínas presente, como afirma Fernandes et al. (2013), que comparando as espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, percebeu um maior teor proteico na variedade arábica.

2.8.8 Extrato Aquoso

O extrato aquoso no café torrado e moído refere-se à quantidade de substâncias capazes de solubilizarem em água fervente, sendo também um importante parâmetro para a verificação de fraudes em cafés, pois, a adição de substâncias estranhas interfere no valor desse componente o qual segundo a legislação vigente que regulamenta e fiscaliza a produção de cafés torrados e moídos no Brasil, deve ser de no mínimo 20% (FERNANDES *et al.*, 2003; BRASIL, 1999).

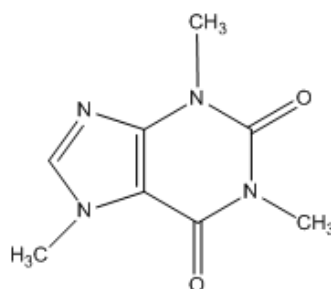
O grau de torra exerce uma influência considerável no teor de extrato aquoso de cafés, Nascimento (2007) observou um teor maior de extrato aquoso para cafés do tipo conillon submetidos à torra moderadamente clara, enquanto que, esse valor foi elevado à medida que a torra tornava-se mais escura.

É desejável no café um maior teor de extrato aquoso, pelo ponto de vista do maior rendimento industrial, e também pela sua contribuição assegurando o corpo da bebida, característica apreciada pelo consumidor (PINTO *et al.*, 2002).

2.8.9 Cafeína

A identidade do café, prioritariamente, se dá pela presença da cafeína (Figura 3). Muitas das propriedades atribuídas a bebida do café são relacionadas a essa substância, que é pertencente à classe das xantinas e conhecida como 1,3,7-trimetilxantina (CAZARIM, UETA, 2014).

Figura 3. Estrutura Molecular da Cafeína (C₈H₁₀N₄O₂)



Fonte: Lima (2010)

Estas substâncias podem apresentar efeitos tóxicos e até letais ao ser humano, entretanto, também apresentam propriedades farmacêuticas quando usadas em doses moderadas, sendo inclusive utilizadas como princípios ativos em uma grande variedade de medicamentos e estimulantes (KOPCAK, 2003).

A cafeína foi o primeiro componente a ser descoberto no café, em 1920, e até os dias atuais, é o mais conhecido e amplamente estudado. A cafeína tem a interessante característica de possuir alta estabilidade térmica, o que permite boa retenção mesmo após o processo de torrefação. A cafeína possui um sabor amargo característico que contribui para a qualidade final do café torrado e moído, e posteriormente, na infusão de café (NASCIMENTO, 2006; NOGUEIRA, TRUGO, 2003).

O teor de cafeína é variável de acordo com a espécie da planta de café, sendo que a *Coffea arabica* L. tem um teor inferior a *Coffea canephora* P., ficando em média 0,7-1,6% e 1,5-4%, respectivamente (SOUZA *et al.*, 2010; JESZKA-SKOWRON, 2015). Devido a boa estabilidade térmica, após o processo de torra esses valores são mantidos ou até mesmo elevados devido às reações térmicas com os demais compostos.

Em temperatura ambiente, a cafeína apresenta-se sob forma de cristais acidulares longos, flexíveis, inodoros, incolores e de sabor amargo (KOPCAK, 2003). Segundo Peters (1967) a dose tóxica da cafeína é de 150-200 mg/kg em humanos, e é estimado

que cerca de 10 g de cafeína administrada por via oral é suficiente para causar a letalidade de indivíduos comuns. A cafeína também tem efeito comprovado de atuar sobre o aumento da concentração de dopamina (neurotransmissor ligado ao prazer) no sangue, fato relacionado aos casos de vício à essa substância, além do fato do efeito sobre a redução do sono (KOPCAK, 2003).

Assim, há muitos estudos relacionados tanto aos fatores farmacológicos quanto toxicológicos da cafeína, que associam a composição química às manifestações clínicas atribuídas a essa substância. Deste modo, avaliando a importância, os atributos e os efeitos fisiológicos da cafeína, que fazem a bebida de café tão característica (CAZARIM, UETA, 2014).

2.9 Tratamento Estatístico

A Estatística tem por objetivo fornecer métodos e técnicas para se lidar da melhor maneira possível com situações sujeitas a incertezas. A Estatística pode ser considerada um conjunto de técnicas e métodos de pesquisa que envolve a planificação de experiências, a coleta e organização de dados, a inferência, o processamento, a análise e a disseminação de informação (SOUZA *et al.*, 2010).

Em virtude da grande quantidade e da complexidade de informações, no contexto da pesquisa científica, torna-se imprescindível o desenvolvimento de artifícios, capazes de delimitar etapas metodológicas mais concisas, propiciando a melhor utilização dos resultados obtidos a partir dos estudos realizados. A partir de uma análise de dados rigorosa, proporcionando a diminuição de erros tornando o resultado mais confiável (MORAIS, 2005).

2.9.1 Planejamento Experimental

Planejar experimentos consiste em definir uma sequência de coletas de dados experimentais para atingir objetivos determinados. Dentre os métodos de planejamento experimental, o planejamento fatorial é o mais indicado quando se deseja estudar os efeitos de duas ou mais variáveis de influência (variáveis independentes), onde todas as combinações possíveis dos níveis de cada variável são investigadas (BARROS NETO *et al.*, 1996).

Em um planejamento fatorial, as repetições de experimentos são de extrema importância e servem para determinar o erro experimental na resposta em estudo e/ou a reprodutibilidade do esquema experimental utilizado (CUNICO, 2008).

Dentre as diversas vantagens da utilização do planejamento fatorial, destacam-se algumas principais, como: redução do número de ensaios sem prejuízo da qualidade da informação; estudo simultâneo de diversas variáveis, separando seus efeitos; determinação da confiabilidade dos resultados; realização da pesquisa em etapas; seleção das variáveis que influenciam um processo com número reduzido de ensaios; representação do processo estudado através de expressões matemáticas; elaboração de conclusões a partir de resultados qualitativos (BUTTON, 2005).

O planejamento fatorial determina quais fatores têm efeitos relevantes na resposta (variável dependente) e também, como o efeito de um fator varia com os níveis dos outros fatores. Além disso, permite estabelecer e quantificar as correlações entre os diferentes fatores (CUNICO, 2008).

A falta da elaboração de um planejamento experimental impossibilita a geração de informações confiáveis, demandando um maior tempo de análise, além de possivelmente não ser avaliada todas as combinações possíveis entre os fatores, o que gera uma menor confiabilidade nos resultados.

2.9.2 Gráficos de Pareto

O gráfico de Pareto tem o aspecto de um gráfico de barras. Cada causa é quantificada em termos da sua contribuição para o problema e colocada em ordem decrescente de influência (LINS, 1993). A utilização dessa ferramenta permite indicar quais os parâmetros e interações têm influências significativas sobre cada variável resposta considerada.

De modo geral, o Gráfico de Pareto permite relacionar efeitos entre as variáveis independentes e as variáveis dependentes, mostrando de forma clara a influência de cada parâmetro estudado na resposta desejada. Geralmente, esse tipo de análise é realizado com um grau de 95% de confiabilidade, o que dá uma boa base científica de confiança aos resultados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Alimentos na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/UAG).

3.1 COLETA DA MATÉRIA-PRIMA

As amostras de café arábica e conillon, as quais compõe os *blends* que foram estudados, foram doadas pela Indústria & Comércio Café Ouro Verde LTDA.

3.2 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS

Para determinação das condições de condução dos experimentos foi elaborado um planejamento fatorial 2^3 com ponto central para os *blends* de café arábica e conillon (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros e níveis do planejamento fatorial – *Blends* de café arábica e conillon

Fator	- 1	0	1
Temperatura (°C)	140	170	200
Tempo (min)	7	12	17
Concentração do café tipo arábica (%)	12,5	31,25	50

Fonte: Autor, 2018.

Como variáveis independentes foram estudadas a temperatura, tempo de torrefação e concentração de café arábica nos *blends*, essas variáveis foram determinadas a partir de variações das condições que são mais comumente utilizadas em indústrias torrefadoras. E, como variáveis dependentes foram avaliadas a granulometria, perda de massa, rendimento, teor de umidade, teor de cinzas, densidade aparente, cor, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável/ ácido clorogênico em gramas de amostra, índice de acidez/ ácidos graxos livres, lipídeos, índice de saponificação, proteínas, carboidratos por diferença, extrato aquoso e teor de cafeína.

A partir da avaliação das interações destas características, foram indicadas condições de produção de *blends* de café arábica e conillon, dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, associados à qualidade físico-química do produto.

Foi realizado um total de 11 experimentos com *blends* de café arábica e conillon. A distribuição de níveis por experimento está apresentada na Tabela 6. Para identificação de quais variáveis foram mais influenciadas pelas diferentes condições de torrefação dos *blends* de café, foi utilizado o software Statistic 7.0. Os resultados processados pelo programa computacional foram representados em gráficos de Pareto, que ilustram a relação e interação entre as variáveis estudadas, indicando as que promovem maior impacto sobre o experimento.

A torra foi realizada em chapas aquecedoras, com controle de temperatura com termopar, seguindo as condições estabelecidas no planejamento experimental apresentado na Tabela 6 e os *blends* foram moídos em moinho convencional.

Tabela 6. Planejamento Experimental - *Blends* de café arábica e conillon

Experimento	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Concentração do café arábica (%)
1	140	7	12,5
2	200	7	12,5
3	140	17	12,5
4	200	17	12,5
5	140	7	50
6	200	7	50
7	140	17	50
8	200	17	50
9	170	12	31,25
10	170	12	31,25
11	170	12	31,25

Fonte: Autor, 2018.

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS *BLENDS* DE CAFÉ ARÁBICA E CONILLON

As amostras de *blends* de café foram caracterizadas em relação a sua granulometria, perda de massa, rendimento, teor de umidade, teor de cinzas, densidade aparente, cor, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável/ ácido clorogênico em

gramas de amostra, índice de acidez/ ácidos graxos livres, lipídeos, açúcares redutores, proteínas, carboidratos por diferença, extrato aquoso e teor de cafeína.

3.3.1 Análises Físico- Químicas

As análises físico-químicas foram realizadas nas amostras de *blends* torrados e moídos, em duplicata, de acordo com os Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008) , ABIC (2013), Campos (2016), Detmann (2012) e Quast e Aquino (2004).

3.3.1.1 Granulometria

A granulometria da amostra foi analisada de acordo com a metodologia elaborada pelo manual da Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC, 2013). Foi realizada por meio de diferentes malhas de peneiras sob agitação e a classificação será com base na porcentagem de retenção em peneiras granulométricas 12, 16, 20, 30 e fundo, em equipamento com agitação por 10 minutos e reostato na posição 5.

Para a classificação da amostra, foram seguidos os parâmetros de moagem de café torrado e moído, determinados pela ABIC, expressos na Tabela 7.

Tabela 7. Classificação da moagem do café torrado e moído

Moagem	% de retenção			Tolerância para a % que passa da Peneira 30	
	Peneira 12 e 15	Peneira 20 e 30	Fundo	Mínimo	Máximo
Grossa	33%	55%	12%	9%	15%
Média	07%	73%	20%	18%	24%
Fina	00%	70%	30%	25%	40%

Fonte: Associação Brasileira da Indústria de Café – ABIC (2013).

3.3.1.2 Perda de massa

A metodologia seguida foi uma modificação da metodologia adotada por Campos (2016).

A massa dos grãos foi determinada em balança analítica de 0,001 g de precisão. A massa percentual foi calculada através da Equação 1.

$$\text{Perda de Massa \%} = \frac{m_o - m_f}{m_o} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

m_o = massa dos grãos crus (g)

m_f = massa dos grãos após a torra (g)

4.3.1.3 Rendimento

O rendimento foi calculado a partir da relação entre a massa obtida dos grãos torrados e a massa após a moagem. O resultado foi expresso em porcentagem, de acordo com a Equação 2.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Massa da amostra torrada (g)}}{\text{Massa da amostra torrada e moída (g)}} \times 100 \quad (2)$$

4.3.1.4 Teor de umidade

A análise de umidade seguiu a metodologia proposta pelo Instituto Adolf Lutz (2008). Primeiramente, foi pesada 1 grama da amostra, que posteriormente foi aquecida por 1 hora em estufa a 105 °C. Após isso, o material foi resfriado em dessecador e, pesado sucessivas vezes até atingir peso constante. Ao atingir este ponto, foi calculada a diferença de massa antes e após o aquecimento. O percentual de umidade presente foi avaliado segundo a Equação 3.

$$\text{Umidade \%} = \frac{100 * N}{P} \quad (3)$$

Onde:

N- Diferença entre a massa da amostra antes e após aquecimento em estufa

P- Número de gramas da amostra.

3.3.1.5 Teor de Cinzas

O percentual de cinzas foi determinado segundo a metodologia do Instituto Adolf Lutz (2008). A amostra que foi submetida à estufa para análise de umidade, foi

aquecida em mufla a 550 °C por 5 h, até a incineração completa da matéria orgânica. A esta temperatura, o resíduo, de cor cinza esbranquiçada, representa toda substância inorgânica proveniente das cinzas. Este resíduo foi pesado e o resultado, que corresponde ao teor de cinzas foi expresso porcentagem (%) segundo a Equação 3.

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{100 \cdot N}{P} \quad (4)$$

Onde:

N- Número de gramas de cinzas, ou seja, a massa após aquecimento em mufla

P- Número de gramas da amostra antes do aquecimento

3.3.1.6 Densidade aparente

A densidade aparente da amostra foi indicada pesando-se uma proveta graduada de 100 mL vazia e posteriormente pesando-a com a adição da amostra, até completar cerca de 50 mL da proveta. Para atingir a graduação de 50 mL mais precisamente, deve-se adicionar a amostra realizando batidas em uma superfície rígida com intervalo de 2 segundos entre cada batida, para que o pó fique compactado na proveta. Após este procedimento, foi realizada a leitura do volume obtido.

A proveta foi pesada para determinar a massa da amostra, descontando-se a tara da proveta vazia previamente pesada. O resultado foi expresso a partir da Equação 4 a seguir:

$$\text{Densidade Aparente} = \frac{\text{Massa pesada(g)}}{\text{Volume lido na proveta(mL)}} \quad (5)$$

3.3.1.7 Cor

A análise de cor foi realizada utilizando um colorímetro portátil manual Konica MINOLTA CR-10, que indica os parâmetros L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul).

3.3.1.8 pH

O pH foi indicado por pHmetro digital (precisão $\pm 0,01\text{pH}$, MARCONI, PA 200). Foi preparada uma solução com a amostra de café, na proporção de 5 gramas da

amostra para 50 mL de água, esta solução foi aquecida, e a partir dela, foi aferido o valor do pH no equipamento previamente calibrado.

3.3.1.9 Sólidos Solúveis Totais

Para realizar a análise de sólidos solúveis totais (SST), foi feita uma solução de 5 gramas da amostra com 50 mL de água destilada, a mistura foi homogeneizada e filtrada. Em seguida, foi pipetada uma alíquota deste extrato em um refratômetro digital da marca Homis modelo HRE-32k. O resultado foi lido no equipamento e expresso em graus Brix, e, posteriormente, convertido para porcentagem de sólidos solúveis totais.

3.3.10 Acidez Total Titulável (Ácido Clorogênico)

A acidez total titulável foi determinada a partir da solução de 5 g de cada amostra para 100 mL de água, aquecida e filtrada. Foram pipetados 10 mL do filtrado e adicionado 50 mL de água destilada. A titulação foi realizada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,2-8,4 controlado em potenciômetro digital. O resultado foi expresso em acidez em solução molar por cento v/m (Equação 5).

$$Acidez = \frac{V * F * 100}{P * C} \quad (5)$$

Onde:

V = nº de mL da solução de hidróxido de sódio 0,5 M gasto na titulação

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,5 M

P = nº de gramas da amostra usada na titulação

c = correção para solução de NaOH 1 M, para solução NaOH 0,5 M.

3.3.1.11 Índice de acidez (IA)/ Ácidos graxos livres (AGL)

Para verificação do índice de acidez (IA) foi seguida a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), com uma adaptação adotada por Quast e Aquino (2004)

Foi pesada 0,5 grama da amostra, e dissolvida em 10 mL de uma solução éter etílico e álcool etílico (2:1), então foi realizada uma titulação com hidróxido de sódio 0,1 M utilizando-se fenolftaleína como indicador. O índice de acidez (IA) foi calculado de acordo com a Equação 6.

$$IA \text{ (mg NaOH/g)} = \frac{40 \cdot V \cdot N}{w} \quad (6)$$

Onde:

V: volume de NaOH gasto na titulação expresso em L

N: normalidade do hidróxido de sódio dada em g/L

W: massa da amostra empregada no ensaio dada em gramas.

Com a finalidade de expressar o percentual de ácidos graxos livres (%AGL) no café torrado e moído, foi efetuada uma relação matemática utilizando o índice de acidez da amostra com base no teor de ácidos graxos de ácido oleico, considerando que um mol do ácido reage com um mol do hidróxido de sódio (MEAT RESEARCH CORPORATION, 1997). Desse modo, foi aplicada a seguinte relação dada pela Equação 7.

$$\% \text{ AGL} \left(mg \frac{NaOH}{g} \right) = 0,7 \text{ IA} \quad (7)$$

3.3.1.12 Lipídeos

A determinação do teor lipídico foi realizada através da metodologia descrita por Detmann *et al.* (2012). A extração foi realizada por meio de extrator tipo Soxhlet, utilizando n-hexano como solvente. Foi realizada a secagem em estufa de cartuchos de papel filtro qualitativo devidamente numerados, pesou-se aproximadamente 1 grama da amostra em seu respectivo cartucho, e, após isso, os cartuchos com as amostras foram acondicionados no extrator. Foi adicionado o n-hexano e iniciado o aquecimento até a ebulição. A extração foi realizada durante aproximadamente 4 horas totalizando 5 viragens para cada extrator. Após transcorrida a extração, os cartuchos foram submetidos à estufa durante 2 horas, foram acomodados em dessecador para resfriamento, e, posteriormente, pesados para obtenção da massa de gordura extraída. O teor de lipídeo foi determinado de acordo com a Equação 8 (DETMANN *et al.*, 2012).

O resultado foi expresso em porcentagem, segundo a Equação 8:

$$\text{Lipídeos totais}(\%) = \frac{100 \cdot N}{P} \quad (8)$$

Onde:

N- Massa do óleo em gramas

P- Massa da amostra em gramas

3.3.1.13 Índice de saponificação (IS)

Para o índice de saponificação (IS) foi seguida a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). Foi solubilizada 2 g da amostra em 25 mL de solução alcoólica de NaOH 0,5 M. Em seguida, a amostra foi aquecida em refluxo por 30 minutos e depois titulada com HCl 0,5 M. O IS foi calculado em mg de NaOH/ g de amostra de acordo com a Equação 9 (LUTZ, 2008).

$$IS \left(mg \frac{KOH}{g} \right) = (20 \cdot C \cdot \frac{V_1 - V_2}{m}) \quad (9)$$

Sendo:

V₁: volume gasto em mL para a titulação do branco

V₂: volume gasto em mL para a titulação da amostra

C: concentração em mol/L da solução de ácido clorídrico

m: massa da amostra em gramas.

3.3.1.14 Açúcares Redutores

Para a determinação de açúcares redutores foi utilizada a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), que é um método espectrofotométrico e utiliza o ácido 3,5:dinitro salicilato (DNS). Preparou-se uma solução a partir de 5 g da amostra diluída com 50 mL de água destilada, aqueceu-se e filtrou-se. Pipetou-se 2 mL desta solução e transferiu-se para um tubo de ensaio, adicionando-se 1 mL do reagente DNS. Em seguida, a amostra foi aquecida em banho maria a 100 °C por 5 min. Depois de resfriada, realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 540 nm. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.3.1.15 Proteínas

O teor de proteína foi calculado através do método de Kjeldahl (DETMANN *et al.*, 2012) com algumas adaptações, para determinação do nitrogênio total. Foi pesado aproximadamente 0,1 g de cada amostra e transferidos para tubos digestores. Posteriormente, foi adicionado 3 mL de ácido sulfúrico e 2 g da mistura catalítica (10 partes de sulfato de potássio para 1 parte sulfato de cobre) aos tubos digestores. Os tubos foram levados para o digestor a 350 °C, na capela, quando a temperatura foi estabilizada manteve-se nesta temperatura durante 2 horas. Após isso, a amostra foi resfriada até temperatura ambiente ainda dentro da capela. Após disso, o material passou pelo processo de destilação em destilador de nitrogênio (Solar, SL-74), no qual foi acrescentado 20 mL de água destilada e 25 mL de hidróxido de sódio (NaOH a 40%). O destilado foi recolhido em um Erlenmeyer de 250 mL, adicionado de 20 mL de solução de ácido bórico (40 g/L) e soluções indicadoras de vermelho de metila 0,1 % e verde de bromocresol 0,1 %. O produto obtido na destilação foi titulado com ácido clorídrico (HCl a 0,005 M). O teor de proteínas (%) foi obtido pela Equação 10.

$$\text{Proteínas (\%)} = \frac{V \times 0,14 \times f}{P} \quad (10)$$

Onde:

V= diferença entre o n° de mL de ácido sulfúrico 0,05 M e o n° de mL de hidróxido de sódio 0,1 M gastos na titulação;

P= n° de gramas da amostra;

f = fator de conversão para alimentos em geral (6,25).

3.3.1.16 Carboidrato por diferença

O teor de carboidratos da amostra foi determinado por diferença de componentes.

A determinação da quantidade total de carboidratos em um alimento é realizada geralmente por diferença (Carb%). Para isso, foram determinadas as quantidades de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos da amostra e, por diferença, calculou-se a quantidade de carboidratos, utilizando a Equação 11:

$$\text{Carb \%} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ gorduras}) \quad (11)$$

3.3.17 Extrato Aquoso

O método consiste de uma extração a quente (ebulição) com água. Pesou-se 2 gramas da amostra em béquer de 50 mL, transferiu-se para um frasco Erlenmeyer de 500 mL com junta esmerilhada com auxílio de 200 mL de água quente.

O frasco foi adaptado ao refrigerador de refluxo e deixado em ebulição por 1 hora. A solução foi transferida ainda quente para um balão volumétrico de 500 mL. O frasco foi lavado com 100 mL de água quente e a água foi transferida também para o balão.

Após resfriado o balão, o volume foi completado com água. A solução foi filtrada para um frasco Erlenmeyer de 500 mL. Foi pipetado 50 mL do filtrado e transferido para um béquer de 100 mL, previamente tarado em estufa a 105 °C.

A solução foi evaporada em banho-maria até a secagem, aquecida em estufa a 105 °C por 1 hora, resfriada em dessecador e pesada. O resultado foi expresso em porcentagem, segundo a equação 12.

$$\text{Extrato Aquoso}(\% m/m) = \frac{100 \cdot N \cdot 10}{P} \quad (12)$$

Onde:

N = nº de gramas do extrato aquoso

P = nº de gramas da amostra

3.3.1.18 Teor de Cafeína

Foi utilizado 1 g de amostra em béquer de 250 mL. Adicionou-se cuidadosamente, evitando a formação de grumos, com auxílio de um bastão de vidro, 4 mL de ácido sulfúrico e homogeneizou-se. Aqueceu-se em banho-maria por 15 minutos, agitando ocasionalmente. Em seguida adicionou-se 50 mL de água quente, e aqueceu-se novamente em banho-maria por mais 15 minutos. Adicionou-se ao béquer, 30 mL de água quente e foi mantido em temperatura ambiente 25 °C. Adicionou-se 30 mL de clorofórmio e agitou-se por dois minutos. Transferiu-se esse material para um funil de separação de 500 mL. Após a formação das camadas, a parte com clorofórmio foi decantada para um balão de fundo chato de 300 mL. Em seguida, o extrato de clorofórmio obtido foi evaporado, em rotaevaporador. Dissolveu-se o resíduo com água quente, filtrando para um balão volumétrico de 1000 mL, mantido em temperatura

ambiente para esfriar, em seguida completado o volume com água e homogeneizado. A absorvância foi verificada em um comprimento de onda de 274 nm, em espectrofotômetro. Por fim, a quantidade de cafeína correspondente foi verificada usando curva padrão previamente estabelecida e seguindo a Equação 13 (LUTZ, 2008).

$$\text{cafeína \% (m/m)} = \frac{(A-b)*v}{a*P*1000} \quad (13)$$

Onde:

A = absorvância da amostra

b = coeficiente linear da reta obtida na curva-padrão

a = absorvância (coeficiente angular da reta obtida na curva-padrão)

v = volume em mL da diluição do resíduo de cafeína

P = massa da amostra em g

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

A partir da caracterização físico-química dos *blends* de café, os dados obtidos das análises granulometria, perda de massa, rendimento, teor de umidade, teor de cinzas, densidade aparente, cor, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável (ácido clorogênico em gramas de amostra), índice de acidez, ácidos graxos livres, lipídeos, índice de saponificação, açúcares redutores, proteínas, carboidratos por diferença, extrato aquoso e teor de cafeína foram tratados por análise estatística. A análise estatística foi realizada utilizando o software Statistic 7.0, sendo considerada a diferença estatisticamente significativa quando $p \geq 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis independentes, de resposta, do planejamento fatorial completo com ponto central (Tabela 6) foram realizadas de acordo com as metodologias descritas anteriormente. Para cada uma delas foi elaborado um Gráfico de Pareto, a partir do software Statistic 7.0, sendo avaliados os efeitos principais e de interação entre estas variáveis, com significância de $\alpha=0,05$.

Os gráficos indicativos de que as variáveis independentes, ou ainda, as interações entre si, tiveram efeito significativo para o parâmetro avaliado estão expostos durante a discussão do mesmo, sendo eles os gráficos de Pareto de Perda de Massa, Rendimento, Umidade, Densidade Aparente, Luminosidade, pH e Carboidratos. Os demais Gráficos de Pareto, aqueles cujas variáveis independentes não mostraram efeitos significativos para a análise estudada, encontram-se no Apêndice A.

Tabela 8. Resultados dos parâmetros avaliados nos 11 experimentos

Parâmetros	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Granulometria	Fina	Fina	Fina	Fina	Fina	Fina	Fina	Fina	Fina	Fina	Fina
PM (%)	11,30±0,00	14,64±0,00	14,50±0,00	18,90±0,00	11,66±0,00	15,70±0,00	13,32±0,00	16,34±0,00	14,90±0,00	13,68±0,00	12,80±0,00
Rend. (%)	99,10±0,00	96,89±0,00	98,47±0,00	91,63±0,00	98,42±0,00	94,41±0,00	97,02±0,00	91,33±0,00	97,47±0,00	96,88±0,00	99,38±0,00
Umidade (%)	3,58±0,28	5,09±0,81	3,07±1,07	2,92±0,15	3,11±0,51	3,73±0,87	3,13±1,07	2,07±1,50	3,12±0,22	3,06±0,41	3,40±0,09
Cinzas (%)	5,13±1,13	4,77±0,70	5,89±0,68	5,21±0,07	5,19±0,151	4,23±0,20	5,10±0,72	5,49±1,30	4,92±0,82	5,08±0,29	4,47±0,67
ρ_{ap} (g/mL)	0,56±0,00	0,50±0,00	0,48±0,00	0,48±0,00	0,53±0,00	0,46±0,00	0,49±0,00	0,46±0,00	0,49±0,00	0,51±0,00	0,50±0,00
L*	39,65±1,20	28,65±1,46	22,30±1,69	16,30±0,28	23,95±0,78	21,85±0,35	25,65±0,35	14,45±0,21	20,55±0,07	21,60±1,62	21,35±0,07
a*	11,90±2,83	13,20±0,71	10,95±1,06	8,30±0,00	10,15±0,49	12,90±0,74	12,45±1,06	8,10±0,28	9,80±0,56	9,40±0,14	9,45±0,35
b*	25,75±0,49	18,65±2,33	16,40±0,28	9,50±2,40	15,65±1,20	14,90±0,98	17,25±2,16	8,65±0,49	10,85±2,05	13,10±0,77	14,30±0,99
pH	5,83±0,04	5,92±0,03	5,81±0,05	6,21±0,04	5,61±0,16	6,10±0,27	5,70±0,08	6,07±0,09	5,85±0,06	5,81±0,11	5,75±0,08
SST (%)	29,00±0,00	29,00±0,00	29,00±0,00	29,00±0,00	30,00±0,00	30,00±0,00	30,00±0,00	29,00±0,00	29,00±0,00	30,00±0,00	30,00±0,00
ATT (%)	85,44±0,00	89,00±0,78	99,68±0,14	89,00±0,07	131,72±0,35	117,49±0,21	96,12±0,49	74,76±0,07	67,64±0,07	138,84±0,07	103,24±0,49
IA (mg NaOH/g)	1,60±0,00	2,00±0,56	2,00±0,56	2,40±0,00	1,60±0,00	1,60±0,00	2,00±0,56	2,40±0,00	2,40±0,00	1,60±0,00	1,60±0,00
AGL (%)	1,12±0,00	1,40±0,39	1,40±0,39	1,68±0,00	1,12±0,00	1,12±0,00	1,40±0,39	1,68±0,00	1,68±0,00	1,12±0,00	1,12±0,00
Lipídeos (%)	20,04±0,15	23,77±0,94	18,71±0,43	19,24±0,37	22,42±0,03	22,43±0,97	24,42±0,25	20,22±0,71	23,71±0,55	20,82±0,95	19,93±0,26
IS (mg KOH/g)	142,59±0,00	145,27±0,00	144,38±0,00	148,88±0,00	145,27±0,00	144,83±0,00	146,17±0,00	145,27±0,00	142,59±0,00	145,72±0,00	142,59±0,00
Açúcares redutores (%)	0,911±0,000	0,911±0,000	0,911±0,000	0,914±0,000	0,911±0,000	0,911±0,000	0,980±0,000	0,980±0,000	0,917±0,000	0,911±0,000	0,980±0,000
Proteínas (%)	11,28±0,26	10,49±0,47	9,62±0,09	9,18±0,61	11,36±0,85	10,49±0,23	7,87±0,85	8,75±0,03	11,37±0,00	11,37±0,00	14,00±0,00
Carb. (%)	66,14±0,63	65,48±0,22	70,78±0,36	71,49±0,13	66,32±0,31	66,51±0,70	67,42±0,22	68,48±0,40	68,64±0,26	68,72±0,55	65,98±0,27
Extrato Aquoso (%)	20,50±0,05	21,5±0,01	22,50±0,07	22,50±0,01	26,25±0,01	24,75±0,00	22,00±0,02	29,75±0,03	25,25±0,00	26,25±0,03	24,00±0,02
Caféina (%)	1,24±0,57	1,38±0,63	1,06±0,00	1,39±0,60	1,39±0,03	1,45±0,05	1,46±0,06	1,60±0,00	1,44±0,60	1,57±0,55	1,62±0,52

(PM) Perda de Massa; (ρ_{ap}) Densidade Aparente; L* Luminosidade variando do branco (L=100) ao preto; a* Coloração na região do vermelho (+a*) ao verde (-a*); b* Coloração no intervalo do amarelo (+b*) ao azul (-b*); (SST) Sólidos Solúveis Totais; (ATT) Acidez Total Titulável; (IA) Índice de Acidez; (AGL) Ácidos Graxos Livres; (IS) Índice de Saponificação. Fonte: Autor, 2018.

4.1 GRANULOMETRIA

A granulometria de todos os experimentos avaliados foi classificada como fina, assim, segundo o Regulamento Técnico da ABIC (2013), podem ser classificados comercialmente como Café Tradicional. Deste modo, a recomendação da ABIC, para a infusão adequada deste tipo de bebida é utilizar filtros de papel ou coador de pano e água à 90 °C, o que produzirá uma bebida com característica encorpada e sabor suave.

O estudo de Oliveira et al. (2014) afirma que a granulometria, juntamente com o grau de torra exerce influência importante sobre o teor de umidade de cafés torrados e moídos. Isso porque os grãos moídos ficam mais expostos e mais vulneráveis, podendo com maior facilidade absorver umidade do meio. Assim, cafés torrados em granulometria fina devem ser acondicionados de forma eficiente, evitando o envelhecimento precoce do produto (MORAIS, 2006).

4.2 PERDA DE MASSA

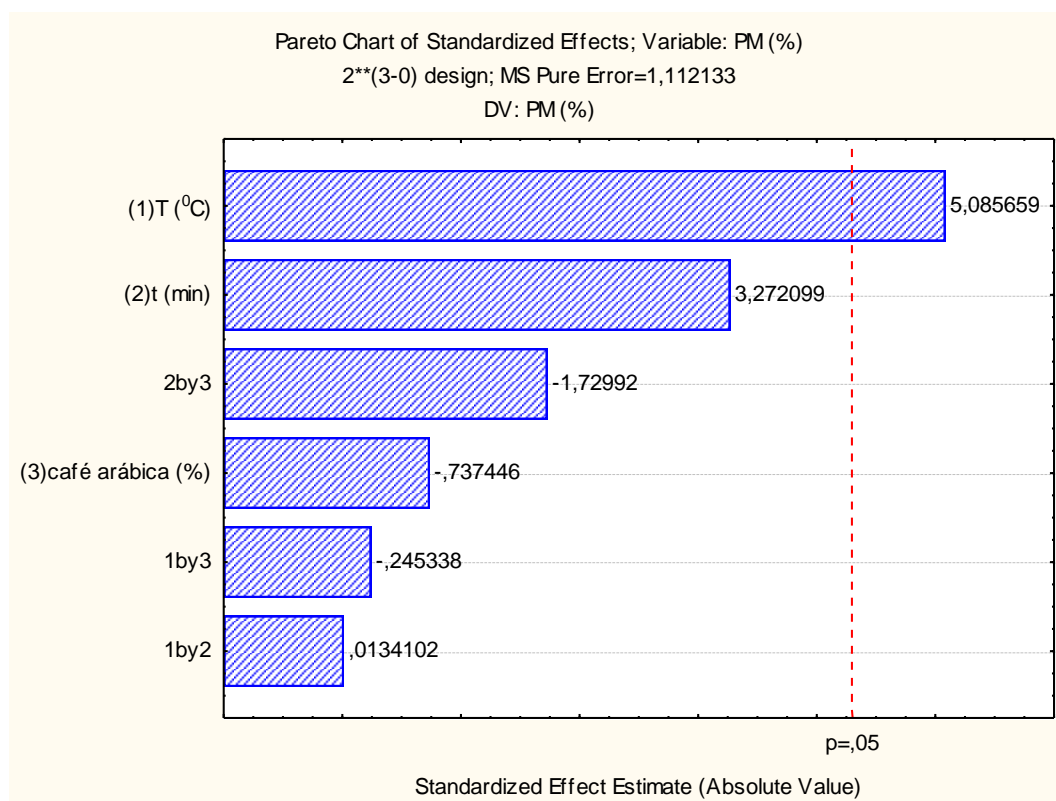
As maiores perdas de massa foram registradas nos experimentos E4 e E8, sendo de 18,90% e 16,34% (Tabela 8), respectivamente, ambos foram submetidos ao processo de torrefação mais drástico (200 °C por 17 min). Os experimentos E1 e E5 destacaram-se por apresentar as menores perdas de massa, 11,30% e 11,66%, respectivamente, e ambos passaram pelo processo de torrefação mais ameno, sendo à temperatura de 140 °C por 7 min.

Foi observado que a perda de massa percentual é dependente da variável temperatura no processo de torrefação. A partir da Figura 4, nota-se que quanto maior for o valor desta variável, maior será a perda de massa da amostra. No entanto, a concentração das variedades de café e o tempo de torrefação não mostraram efeitos significativos para esse parâmetro, assim como, as interações entre as 3 variáveis independentes também não mostraram efeitos significativos para os 11 experimentos analisados em relação à perda de massa.

O processo de desidratação e pirólise (decomposição de materiais por altas temperaturas) que ocorre durante a torrefação contribuem para que haja perda de massa do grão, geralmente 14 a 20%, porém esses valores variam de acordo com o grau de torra, onde em torras mais escuras, há maior perda. No processo de torrefação são observadas algumas mudanças físicas, como o aumento do volume do grão, que pode

aumentar em até 40%, diminuindo, portanto, a sua densidade; além da formação de porosidade. Esses aspectos favorecem uma menor massa do grão torrado em relação ao grão cru, explicando, assim, a perda de massa dos grãos (MUIINHOS, 2017).

Figura 4. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Perda de Massa



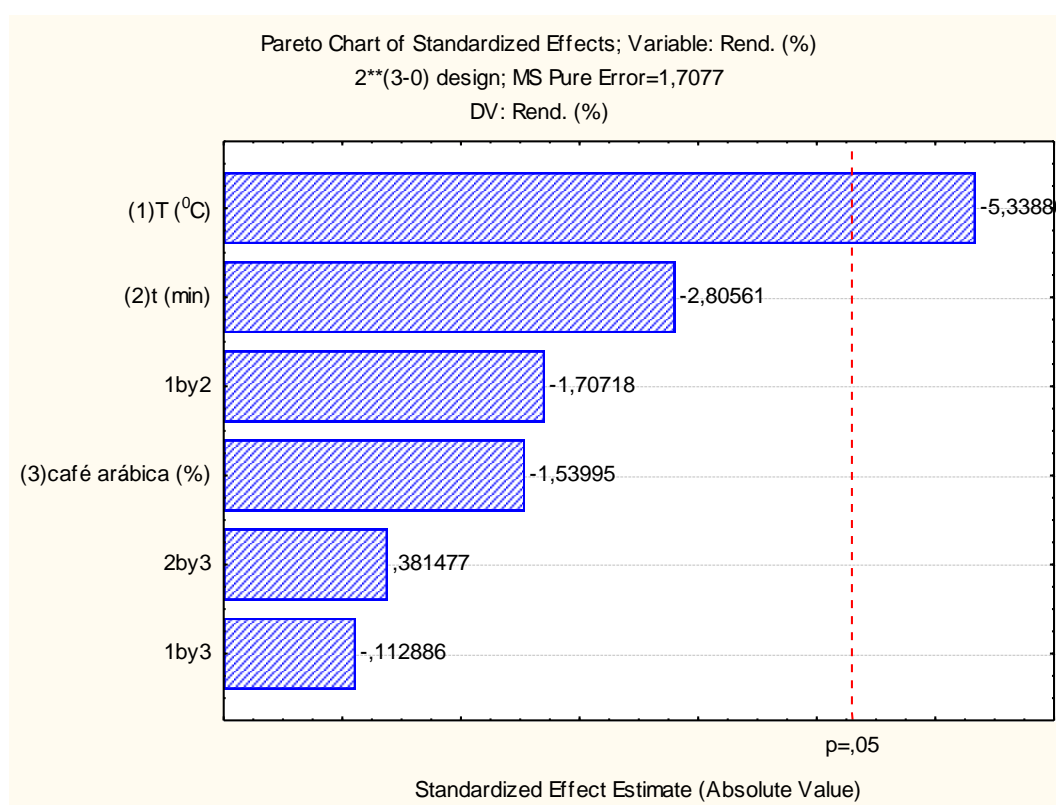
4.3 RENDIMENTO

Todos os experimentos apresentaram bons resultados, acima de 91%, com relação ao rendimento do café após o beneficiamento (Tabela 8). Foi observado, que o experimento que apresentou maior rendimento, o E1 (99,10%), foi submetido a uma torra mais branda (140 °C por 7 min), e, por outro lado, o experimento E8 (91,33%), o qual apresentou menor rendimento, foi submetido à torra mais drástica (200 °C por 17 min). Nota-se a relação do processo de torrefação com os resultados obtidos tanto para rendimento, quanto para perda de massa, onde torras mais drásticas resultam em valores mais baixos desses parâmetros, enquanto que em torras mais brandas observa-se aumento desses valores.

Analisando a Figura 5, percebe-se que à medida que o valor da variável temperatura é elevado, é causado um efeito de diminuição de rendimento nas amostras. Entretanto, a concentração de café das variedades arábica e conillon e o tempo de torrefação, não se mostraram fatores significativos para o atributo rendimento analisado nos 11 diferentes *blends* estudados.

Destaca-se, portanto, a importância do uso da condição de torra adequada, que garante um bom rendimento, além de características físico-químicas e sensoriais desejáveis.

Figura 5. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Rendimento



4.4 TEOR DE UMIDADE

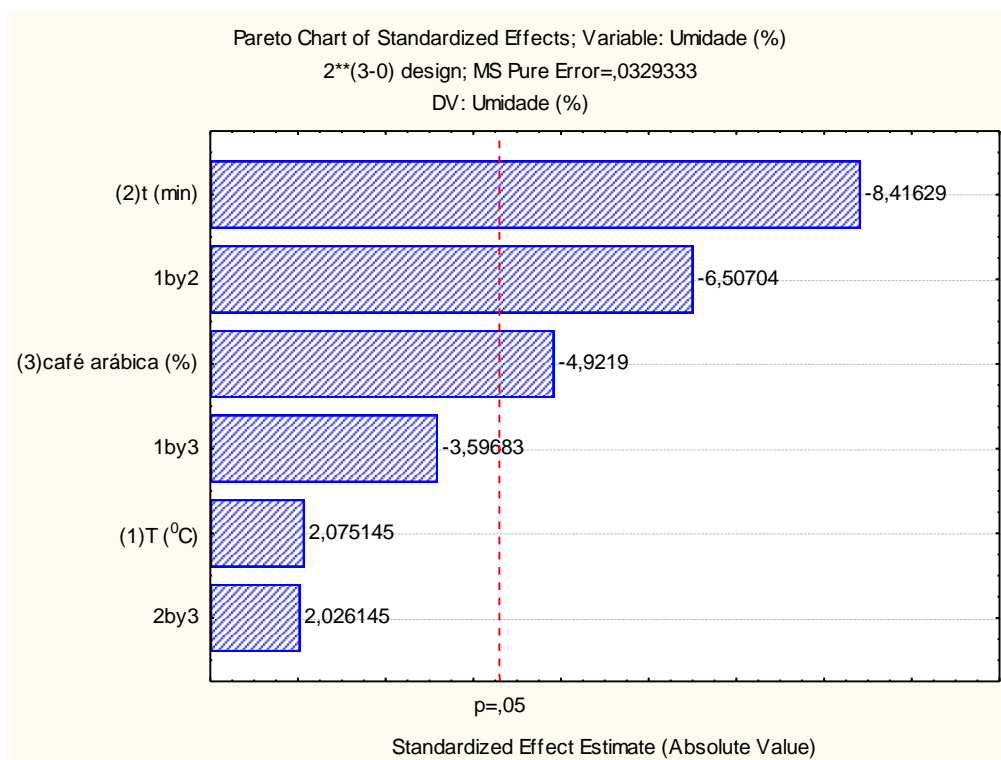
Nota-se que o experimento E8 apresentou o menor percentual de umidade, 2,07% (Tabela 8), esse experimento sofreu o processo de torrefação mais drástico (200 °C por 17 min), porém o mesmo não foi observado no experimento E4 (2,92%), submetido às mesmas condições de torra. A diferença entre os dois consiste na

concentração das variedades arábica e conillon, na qual o experimento E4 tem uma maior porcentagem de café conillon (87,5%) do que o E8 (50%). Segundo Moura et al. (2007), as características do café conillon requerem uma torra rigorosa para ser reduzida ao máximo a umidade dos grãos. Como ambos os experimentos passaram pelas mesmas condições de torra, aquele continha mais conillon (E4) apresentou um teor de umidade maior ao fim do processo.

O experimento E2 apresentou o maior percentual de umidade, esse experimento foi submetido a 200 °C por 7 min e tinha 12,5% de arábica.

Observa-se que as variáveis independentes de tempo e concentração da variedade arábica, mostraram efeitos significativos (Figura 6). A variável temperatura não mostrou efeito significativo sob a umidade, isso porque, a temperatura mínima utilizada nos experimentos (140 °C) já é capaz de reduzir com muita eficiência a umidade do material. Percebe-se, portanto, que o aumento de valores de tempo e percentual de café arábica provoca a redução da umidade na amostra. Destaca-se ainda que a interação tempo/temperatura também causa efeitos significativos no que diz respeito ao teor de umidade, ou seja, o aumento combinado de ambas as variáveis resulta na redução de umidade no *blend*.

Figura 6. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Umidade



O teor de umidade é um fator que influencia na qualidade do café, pois facilita a atividade microbiana e enzimática, afetando a preservação do produto e alterando suas características fundamentais, como aroma e sabor (AGNOLETTI, 2015). Para o café torrado e moído, a legislação brasileira determina como limite máximo permitido, o valor de 5% de umidade (BRASIL, 2010). Assim, todas as amostras podem ser consideradas como adequadas ao padrão da legislação vigente, pois o único experimento que apresenta um valor um pouco acima do estabelecido foi o E6, entretanto, considerando o desvio padrão determinado, verifica-se que o mesmo também está adequado.

4.5 TEOR DE CINZAS

Os percentuais de cinzas nos experimentos estudados variaram em torno de 5% (Tabela 8). A legislação brasileira determina 5% como limite máximo da presença de cinzas em amostras de café, um teor mais elevado nesse parâmetro pode indicar uma quantidade elevada de impurezas (BRASIL, 2010). As variáveis independentes que foram avaliadas não mostraram efeitos significativos para esse aspecto.

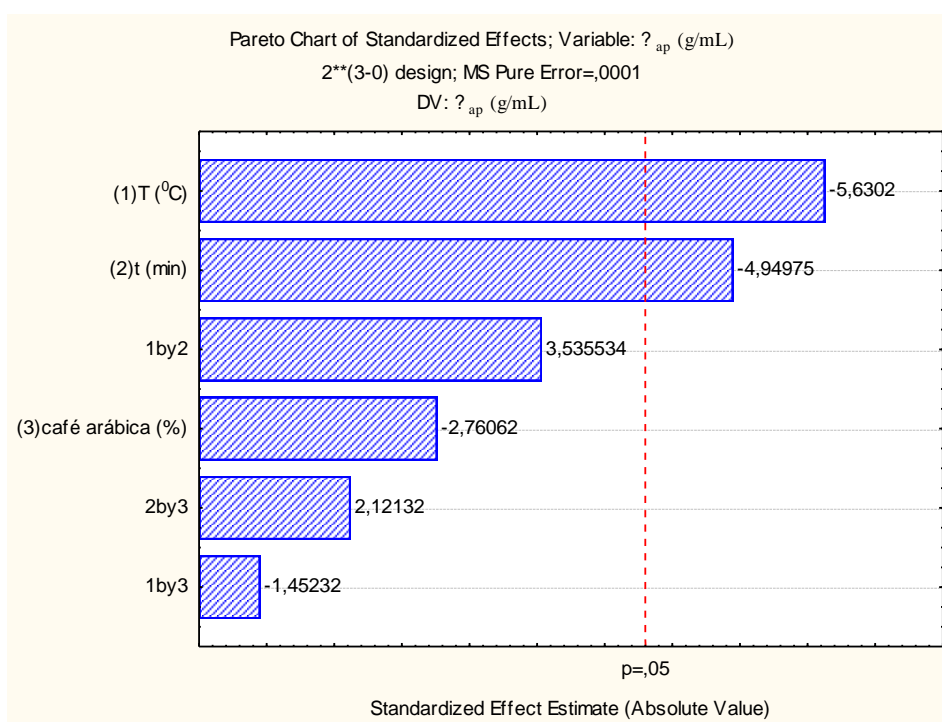
4.6 DENSIDADE APARENTE (P_{AP})

As condições de torra influenciaram nos valores de densidade, onde para torras mais brandas, E1 e E5, os valores de densidade aparente encontrados foram os maiores, 0,56 e 0,53, respectivamente (Tabela 8). A maior densidade aparente encontrada foi no experimento E1, o qual possuía 87,5% de café da variedade conillon e foi submetido a torra à 140 °C por 7 min. Resultado semelhante ao de Moura et al. (2007), que também observaram aumento da densidade aparente a partir do aumento da concentração de conillon na mistura. A diferença nos valores de ρ_{ap} pode estar relacionada a variação genética entre as cultivares, onde o *Coffea canephora* apresenta densidade relativamente maior do que o *Coffea arabica* (SAATH et al., 2015).

As variáveis independentes tempo e temperatura mostraram efeitos significativos em relação à densidade aparente dos experimentos. O gráfico de Pareto (Figura 7) mostra que o aumento da temperatura e do tempo no processo de torrefação leva a uma diminuição percentual da (ρ_{ap}). O mesmo ocorre para a concentração de café arábica,

onde quanto maior for a concentração do *Coffea arabica*, menor é a densidade aparente da amostra avaliada, porém esse efeito não mostrou relação significativa estatisticamente, como mostrado no gráfico da Figura 7. O gráfico ainda mostra que a interação entre tempo e temperatura possui efeito importante na densidade dos *blends*, aumentando-se ambos durante a torra levando a um aumento da ρ_{ap} .

Figura 7. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Densidade Aparente



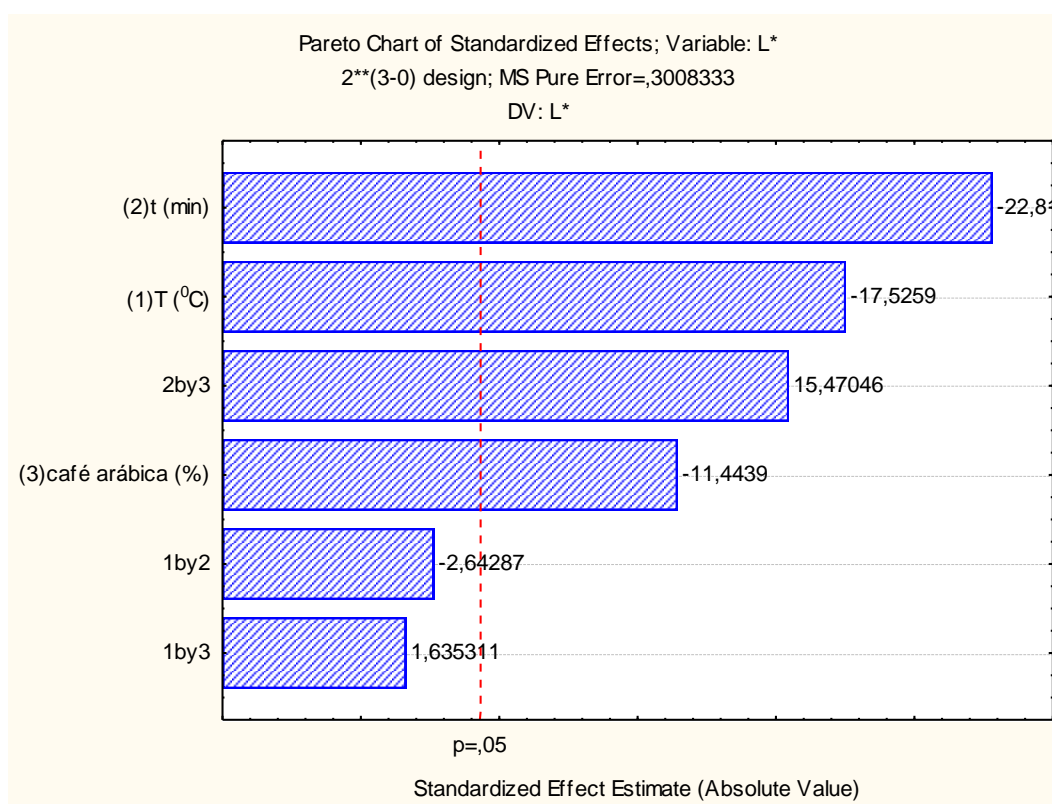
4.7 COR

O experimento E1 (140 °C por 7 min) foi o único que se apresentou como torra muito clara, os experimentos E2, E5 e E7 classificaram-se apenas como torra clara. Segundo a ABIC, esses tipos de torra não são recomendáveis para as bebidas de café por apresentarem, após a infusão, pouca acidez e corpo, além de leve gosto de grãos crus/verdes. Foi observado que os experimentos E4 e E8, os quais possuem as condições mais extremas de torra (200 °C por 17 min), possuem os valores de L^* mais baixos, 16,30 e 14,45, respectivamente, ou seja, foram classificadas como as amostras mais escuras. De acordo com a ABIC, bebidas produzidas a partir de grãos submetidos à torra muito escura também não são recomendáveis, porque apresentam acentuado sabor de queimado, devido a carbonização dos grãos e também perda de corpo e acidez.

Os experimentos E6 (L*21,85), E9 (L*20,55), E10 (L*21,60) e E11(L*21,35) classificaram-se como torra média, que segundo a ABIC proporcionam uma bebida de corpo enfatizado, acidez leve e amargor acentuado, além de equilíbrio entre corpo e acidez e aroma acentuado e profundo.

Foi percebido através da análise do Gráfico de Pareto do valor de L* (Figura 8) que as todas as variáveis independentes (tempo de torrefação, temperatura de torrefação e concentração de café arábica no *blend*) influenciaram significativamente no parâmetro luminosidade (L*), onde quanto maior o valor dessas variáveis, menor foi o valor de L*, ou seja, mais escuro classificou-se o experimento. Além disso, também foi percebido que a interação entre o tempo de torrefação e a concentração de café arábica mostrou um efeito significativo de aumento do parâmetro L*, ou seja, um tempo maior de torra, entretanto com um maior percentual de café arábica (que tem característica de grão mais clara do que o grão de café conillon), tende a caracterizar a torra como mais clara/média.

Figura 8. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Luminosidade



Além da influência do grau de torra na coloração dos experimentos, foi observado que a concentração das variedades de café também interferiu na cor, porém

não de forma estatisticamente tão significativa. O experimento E1, o qual tem uma quantidade maior de café conillon mostrou coloração mais clara em relação ao experimento E5, ambos com a mesma condição de torra. Esse resultado também foi percebido por Moura *et al.* (2007) e Eugênio (2010), que realizaram estudos sobre a variação de cor em *blends* compostos por *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, verificando que com o aumento da concentração de café conillon, a amostra se torna mais clara, havendo um aumento do valor da coordenada L*.

Uma cor relativamente mais amarelada (coordenada b*, Tabela 8) foi observada para os experimentos E1 e E2, os quais possuíam 87,5% do *Coffea canephora* em sua composição. A cor mais amarelada aparece mais expressivamente com uma maior concentração de café conillon, isso pode ser atribuído a cor dos grãos ainda crus, que mesmo após o beneficiamento apresentam coloração mais amarelo/marrom do que os da variedade arábica. Eugênio (2010) também observou essa relação a partir da inclusão de 80% de café conillon no *blend* estudado.

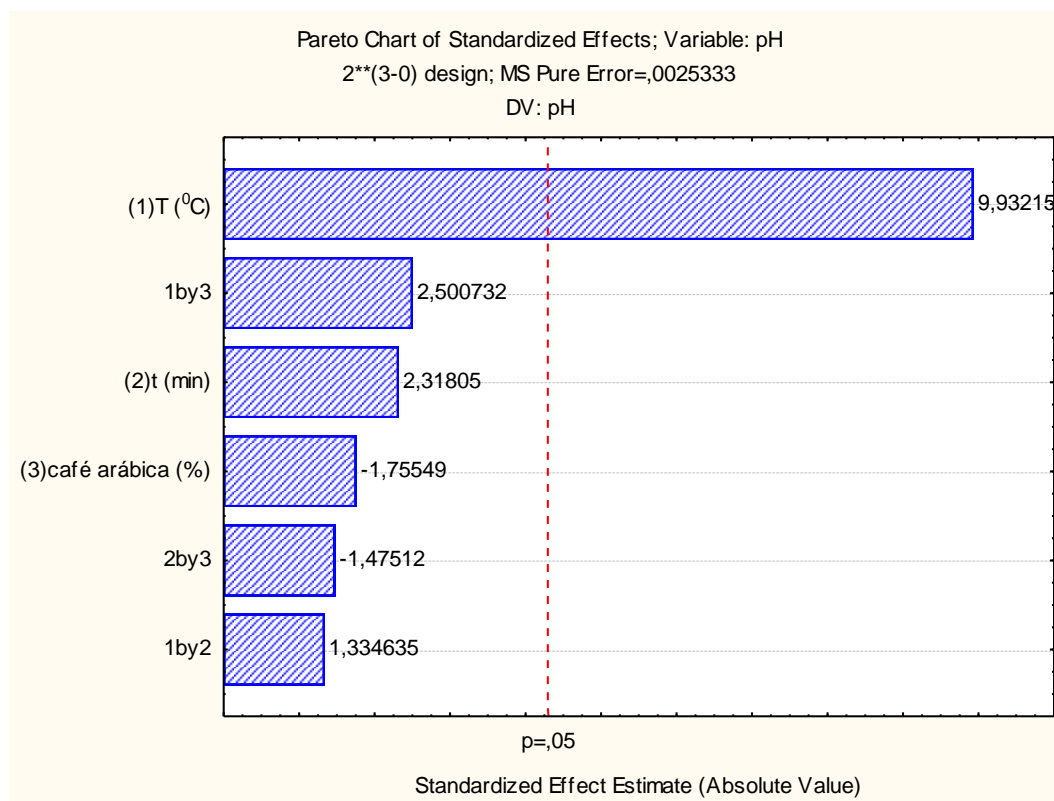
4.8 pH

As amostras E4, E6 e E8 mostraram valores de pH acima de 6, o que evidencia a perda dos ácidos e que processos de torra muito extremos (200 °C) geram um produto final de qualidade reduzida, pelo sabor amargo muito acentuado (FERNANDES *et al.*, 2003). Segundo Teixeira *et al.* (2016) quanto maior a intensidade da torra, maior o valor do pH, pois ocorre degradação dos ácidos presentes no café que foram formados no início do processo de torrefação.

Para esta análise, a variável de temperatura de torra, mostrou ter mais influência no resultado do que o tempo de torra ou a concentração das variedades arábica e conillon. Em alguns estudos, indica-se que quanto maior for a porcentagem de café conillon mais baixo será o pH do *blend* (RIBEIRO *et al.*, 2014; e EUGÊNIO, 2010), o que não foi observado nas amostras avaliadas nesse estudo, tendo em vista que os aspectos relacionados à condição de torra se sobressaíram.

Esses efeitos podem ser observados a partir da Figura 9, a qual indica que a temperatura de torrefação mostrou-se significativa para o parâmetro pH e, as demais variáveis não causam efeitos significativos nos *blends*. Entende-se, portanto, que a partir do aumento da temperatura no processo, há aumento no pH do experimento.

Figura 9. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente pH



4.9 SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS

O teor de sólidos solúveis totais ficou entre 29,04 e 30% para todos os experimentos avaliados. Os resultados encontrados indicam que todos os experimentos elaborados se encontraram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente, que determina um teor mínimo de 25% de sólidos solúveis totais para café torrado e moído (BRASIL, 2010). O teor de sólidos solúveis totais no café está associado ao atributo “corpo” da bebida. Onde quanto maior for o teor de SST, mais “encorpada” será a bebida final. Deste modo, todos os experimentos têm potencial de produzir uma bebida com uma boa característica de “corpo”.

4.10 ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ÁCIDO CLOROGÊNICO EM GRAMAS DE AMOSTRA)

Os valores obtidos na análise de acidez total titulável (Tabela 8) foram bastante variáveis e ficaram entre 67,64 e 138,84 mg NaOH 0,1 mol L⁻¹ 100g⁻¹. O grau de acidez

da bebida do café é formado pelos compostos com características ácidas geradas nas etapas iniciais da torra, destacando-se o ácido clorogênico (SCHOLZ *et al.*, 2011).

Agnoletti (2015) observou que tanto para o café arábica quanto para o café conillon os percentuais de acidez total foram elevados após a torra, e, destacou ainda, que em média o café arábica apresenta maior acidez do que a variedade conillon. Segundo Farah *et al.* (2006), a acidez titulável aumenta em função da formação de ácidos, principalmente, a partir de carboidratos quando estes são submetidos à decomposição térmica e reduzidos a ácidos carboxílicos e CO₂, explicando assim o aumento da acidez após a torra.

As diferenças observadas nos experimentos em relação à acidez total titulável também pode ser explicada por fatores como o estágio de maturação dos grãos, local de origem, condições de colheita, e destacando-se também, o tipo de secagem utilizado, que está associado ao processo de fermentação dos grãos, onde grãos que excedem o tempo ideal de secagem, e, além disso, passam por esse processo sob condições inadequadas, tendem a ter uma maior acidez, sendo assim, de menor qualidade (MARTINEZ *et al.*, 2013).

4.11 ÍNDICE DE ACIDEZ/ ÁCIDOS GRAXOS LIVRES

Os resultados encontrados para índice de acidez nos experimentos variaram entre 1,6 e 2,4 mgNaOH/g (Tabela 8).

Foi observado, assim como no estudo de Quast (2004), que os experimentos que obtiveram menor valor para o parâmetro L*, indicando coloração mais escura, o valor para índice de acidez foi maior. Esse fato pode ser notado analisando os experimentos E4, E8 e E9, os quais possuem o maior teor de índice de acidez (2,4 mgNaOH/g), e também os menores valores de L*, 14,45±0,21; 16,30±0,28; 20,55±0,07, respectivamente, sendo classificados como torra escura e torra moderadamente escura.

O índice de acidez revela o estado de conservação do óleo, sendo uma análise fundamental para avaliar o estado do produto. Alguns fatores como aquecimento e luz aceleram a decomposição dos glicerídeos ocorrendo à formação de ácidos graxos livres, afetando negativamente a estabilidade do produto (FUENTES, 2011).

Para ácidos graxos livres, os valores médios percentuais variaram entre 1,12 e 1,68. Valores semelhantes foram encontrados por Speer e Kölling-Speer (2006), que foram de 1,9 a 2,3 g/kg de AGL para *blends* das variedades arábica e conillon.

Quanto maior for o índice de acidez, maior será o valor de %AGL, isso porque um teor mais elevado de acidez indica quebra na cadeia dos triacilgliceróis presentes, ocorrendo a formação de ácidos graxos (MARQUES *et al.*, 2008; VIDAL, 2001). Um teor elevado de ácidos graxos livres em um alimento é indício de início do processo de deterioração do mesmo, assim, torna-se fundamental a avaliação deste parâmetro para a garantia da qualidade do produto final.

4.12 LIPÍDEOS

O teor de lipídeos (Tabela 8) encontrado para todos os experimentos encontra-se dentro dos padrões da legislação vigente, que determina que para café torrado e moído a porcentagem mínima deverá ser de 8% (BRASIL, 2010).

Para todos os experimentos estudados o percentual ficou entre 18 e 24%. O experimento E7 (140 °C, 17 min, 50% arábica) destacou-se por possuir o maior valor, 24,42%. Um café com maior quantidade de lipídeos tende a apresentar melhores aromas e sabor, conhecido como “flavor” (NASCIMENTO, 2006), entretanto, também está mais propenso a sofrer oxidação lipídica durante o armazenamento.

O experimento E3, o qual possuía a condição de torra idêntica ao E7, obteve o menor percentual de extrato etéreo, 18,71%. A diferença entre estes experimentos, consiste na concentração das variedades de café, o experimento E3 (87,5% de café conillon) teve teor lipídico inferior ao E7 (50% conillon), o que está de acordo com o estudo de Ribeiro *et al.* (2014) que verificou que o teor de lipídeos de sua amostra de café arábica reduziu significativamente a partir de adição de concentrações de conillon. Além disso, o resultado também esteve de acordo com Nascimento (2007) que observou que para a torra moderadamente escura, o teor de lipídeos foi mais elevado, o que foi observado neste trabalho no experimento E7 (L* 25,65).

4.13 ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (IS)

Os valores para os índices de saponificação encontrados (Tabela 8) mantiveram-se entre 142,59 - 148,88 mg KOH/g, sendo o maior valor encontrado para o

experimento E4, o qual foi submetido à torra mais drástica e possui a menor concentração de café arábica.

Todos os valores obtidos nesse trabalho foram inferiores aos encontrados por Maggioli (2014), Dantas (2017) e Pereira (2016), em estudos sobre a extração de óleo em grãos de café verde, onde obtiveram os valores para IS, respectivamente, 183,84; 217,44 e 209,36 mg KOH/g amostra.

Pode-se atribuir como causas dessas diferenças o tipo de grão, o tipo de cultivo, a região em que foi cultivada, a torra que não foi realizada nos estudos mencionados e a forma como o óleo foi extraído, todos esses fatores influenciam no comportamento e nas características gerais do óleo vegetal (DANTAS, 2017).

4.14 AÇÚCARES REDUTORES

A porcentagem de açúcares redutores para todos os experimentos analisados situou-se na média de 0,9%. Essa média é um pouco inferior à encontrada por Ribeiro *et al.* (2014), que foi de aproximadamente 1,47% para o *blends* avaliados em seu estudo.

Os açúcares redutores são encontrados em pequenas quantidades no café cru, no entanto, durante o processo de torra tende a haver um aumento, já que ao longo desse processo, a sacarose sofre rapidamente hidrólise a açúcares redutores. Deste modo, os açúcares redutores podem reagir com os aminoácidos, dando início a Reação de Maillard, e, assim são formados os compostos voláteis que são responsáveis pela cor e aroma do café (RODARTE, 2008; EUGÊNIO, 2010).

4.15 PROTEÍNAS

Os teores de proteínas dos *blends* avaliados ficaram entre 7 e 14%. Observou-se que os experimentos que passaram por processo de torra durante 17 min (E3, E4, E7 e E8), obtiveram uma porcentagem menor de proteínas, ou seja, boa parte do teor proteico dos grãos crus foi degradado ou transformado em outros componentes ao longo da torra. Sabe-se que as proteínas degradadas em aminoácidos, reagem com os açúcares também presentes nos grãos e dão início ao processo de Reação de Maillard, que é de extrema importância para caracterizar o “flavor” do café (ILLY; VIANI, 1998).

4.16 CARBOIDRATOS POR DIFERENÇA

Os percentuais de carboidrato, incluindo fibras, obtidos através da Equação 11 ficaram entre 61,48 e 71,49% (Tabela 8). Semelhantes aos valores encontrados por Lago (2002) em cafés torrados e moídos de diferentes procedências, que variaram de 62,67 a 71,96 %.

Foi percebido, que nenhuma das variáveis independentes, nem as relações entre si, mostraram efeitos significativos estatisticamente para o teor de carboidratos. Esse resultado está atrelado ao tipo de metodologia utilizada para determinação do percentual de carboidratos, que foi a diferença da soma total de todos os constituintes do *blend*. Como os constituintes de maior relevância nesse tipo de metodologia são os lipídeos e proteínas, e estes não apresentaram relação de efeitos significativos das variáveis independentes sobre seus resultados, o mesmo foi observado para o resultado do teor de carboidratos.

O teor de carboidratos no café está relacionado às questões de tipo de variedade, cultivo, entre outros aspectos associados ao plantio dos grãos; além disso, a torra também se faz importante na avaliação desse parâmetro, pois está relacionada a uma maior ou menor perda dos compostos durante o processamento térmico. Os carboidratos presentes no café participam da Reação de Maillard e também da reação de caramelização, ambas produzindo características essenciais para a qualidade final do produto (SANTOS, 2010).

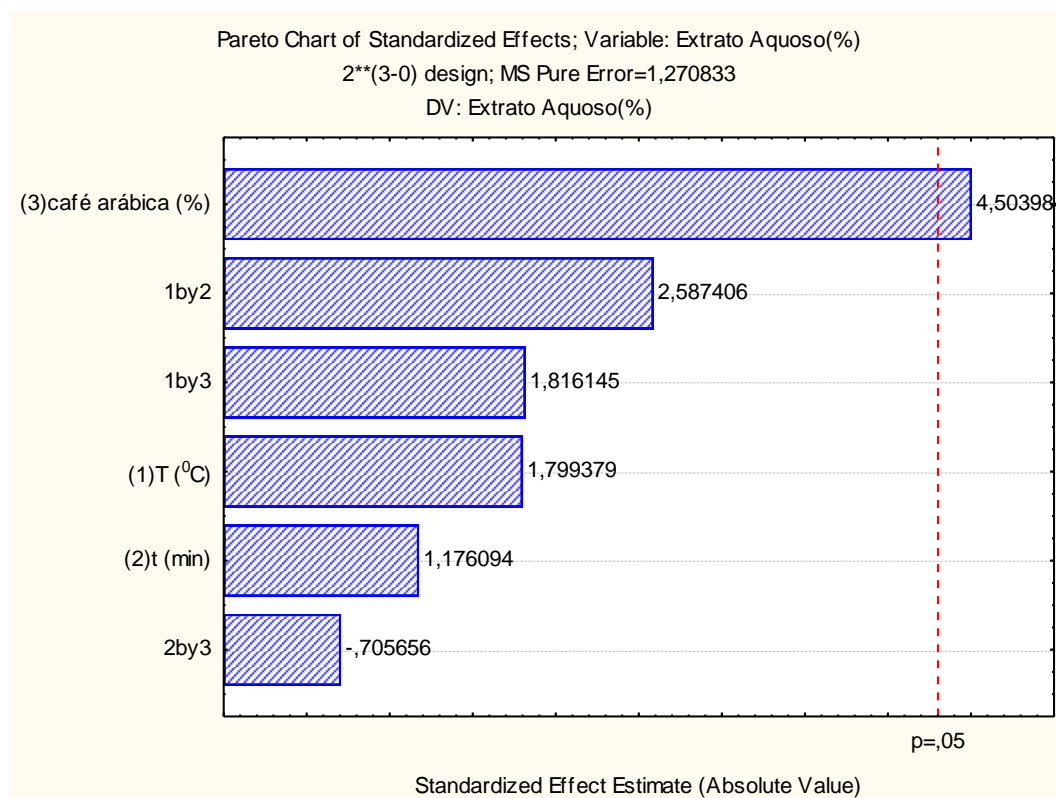
4.17 EXTRATO AQUOSO

O teor de extrato aquoso de todos os experimentos avaliados esteve entre 20,50 e 29,75. Assim, todos os valores encontrados estão dentro do padrão exigido pela legislação vigente, que determina o teor mínimo de 20% de extrato aquoso para o café torrado e moído comercializado no Brasil (BRASIL, 1999).

Os valores encontrados para os experimentos não seguiram o padrão descrito por Nascimento (2006), onde cafés submetidos à torra mais branda apresentam valores maiores de extrato aquoso, e, cafés submetidos à torra mais drástica apresentam menores teores desse parâmetro. Nesse trabalho, foi observado apenas efeito significativo na variável independente concentração de café arábica, como mostrado na

Figura 10, onde quanto maior o valor dessa variável, maior foi o teor percentual de extrato aquoso. Isso mostra que, o café arábica, possui uma quantidade mais considerável de compostos mesmo após a infusão do café, em comparação ao café do tipo conillon.

Figura 10. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Extrato Aquoso



4.18 TEOR DE CAFEÍNA

O teor de cafeína para os experimentos estudados variou entre 1,06 e 1,62%. Agnoletti (2015) estudou o teor de cafeína das espécies arábica e conillon separadamente e percebeu uma presença mais expressiva desse composto na variedade conillon cru, porém quando o café é submetido à torra o café arábica tem a capacidade de potencializar a quantidade de cafeína, enquanto que, o café conillon degrada uma parte da cafeína que estava presente.

Fujioka e Shibamoto (2008) avaliaram amostras comerciais de café arábica e encontram teores entre 1,09 e 1,65% para a cafeína, valores muito semelhantes aos que foram encontrados nesse estudo. A legislação brasileira vigente determina um teor

mínimo de 0,7% de cafeína para os cafés torrados e moídos, deste modo, todos os experimentos avaliados estão adequados à norma (BRASIL, 1999).

Sabe-se que a quantidade de cafeína em grãos de café é essencialmente dependente de fatores agronômicos, como a variedade da planta, método de cultivo, condições de crescimento, além de aspectos genéticos e sazonais. Para a bebida de café, além desses aspectos, o processo de torra, as etapas de beneficiamento até chegar ao produto final e modo de preparo da bebida, influenciam no teor final da cafeína que fica presente na bebida (CARDOSO, 2001).

5 CONCLUSÃO

As duas espécies que compõem os *blends* avaliados são as mais importantes economicamente e por isso, são as utilizadas pelas indústrias torrefadoras de café. É fundamental que haja estudos sobre suas características individuais, de modo a potencializar a qualidade das combinações elaboradas, garantindo um produto final com bons atributos físico-químicos e sensoriais.

Dentre as etapas de beneficiamento e transformação do grão verde de café em pó para preparo de bebida café, destaca-se com grande importância o processo de torrefação. O controle nessa etapa deve ser rigoroso, de modo a garantir bons aspectos sensoriais ao produto. A elaboração dos *blends* estudados foi planejada de acordo com variações das concentrações das variedades de café que normalmente são utilizadas nas indústrias torrefadoras. O processo de torra foi realizado de acordo com o planejamento fatorial previamente desenvolvido e, foi verificada uma perda de massa, que se mostrou totalmente dependente das condições de torrefação, destacando-se que um processo muito drástico de torra não é recomendando levando a um menor rendimento do produto final.

A moagem foi realizada em moinho convencional e foi realizada de modo que todos os 11 *blends* foram classificados como moagem fina, sendo esse tipo de classificação a mais usual e utilizada para cafés do tipo tradicional, bastante consumido no Brasil. Esse tipo de granulometria tem a característica de facilitar a lixiviação dos compostos voláteis presentes no café para a água do preparo, gerando, assim, uma bebida com sabor acentuado.

O teor de umidade é um parâmetro de grande relevância para produtos industrializados, porque está intrinsecamente associado à conservação do mesmo. Verificou-se que o tempo de torra influencia bastante nesse aspecto e que quanto maior a concentração da variedade conillon maior o teor de umidade. Logo, o uso dessa variedade deve ser utilizada na composição de *blends* em quantidades adequadas, garantindo uma boa estabilidade do produto. As condições de torra também se mostraram de essencial importância com relação a cor dos *blends*, aspecto muito importante, que está associado principalmente aos atributos sensoriais, onde o consumidor avalia facilmente tal aspecto no momento de adquirir o produto. O pH está associado à qualidade do sabor da bebida de café e, foi observado que os *blends*

submetidos ao processo de torrefação mais intenso apresentou um pH mais elevado, o qual produz uma bebida de sabor desagradável, pela perda de muitos componentes, dentre eles, diversos ácidos.

Os teores de sólidos solúveis totais, extrato aquoso, lipídeos e cafeína, mostraram-se dentro dos padrões exigidos pelas legislações vigentes relativas ao café torrado e moído, para todos os experimentos. Em alguns atributos analisados, como açúcares e proteínas, entende-se que há uma grande dependência, especialmente, de aspectos de cultivo, manejo, colheita, os quais são parâmetros cuja avaliação não estava dentre os objetivos deste trabalho.

De modo geral, os *blends* referentes ao ponto central (E9, E10 e E11), ou seja, elaborados com 31,25% de café arábica e 68,75% de café conillon, torrados a 170 °C por 12 min, mostraram-se os melhores resultados. Esse tipo de processo poderá então, ser mais explorado e adotado pelas indústrias torrefadoras de café, distanciando um pouco de um padrão muito utilizado, que é o de torra muito escura. Pois se sabe que a torra excessivamente escura provoca a perda de diversos componentes voláteis, o que gera perda de características importantes de sabor e aroma à bebida de café.

Evidencia-se, portanto, que modificações nos processos de industrialização do grão verde de café provoca mudanças que podem ser desejáveis ou não ao produto final. Deste modo, tanto a elaboração do *blend*, quanto o processo de torra e toda a cadeia produtiva devem ser acompanhados e controlados, de maneira que ofereça o melhor produto ao consumidor e padrões químicos dentro das legislações e ainda, garanta um bom rendimento industrial.

REFERÊNCIAS

ABIC. Associação Brasileira da Indústria de café. Norma de Qualidade Recomendável e Boas Práticas de Fabricação de Cafés Torrados em Grão e Cafés Torrados e Moídos. Revisão 25, de 12.04.2013.

ABIC. Associação Brasileira da Indústria de café. Norma de Qualidade Recomendável e Boas Práticas de Fabricação de Cafés Torrados em Grão e Cafés Torrados e Moídos. Revisão 30, de 26.06.2018.

ABIC. Associação Brasileira da Indústria de café. Notícias. Brasileiros conquistam título de maiores consumidores de café no mundo. Dezembro 2018. Disponível em: <http://abic.com.br/brasileiros-conquistam-titulo-de-maiores-consumidores-de-cafe-no-mundo/>. Acesso em dezembro de 2018

AGNOLETTI, B. Z. Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*Coffea arabica*) e conillon (*Coffea canephora*) classificados quanto a qualidade da bebida. Dissertação de Mestrado- Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Espírito Santo. Porto Alegre- ES, 2015.

ALESSANDRINI, L.; ROMANI, S.; PINNAVAIA, G.; DALLA, R. M. Near infrared spectroscopy: na analytical tool to predict coffee roasting degree. **Analythica Chimica Acta**. Amsterdam, v.625, n.1, p.95-102, 2008.

AMARAL, J. A. T.; LOPES, J. C.; AMARAL, J. F. T.; SARAIVA, S. H.; JESUS, W. C. Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros Conilon propagados por estacas em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**. v.31 n.6. Lavras Nov./Dec. 2007.

ANCELES, E. K. O segmento exportador da cadeia agroindustrial de cafés especiais emergência de novos padrões de competitividade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of the AOAC International. 15th ed. Washington, 1990. 110 p.

AQUINO, D. F. Análise Mensal de Mercado: Café. Companhia Nacional de Abastecimento. Junho, 2018.

BARROS, NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R. E. Planejamento e otimização de experimentos. 2ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1996. 299p.

BUTTON, S. T. Metodologia para Planejamento Experimental e Análise de Resultados. 2005.

BRASIL. Portaria n 377, de 26 de abril de 1999. Estabelece normas para fixar a identidade e as características mínimas de qualidade do café torrado em grão e café torrado e moído. **Diário oficial** [República Federativa do Brasil], Brasília. 29 abr. 1999, seção 1, n 80-E.

BRASIL. Instrução Normativa nº 16, 24 de maio de 2010. Regulamento técnico para o café torrado em grão e para o café torrado e moído. Brasília, 2010.

CAMPOS, R. C. Propriedades físicas dos grãos de café moça durante o processo de torra. 74 p. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2016.

CARDOSO, D.B. **Estudos para a disponibilização de metodologias de avaliação da qualidade de grãos de café.** Lavras, MG. 2001. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras. 2001.

CAZARIM, M. S., UETA, J. Café: uma bebida rica em substâncias com efeitos clínicos importantes, em especial a cafeína. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v.35, n.3, p.363-370, 2014.

CeCafé. Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. Exportações Brasileiras e Consumo Externo de Café. Resumo das Exportações de Café. Relatório Mensal-Dezembro de 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Café. Brasília, v.5, n.2, p. 1-66, maio 2018.

CONTI, M. C. M. D. et al. Características físicas e químicas de cafés torrados e moídos exóticos e convencionais. **Boletim do CEEPA**, Curitiba, v. 31, n. 1, p. 161-172, 2013.

CORTEZ, J. G. A bebida do café Conilon. In.: Simpósio Estadual do Café. Palestras, painéis e debates. Vitória, ES: CETCETC. AF, p.1968-187, 1998.

CORTEZ, J. G. Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café. 2001. 71f. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração fitotecnia) – Curso de Pós- graduação em Agronomia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2001.

CPB&D/Café. Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café. Histórico. Relação de Gestão. 141p. 2004.

CUNICO, M. W. M.; CUNICO, M. M.; MIGUEL, O. G.; ZAWADZKI, S. F.; PERALTA-ZAMORA, P.; VOLPATO, N. Planejamento Fatorial: Uma Ferramenta estatística valiosa para a definição de parâmetros experimentais empregados na pesquisa científica. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v.9, n.1, Jan. - Jun./2008.

DANTAS, R. C. Caracterização físico-química do óleo de café verde. 54 f. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Instituto de Química, Bacharelado em Química. Natal, RN, 2017.

DETMANN, E; M. A.de SOUZA; S.de C.VALADARES FILHO; A. C. de QUEIROZ; T. T. BERCHIELLI; E. de O. S. SALIBA; L. da S. CABRAL; D. dos S. PINA; M. M. LADEIRA; J.A.G. AZEVEDO. Métodos para análise de alimentos. Instituto nacional de ciência e tecnologia de ciência animal. 1ªed. 2012.

EGGERS, R; PIETSCH, A. Technology 1: roasting. *In*: CLARKE, R, J.; VITZHUM, O. G. (Ed.). Coffee: recente developments. Oxford: Blackwell Science, 2001. P. 90-107.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Produção dos Cafés do Brasil. Brasília, maio, 2018.

EUGÊNIO, M. Blends de cafés arábica e conillon: avaliações físicas, químicas e sensoriais. 112 p. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2010.

FERNANDES, S. M; PINTO, N. A. V. D; THÉ, P. M. P; PEREIRA, R. G. F. A; CARVALHO, V. D. Teores de polifenóis, ácido clorogênico, cafeína e proteína em café torrado. **Revista Brasileira de Agrociência**. v.7, n.3, p. 197-199. set-dez 2001.

FERNANDES, S. M. et al. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de café arábica (*Coffea arábica* L.) e conillon (*Coffea canephora* P.) torrados. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 27, n.5., p. 1076-1081, set/out. 2003.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H.; VERDIN Filho, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas. 2. ed. Vitória: Incaper, 2004. 60 p.

FERREIRA, G. Avaliação da qualidade física, química, sensorial e da composição fúngica de grãos de cafés beneficiados. 121 p. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista, 2010.

FUENTES, P.H.A. Avaliação da Qualidade de Óleos de Soja, Canola, Milho e Girassol durante o Armazenamento. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2011, 109p.

FUJIOKA, K.; SHIBAMOTO, T. Chlorogenic acid and caffeine contents in various commercial breed coffees. **Food Chemistry**, v. 106, n. 1, p. 217-221, 2008.

HALAL, S. L. M. E. Composição, processamento e qualidade do café. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.

ILLY, A.; VIANI, R. Espresso coffee: the chemistry of quality. 3rd ed. San Diego: Academic, 1998. 253p

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4^a.ed. 1^a edição digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

IVOGLO, M. G. et al. Divergência genética entre progênies de café robusta. **Bragantia**, Campinas, v. 67, p. 823-831, 2008.

JESZKA-SKOWRON, M.; ZGOLA-GRZESKOWIAK, A.; GRZESKOWIAK, T. Analytical methods applied for the characterization and the determination of bioactive compounds in coffee. **European food research technology**, v.240, p. 19-31, 2015.

KOPCAK, U. Extração de cafeína das sementes da planta do guaraná (*Paullinia cupana*) com dióxido de carbono supercrítico e co-solventes. Campinas, SP, 2003.

LEITE, I. P. Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica* L.). Dissertação apresentada a Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras, MG, 1991.

LIMA, U. A. Matérias-primas dos Alimentos. São Paulo: Blucher. 402p, 2010.

- LINS, B. F. E. Ferramentas básicas da qualidade. *Ci. Inf.*, Brasília, 22(2): 153-161, maio/ago. 1993.
- LOPES, L. M. V. Avaliação da qualidade de grãos crus e torrados de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 2000. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- MAGGIOLI, M. F. Retenção de óleo de café verde em complexos coacervados de proteínas concentradas do soro de leite ou soja e goma arábica, 91 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, 2014.
- MALAVOLTA, E. História do café no Brasil. São Paulo: Agronômica Ceres, 2000. cap. 1
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Café no Brasil. Janeiro, 2017.
- MARTINEZ, H. E. P.; POLTRONIERI, Y.; FARAH, A.; PERRONE, D. Zinc supplementation, production and quality of coffee beans. **Revista Ceres**, v. 60, n.2, 2013.
- MARQUES, E. R., BORÉM, F. M., PEREIRA, R. G. F. A., BIAGGIONI, M. A. M. Eficácia do teste de acidez do café arábica (*Coffea arabica* L.) submetido a diferentes períodos e temperaturas de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p. 1557-1562, set/out, 2008.
- MEAT RESEARCH CORPORATION. Free Fatty Acid. Australian Meat Technology – AMT. 1997.
- MELO, W. L. B. **A importância da informação sobre o grau de torra do café e sua influência nas características organolépticas da bebida**. São Carlos: EMBRAPA, 2004. (Comunicado técnico, 58). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/30170>. Acesso em outubro de 2018.
- MENDONÇA, L. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 239-243, 2005.
- MORAIS, C. M. Escalas de Medida, Estatística Descritiva e Inferência Estatística. Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, 2005.
- MORAIS, S. A.; AQUINO, F. J. T., NASCIMENTO, E. A.; OLIVEIRA, G. S.; CHANG, R., SANTOS, N. C.; ROSA, G. M. Análise de compostos bioativos, grupos ácidos e da atividade antioxidante do café arábica (*Coffea Arabica*) do cerrado e de seus grãos defeituosos (PVA) submetidos a diferentes torras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, p.198-207, dez. 2008.
- MORAIS, S. A.; AQUINO, F. J. T, NASCIMENTO, P. M.; NASCIMENTO, E. A.; CHANG, R. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café conillon submetido a diferentes graus de torra. **Química Nova**, São Paulo, v.32, n.2, p. 327-331, 2009.

MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M.; ANJOS, V. D. A.; MORI, E. E. M.; MATTOSO, L. H. C.; FIRMINO, A.; NASCIMENTO, C. J. F. Influência dos parâmetros de torração nas características físicas, químicas e sensoriais do café arábica puro. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.10, n.1, p.17-25, jan/março 2007.

MUINHO, R. A Ciência da Torra. Buenavista Café. Disponível em: <http://buenavistacafe.com.br/blog/2017/01/18/a-ciencia-da-torra/>. Acesso em outubro de 2018.

NASCIMENTO, E. A.; AQUINO, F. J. T.; NASCIMENTO, P, M.; CHANG, R.; MORAIS, S. A. L. Composição química do café conillon em diferentes graus de torração. **Ciência & Engenharia**, v. 16, n. ½, p. 17-21, jan-dez, 2007.

NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Distribuição de isômeros de ácidos clorogênicos e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas 23 (2): 296-299, maio-agosto. 2003.

OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; SANTOS, F. L.; VASCONCELOS, W. L.; JUNIOR, C. C.; BAPTESTINI, F. M.; VARGAS-ELÍAS, G. A. Caracterização física de café após torrefação e moagem. **Rede de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal**. V. 35, n.4, p. 1813-1827, 2014.

PÁDUA, F. R. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; FERNANDES, S. M. Açúcares totais, redutores e não-redutores, extrato etéreo e umidade de diferentes padrões de bebida do café arábica e do café conillon. II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Lavras, MG, 2002.

PEREIRA, M. C. **Características químicas, físico-químicas e sensorial de genótipos de grãos de café (*Coffea arabica* L.)**. Lavras: UFLA, 2008. 101p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, 2008.

PEREIRA, E.B; PIMENTA, L S.; ESCAMILHE, E. P. Potencial dos óleos de café verde e de soja na produção de biodiesel via rota etílica. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 14, n. 1, p. 464-473, jan. /jul. 2016.

PÉREZ-GALVÉS, A., MÍNGUEZ-MOSQUERA, M.A. Degradation, under nonoxygen mediated autooxidation, of carotenoid profile present in paprika oleoresins with lipid substrates of different fatty acid composition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p.632-637, 2004

PETERS, J. M. Factors Affecting Caffeine Toxicity. **Journal Clinical Pharmacology**. 1967 May;7(3):131-41.

PINTO, N. A. V. D. **Avaliação química e sensorial de diferentes padrões de bebida do café arábica cru e torrado**. Lavras: UFLA, 2002, 92f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, 2002.

QUAST, L. B.; AQUINO, A. D. Oxidação dos lipídeos em café arábica (*Coffea arabica* L.) e café robusta (*Coffea canephora* P.). **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 325-336, jul./dez. 2004.

- RIBEIRO, B. B.; MENDONÇA, L. M.; ASSIS, G. A.; MENDONÇA, J. M. A.; MALTA, M. R.; MONTANARI, F. F. Avaliação Química e Sensorial de *Blends* de *Coffea canephora* e *Coffea arabica* L. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 178-186, abr./jun. 2014
- ROCHA, E. M. P.; FERREIRA, M. A. T. Análise dos indicadores de inovação tecnológica no Brasil: Comparação entre um grupo de empresas privatizadas e o grupo geral de empresas. **Ciências e informação**. v.30, n. 2, p.64-69, 2001.
- RODARTE, M. P. Sensory and chemical analysis and volatile constituents profile of the special coffees. 2008. 147p. Thesis (Doctorate in Food Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SAATH, R.; LIMONI, L. H.; TONON, K. C.; EVARISTO, T.; TERCENIANO, R. M. Características físico-químicas de grãos de café em função do ambiente de cultivo. São Pedro-SP, 2015.
- SACCHETTI, G. et al. Effect of roasting degree, equivalent thermal effect and coffee type on the radical scavenging activity of coffee brews and their phenolic fraction. **Journal of Food Engineering**. Essex, v. 90, n. 01, p. 74-80, 2009.
- SALADO, A. O Mercado Brasileiro de Café em 2018. Euromonitor International. 26º ENCAFÉ- Encontro Nacional do Café. Dezembro, 2018.
- SANTOS, E. S. M. Perfil sensorial e aceitabilidade do consumidor para blends de bebidas preparadas com grãos arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* P.). Seropédica, RJ, 2010.
- SHOLZ, M. B. S.; FIGUEIREDO, V. R. G.; SILVA, J. V. N.; KITZBERGER, C. S. G. Características físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 245-255, set/dez, 2011.
- SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. M.; PEREIRA, R. G. F. A. Composição centesimal e perfil de aminoácidos de arroz e pó de café. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara. v. 18, n.3, p. 325-330, jul/set. 2007
- SIQUEIRA, H. H. de; ABREU, C. M. P. de. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n.1, p.112-117, 2006.
- SOUZA, R. M. N. CANUTO, G. A. B.; DIAS, R. C. E.; BENASSI, M. T. Teores de compostos bioativos em cafés torrados e moídos comerciais. **Química Nova**, v.33, n.4, p. 885-890, 2010.
- SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. Einstein. 2010; 8(1 Pt 1):102-6. 2010
- SPEER, K.; KOLLING-SPEER, I. The lipide fraction on the coffee bean. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.18, n.2, p.319-340, Apr./June 2006.
- TEIXEIRA, O. R.; PASSOS, F. R.; MENDES, F. Q. Qualidade físico-química e microscópica de 14 marcas comerciais de café torrado e moído. **Coffee Science**, Lavras, v.11, n. 3, p. 396-403, jul/set. 2016.

TOCI, A.; FARAH, A.; TRUGO, L. C. Efeito do processo de descafeinação com diclorometano sobre a composição química dos cafés arábica e robusta antes e após a torração. **Química Nova**, v.29, n. 5, p. 965-971, 2006.

TURATTI, J.M. Extração e caracterização de óleo de café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. Resumos expandidos... Brasília: EMBRAPA Café, p. 1533-1539, 2001.

VIDAL, H. M. Composição lipídica e qualidade do café (*Coffea arábica* L.) durante armazenamento. 2001. 93f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

WOODMAN, J. S. Carboxylic Acids. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. Coffee: chemistry. New York: **Elsevier Applied Science**, v.1, cap.8, p.266-289, 1985.

APÊNDICE

Figura 11. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Cinzas

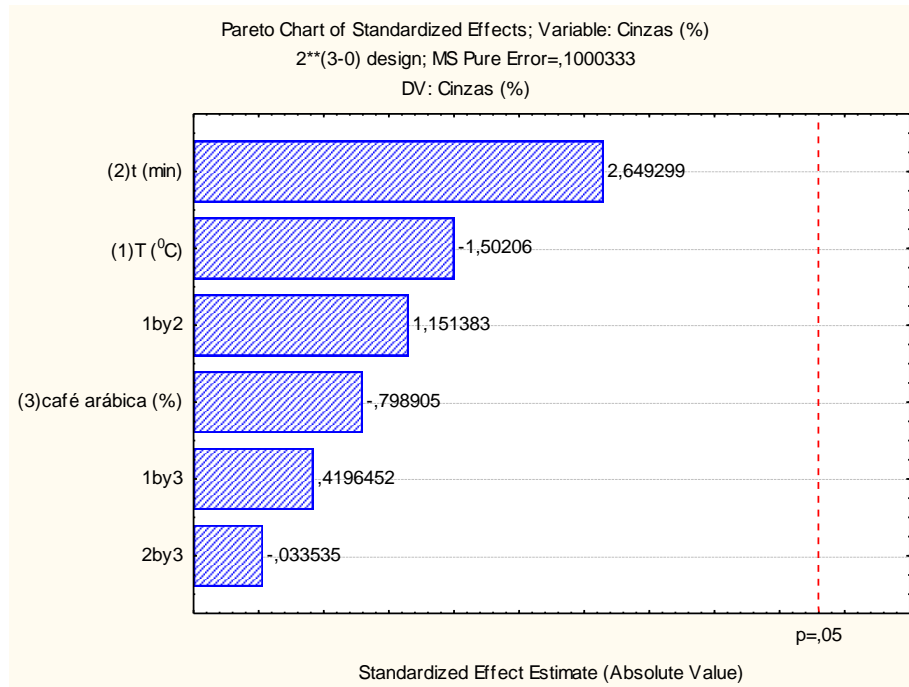


Figura 12. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Sólidos Solúveis Totais

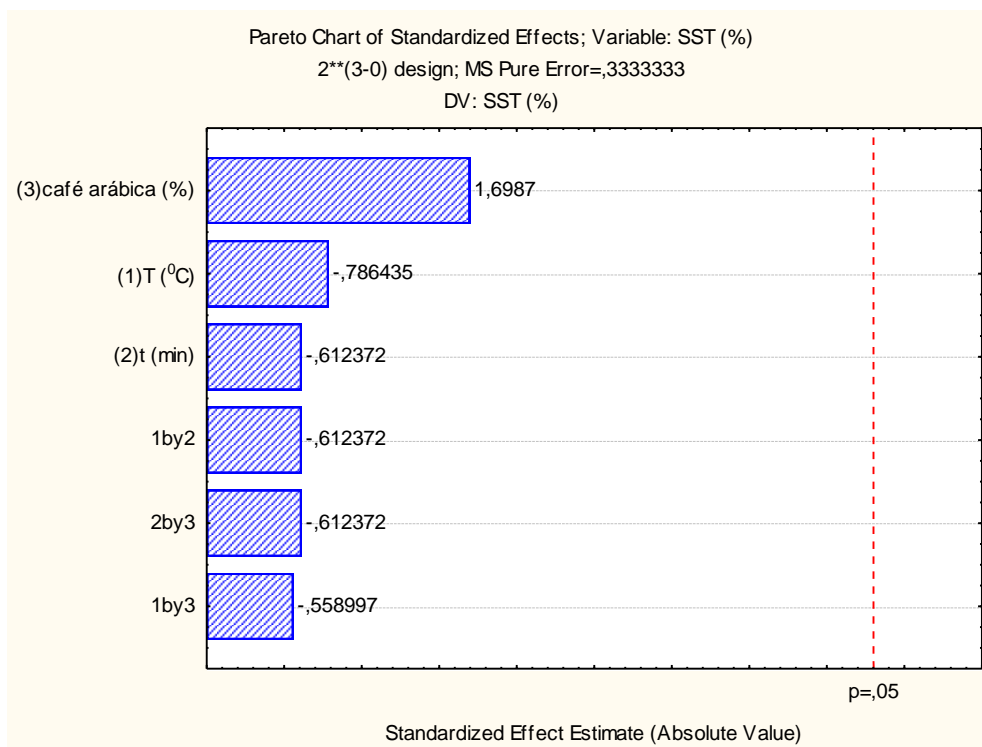


Figura 13. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Acidez Total Titulável

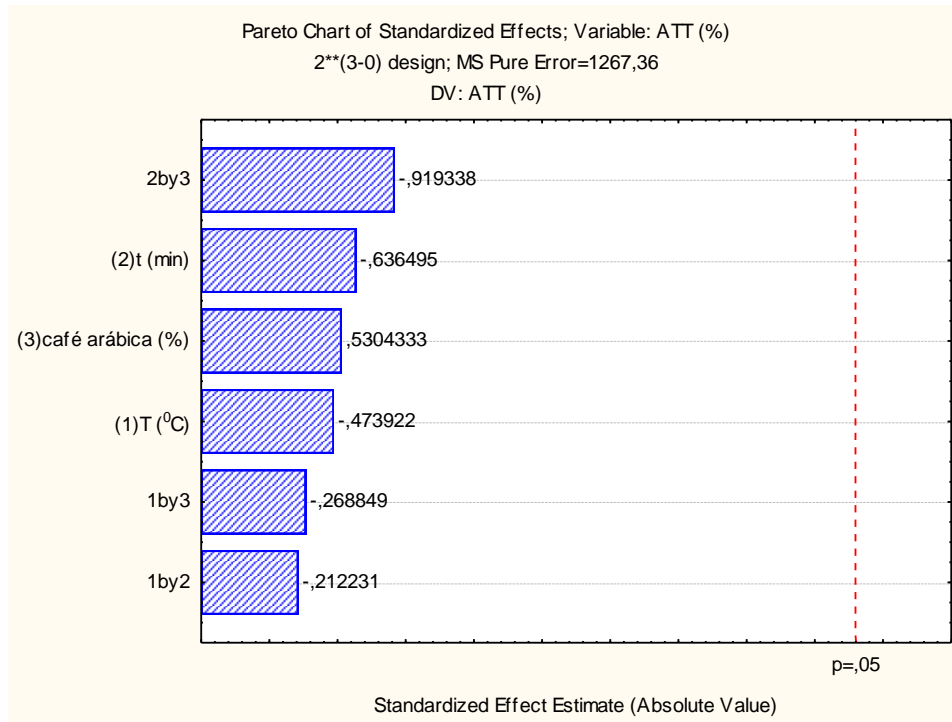


Figura 14. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Índice de Acidez

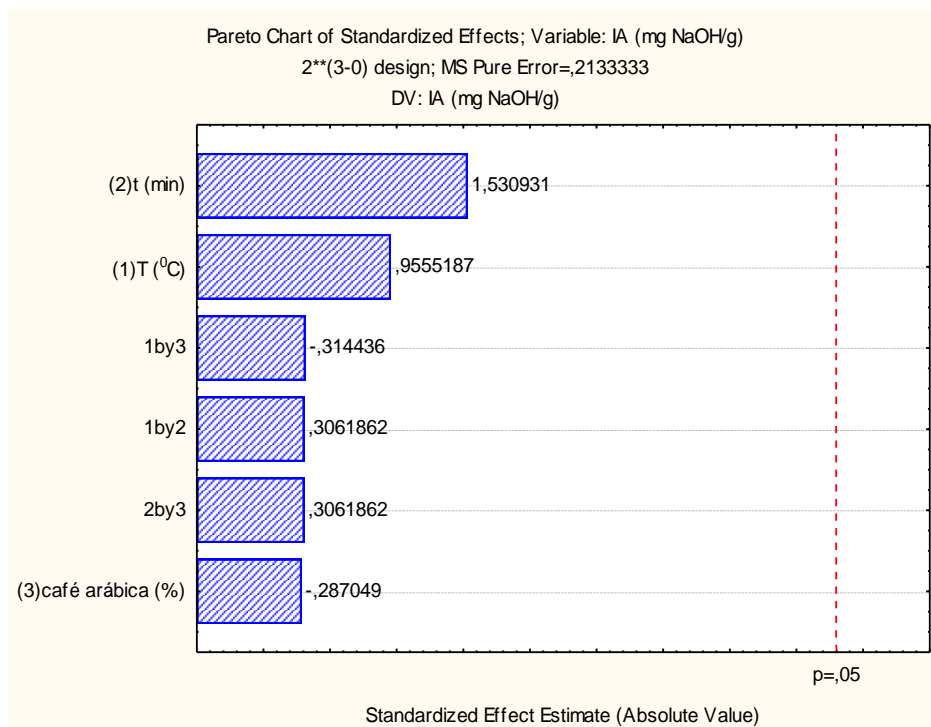


Figura 15. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Ácidos Graxos Livres

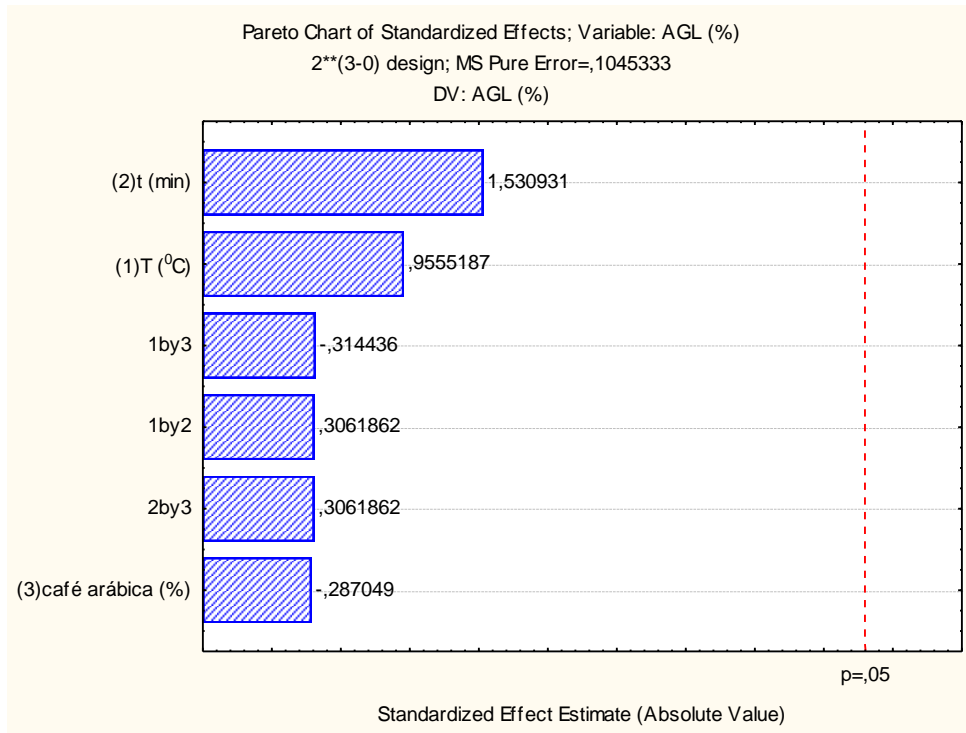


Figura 16. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Lipídeos

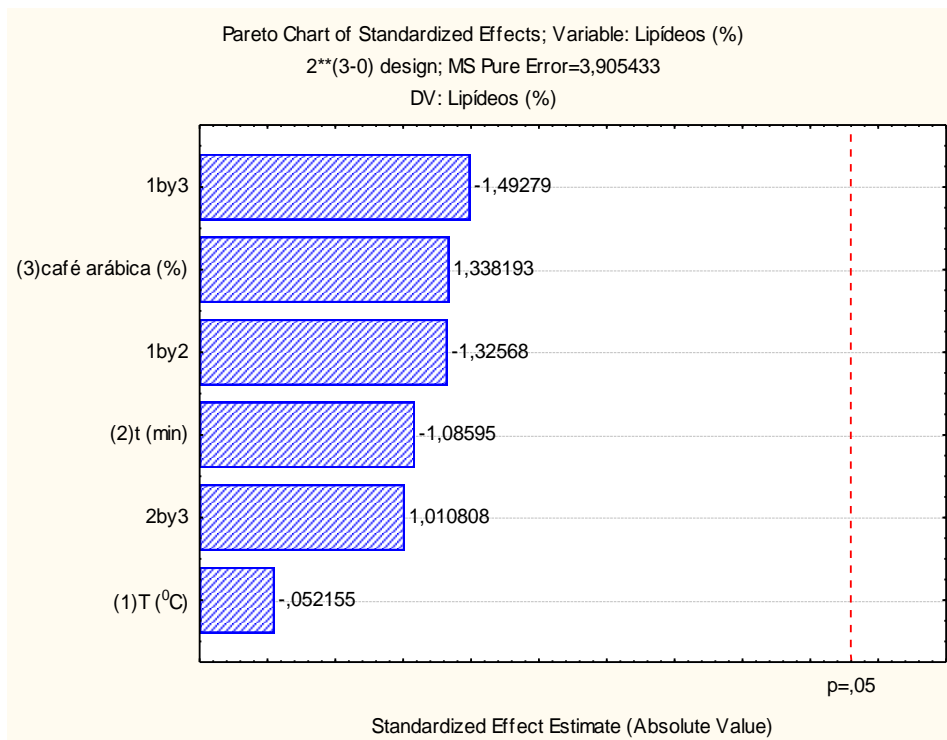


Figura 17. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Índice de Saponificação

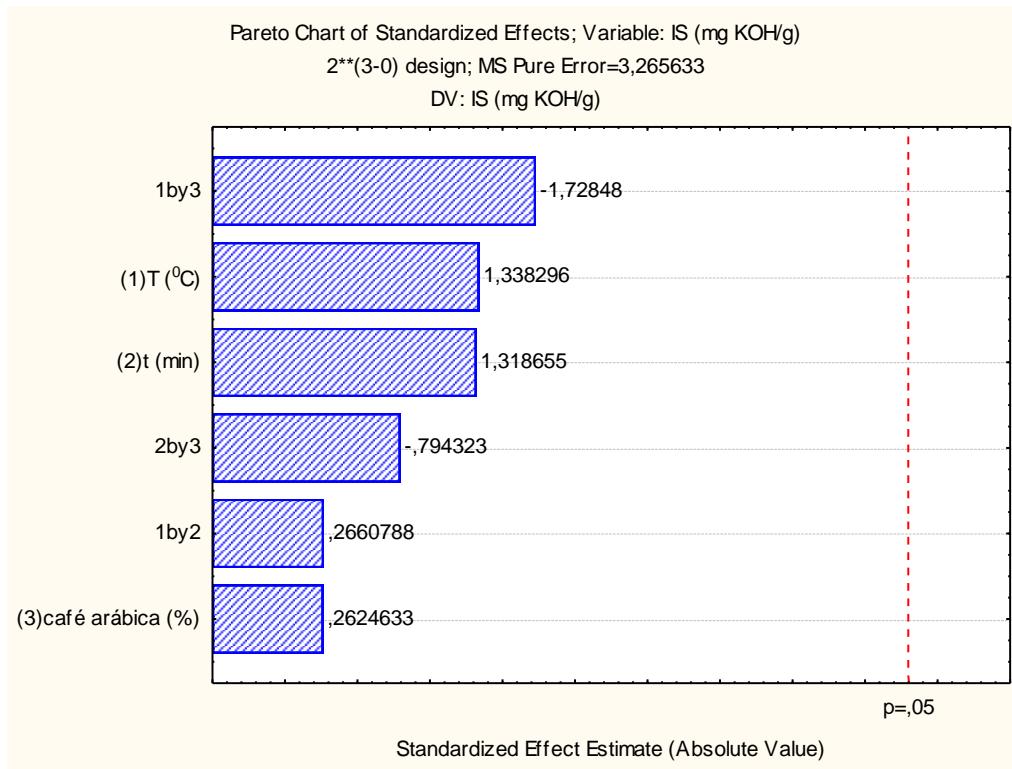


Figura 18. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Açúcares Redutores

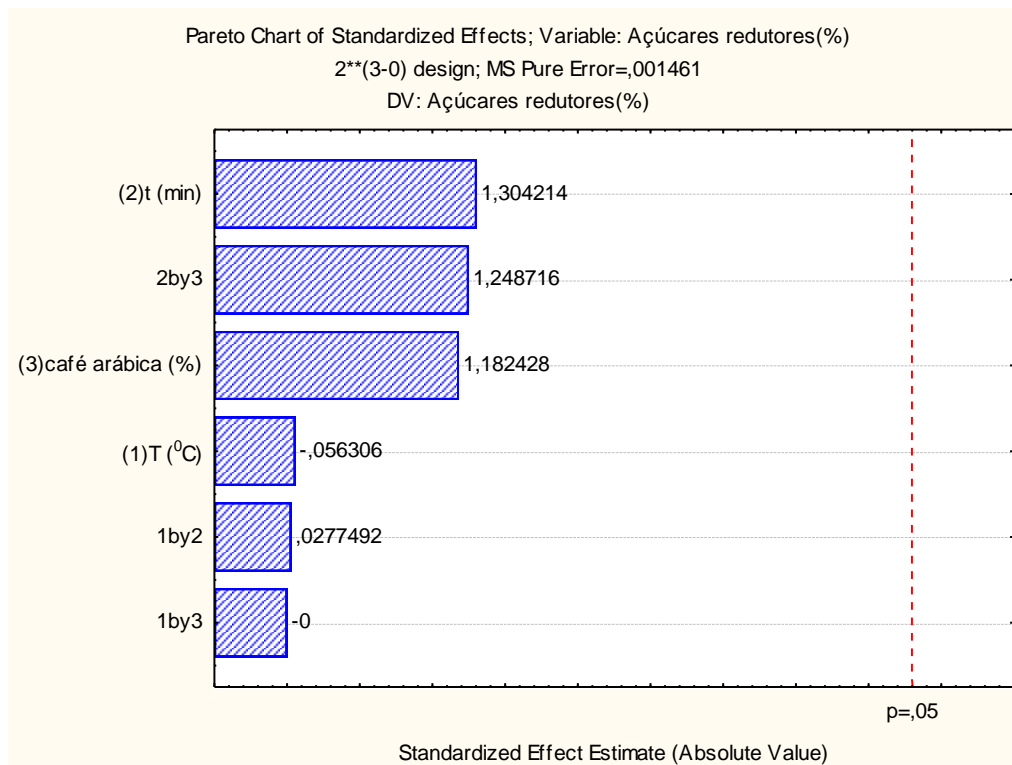


Figura 19. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Proteína

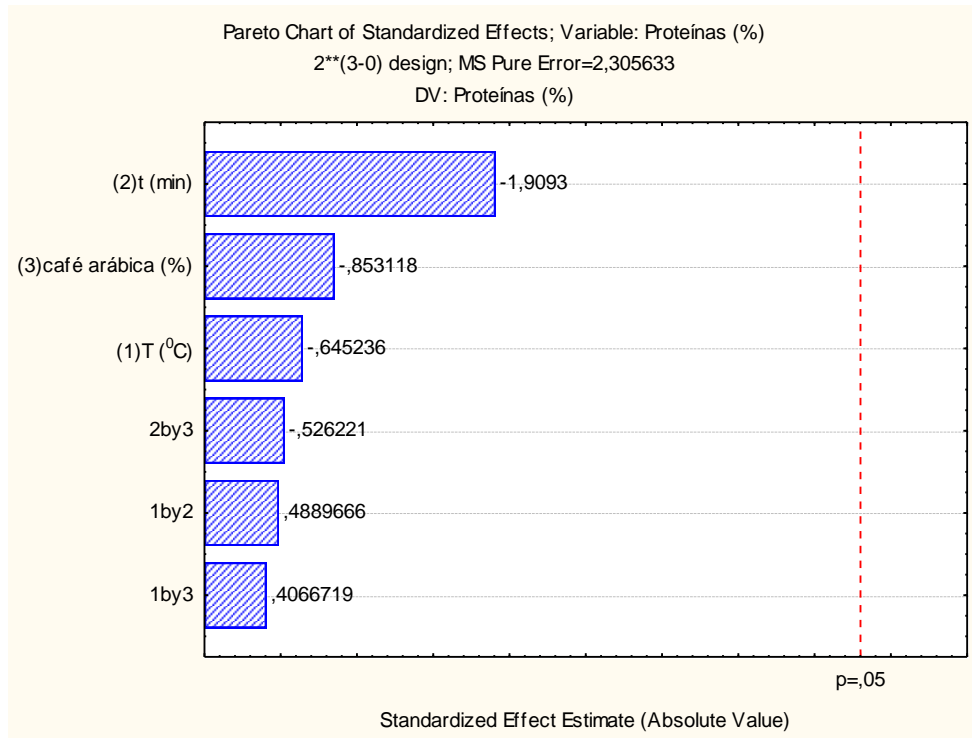


Figura 20. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Carboidratos

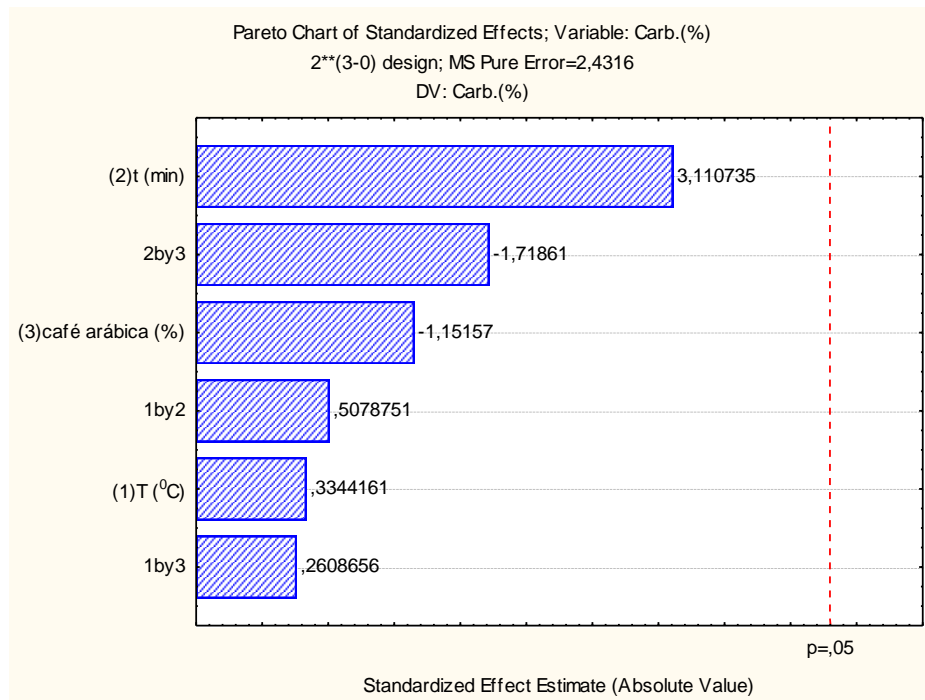


Figura 21. Gráfico de Pareto com estimativa de efeitos principais e de interação entre as variáveis independentes para a variável dependente Cafeína

