ANÁLISE DE VARIÂNCIA NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GRÃOS DE CAFÉ ORGÂNICO TIPO ARÁBICA PROCESSADOS POR VIA SECA E VIA ÚMIDA

ANÁLISIS DE VARIACIÓN EN LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE GRANOS DE CAFÉ ORGÁNICO TIPO ARÁBICA PROCESADOS POR VÍA SECA Y HÚMEDA

ANALYSIS OF VARIANCE IN THE PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF ORGANIC ARABICA TYPE COFFEE BEANS PROCESSED BY DRY AND WET WAY

Gustavo Henrique Daniel Santos Silva[1]; Maria Vitória Lima Costa Donato[2]; Wallysson Wagner Vilela Santos[3]
Phillipe Tenório Barbosa[4]; Suzana Pedroza da Silva[5]

DOI: https://doi.org/10.31692/IICIAGRO.0226

RESUMO

O Brasil é considerado o maior produtor e exportador mundial de café. O seu consumo é um hábito mundial e sua bebida é consumida de diversas formas. No Brasil é comumente produzido grãos de cafés por dois tipos de beneficiamento: via seca e via úmida. Os grãos de cafés beneficiados por via seca, são comumente processados em terreiros (podendo ser suspenso) secos ao sol. Os grãos de cafés beneficiados por via úmida sofrem a fermentação em seu processo, de forma controlada, agregando atributos físico-químicos e de valor no seu produto final. Este trabalho tem como objetivo determinar as características físicas e físico-químicas de grãos de café cru e torrados por beneficiamento por via seca e, comparar estatisticamente os dados obtidos com dados de caracterização de grãos de café torrado e moído beneficiado por via úmida. As amostras de café orgânico *Arábica typica* foram coletadas no Sítio Várzea Grande, produtor da Associação dos Produtores de Café de Taquaritinga do Norte (APROTAC), no Agreste de Pernambuco. Após a obtenção das amostras (grão cru) foi realizada a torra na associação até 204,9 ºC a 780s. Depois do processo de torra, esperou-se 24 horas para resfriamento e os grãos de café foram moídos em moedores convencionais. Os grãos (cru, torrado e moído) foram submetidos a análises de: umidade, cinzas, pH, condutividade, acidez total titulável (ATT), sólido solúveis totais (SST) e extrato aquoso. Após análise os dados foram submetidos a análise estatística de ANOVA, Coeficiente de variação (CV), realizou-se um tratamento estatístico de regressão linear avaliando a homoscedasticidade e *outliers* dos grãos crus, torrados e moídos ambos por via seca. Todos os parâmetros estão de acordo com a legislação vigente. Observa-se que no beneficiamento por via seca atributos como SST e ATT destacam-se com médias maiores que no beneficiamento por via úmida. Já o beneficiamento via úmida tem maior média em cinzas, o que já é esperado devido ao seu tipo de beneficiamento e reações químicas que o grão sofre durante esse processo. Foi constatado que os *outliers* do grão cru são referentes ao processo de torra e as mudanças que o grão sofre durante este processo; para os tratamentos de via seca e via úmida não diferem muito estatisticamente, sendo os dois tipos de café produzidos no Sítio Várzea Grande de muito boa qualidade.

[1] Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, gd30440@gmail.com
[2] Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, vitoriadonato57@gmail.com
[3] Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, wallysson70@gmail.com
[4] Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos - UFRPE, phillipetb@gmail.com
[5] Doutora, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, suzana.pedroza@ufape.edu.br

Palavras-Chave: Análise de variância, Café orgânico, Via seca, Via úmida.

RESUMEN
Brasil es considerado el mayor productor y exportador de café del mundo. Su consumo es un hábito a nivel mundial y su bebida se consume de diferentes formas. En Brasil, los granos de café se producen comúnmente mediante dos tipos de procesamiento: seco y húmedo. Los granos de café procesados por el proceso seco se procesan comúnmente en terrazas (que pueden ser suspendidas) secadas al sol. Los granos de café procesados por vía húmeda sufren fermentación en su proceso, de forma controlada, agregando atributos físico-químicos y de valor a su producto final. Este trabajo tiene como objetivo determinar las características físicas y fisicoquímicas de los granos de café crudo y tostado por vía seca y comparar estadísticamente los datos obtenidos con los datos de caracterización de los granos de café tostados y molidos procesados por vía húmeda. Se recolectaron muestras de café orgánico Arábica typica en el Sítio Várzea Grande, productor de la Asociación de Productores de Café de Taquaritinga do Norte (APROTAC), en la región Agreste de Pernambuco. Luego de obtenidas las muestras (grano crudo), se realizó tostado en la asociación hasta 204.9 ºC a 780s. Luego del proceso de tostado, se dejó enfriar 24 horas y los granos de café se molieron en molinillos convencionales. Los granos (crudos, tostados y molidos) fueron analizados para: humedad, cenizas, pH, conductividad, acidez titulable total (TTA), sólidos solubles totales (SST) y extracto acuoso. Luego del análisis, los datos fueron sometidos a análisis estadístico de ANOVA, Coeficiente de variación (CV), se realizó un tratamiento estadístico de regresión lineal, evaluando la homocedasticidad y outliers de granos crudos, tostados y molidos ambos por el método seco. Todos los parámetros están de acuerdo con la legislación vigente. Se observa que en el beneficio seco se destacan atributos como SST y ATT con promedios más altos que en el beneficio húmedo. Por otro lado, el beneficio húmedo tiene un mayor promedio de cenizas, lo cual es de esperarse por su tipo de procesamiento y reacciones químicas que sufre el grano durante este proceso. Se encontró que los valores atípicos del grano crudo se refieren al proceso de tostado y a los cambios que sufre el grano durante este proceso; para los tratamientos seco y húmedo no difirieron mucho estadísticamente, siendo los dos tipos de café producidos en el Sítio Várzea Grande de muy buena calidad.

Palabras Clave: Análisis de varianza, Café orgánico, Método seco, Método húmedo.

ABSTRACT
Brazil is considered the world's largest producer and exporter of coffee. Its consumption is a worldwide habit and its drink is consumed in different ways. In Brazil, coffee beans are commonly produced by two types of processing: dry and wet. The coffee beans processed by the dry process are commonly processed in terraces (which can be suspended) dried in the sun. The coffee beans processed by wet process undergo fermentation in their process, in a controlled way, adding physical-chemical and value attributes to their final product. This work aims to determine the physical and physicochemical characteristics of raw and roasted coffee beans by dry processing and statistically compare the data obtained with characterization data of roasted and ground coffee beans processed by wet process. Organic Arabica typica coffee samples were collected at Sítio Várzea Grande, producer of the Association of Coffee Producers of Taquaritinga do Norte (APROTAC), in the Agreste region of Pernambuco. After obtaining the samples (raw grain), roasting was performed in the association until 204.9 ºC at 780s. After the roasting process, it was allowed to cool for 24 hours and the coffee beans were ground in conventional grinders. The grains (raw, roasted and ground) were analyzed for: moisture, ash, pH, conductivity, total titratable acidity (TTA), total soluble solids (SST) and aqueous extract. After analysis, the data were submitted to statistical analysis of ANOVA, Coefficient of variation (CV), a statistical treatment of linear regression was carried out, evaluating the homoscedasticity and outliers of raw, roasted and ground grains both by dry method. All parameters are in accordance with current legislation. It is observed that in dry processing, attributes such as SST and ATT stand out with higher averages than in wet processing. On the other hand, wet processing has a higher ash average, which is expected due to its type of processing and chemical reactions that the grain undergoes during this

process. It was found that the raw grain outliers are related to the roasting process and the changes that the grain undergoes during this process; for the dry and wet treatments they did not differ much statistically, being the two types of coffee produced in the Sítio Várzea Grande of very good quality.

Keywords: Analysis of variance, Organic coffee, Dry method, Wet method.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que o café é um dos alimentos mais consumidos do mundo, consumido tanto em sua forma tradicional, como também utilizado para fomentar ou agregar valor em outros subprodutos como: bolos, doces, entre outros alimentos e produtos comésticos e farmacêuticos.

A qualidade do café é afetada por fatores que influenciam o produto final, como origem geográfica, clima, espécies, métodos de colheita, processamento e armazenamento.

Diversos estudos caracterizam cafés de variedades diferentes e até mesmo *blends* que são comumente utilizados na indústria cafeeira para fins de produção devido a sua alta rentabilidade durante o processo e no seu rendimento final do produto. Uma das formas mais conhecidas de agregar valor ao café é pelo seu beneficiamento seja ele por via seca ou por via úmida, sendo este capaz de adicionar valor monetário ao produto, como também aumentar a qualidade dos grãos, aumentando suas características sensoriais e afins.

Os produtores de café comumente utilizam o beneficiamento por via seca, devido a sua infraestrutura ser mais barata e ter-se um controle mais simplificado do produto, pois com o beneficiamento por via úmida, os produtores não tem uma confiabilidade maior no processo já que em sua grande maioria os produtores não tem conhecimento técnico e específico para trabalhar adequadamente com a fermentação dos grãos.

Os grãos verdes obtidos no plantio, normalmente são armazenados e estocados até o momento de sua torra. Nesse período os grãos verdes podem sofrer alterações físicas como: envelhecimento precoce do grão o que afetaria diretamente no momento de sua torra, atrasando a reação de maillard e alterações também físico-químicas; neste caso, o tipo de beneficiamento também é importante durante o seu armazenamento, tendo em vista que suas características sensoriais e físico-químicas podem valorizar ou desvalorizar o produto final em sua classificação.

Por vez, o beneficiamento e processamento escolhido pode causar alterações físico-químicas e sensoriais da bebida café, sendo necessário analisar as diferentes alterações físico-químicas obtidas através desses beneficiamentos e os grãos verdes crus.

Comparar estatisticamente as diferentes amostras e suas respectivas triplicatas nem sempre é fácil e a ANOVA é utilizada normalmente nestes casos, juntamente com o teste de Tukey, auxiliando na comparação estatística das análises e se elas divergem entre si ou não, permitindo neste trabalho observar o coeficiente de variação entre os beneficiamentos por via seca, via úmida e grãos crus (beneficiamento por via seca).

Diante deste contexto esta pesquisa teve como objetivo determinar as características físicas e físico-químicas de grãos de café cru e torrados por beneficiamento por via seca e, comparar estatisticamente os dados obtidos com dados de caracterização de grãos de café torrado e moído beneficiado por via úmida.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Brasil é considerado o maior produtor e exportador mundial de café. O seu consumo é um habito mundial e sua bebida é consumida de diversas formas. É uma das bebidas mais apreciadas pelo mundo devido aos seus valores sensoriais e principalmente sua ação estimulante (BRASIL, 2003).

A cafeicultura é uma das culturas agrícolas mais antiga do Brasil. O Brasil se destaca por ser o maior produtor e exportador mundial de café onde cerca de 287 mil produtores de grande e de pequeno porte de aproximadamente de 1.900 municípios de diferentes estados. As principais espécies cultivadas são o *Coffea Arábica* e o *Coffea Canephora* popularmente conhecidos por café arábica e café conilon, devido ao seu bom rendimento e sua alta produtividade (MAPA, 2017).

O café arábica é uma espécie que dá origem a café finos e representa 72 % da produção no país já o café conilon corresponde a 28 % da produção é destinando a indústria de café solúvel e a composição de *blends* com o arábica, em sua maioria (CONAB, 2015).

A indústria cafeeira desempenha um grande papel no comércio exterior como nacional, destacando-se a sua distribuição regional. As plantações de café no estado de Pernambuco são datadas no início do século XIX, e os plantios existem até os dias atuais, com crescimento em área plantada, entretanto é possível observar uma maior produção de café na zona do Agreste de Pernambuco, chegando a 92% da produção. O munícipio de Taquaritinga do Norte produz grãos de café reconhecidos em todo o território nacional e também reconhecido de forma internacional, destacando-se também a sua forma de cultivo sustentável (OLIVEIRA, 2015;

SEBRAE, 2011).

A cidade de Taquaritinga do Norte em Pernambuco, se destaca pela cultura expressiva no plantio e colheita de café, o seu diferencial é relacionado aos fatores que influenciam diretamente na qualidade dos grãos produzidos e impactando diretamente na bebida final (CREA-PE, 2021).

A cidade encontra-se com altitude que pode chegar a mil metros, com terrenos acidentados e ainda coberto de diversas árvores frutíferas e com exemplares da Mata Atlântica o que proporciona aos cafezais sombra e umidade que posteriormente conferem excelência aos grãos de café (CREA-PE, 2021).

O aumento e o consumo de cafés considerados de alta qualidade promovem o crescimento da segmentação no mercado, tornando-se uma tendência no mercado brasileiro e mundial (ZANI *et al.*, 2020). A precificação do café, ao contrário dos outros *commodities* é formulado pela qualidade final do grão, destacando-se os países importadores do produto, ou seja, a cultura cafeeira não se limita mais em aumento de produção, mas em qualidade de grãos (MACHADO *et al*., 2019).

A qualidade do grão está ligada às diferentes etapas ao longo do seu processamento o que caracteriza seu sabor e aroma, destacando-se o pré e pós colheita. Na pós-colheita se destacam os processos de armazenamento do café beneficiado, a torrefação e a moagem dos grãos. Para fins de exportação o café passa por um sistema rigoroso de análise ao qual os grãos defeituosos não são comercializados, devido estes grãos afetarem na etapa da torra e na qualidade da bebida final (ALIXANDRE *et al*., 2019).

Como vantagem o processamento via seca, destaca-se por ser de menor investimento em infraestrutura, menor utilização de água e menor necessidade de licenciamento ambiental (TRISTAO *et al*., 2019).

O café de via seca, tem como desvantagem, o maior tempo de secagem, menor padronização dos grãos de café e ainda ocupar maior volume nos terreiros, secadores e também armazéns. Se o processamento ocorrer em regiões com alta umidade relativa do ar no seu período de colheita, o tempo relativo de secagem pode aumentar, podendo ainda ocorrer fermentações indesejadas. Podendo assim a uniformidade da secagem e qualidade dos grãos serem prejudicadas resultando em lotes de qualidade inferior ao esperado (ALIXANDRE *et al*., 2019).

METODOLOGIA

As amostras de café orgânico *Arábica typica* beneficiados por via seca foram coletadas no Sítio Várzea Grande, Café Várzea Grande, produtor participante da Associação dos Produtores de Café de Taquaritinga do Norte (APROTAC), no Agreste de Pernambuco. Após a obtenção das amostras (grão cru) foi realizada a torra das mesmas utilizando as mesmas condições de torra utilizada pela associação de até 204,9 ºC a 780s. Depois do processo de torra, esperou-se 24 horas e os grãos de café foram moídos em moedores convencionais.

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos (LAAL) da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE). As análises físico-químicas foram realizadas com grãos crus pós-beneficiamento via seca e via úmida, torrados e moídos. Foram feitas as análises de: condutividade, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), extrato aquoso, umidade e cinzas, todas as análises seguiram a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), Quast e Aquino (2004), Meat Research Corporation (1997). Todas as análises foram realizadas em triplicatas, afim de obter um nível de confiança maior em seus resultados.

Após realizadas as análises físico-químicas nos grãos crus e torrados por via seca e úmida, foi retirada a média e desvio padrão para cada análise, em seguida submetida a ANOVA e teste de Tukey a $p \leq 0,05\%$ para obter também o coeficiente de variação das diferentes análises e ainda observar estatisticamente a variação entre os grãos crus e torrados por via seca.

Foi feita também uma regressão linear para os grãos crus e torrados por beneficiamento via seca, afim de avaliar os pontos dependentes de acidez total titulável com os independentes de sólidos solúveis totais. Todas as análises estatísticas foram feitas utilizando o software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o processo de torra do café há a ocorrência de diversas reações e, como resultado de algumas delas, têm-se uma perda de massa associada ao processo. Essa perda de massa ocorre devido a vaporização da água, ao desprendimento da película prateada do grão, devido a expansão do mesmo, assim como pela degradação da matéria orgânica que é transformada em gases voláteis (SCHENKER; ROTHGEB, 2017).

Apesar das amostras beneficiada por via seca e por via úmida possuírem o mesmo grau

de torra, as amostras diferem pouco estatisticamente. Os grãos beneficiados por via úmida apresentam maior diferença estatística comparado aos grãos beneficiados por via seca, nas análises de cinzas, pH e extrato aquoso, essa diferença pode ser explicada devido ao tipo de processo que o grão passou durante o seu beneficiamento. O tratamento e análises feitas para os grãos crus, pode-se notar que todas elas se encontram dentro do parâmetro da legislação vigente. Ainda assim é possível destacar que o valor de umidade está elevado devido a própria natureza do grão de café, por ser de caráter higroscópico.

Durante o processo de torra diversas reações acontecem no grão como: pirólise, maillard, caramelização e perdas de compostos voláteis. Essas reações influenciam diretamente nas análises para a composição centesimal realizada com o grão torrado e no produto final (OIC, 2016). Um exemplo é o teor de SST analisado no grão cru e depois analisado no grão torrado e moído por beneficiamento por via seca, durante a torra o grão passa pelas transformações mencionadas anteriormente e sofre esse aumento, a mesma ideia pode ser utilizada nas outras análises propostas.

Tabela 01: Propriedades físico-químicas dos grãos beneficiados por via seca e úmida com média e desvio padrão

ANÁLISES	VS	VU	CRU	LEGISLAÇÃO GRÃO CRU* (g/100g)	LEGISLAÇÃO GRÃO TORRADO* (g/100g)	Coeficiente de Variação (%)
Umidade	$2,82\pm0,04^{B}$	$3,35\pm0,63^{B}$	$11,37\pm0,081^{A}$	12,5	5,0	8,26
Cinzas	$4,67\pm0,07^{B}$	$5,09\pm0,12^{A}$	$4,15\pm0,028^{C}$	5,0	5,0	2,20
pH	$4,85\pm0,015^{C}$	$4,95\pm0,011^{B}$	$5,64\pm0,023^{A}$	--	--	0,39
Condutividade	$3,95\pm0,011^{A}$	$3,90\pm0,024^{A}$	$2,45\pm0,020^{B}$	--	--	0,71
ATT	$2,83\pm0,22^{AB}$	$2,574\pm0^{B}$	$2,97\pm0,005^{A}$	--	--	4,72
SST	$2,53\pm0,05^{A}$	$2,43\pm0,044^{A}$	$2\pm0,1^{B}$	--	--	3,21
Extrato Aquoso	$15,98\pm0,59^{B}$	$17,64\pm0,35^{A}$	$14,67\pm0,060^{C}$	25,0	20,0	2,50

VS: via seca; VU: via úmida – dados obtidos através pelo grupo de pesquisa; CRU: grãos de café cru por beneficiamento via seca; Coeficiente de variação: $p\leq0,05$; ATT: Acidez Total Titulável; SST: Sólidos Solúveis Totais; *Legislação – Fonte: BRASIL (1999 – 2010); Letras: letras iguais na linha horizontal representam que não houve diferenças estatística entre os tratamentos, letras diferentes na linha horizontal representa diferença estatística entre os tratamentos.

Fonte: Própria (2022).

Devido ao fato de os grãos de café cru possuírem uma natureza higroscópica, ou seja, mantém trocas de umidade com o ambiente de armazenamento até que estes encontrem-se em equilíbrio. Como consequência disso, diversas reações de ordem enzimática ou não enzimática podem ocorrer, afetando a qualidade do produto final, tendo em vista que tais reações podem ocasionar alterações físicas, químicas, microbiológicas e nas características sensoriais do café (SANTOS *et al*., 2020).

De acordo com a Tabela 1, as amostras para a análise de umidade se encontram no parâmetro adequado para a legislação, a qual prever a umidade para grãos de café crus em seu máximo de 12,5% de umidade e para as amostras torradas e moídas o percentual máximo de 5% (BRASIL, 2010). A umidade é um parâmetro importante para o grão, pois está ligada as atividades microbianas e também as atividades enzimáticas que envolvem o grão.

O parâmetro de cinzas analisado, é responsável por identificar os resíduos minerais fixos presentes na amostra. A legislação (BRASIL, 2010) prever o máximo percentual de 5% para grãos torrados e moídos, ao passar desse percentual estabelecido, as amostras, ou grãos podem nos levar a possíveis fraudes, utilizando: paus e pedras.

Observa-se que teve uma redução do pH do grão cru para os torrados e moídos, isso está relacionado ao processo de torrefação ao qual o grão foi submetido. No estudo realizado por Santos *et al.*, (2020) sobre as influências das condições de torra e do processo extrativo em *blends* de café, os autores utilizaram um método denominado “decantação” (infusão), método similar ao empregado nesse estudo para aferição de pH, e obtiveram um valor similar ao da Tabela 1.

O parâmetro de pH é considerado como um indicador de eventuais mudanças nos frutos de café que podem ocorrer durante os processos de pré e pós colheitas, e a intensidade desse atributo está relacionada a fatores como condições climáticas durante o processo de secagem, origem dos grãos, estádios de maturação, métodos de extração do café, proporção de gramas de café por mililitros de água (SIQUEIRA; ABREU, 2006; LIMA FILHO *et al.*, 2013; LIMA FILHO *et al.* 2015; SANTOS *et al.*, 2020).

A análise de condutividade é responsável por quantificar os íons liberados a absorção do líquido pelo sólido poroso, podendo está relacionado com a integridade das membranas celulares dos grãos podendo ser relacionado com a qualidade da bebida (AGNOLETTI, 2015). Ao relacionar essas informações podemos afirmar que quanto menor a condutividade, melhor

será a qualidade da bebida café em seu produto final.

A acidez total titulável (ATT) é um dos parâmetros mais utilizado para mensurar a qualidade do café, sendo um dos atributos, se um café apresentar baixos níveis de acidez, pode indicar que o mesmo apresenta uma qualidade sensorial melhor. Os tratamentos tanto de via seca quanto de via úmida apresentam acidez baixa (Tabela 1), indicando uma qualidade melhor, outro fator importante para a acidez, é que tanto o tratamento de via seca quanto o tratamento de via úmida, passaram por um beneficiamento específico e um processo cuidadoso, já que os grãos são selecionados e orgânicos.

A análise de sólidos solúveis totais (SST), está ligada ao corpo da bebida em seu produto final, além de indicar também o grau de maturação do fruto. Durante o processo de torrefação, sabe-se que uma das reações que ocorre é a pirólise, perda de compostos voláteis e ainda a perda de ácidos orgânicos, todas essas reações estão ligadas aos sólidos solúveis totais (CRUZ, 2016). Tanto os tratamentos da via seca quanto da via úmida apresentam uma relação de SST boa (Tabela 1), para o tratamento do grão cru o SST é inferior aos dois tratamentos torrados e moídos, isso está relacionado ao processo de torra, quando o grão não é submetido a esse tipo de processo, não se tem a formação de reações químicas como maillard, pirólise e caramelização que a torra fornece em seu processo.

Os sólidos solúveis totais podem ser considerados uma variável independente, ou seja, que não é dependente de outra para a formação da composição total da bebida café, entretanto, por ser considerada uma variável independente os sólidos solúveis totais podem influenciar diretamente nos parâmetros e atributos importantes do café.

No extrato aquoso, podemos observar que os valores dos tratamentos da via úmida, quanto da via seca (Tabela 1) estão abaixo do proposto pela legislação de 25% (BRASIL, 2010), entretanto, o valor estabelecido pela legislação é referente ao grão torrado e moído, como os três tratamentos passaram pelo processo extração de decantação (infusão), não temos uma legislação vigente que abordem os valores de máximo e mínimo para esse processo de extração.

O extrato aquoso quantifica as substâncias que são capazes de solubilizarem em água fervente, esse tipo de análise é capaz de identificar as fraudes cometidas em cafés, já que a legislação permite 25% de mínimo, uma vez que as adições de componentes como: paus e pedras, e essas substâncias interfere no valor desse componente (CRUZ, 2016).

Diversos trabalhos quando calculam o coeficiente de variação (CV), utilizam a

classificação de PIMENTEL-GOMES (1985) para se nortear no grau de confiabilidade de seus resultados quanto ao coeficiente de variação. É proposto uma classificação para o coeficiente de variação da seguinte forma: baixo, quando o percentual de CV inferior a 10%; médio, apresentando resultados entre 10 e 20%; alto, quando para resultados 20 e 30%; e muito alto, quando o percentual é superior a 30% (PIMENTEL-GOMES, 1985).

As classificações dos coeficientes de variação (baixo, médio, alto e muito alto) é inteiramente inversamente proporcional para com a classificação de precisão do experimento em questão, então, quanto menor o coeficiente de variação maior será a precisão do experimento.

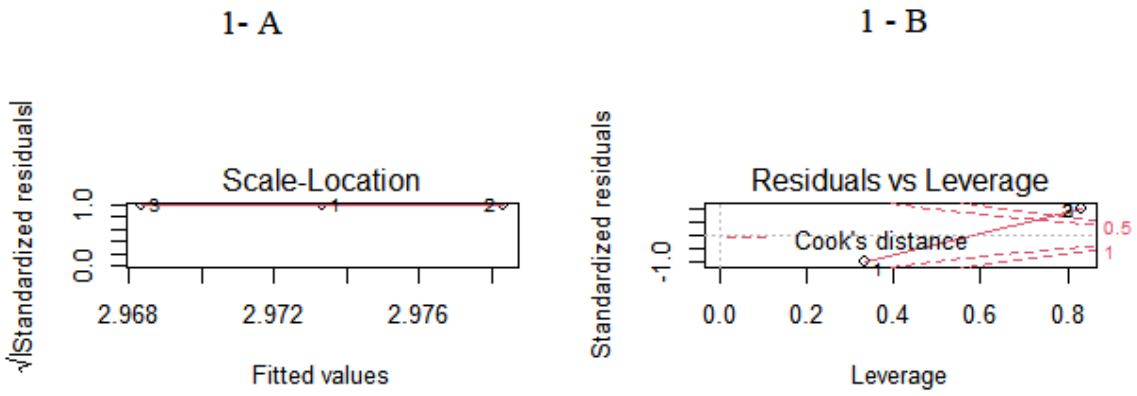
O coeficiente de variação (CV) é uma estimativa do erro experimental em relação com a média geral do ensaio (experimento). É considerado que, quanto menor o a estimativa fornecida pelo CV maior será a precisão do experimento e vice-versa, e, quanto maior a precisão do experimento, maior será a qualidade e maior a confiabilidade do experimento realizado, e com isso menor será as diferenças entre as estimativas de médias significativas (CARGNELUTTI FILHO & STORCK, 2007).

É possível notar que na Tabela 1, o coeficiente de variação é inferior a 10% para todas as análises realizadas, sendo a análise de umidade com a maior porcentagem estabelecida pelo (CV) com o percentual de 8,26%, estabelecendo a precisão do estudo alta segundo o estudo de PIMENTEL-GOMES (1985).

Foi elaborado um gráfico de regressão linear para o tratamento dos grãos crus (Figura 1) e para o tratamento de via seca (VS) (Figura 2), afim de analisar os gráficos plotados de homoscedasticidade e, um gráfico para avaliar os *outliers*/pontos de alavancagem presentes (Figura 1) e validar o gráfico da Figura 1 com uma regressão linear (Figura 2).

Foram analisadas as variáveis independentes e dependentes, respectivamente, de sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT), já que SST está ligada diretamente a ATT do grão de café durante o processo de torra.

Figura 01: Gráficos representativos de homoscedasticidade (1 – A) e de outliers (1 – B) dos grãos crus e torrado via seca



Fonte: Própria (2022).

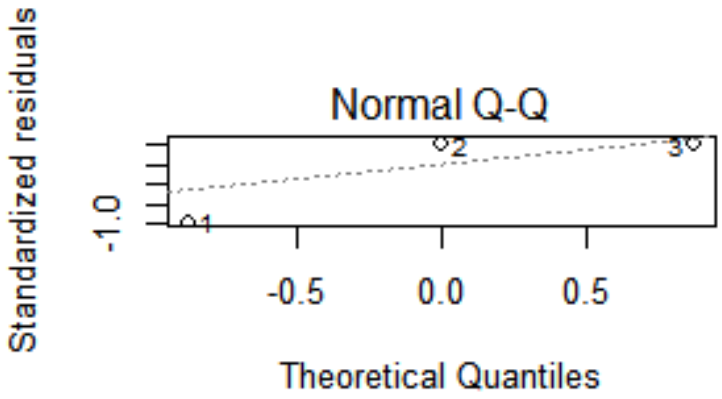
A variância homogênea de variâncias (homoscedasticidade) é, por sua vez, um requisito necessário para a análise de variância (ANOVA) (MILLIKEN; JOHNSON, 1992). Dependendo do grau de severidade da heterogeneidade das variâncias, a análise de variância pode ser estatisticamente comprometida, sendo necessária a análise de homoscedasticidade representado na Figura 1 (1 -A) .

Ao testar a hipótese de igualdade de variâncias dentro de cada tratamento, é contra a hipótese alternativa de que pelo menos duas variâncias de tratamentos podem diferir, ou seja, é um teste de homoscedasticidade sob a suposição de normalidade (BOX, 1953).

Na Figura 1 (1 – B), é possível observar o gráfico proposto para o *outliers*/pontos de alavancagem nas variáveis independentes e dependentes de SST e ATT respectivamente. Neste tipo de gráfico é possível definir pontos que podem influenciar os parâmetros propostos por uma reação que ainda pode ocorrer ou que já ocorreu levando o seu ponto para a exclusão (BOX, 1953). No caso de tratamento do grão cru, o gráfico de *outliers* é aceito, sob a hipótese que o grão cru de café ainda sofrerá reações durante o processo de torra, levando a variável independente (SST) é sofrer reações químicas e físicas na sua composição geral do grão, devido ao SST ser um ponto de alavancagem (mudanças) e que podem influenciar outras variáveis (ATT).

Após analisado a homoscedasticidade e *outliers*/pontos de alavancagem foi proposto um gráfico com uma regressão linear para o tratamento de via seca sobre as mesmas condições de variáveis para verificar se haveria pontos de restantes de alavancagem.

Figura 02: Regressão linear de grãos torrados e moídos pelas variáveis independentes e dependentes de SST e ATT, respectivamente.



Fonte: Própria (2022).

Como mostrado na Figura 2, a regressão linear por beneficiamento de via seca, com a variável independente de SST e dependente de ATT, pode-se concluir que as alterações físicas e químicas propostas pela Figura 1 (1 – B) sofreram as alterações como reação de maillard, pirólise e caramelização do grão durante o processo de torra, ocasionando um aumento na variável independente de SST e diminuição na variável dependente de ATT fazendo com que o modelo de regressão linear se torne verídico.

Foi analisado também o teste de Bartlett (1937), o qual é uma modificação do teste de razão de verossimilhança (homoscedasticidade) com o objetivo de melhorar o qui-quadrado das amostras/tratamentos e obter maior confiabilidade. O teste de Bartlett baseia-se nas variâncias de n grupos são de caráter homogêneo ou heterogêneo, onde a hipótese afirma que se o número da variável independente (SST) selecionada for mais próximo de 1, maior será a homogeneidade das amostras (NOGUEIRA & PEREIRA, 2013).

Tabela 2: Análise do teste de Bartlett comparando tratamentos diferentes através de variável independente (SST) e dependente (ATT)

Comparação de tratamentos (VS~CRU)*	Teste de Bartlett
SST	0,4975
ATT	0,0020

*Comparação do teste de Bartlett tanto no tratamento de via seca quanto no tratamento dos grãos crus

Fonte: Própria (2022).

Como demonstrado na Tabela 2, o teste de Bartlett confirma que a variável independente SST, é uma variável que em seu tratamento cru pode oferecer pontos de alavancagem que podem ser explicados devido ao processo de torra que o grão sofrer, como também pela literatura confirma a homogeneidade da amostra devido ao seu resulto ser o mais próximo de 1. A variável dependente de ATT está ligada aos SST da amostra, tendo em vista que esta correlação é possível, pois o SST torna-se independente no processo de torra e torna-se influente sobre o parâmetro de ATT.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a metodologia empregada foi possível avaliar as características dos grãos crus por beneficiamento via seca e via úmida e, ainda comparar com a legislação vigente no Brasil. Foi possível ainda comparar a relação do grão cru com o grão torrado por beneficiamento de via seca e, entender que as reações químicas e físicas durante o processo de torra, é de extrema importância para a qualidade da bebida e que parâmetros como beneficiamento e processamento dos grãos de café podem interferir ou agregar valor no produto final.

Destaca-se as análises estatísticas empregadas na pesquisa, já que o coeficiente de variação (CV) confirma que para tratamentos de via seca e via úmida as diferenças estatísticas são poucas, mas o tratamento de via úmida tem um melhor resultado nas análises de cinzas, pH e extrato aquoso, estando esse valor atribuído ao tipo de beneficiamento que o grão teve no seu processamento. Entretanto, ambos processos realizados levaram a cafés de muito boa qualidade, fazendo-se necessário mais investimentos em estudos de outras variáveis também importantes para a qualidade final do produto.

Todas análises de coeficiente de variação, deram inferior a 10%, garantindo uma maior precisão quanto as amostras do estudo e uma maior confiabilidade. Os gráficos de homoscedasticidade e de *outliers* apresentam a relação entre variável independente (SST) e a variável dependente (ATT) antes e durante o processo de torra, os quais apresentam o ponto de alavancagem para grãos crus que não aparecem após o processo de torra e ainda informam a homogeneidade da amostra. A regressão linear demonstrada valida a homoscedasticidade e *outliers*, tendo em vista que, caso os pontos de mudanças não ocorressem a regressão linear não seria possível, onde, a regressão linear apresentaria as amostras fora da reta de regressão obtida.

REFERÊNCIAS

ABREU, G. F; ROSA, S. D. V. F; MALTA, M. R; PEREIRA, C. C; BORÉM, F. M; COELHO, S, V B; SOUSA, P. H. A. **ATIVIDADE DE ENZIMAS ANTIOXIDATIVAS NA PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE DO CAFÉ EM AMBIENTE REFRIGERADO.** In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 10. 20019, Vitória, ES, Resumo expandido. Brasília: Embrapa Café 2019. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/12472Acesso em: 20 de nov. 2020.

AGNOLETTI, B. Z. Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*Coffea arábica*) e conillon (*Coffea canéfora*) classificados quanto a qualidade da bebida. **Dissertação de Mestrado** – Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Espírito Santo. Porto Alegre- ES, 2015. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/11322. Acesso em: 20 fev. 2022

ALIXANDRE, F. T; DIAS, R. S; KROHLING, C. A; SOUSA, D. G; FORNAZIER, M. J; TEÓFILO, P. P; ALIXANDRE, R. D. **Influência da forma de processamento na qualidade do café conilon.** In: simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, X, 2019, Vitória, ES, Resumo expandido. Brasília: Embrapa Café 2019. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/12478/351-2618-1-PB_X-SPCB-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 18 de jan. 2022

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceeding of the Royal Society**, Series A, v. 160, p. 268 – 282, 1937

BOX, G. E. P. Non-normality and tests on variances. **Biometrika**, v. 40, p. 318-335, 1953.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 377, de 26 de abril de 1999**. Aprova o regulamento técnico para fixação de identificação e qualidade de café torrado em grão e café torrado e moído. Brasília, 1999. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1999/prt0377_26_04_1999.html. Acesso em: 17 nov. de 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 16, de 24 de maio de 2010**. Regulamento técnico para o café torrado em grão e para o café torrado e moído. Brasília, 2010. Disponível em:http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=794116535. Acesso em: 25 jul. 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 8, 11 de junho de 2003**. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. Brasília, 2003.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatística de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 17-24, jan. 2007.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira - Café**. v. 1, n. 1, Brasília. 2015. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-

agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe?start=20. Acesso em: 25 jan. 2022.

CREA-PE – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia. O potencial da cultura do café no Agreste de Pernambuco foi pauta do Crea Convida. Disponível em: https://www.creape.org.br/o-potencial-da-cultura-do-cafe-no-agreste-de-pernambuco-foi-pauta-do-crea-convida/. Acesso em: 20 de jan. 2022.

CRUZ, T.A. Avaliação Física, Química e Físico-química Dos Cafés das Microrregiões da Chapada de Minas. Trabalho de Conclusão de Curso em Química. Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhoca e Mucuri – UFJM. Diamantina- MG, 2016. Disponível em:http://site.ufvjm.edu.br/dequi/files/2017/07/Thays. Acesso em: 21 fev. 2022.

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

LIMA FILHO, T.; LUCIA, S. M. D; SARAIVA, S. H; LIMA, R. M. Características físico-químicas de bebidas de café tipo expresso preparadas a partir de *blends* de café arábica e conilon. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 4, p. 333-339, 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562040001. Acesso em: 17 out. 2020.

LIMA FILHO, T.; LUCIA, S. M. D; SARAIVA, S. H; SARTORI, M. A. Composição físico-química e qualidade sensorial de café conilon produzido no Estado do Espírito Santo e submetido a diferentes formas de processamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1723-1730, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1723. Acesso em: 17 out. 2020.

M. Z. SANCHES; E. WATANABE; D. D. CAMPELO; E. S. SILVA NETO; I. C. MOREIRA; L. S. SAKANAKA; **Análise físico-química em óleo de café (*coffea arabica*) armazenado durante seis meses.** XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Gramado 2016. Disponível em: http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/1616.pdf Acesso em: 16 jul. 2021.

MACHADO, C. M. S; PARTELLI, F. L; FERREIRA, A; PINHEIRO, P. F; FONSECA, A. F. A; FERRÃO, M. G. F; MACHADO, L. S; RIVA-SOUZA, E. M. **Caracterização fisíco-química de genótipos de *coffea arabica* por via úmida e via seca.** In: simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, X, 2019, Vitória, ES, Resumo expandido. Brasília: Embrapa Café 2019. Disponível em: file:///C:/Users/Gustavo%20Daniel/Downloads/295-2549-1-PB%20(1).pdf. Acesso em: 18 de jan. 2022

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Café no Brasil. 2017. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira. Acesso em: 20 jan. 2022.

MILLIKEN, G. A.; JOHNSON, D. E. Analysis of messy data. Volume 1: designed experiments. Londres: Chapman & Hall, 1992. 473 p.

NOGUEIRA, D. A.; PEREIRA, G. M. Desempenho de testes para homogeneidade de

variâncias em delineamentos inteiramente casualizados. Sigmae: Alfenas, v. 2, n. 1, p. 7-22. 2013. Disponível em: https://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/sigmae/article/viewFile/141/153 Acesso em: 04 abril. 2022

OIC - ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. Sobre o café: Torrefação e preparação. Disponível em: http://www.ico.org/es/making_coffeec.asp?section=Acerca_del_caf%E9. Acesso em: 05 abril. 2022.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. M. A comercialização e sustentabilidade do café arábica típica orgânico de Taquaritinga do Norte-PE.157 f. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Administração e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Recife-PE, 2015. Disponível em: http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/4660. Acesso em: 11 fev. 2022

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental.** 12. Ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467p.

RIBEIRO, D. E., BOREM, F.M, CIRILO, M.A., PRADO, M.V.B, FERRAZ, V.P., ALVES, H.M.R., TAVEIRA, J.H.S. Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality of Arabica coffee. **African Journal of Agricultural Research**, Ebene, v.11, n.27, p. 2412-2422, 2016. Disponível em: https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/2C9F8E459324. Acesso em: 12 fev. 2022.

SANTOS, W. W. V; ELIAS, A. M. T; DONATO, M. V. L. C; MEDEIROS, A. L. T; BARROS, D. N; SILVA, M. E. S; SILVA, S. P. Influência das condições de torra e do processo extrativo em blends de café. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 25079 - 25092. 2020. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-093. Acesso em: 17 ago. 2020.

SCHENKER, S; ROTHGEB, T. The Roast - Creating the Beans' Signature. In: FOLMER, B. **The Craft and Science of Coffee**. Academic Press. 2017. 556p. p.245-271. Disponível em:http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803520-7.00011-6. Acesso em: 12 dez. 2020.

SEBRAE. **Café Gourmet e Orgânico: Estudos de Mercado SEBRAE/ESPM 2011.** Disponível em: http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/B1AA061C76EEEF1A832574DC0045D5DE/$File/NT00039062.pdf. Acesso em: 11 fev. 2022

SIQUEIRA, H. H; ABREU, C. M. P. 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. DOI: https://doi.org/ 10.1590/S1413-70542006000100016. Acesso em: 17 nov. 2020.

TRISTÃO, F, A; FORNAZIER, M. J. Recomendações para produção de cafés arábicas especiais. Disponível em: http://www.revistaprocampo.com.br/. Acesso em: 18 de jan. 2022

ZANI AGNOLETTI, B.; FONTES PINHEIRO, P.; LOUZADA PEREIRA, L.; DA SILVA OLIVEIRA, E. C.; FILGUEIRAS, P. R. Discriminação de Café Arábica Quanto à Qualidade

Sensorial Utilizando Cromatografia Gasosa e PLS-DA. **Revista Ifes Ciência,** *[S. l.]*, v. 6, n. 3, p. 147-158, 2020. DOI: 10.36524/ric. v6i3.848. Disponível em: https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/848. Acesso em: 26 jan. 2022.