

A QUALIDADE DO CAFÉ TORRADO PRODUZIDO PELO SISTEMA AGROFLORESTAL: ESPECIAL E TRADICIONAL

THE QUALITY OF ROASTED COFFEE AGROFORESTRY SYSTEM: SPECIAL AND TRADITIONAL

Francisco Izaias da Silva Aires¹, Arlindo Pereira Nogueira², Janaina de Souza Oliveira³, Pedro Vinícius Costa Medeiros⁴, Monis Batispta Neves⁵, Klécia Moraes dos Santos⁶, Maria do Socorro MouraRufino⁷, Livia Paulia Dias Ribeiro⁸

RESUMO

O processamento do sistema agroflorestal do café no Maciço de Baturité é feito de forma artesanal, permitindo a produção de cafés especiais e tradicionais, que não possuem controle da produção, podendo em alguns casos ocorrer adulterações. Vinte e cinco amostras de café agroflorestal foram adquiridas no período de junho 2018 a março de 2019, na forma de pó e grãos torrados, em manejos tradicionais e especiais, em quatro municípios produtores de agroflorestais do Maciço de Baturité. Amostras de grãos e pó foram padronizadas em sua granulometria em 0,60 mm. As determinações dos parâmetros físico-químicos de umidade (%), $m\ m^{-1}$), cafeína (%), $m\ m^{-1}$), resíduo mineral (%), $m\ m^{-1}$), extrato aquoso (%), $m\ m^{-1}$) e extrato etéreo (%), $m\ m^{-1}$) foram realizados em triplicata. Os valores médios dos parâmetros foram: umidade $3\% \pm 1$ com coeficiente de variação de 39%; cinzas $4,9\% \pm 0,7$ com coeficiente de

¹ Discente do Curso de Licenciatura em Química pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab.

² Discente do Mestrado Acadêmico da Sócio-biodiversidade e Tecnologias Sustentáveis pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab.

³ Discente do Curso de Licenciatura em Química pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab.

⁴ Discente do Curso de Licenciatura em Química pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab.

⁵ Discente do Curso de Licenciatura em Química pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab.

⁶ Docente do Instituto de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Estadual de Minas Gerais – UEMG.

⁷ Docente do Mestrado Acadêmico da Sócio-Biodiversidade e Tecnologias Sustentáveis da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab.

⁸ Docente do Mestrado Acadêmico da Sócio-Biodiversidade e Tecnologias Sustentáveis da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab.

variação 15%; extrato etéreo 19% \pm 2 com coeficiente de variação de 10%; extrato aquoso 27% \pm 6 com coeficiente de variação de 22% e cafeína 1,6% \pm 0,3 com coeficiente de variação de 19%. Foi possível verificar nas amostras estudadas que a qualidade química varia muito entre os produtores; entretanto, quando avaliados de forma geral, expressando os valores médios dos parâmetros, podemos dizer que eles possuem qualidade dentro dos parâmetros de qualidade esperados pela legislação brasileira.

Palavras-chave: Análise do Componente Principal. Sistema agroflorestal de café. Qualidade do Café.

ABSTRACT

The processing of the coffee agroforestry system in the Baturité Massif is done by hand, allowing the production of special and traditional coffee without strict production control, and in some cases there may be adulterations. The twenty-five samples of coffee agroforestry were purchased in the period from June 2018 to March 2019, in the form of powder and roasted grains, in traditional and special managements, in four coffee agroforestry producing cities in the Baturité Massif. Grain and powder samples were standardized in their granulometry in 0.60 mm. The determinations of the physical-chemical parameters of moisture (% , $m\ m^{-1}$), caffeine (% , $m\ m^{-1}$), mineral residue (% , $m\ m^{-1}$), aqueous extract (% , $m\ m^{-1}$) and ether extract (% , $m\ m^{-1}$) were performed in triplicates. The average values of the parameters were: moisture 3% \pm 1 with coefficient of variation of 39%; ashes 4.9% \pm 0.7 with coefficient of variation 15%; ether extract 19% \pm 2 with coefficient of variation 10%; aqueous extract 27% \pm 6 with coefficient of variation 22% and caffeine 1.6% \pm 0.3 with coefficient of variation of 19%. It was possible to verify in the studied samples that the chemical quality varies a lot among the producers; however, when evaluated in general, expressing the average values of the parameters, we can say that they have quality within the quality parameters expected by the Brazilian legislation.

Key Words: Coffee Agroforestry System. Coffee Quality. Principal Component Analysis.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais são sistemas de produção agrícolas acompanhados por plantas lenhosas com diversidades de espécies e interações ecológicas. Devido a essas características, o sistema agroflorestal é uma alternativa para a produção de variações de culturas com menor intervenção humana, imitando o ambiente natural.

É um sistema acessível e gerenciável para os agricultores e pode ser incorporados aos sistemas de agricultura de baixo insumo dos pequenos agricultores, garantindo o manejo sustentável da fertilidade do solo, recursos da terra e serviços ecossistêmicos (BADO, WHITBREAD e MANZO, 2021).

O Maciço do Baturité é uma das regiões com maior índice pluviométrico do Estado do Ceará, o que favorece a viabilização da produção agrícola. Essas características ambientais foram essenciais para a inserção da cafeicultura na região serrana de Baturité e, conseqüentemente, para o desencadeamento de centros urbanos, por meio do agronegócio que tem relevância geopolítica, histórica e econômica para o país (RIBEIRO e RUFINO, 2018).

O sistema agroflorestal de café do Maciço de Baturité é visto como uma alternativa de produção de qualidade, e isso não só pelo seu centro de origem, por ter origem nas florestas tropicais africanas, mas também porque aumenta a renda do produtor por meio de outros produtos de interesse econômico (MANCUSO; SORATO; PERDONÁ, 2013). É verdade que, ao longo de sua história, passou por períodos áureos e críticos como reflexo das medidas políticas e econômicas adotadas pelo governo, porém superou todas essas intempéries e, ainda hoje, sobrevive, com menos expressividade, mas com sinais de nova ascensão (RIBEIRO e RUFINO, 2018).

No Maciço de Baturité, o sistema agroflorestal de café é produzido à sombra de nogueiras (*Inga ingoides*), bananeiras (*eua ssp.*) E camunzé (*Pithecellobium polycephalum*) garantindo a recuperação dos cafezais e, conseqüentemente, do solo (SILVA, 2015). Diante do exposto, é possível verificar que a cafeicultura sombreada na região serrana favoreceu a convivência harmoniosa entre o homem e a natureza, um dos princípios da agrobiodiversidade (RIBEIRO e RUFINO, 2018).

O interesse por produtos orgânicos, produzidos com manejo agroflorestal, tem contribuído para o crescimento exponencial do mercado alternativo. O café produzido no

Maciço de Baturité vem conquistando mercado consumidor no Estado do Ceará, com destaque no setor turístico da região serrana do Maciço de Baturité. O valor comercial desse café cultivado à sombra de grandes árvores pode chegar até 10 vezes mais do que o café cultivado a pleno sol, vendido em supermercados.

O sistema agroflorestal de beneficiamento do café é feito de forma artesanal, permitindo a produção de cafés do tipo Especial (sem o uso de agrotóxicos, com a seleção dos melhores grãos e controle de torra, resultando em um produto de excelente qualidade e com alto valor comercial) e o tipo Tradicional (sem controle estrito da produção, e em alguns casos pode haver adulterações). Antes da torrefação, é possível que se introduzam impurezas no café e, de forma que não seja perceptível a olho nu, a temperatura do forno pode ser elevada aumentando o nível de torra.

Com a subprodução do café e a desvalorização do seu valor, alguns produtores optaram por cafés diferenciados e de alta qualidade. A qualidade do café é avaliada principalmente através dos aspectos físicos dos grãos de café, como cor dos grãos, tamanho, densidade e porcentagem de defeitos físicos, levando em consideração o manejo no plantio, colheita e pós-colheita, que muito contribui para a sua qualidade.

Outra peculiaridade a ser evidenciada é que as colheitas são feitas de forma manual seletiva, onde apenas os grãos maduros são colhidos. É chamado de “escolha com o dedo” ou “escolha”. Nessa prática, ganha-se a qualidade do produto, pois os grãos ficam mais uniformes e as impurezas são evitadas (RIBEIRO e RUFINO, 2018). Desta forma, a qualidade da bebida do café, que se caracteriza pelo seu sabor e aroma, é influenciada por diversos fatores de pré e pós-colheita que garantem a expressão final da qualidade do produto. É importante destacar que a espécie avaliada neste estudo é do tipo Arábica (*Coffea arabica*), comumente encontrada na região do Maciço de Baturité, seguindo o viés agroflorestal, caracterizada por ser totalmente sombreada, ajudando a manter o clima e a umidade do solo, além de ser consorciado com outras culturas, como banana, laranja, feijão, entre outros.

Nesse contexto, decidimos avaliar a qualidade dos cafés torrados (pó e grãos), produzidos no Maciço de Baturité, por meio da determinação dos parâmetros físico-químicos de umidade, cinzas, extrato etéreo, extrato aquoso e cafeína, a fim de verificar a qualidade das amostras para efeito de comparação com a legislação brasileira. Além de fazer uso da Análise de Componentes Principais (PCA) para verificar os diferentes padrões físico-químicos entre os tipos de café agroflorestal produzidos tradicional e

especial.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Conjunto de amostra

As amostras do sistema agroflorestal de café foram adquiridas de junho de 2018 a março de 2019, na forma de pó torrado e grãos, em manejos tradicionais e especiais, nas cidades de Pacoti, Baturité, Mulungu e Guaramiranga, produtoras de café agroflorestal no município de Baturité Maciço / Ceará.

Um mix contendo dez marcas de café moído, comumente comercializado em supermercados da região, foi elaborado para verificar a aproximação dos valores dos parâmetros físico-químicos de qualidade estabelecidos pela Associação Brasileira do Café (ABIC).

A Tabela 1 apresenta a descrição e codificação das 25 amostras de café utilizadas neste estudo: 24 amostras do sistema agroflorestal de café e 1 mistura de cafés comerciais.

Tabela 1 - Legenda de 25 amostras: 24 amostras de sistema agroflorestal de café e 1 amostra de mistura de dez diferentes cafés vendidos em supermercados (MIX)

N °	AMOSTRAS	DESCRIÇÃO
1	A_S_G	Amostra A, tipo especial, grão
2	A_S_P	Amostra A, tipo especial, pó
3	B_S_G	Amostra B, tipo especial, grão
4	B_S_P	Amostra B, tipo especial, pó
5	C_S_P	Amostra C, tipo especial, pó
6	D_S_G	Amostra D, tipo especial, grão
7	D_S_P	Amostra D, tipo especial, pó
8	E_T_P	Amostra E, tipo tradicional, pó
9	F_S_G	Amostra F, tipo especial, grão
10	F_E_P	Amostra F, tipo especial, pó
11	G_T_G	Amostra G, tipo tradicional, grão
12	G_T_P	Amostra G, tipo tradicional, pó
13	H_T_G	Amostra H, tipo tradicional, grão
14	H_T_P	Amostra H, tipo tradicional, pó

15	I_S_G	Amostra I, tipo especial, grão
16	I_S_P	Amostra I, tipo especial, pó
17	J_T_G	Amostra J, tipo tradicional, grão
18	J_T_P	Amostra J, tipo especial, pó
19	L_S_G	Amostra L, tipo especial, grão
20	L_S_P	Amostra L, tipo especial, pó
21	M_T_P	Amostra M, tipo tradicional, pó
22	N_T_G	Amostra N, tipo tradicional, grão
23	N_T_P	Amostra N, tipo tradicional, pó
24	O_S_P	Amostra O, tipo especial, pó
25	MIX	Mistura de 10 marcas diferentes de café vendida em supermercado.

A diferença entre o tipo tradicional e o especial em algumas amostras é evidente (Figura 1), pois é possível verificar a homogeneidade dos grãos e na torra, uma vez que o nível de torra e a aparência dos grãos são os aspectos mais perceptíveis na distinção do manuseio.

Figura 1 - Diferentes qualidades de grãos de café agroflorestais coletados no Maciço de Baturité: grãos de café especiais e grãos de café tradicionais.



Fonte: Autores (2021).

2.2 Padronização de granulometria

As amostras de grãos e pós foram padronizadas em sua granulometria em peneira 28 Mesh, com abertura de 0,60 mm (Figura 2), cujo objetivo é manter a homogeneidade entre os grãos. As amostras de grãos foram previamente moídas em moedor de café

Cadence e potência de 150W.

Figura 2 – Padronização granulométrica de todas as amostras com peneira 28 mesh, tamanho (0,6 mm).



Fonte: Autores, 2021.

2.3 Determinação dos parâmetros físico-químicos

As determinações dos parâmetros físico-químicos de umidade (%), teor de cafeína (%), teor de cinzas (%), teor de extrato aquoso (%) e o teor de extrato etéreo (%) foram realizados em triplicatas seguindo os padrões analíticos do Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.4 Análise de dados e *software*

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi usada para reconhecer classes de sistemas agroflorestais de café. A PCA foi realizada usando o software The Unscrambler 10.4X com os dados centralizados na média e autoescalados para eliminar o efeito da magnitude dos valores dos parâmetros. A validação foi realizada por validação cruzada completa.

2.5 Métodos de quantificação

- **Umidade**

Pesar 5 g da amostra em cápsula de porcelana ou de metal, previamente tarada. Aquecer durante 3 horas. Deixar resfriar em dessecador até a temperatura ambiente, em seguida pesar. Repetir a operação de aquecimento e resfriamento até peso constante.

Cálculo:

$$\text{Umidade \% (105° C)} = \frac{100 \times \text{perda de massa}}{\text{massa da amostra}}$$

- **Cinzas**

Pesar 5 g da amostra em uma cápsula, previamente aquecida em mufla a 550°C, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. Levar a amostra para incinerar em mufla a 550°C, até eliminação completa do carvão. As cinzas devem ficar brancas ou ligeiramente acinzentadas. Em caso contrário, esfriar, adicionar 0,5 mL de água, seque e incinere novamente. Resfriar em dessecador até a temperatura ambiente e pese. Repetir as operações de aquecimento e resfriamento até peso constante.

Cálculo:

$$\text{Cinzas \% (m m}^{-1}\text{)} = \frac{100 \times \text{massa das cinzas}}{\text{massa da amostra}}$$

- **Extrato Etéreo**

Pesar 3g da amostra em cartucho de Soxhlet ou em papel de filtro e amarre com fio de lã previamente desengordurado e colocar para secar em uma estufa a 105°C por uma hora. Transferir o cartucho ou o papel de filtro amarrado para o aparelho extrator tipo Soxhlet. Acoplar o extrator ao balão de fundo chato previamente tarado a 105°C. Adicionar éter em quantidade suficiente para um Soxhlet e meio. Adaptar a um refrigerador de bolas. Manter, sob aquecimento em chapa elétrica, à extração contínua por 8 (quatro a cinco gotas por segundo) ou 16 horas (duas a três gotas por segundo). Retirar o cartucho ou o papel de filtro amarrado, destilar o éter e transfira o balão com o resíduo extraído para uma estufa a 105°C, mantendo por cerca de uma hora. Resfriar em dessecador até a temperatura ambiente. Pesar e repita as operações de aquecimento por 30 minutos na estufa e resfriamento até peso constante (no máximo 2 h).

Cálculo:

$$\text{Extrato etéreo \% (m m}^{-1}\text{)} = \frac{100 \times \text{massa de lipídios}}{\text{massa da amostra}}$$

- **Extrato Aquoso**

Pesar 2 g da amostra em béquer de 50 mL. Transferir para um frasco Erlenmeyer de 500 mL com junta esmerilhada com auxílio de 200 mL de água quente. Adaptar o refrigerador de refluxo ao frasco e deixar em ebulição por uma hora. Transferir a solução ainda quente para um balão volumétrico de 500 mL. Lavar o frasco com 100 mL de água quente e transferir a água para o balão. Deixar resfriar o balão e completar o volume com água. Filtrar para um frasco Erlenmeyer de 500 mL. Pipetar 50 mL do filtrado e transferir para um béquer de 100 mL, previamente tarado em estufa a 105°C. Deixar evaporar em banho-maria até a secagem. Aquecer em estufa a 105°C por uma hora, resfriar em dessecador e pesar em seguida.

Cálculo:

$$\text{Extrato aquoso \% (m m}^{-1}\text{)} = \frac{100 \times \text{massa do extrato aquoso}}{\text{massa da amostra}}$$

- **Cafeína**

Pesar 1 g de amostra em béquer de 100 mL. Adicionar cuidadosamente, evitando a formação de grumos, com auxílio de um bastão de vidro, 4 mL de ácido sulfúrico. Homogeneizar a mistura. Aquecer em banho-maria por 15 minutos, agitando ocasionalmente. Adicionar cuidadosamente 50 mL de água quente. Aqueça em banho-maria por mais 15 minutos. Filtrar a quente para um funil de separação de 500 mL através de papel de filtro umedecido com água. Lavar o béquer e o filtro com 3 porções de 10 mL de água quente acidulada com o ácido sulfúrico. Coletar o filtrado e as águas de lavagem no funil de separação. Deixar o filtrado esfriar. Adicionar 30 mL de clorofórmio e agite por dois minutos. Espere separar as camadas. Decantar a camada do clorofórmio (inferior) através de papel de filtro umedecido com clorofórmio, para um balão de fundo chato de 300 mL. Repetir a extração com mais três porções de 30 mL de clorofórmio. Evaporar o extrato de clorofórmio obtido, em rotavapor. Dissolva o resíduo com água quente, filtrando para um balão volumétrico de 200 mL. Deixe esfriar. Completar o volume com água e homogeneizar. Meça a absorvância a 274 nm, em espectrofotômetro. Determinar a quantidade de cafeína

correspondente, usando curva-padrão previamente estabelecida.

Curva-padrão:

Secar cafeína em estufa a 105°C durante uma hora. Resfriar em dessecador. Preparar uma solução-estoque de cafeína com 10 mg/100 mL de água. Com auxílio de bureta de 10 mL, transferir alíquotas de 2, 3, 5, 7, 8, 10 e 15 mL para balões volumétricos de 100 mL. Complete o volume com água e homogeneíze. Medir absorvância a 274 nm, usando um branco de água para calibração do espectrofotômetro. Com os valores obtidos, construir a curva-padrão por regressão linear dos valores de absorvância obtidos (eixo y) e das concentrações de cafeína (eixo x) expressa em mg/100 mL. Utilizar nos cálculos os valores dos coeficientes linear e angular da reta (absortividade considerando o caminho óptico da cubeta de 1 cm)

Cálculo para determinação do teor de cafeína:

$$\text{cafeína \% (m m}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{Absorvância da amostra} - b) \times 200}{a \times \text{massa da amostra} \times 1000}$$

Onde a = coeficiente angular da reta obtida na curva-padrão e b = coeficiente linear da reta obtida na curva-padrão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação de parâmetros físico-químicos

Os resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos para as amostras de café são apresentados na Tabela 2. Os valores encontrados em cada parâmetro foram comparados com os valores estabelecidos pela legislação brasileira em vigor (Resoluções N ° 19, N ° 30 e N. ° 31 da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAASP, 2007) e Portaria n° 377, de 26 de abril de 1999 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde / Brasil).

Os menores e maiores valores encontrados para o teor de umidade dos cafés agroflorestais foram 0,92% ± 0,06 e 5,39% ± 0,06, respectivamente, sendo que o maior valor corresponde à amostra única (L_S_P) acima do limite máximo permitido. O valor médio das amostras foi de 3% ± 1 e o coeficiente de variação foi de 39%. O MIX também apresentou

teor de umidade acima do permitido por lei, com $6,10\% \pm 0,21$, o que é um importante fato de verificação. A umidade representa um fato importante, pois amostras de café com alto teor de água favorecem o desenvolvimento de microrganismos e a mudança de cor, o que pode afetar o preço e a qualidade do produto. Além disso, secagem e temperatura adequadas evitam a criação de condições favoráveis ao crescimento de microrganismos nas amostras, garantindo maior estabilidade nas mesmas, evitando também perdas de micro e macro nutrientes (SOUSA *et al.*, 2018). Assim, o tempo, a forma e o local de armazenamento dos grãos devem ser levados em consideração e realizados de forma adequada para garantir a qualidade do produto final.

O teor de cinzas foi o parâmetro estudado que apresentou o maior número de amostras fora das especificações legais: 3 amostras de café especial (B_S_G; B_S_P; C_S_P) e 6 amostras de café tradicional (E_T_P; H_T_G; H_T_P; J_T_P; N_T_G; e N_T_P). Os menores e maiores valores obtidos foram $3,84\% \pm 0,02$ e $6,38\% \pm 0,08$, respectivamente, para os cafés agroflorestais.

Tabela 2. Resultados dos parâmetros de qualidade do café agroflorestal produzido no Maciço de Baturité (media + sd, n = 3)

Amostra	Umidade(%)	Cinzas (%)	Extrato de éter (%)	Extrato de Aqueos (%)	Cafeína (%)
A_S_G	5,07 + 0,04	4,69 + 0,01	18,68 + 1,22	28,5 + 2,4	1,50 + 0,19
A_S_P	4,46 + 0,19	4,08 + 0,03	19,88 + 0,72	28,3 + 0,4	1,66 + 0,04
B_S_G	2,80 + 0,14	5,12 + 0,67 *	20,70 + 0,67	25,6 + 2,0	1,57 + 0,22
B_S_P	3,10 + 0,13	5,45 + 0,02 *	16,37 + 0,77	25,8 + 1,0	1,38 + 0,09
C_S_P	0,92 + 0,06	5,72 + 0,31 *	18,43 + 1,97	24,6 + 0,7	1,39 + 0,13
D_S_G	2,14 + 0,19	4,54 + 0,03	18,79 + 0,22	20,3 + 0,4 *	1,22 + 0,03
D_S_P	4,20 + 0,47	4,40 + 0,47	18,74 + 0,95	22,2 + 2,0 *	1,49 + 0,07
E_T_P	2,64 + 0,31	5,79 + 0,07 *	19,61 + 0,63	29,9 + 2,0	2,07 + 0,28
F_S_G	2,88 + 0,07	4,11 + 0,06	19,21 + 0,31	25,8 + 1,5	1,37 + 0,02
F_S_P	4,31 + 0,16	3,84 + 0,02	18,25 + 1,96	24,2 + 1,2 *	1,49 + 0,07
G_S_G	2,01 + 0,20	4,71 + 0,15	20,93 + 0,64	20,6 + 0,7 *	1,48 + 0,04
G_S_P	2,88 + 0,07	4,67 + 0,19	20,10 + 0,60	16,8 + 0,2 *	0,93 + 0,11
H_T_G	2,20 + 0,12	5,84 + 0,05 *	21,50 + 0,55	22,1 + 1,0 *	1,71 + 0,12
H_T_P	2,72 + 0,12	5,56 + 0,08 *	19,30 + 0,93	21,9 + 0,3 *	1,56 + 0,20
I_S_G	2,93 + 0,35	4,19 + 0,03	19,07 + 0,39	21,5 + 0,7 *	1,76 + 0,21
I_S_P	3,20 + 0,16	4,95 + 0,03	20,22 + 0,08	23,0 + 0,6 *	1,66 + 0,09
J_T_G	2,41 + 0,20	4,69 + 0,07	20,84 + 0,37	40,1 + 0,3	1,49 + 0,33
J_T_P	2,58 + 0,06	5,86 + 0,02 *	13,61 + 0,15	37,0 + 1,3	2,69 + 0,34
L_S_G	3,59 + 0,16	4,21 + 0,04	18,61 + 0,63	24,2 + 1,2 *	1,48 + 0,14
L_S_P	5,39 + 0,06 *	3,88 + 0,03	19,39 + 0,39	21,8 + 1,0	1,41 + 0,16
M_T_P	2,91 + 0,19	5,02 + 0,04	18,57 + 0,17	28,0 + 0,6	1,88 + 0,17
N_T_G	1,17 + 0,12	6,38 + 0,08 *	17,98 + 0,74	34,3 + 1,2	1,73 + 0,13
N_T_P	2,21 + 0,18	5,63 + 0,13 *	22,85 + 0,36	33,6 + 0,3	1,55 + 0,14
O_S_P	3,72 + 0,12	4,33 + 0,04	20,20 + 1,32	23,3 + 0,5 *	1,37 + 0,04
MIX	6,10 + 0,21 *	4,03 + 0,10	19,10 + 0,92	22,6 + 0,6 *	1,64 + 0,12
média CAF	3%	5,0%	19%	27%	1,6%
desvio padrão	1	0,7	2	6	0,3
Coefficiente de variação	33%	14%	10%	22%	19%
Legislação Brasileira	<5%	<5%	> 8%	> 25%	> 0,7%

CAF - Café Agroflorestal; * valores fora dos limites por baixo (SAASP, 2007)

A amostra N_T_G apresentou o maior teor de cinzas devido à elevada quantidade de matéria inorgânica, acima do esperado. O valor médio das amostras A_F_C foi de $4,9\% \pm 0,7$ (próximo ao limite máximo permitido) com um coeficiente de variação de 15%. Cinza é o resíduo obtido por aquecimento de um produto a uma temperatura próxima a 550-570 °C. Esse resíduo nem sempre representa todas as substâncias inorgânicas presentes na amostra (LUTZ, 2008).

O extrato etéreo apresentou todos os valores acima de 8%, valor mínimo exigido, estando todas as amostras (café agroflorestal e mix) em conformidade com a legislação vigente. O valor médio das amostras foi de $19\% \pm 2$ e o coeficiente de variação foi de 10%, sendo a menor variação obtida entre os parâmetros estudados. A amostra J_T_P, que possui a coloração mais escura do conjunto de amostras, apresentou o menor percentual de extrato etéreo $13,6\% \pm 0,1$, sugerindo que houve um maior grau de torra de seus grãos, resultando na perda de matéria orgânica por carbonização.

O extrato aquoso foi o parâmetro que mais apresentou valores abaixo do limite mínimo regulamentado. Das 24 amostras de café agroflorestal, 10 apresentaram valores abaixo de 25%, juntamente com a amostra MIX. No entanto, duas amostras (J_T_G e J_T_P) apresentaram níveis elevados, expandindo a faixa de $16,8\% \pm 0,2$ a $40,1\% \pm 0,3$. Assim, o valor médio do extrato aquoso da cafeicultura agroflorestal foi de $27 \pm 6\%$, com coeficiente de variação de 22%.

Todas as amostras apresentaram teores de cafeína acima de 0,7%, que é o mínimo exigido, indicando que todo o conjunto amostral está dentro do padrão estabelecido pela legislação. Os níveis de cafeína variaram de $0,93\% \pm 0,11$ a $2,69\% \pm 0,34$, com um valor médio de $1,6\% \pm 0,3$ e um coeficiente de variação de 19%.

A amostra J_T_P apresentou alto teor de cafeína (2,69%) e também sofreu maior carbonização. Amostras submetidas a um maior tempo de torra perdem o teor de compostos orgânicos e, neste caso, a cafeína se destaca em termos percentuais por apresentar resistência térmica à pirólise. Esses três parâmetros juntos, ou seja, menos extrato etéreo, alto teor de extrato aquoso e maior teor de cafeína, comprovam que a amostra tem um nível de torra muito alto.

O sabor e o aroma da bebida de café são complexos, resultantes da presença combinada de vários constituintes químicos voláteis e não voláteis, incluindo ácidos, aldeídos, cetonas, açúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, compostos fenólicos, incluindo também a ação de enzimas em alguns desses constituintes, dando produtos de reação,

compostos que irão interferir no sabor da degustação da xícara. Portanto, a determinação dos parâmetros físico- químicos é essencial para a avaliação do padrão de qualidade do café.

3.2 Análise de Componentes Principais (PCA)

A PCA foi utilizada como ferramenta de análise multivariada dos resultados dos parâmetros físico-químicos (Tabela 1), para verificar se as amostras apresentam semelhanças quanto ao tipo de manejo tradicional ou especial. Além disso, no PCA também podemos verificar diferenças entre amostras de um mesmo produtor, adquiridas nas formas de grão e pó, o que pode auxiliar na identificação de supostas adulterações ou alto nível de torra, o que compromete a qualidade do café.

Os dados foram centrados na média e autoescalonados para eliminar o efeito da diferença da magnitude dos valores dos parâmetros. O resultado da PCA está presente no gráfico bi-plot (Figura 3) com as pontuações e pesos de cada variável. As pontuações da amostra do gráfico bi- plot e os pesos das variáveis elucidaram quais parâmetros influenciaram a projeção das amostras no gráfico de pontuação.

Na Figura 3 pode-se observar que as amostras de cafés especiais estão mais próximas da qualidade físico-química do Mix de cafés comerciais, eixo positivo do primeiro componente principal, porém há 2 amostras que foram declaradas pelo produtor como sendo do tipo Especial, mas que possuem qualidade físico-química do tipo Tradicional, amostras B_S_P e B_S_G. Observou-se também que existe uma amostra de manejo Tradicional, amostra J_T_P, que apresenta um comportamento muito diferente das demais, localizada no final do eixo negativo do primeiro componente principal, verificado pelo teste estatístico de Hotelling T^2 com 95% de confiança (Figura 4).

Figura 3 – Gráfico bi-plot PC-1 (47%) x PC-2 (27%) de 25 amostras de café e plotagem de carregamento.

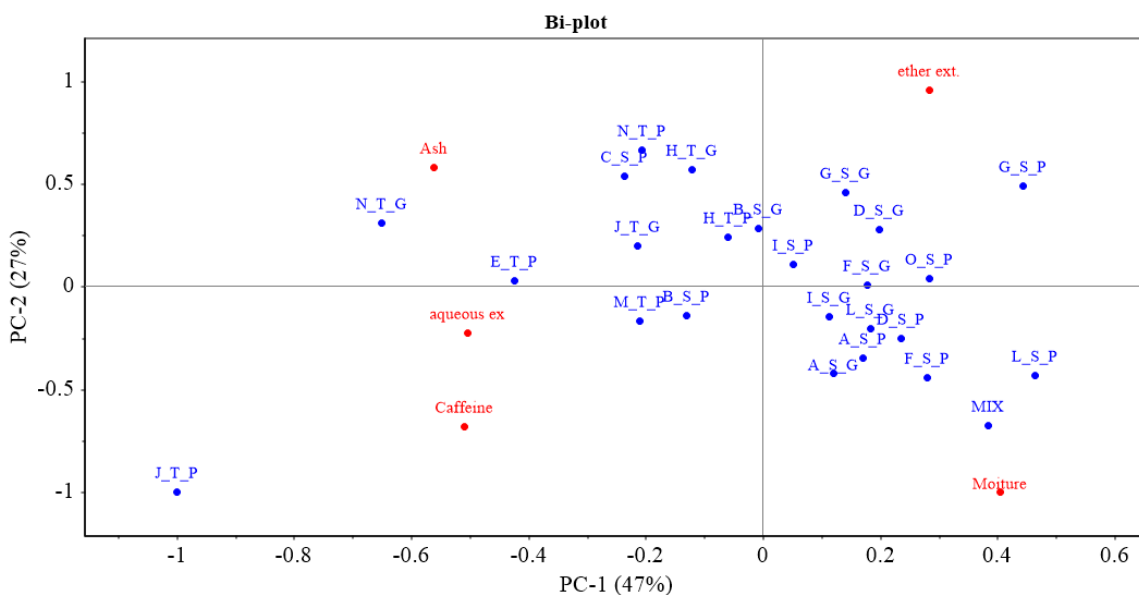
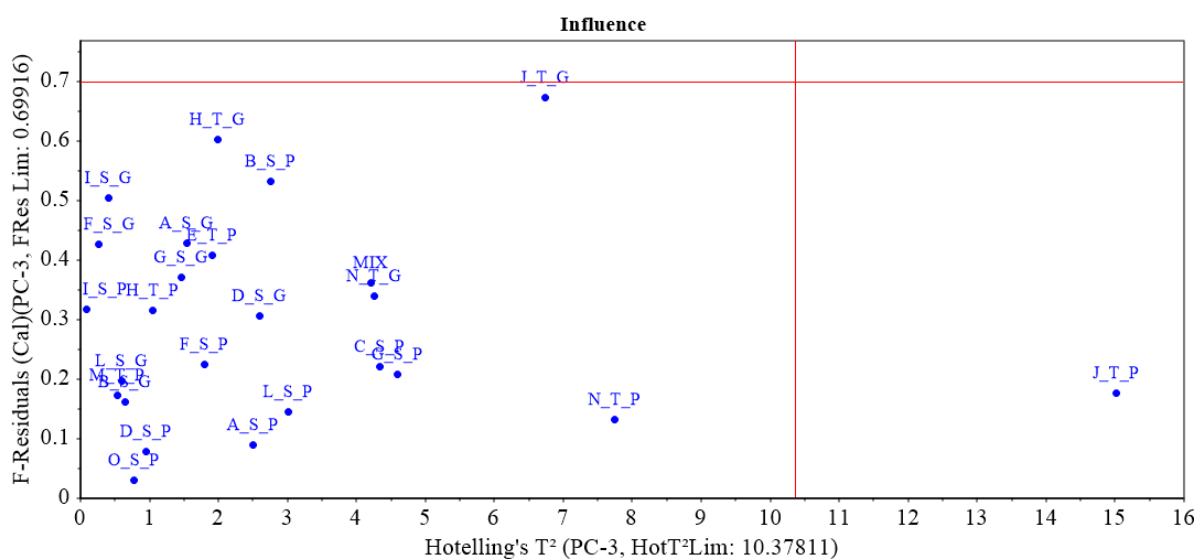


Figura 4 – Teste estatístico Hotelling T² com 95% de confiança para verificação da influenciadas amostras



De acordo com o gráfico de plotagem dupla, as amostras do tipo especial têm os níveis mais altos de umidade e extrato etéreo, o eixo positivo do primeiro componente principal. No entanto, as amostras B_S_P e C_S_P não estão no mesmo eixo devido à influência do alto teor de cinzas que é mais prevalente nas amostras de gerenciamento tradicional. De acordo com a Tabela 1, as amostras B e C são amostras do tipo Especial que apresentaram valores acima de 5% de cinzas, confirmando a influência deste parâmetro na projeção do PCA. As amostras que possuem as maiores concentrações de cinzas, cafeína e extrato aquoso são verificadas de manejo tradicional, com a amostra J_T_P tendo a maior influência na projeção

no eixo negativo do primeiro componente principal, pois possui o menor teor de extrato etéreo e o maior teor de cafeína.

O conteúdo de extrato etéreo e cinzas aglomeraram-se na maioria das amostras na direção do eixo positivo do segundo componente principal (no topo do gráfico). Isso significa que a maioria das amostras possui valores mais próximos do valor máximo dos parâmetros.

Foi possível verificar a divergência da qualidade físico-química das amostras pertencentes a um mesmo produtor. A amostra J adquirida em forma de grão (J_T_G) está mais próxima das demais amostras de manejo Tradicional, porém a amostra J adquirida em forma de pó (J_T_P) possui forte diferença na qualidade físico-química. No teste estatístico Hotelling T^2 , J_T_P foi indicado como outlier, principalmente devido aos níveis de cafeína e extrato aquoso.

Assim, a PCA dos parâmetros de qualidade do café pode ser uma ferramenta poderosa para identificar a falta de ajuste no controle de qualidade do produto vendido ao consumidor final, pois produtos com alto controle de qualidade estão posicionados no mesmo quadrante que a PCA.

4 CONCLUSÃO

As amostras estudadas do sistema agroflorestal de café produzido na região do Maciço Baturité possuem qualidade físico-química variada entre os produtores de manejo Especial e Tradicional, porém quando avaliadas de forma geral, expressando os valores médios dos parâmetros físico-químicos, podemos afirmar que possuem um padrão de qualidade que atende à legislação brasileira.

A Análise de Componentes Principais foi apresentada como uma ferramenta multivariada capaz de identificar o padrão de qualidade físico-química de amostras de diferentes tipos de manejo, bem como contribuir para a identificação de divergências entre amostras produzidas por um mesmo produtor.

AGRADECIMENTOS

Os autores estão agradecidos ao Instituto Nacional de Tecnologias Analíticas Avançadas - INCTAA CNPq / FAPESP / INCTAA (CNPq, Processo n ° 465768 / 2014-8) pelo fomento do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BADO, Boubié Vicent; WHITBREAD, Anthony; MANZO, Maman Laminou Sanoussi. Improving agricultural productivity using agroforestry systems: Performance of millet, cowpea, and ziziphus-based cropping systems in West Africa Sahel. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 305, 1071 - 1074, 2021.

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

MANCUSO, Mauricio Antonio Cuzato; SORATTO, Rogério Peres; PERDONÁ, Marcos José. Produção de café sombreado. **Colloquium Agrariae**, 9(1) 2013, p. 31-44.

RIBEIRO, Sofia Regina Paiva; RUFINO, Maria do Socorro Moura Rufino. Café agroecológico produzido na região serrana de Baturité, Ceará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 13(4), p.521-530, 2018.

SAASP. Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Resolução SAA -30, de 22 de junho de 2007. **Padrão Mínimo de Padrões de Qualidade para Café Torrado e Grão e Torrado e Moído - Característica Especial: Café Superior**. Diário Oficial [Poder Executivo], São Paulo, 2007.

SILVA, Francisco Edmar de Sousa. **Conservação da biodiversidade da Serra de Baturité sob a ótica das unidades de conservação**. Tese de Doutorado - Universidade Estadual do Ceará-UECE. 221p. 2015.