



# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## AVALIAÇÃO DE VAPORES E COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS LIBERADOS DURANTE A TORRA INDUSTRIAL DO CAFÉ

## EVALUATION OF VAPORS AND VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS RELEASED DURING THE INDUSTRIAL ROAST OF COFFEE

Saad Barbar Netto <sup>1</sup>

Pedro Henrique Ferreira Pires <sup>1</sup>

\* Murilo Daniel de Mello Innocentini <sup>2,3</sup>

Cristina Filomena Pereira Rosa Paschoalato <sup>3</sup>

Sílvia Helena Taleb Contini <sup>4</sup>

Júlio Henrique de Lima <sup>5</sup>

Recibido el 1 de mayo de 2022. Aceptado el 18 de octubre de 2022

### Abstract

To provide for coffee consumption, roasting is carried out industrially on large scales. The duration and degree of roast not only determine the temperature profile of the coffee but also the extraction content. Several factors are related to the formation of vapors and volatile organic compounds during roasting. Currently, during roasting, vapors and volatile organic compounds are emitted into the atmosphere. In this context, the current work developed a procedure that allows the recovery on an industrial scale of the released compounds. To carry out the present work, a partnership was made with a coffee production company where the sizing of the system to carry out the collection of compounds was based. One roast was carried out for the arabica type coffee with 10 kg of green coffee and another for the conilon type coffee with 5 kg of green coffee. For the Arabica type, the collection time was 10 minutes, resulting in a collected volume of 119.5 mL. For the conilon type, the roasting time was 10.5 minutes with a volume of 47.5 mL. The results obtained for total organic carbon concentration were between 2753 mg/L to 12030 mg/L for the arabica type and between 2937 mg/L to 8651 mg/L for the conilon type. The pH in both samples was acidic with values between 2.99 and 3.24 for the arabica type and between 2.44 to 3.73 for the conilon type.

**Keywords:** coffee roasting; volatile organic compounds; condensation.

<sup>1</sup> Discente de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), Ribeirão Preto (SP), Brasil.

<sup>2</sup> Docente no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), Ribeirão Preto (SP), Brasil

<sup>3</sup> Docente da graduação em Engenharia Química, Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), Ribeirão Preto (SP), Brasil.

<sup>4</sup> Docente no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), Ribeirão Preto (SP), Brasil.

<sup>5</sup> Discente de Graduação em Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), Arcos (MG), Brasil.

\*Autor correspondente: Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Ribeirão Preto, Campus Ribeirão Preto, SP, Brasil. Av. Costábile Romano, 2201–Ribeirão, Ribeirão Preto, SP. CEP 14096-900. Brasil. Email: [minnocentini@unaerp.br](mailto:minnocentini@unaerp.br)

## Resumo

Para prover o consumo de café, a torrefação é realizada industrialmente em grandes escalas. A duração e o grau de torra determinam não só o perfil de temperatura do café mas também o teor de extração. Diversos fatores estão relacionados para a formação dos vapores e compostos orgânicos voláteis durante a torra. Atualmente, no decorrer da torrefação, os vapores e compostos orgânicos voláteis são emitidos para a atmosfera. Dentro deste contexto, o presente trabalho se propôs em avaliar um procedimento que permita a recuperação em escala industrial dos compostos liberados. Para executar o presente trabalho, uma parceria foi realizada com uma empresa de produção de café onde foi baseado o dimensionamento do sistema para efetuar a coleta dos compostos. Foram efetuadas uma torra para o café do tipo arábica com 10 kg de café verde e outra para o café do tipo conilon com 5 kg de café verde. Para o tipo arábica, o tempo de coleta foi de 10 minutos, onde obteve-se um volume de 119.5 mL. Para o tipo conilon o tempo de torra foi de 10.5 minutos com um volume obtido de 47.5 mL. Os resultados obtidos de concentração de carbono orgânico total foram entre 2753 mg/L a 12030 mg/L para o tipo arábica e entre 2937 mg/L a 8651 mg/L para o tipo conilon. O pH em ambas amostras apresentou-se ácido com valores entre 2.99 a 3.24 para o tipo arábica e entre 2.44 a 3.73 para o tipo conilon.

**Palavras-chave:** torrefação de café; compostos orgânicos voláteis; condensação.

## Introdução

Um dos produtos mais consumidos no mundo é o café. Atualmente, o café do tipo arábica possui uma produção maior do que o tipo conilon no Brasil, sendo que 70% representa o tipo arábica e 30% o tipo conilon (CONAB, 2020). Em seu estado natural o café não produz uma bebida agradável, porém, após a torra do grão, torna-se aprazível tanto no paladar quanto no olfato. Para atender as necessidades dos consumidores de café, o processo é realizado industrialmente em larga escala, entretanto existem diferentes gostos exigidos pelo mercado e para atendê-los se produz cafés premium também conhecidos como cafés gourmet. Esses cafés são feitos com diferentes métodos de preparo, que conferem diferentes sabores ao serem consumidos.

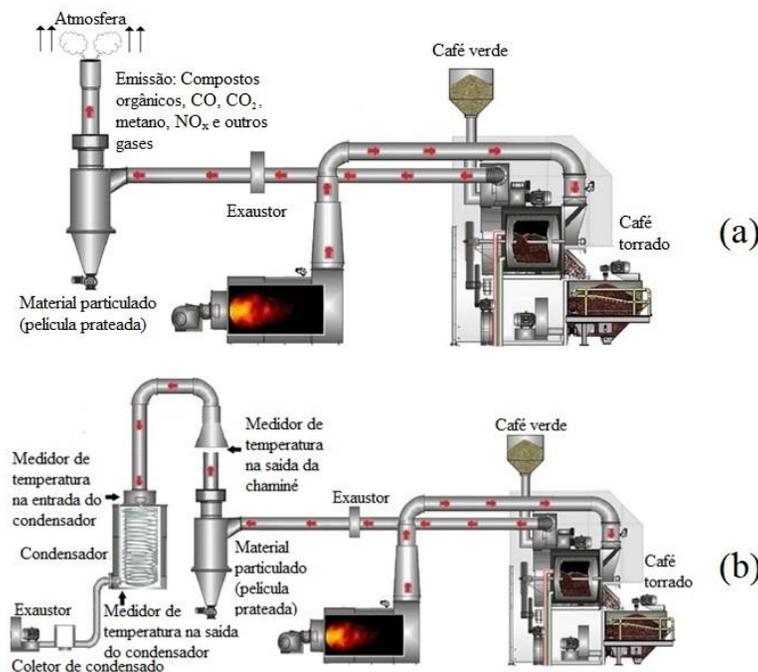
O processo de torra é de grande importância, onde decorre diversas transformações químicas e físicas, nas quais se determinam as colorações, os sabores e aromas do café (Jansen, 2006). Durante a torrefação, o tempo de torra está diretamente relacionado ao grau de torra. Sem tempo de torra, é difícil fazer uma avaliação satisfatória com base no grau de torra. O modo de torra utilizado, ou seja, a temperatura utilizada e a duração da torra podem revelar diferentes compostos (Santos, 2013). A geração desses compostos ocorre desde o crescimento da planta até a torra do grão de café (Dashwood *et al.*, 2017). A composição do café verde varia de acordo com o cultivo utilizado. Durán *et al.* (2017) mostram, por exemplo, que o teor de cafeína para o café arábica está entre 0.7 e 1.4%, já para o tipo conilon apresenta entre 1.2 e 2.4%. Jansen (2006) apresenta uma composição no café verde de cafeína de 1.2% para o tipo arábica e 2.1% para o tipo conilon. Agnoletti (2015) identifica de 0.9 a 1.2% de cafeína para o tipo arábica e de 1.6 a 2.4% para o tipo conilon. O tempo e o grau de torra estão relacionados não apenas à temperatura do café, mas também a um maior nível de extração, resultando em um café encorpado e com mais amargor (Jansen, 2006).

No início da torra, as reações que ocorrem são endotérmicas, após esta etapa há um aumento na transferência de calor e as reações tornam-se exotérmicas (Jansen, 2006). Durante o processo de torra, a umidade presente no café se transforma em vapor, outros gases começam a ser produzidos dentro dos grãos, a pressão interna aumenta e a temperatura de ebulição aumenta proporcionalmente (Fernandes, 2019). À medida que a umidade é perdida, a massa do grão diminui, variando de cerca de 14% para uma torra clara a 20% para uma torra escura. Os grãos torrados variam em umidade de 2.5% a 4%. Nesses níveis de umidade, a densidade aparente do café fica próxima a  $600 \text{ kg/m}^3$  (Elías, 2011).

É possível perceber os compostos sendo perdidos através do aroma proveniente da fumaça durante a torra, que é normalmente eliminada diretamente para a atmosfera, não havendo possibilidade de recuperação. Industrialmente, até este momento, não se possuem equipamentos para reter e condensar estes compostos liberados durante a torra.

### Material e métodos

O projeto foi desenvolvido com o intuito de produzir um sistema apto a coletar os compostos liberados na fumaça durante a torra do café. Houve uma parceria com uma empresa na cidade de São Sebastião do Paraíso/MG, onde foram efetuadas torras do café do tipo arábica e do tipo conilon.



**Figura 1.** Representação do processo de torrefação industrial convencional (a) e processo de torrefação acoplado com o sistema de condensação e recuperação (b). *Fonte: Autor, 2022.*

### Sistema de torra

O torrador utilizado é da marca LEOGAP, modelo T-10, com alimentação de gás liquefeito de petróleo (GLP) no qual possui três chamas, possibilitando o controle da temperatura e pode-se atingir até 350°C.

Nessa empresa foi apresentada uma adaptação no sistema, que permitisse a recuperação do condensado proveniente da torra do café. A Figura 1 mostra o processo de torra convencional (a) e o processo acoplado com o sistema de condensação e recuperação proposto (b).

### Sistema para a recuperação do condensado

A adaptação proposta no sistema de torra para a recuperação do condensado consiste em uma coifa, uma mangueira com capacidade de suportar altas temperaturas, um condensador constituído por um tanque e uma serpentina, um coletor de condensado, um exaustor e três medidores de temperatura.

A coifa acoplada na chaminé era feita de aço inox 304, possuía 14.2 cm de diâmetro e havia um medidor de temperatura da Minipa, modelo MT-600 entre a coifa e a saída da chaminé no qual as medições eram realizadas e armazenadas a cada 10 s. A mangueira utilizada era resistente ao calor, com uma diâmetro nominal de 3/4 de polegada com 4 m de comprimento. O condensador consistia em um tanque de 50 L com uma serpentina acoplada. Utilizou-se gelo e água para efetuar a troca térmica. O coletor de condensado era feito de acrílico e possuía uma válvula para efetuar as coletas sem interromper o processo. O exaustor utilizado era da marca Electrolux, com potência máxima de 1400 W.

**Tabela 1.** Especificações utilizadas para a execução do condensador recuperador.

Dados do condensador recuperador	
Velocidade de sucção do sistema (m/s)	0.71
Diâmetro da coifa (m)	0.142
Vazão de exaustão máxima do sistema a 25°C (m <sup>3</sup> /h)	40.5
Vazão mássica média succionada a 90 °C (kg/h)	34.5
Material utilizado na serpentina	Aço inox 304
Peso específico do aço inox 304 (kg/m <sup>3</sup> )	7900
Calor específico do aço inox 304 a 20°C (J/kg.K)	500
Condutividade térmica do aço inox 304 a 100°C (W/m.K)	16.0
Comprimento da serpentina (m)	5.0
Distância entre cada volta (cm)	4.0
Diâmetro externo do helicoide da serpentina (cm)	28.8
Diâmetro interno do helicoide da serpentina (cm)	25.0
Diâmetro externo do tubo (mm)	19.0
Diâmetro interno do tubo (mm)	16.0
Espessura da parede do tubo (mm)	1.5

A determinação da vazão de exaustão foi baseada na velocidade típica de 0.71 m/s e na área da seção transversal da coifa. Para efetuar a medição da velocidade na coifa, utilizou-se um anemômetro da marca Minipa, modelo MDA-11. Adotou-se uma temperatura média dos gases de 90°C, a densidade aparente do gás seria de 0.85 kg/m<sup>3</sup>, correspondendo a uma vazão mássica succionada de 34.5 kg/h. A Tabela 1 apresenta as especificações do condensador utilizado para a recuperação dos compostos voláteis.

Os ensaios foram realizados com massa de 10 kg de café verde para uma torra do café do tipo arábica e massa de 5 kg de café verde para torra do café do tipo conilon. Durante as torras, as temperaturas na saída do ciclone, na entrada e saída do condensador foram medidas e armazenadas. Para cada torra, foram realizadas coletas de condensado a cada três minutos, sendo que a última coleta refere-se ao término da torra.

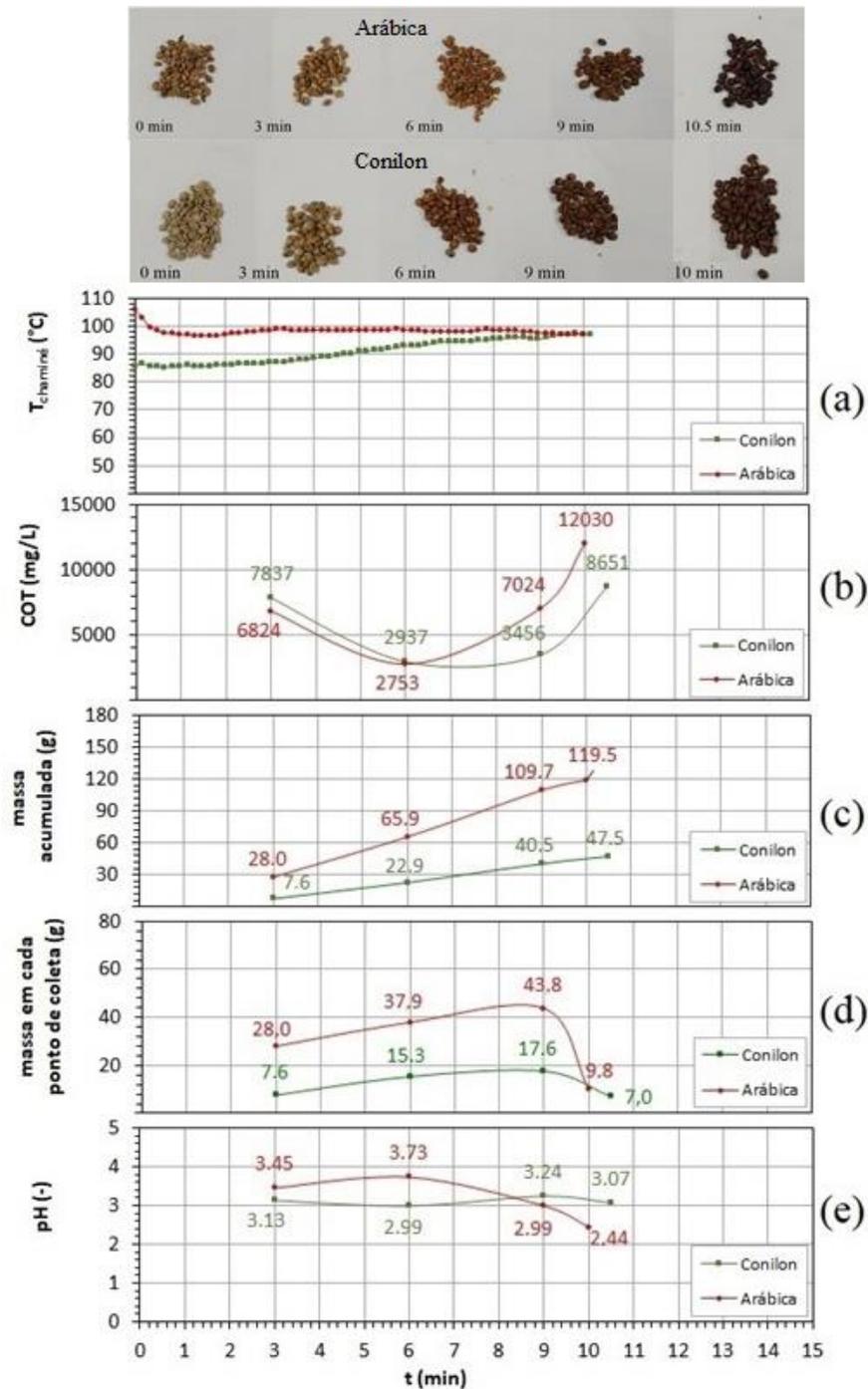
#### Procedimentos analíticos

No condensado foram avaliados a concentração de carbono orgânico total (COT) e o pH. As análises utilizadas nas amostras foram pelo método eletrométrico (pH), com pH-metro da marca Orion, modelo 230A. Em seguida, as análises de COT foram realizadas com equipamento da marca Shimadzu, modelo TOC-L. Para efetuar as análises de COT, foi necessário efetuar uma diluição de 1:100 nas amostras devido à elevada quantidade de carbono.

A identificação dos compostos foi realizada em duas amostras, sendo uma do café do tipo arábica e outra do tipo conilon. Utilizou-se a técnica via *headspace* (HS) com uma microextração em fase sólida (SPME) e cromatografia gasosa acoplada a um espectrofotômetro de massas (CG-EM). Para a extração utilizou-se conjunto de SPME obtido da Supelco (Supelco park, Bellefonte, PA, EUA), com a exposição da fibra no *headspace* em 55 °C (10 min.) e tempo de dessorção de 5 minutos. Para a análise cromatográfica, utilizou-se o aparelho Varian 3900, modelo Saturn 2100T incluído um detector seletivo de massa. Para efetuar a análise, as seguintes condições foram usadas: Coluna capilar: CP WAX 52CB (30m x 0.25mm x 0.25µm); Temperatura do detector: 230°C; Temperatura do injetor: 200°C; Gás de arraste: He; Fluxo: 1,0 mL/min; Split: 1/20; Impacto de Elétrons: 70 eV; Programa de Temperatura: 44°C (5 minutos); 44°C – 180°C, 3°C/minuto; 180°C – 240°C, 8°C/minuto. Pela comparação com o banco de dados (NIST 62 lib.) do sistema, foi possível identificar as substâncias dos espectros de massa.

#### **Resultados e discussão**

As medições efetuadas para o café do tipo arábica e conilon são apresentadas na Figura 2 em função do tempo de torra. Para as torras, foram utilizados 10 kg de café do tipo arábica verde e 5 kg de café verde do tipo conilon. Para cada tempo de amostragem, foram realizadas medições de temperatura na chaminé, além de teor de carbono orgânico total, pH e massa de condensado.



**Figura 2.** Medições realizadas em cada tempo de amostragem: (a) temperatura na chaminé em relação ao tempo; (b) teor de carbono orgânico total; (c) massa acumulada de condensado; (d) massa pontual de condensado; (e) pH. Fonte: Autor, 2022.

Pode-se observar pela Figura 2 (a) que a temperatura de início da torra com o café arábica foi maior que a do tipo conilon. Na torra com o tipo arábica, a variação foi de aproximadamente 108°C para 96°C nos primeiros minutos de torra, já para o tipo conilon, a temperatura permaneceu similar com aproximadamente 85°C. No período de 3 minutos até o final da torra a temperatura ficou próxima dos 98°C para o tipo arábica e para o tipo conilon, dos 3 minutos até aproximadamente 8 minutos de torra a temperatura permaneceu aumentando, chegando em torno de 95°C. De 8 minutos até o fim da torra ocorreu uma pequena variação na temperatura sendo que no último ponto medido a cerca de 96°C.

Pela Figura 2 (b) nota-se uma variação de COT em ambas as torras. Com 3 minutos de torra, a amostra de condensado coletada para o tipo arábica apresentou uma concentração de 6824 mg/L, porém para o tipo conilon, apresentou uma concentração de 7837 mg/L. Aos 6 minutos, a concentração de COT na amostra do tipo arábica decaiu, possuindo 2753 mg/L e para o tipo conilon segue a mesma tendência, com um valor de 2937 mg/L. A concentração de COT no ponto de coleta aos 9 minutos foi de 7024 mg/L para o café do tipo arábica e de 3456 mg/L para o tipo conilon. No último ponto de coleta, referente ao fim da torra, a concentração tem um aumento significativo em ambas as torras, com uma concentração de 12030 mg/L para o tipo arábica e de 8651 mg/L para o tipo conilon.

Para ambos os tipos de café, pode-se notar pela Figura 2 (c) o crescimento da massa de condensado ao longo da torra. Com 3 minutos de torra a massa obtida de condensado foi de 28 g para o tipo arábica e de 7.6 g para o tipo conilon. Aos 6 minutos de torra, a massa acumulada de condensado foi de 65.9 g para o tipo arábica e de 22.9 g para o tipo conilon. Com 9 minutos de torra, a massa de condensado obtida foi 109.7 g para o tipo arábica e de 40.5 g para o tipo conilon. E por fim, no último ponto de coleta a massa total de condensado obtida foi de 119.6 g para o tipo arábica e de 47.5 g para o tipo conilon.

Em ambas as torras, observa-se na Figura 2 (d) um aumento da massa coletada até os 9 minutos de torra e uma queda da massa coletada no último ponto. Isto ocorreu pelo fato do penúltimo ponto estar próximo ao último ponto de coleta, referente ao fim da torra.

Na Figura 2 (e) pode-se observar para ambos tipos de café que durante a torra ocorreu uma pequena variação do pH. Com 3 minutos de torra, o café do tipo arábica teve um valor de pH de 3.45 e para o tipo conilon um pH de 3.13. Aos 6 minutos observa-se que o valor do pH para o tipo arábica subiu para 3.73 e já para o tipo conilon caiu para 2.99. Aos 9 minutos de torra, o café do tipo arábica caiu para um pH de 2.99 e o tipo conilon sobe para 3.24. Ao final da torra, o pH para o tipo arábica foi de 2.44 e o tipo conilon de 3.07.

As Tabelas 2 e 3 apresentam as substâncias identificadas nas amostras com os cafés do tipo arábica e conilon.

**Tabela 2.** Compostos químicos voláteis identificados presentes no café do tipo arábica através da técnica de HS-SPME-CG-EM

Substâncias identificadas	Número CAS	3 min Área (%)	6 min Área (%)	9 min Área (%)	10 min Área (%)
Pirazina,2,5-dimetil	123-32-0	1.10	3.22	3.37	1.56
Pirazina,2,6-dimetil	108-50-9	1.25	2.00	2.16	1.10
Pirazina,2-etil-6-metil	13925-03-6	1.79	2.28	2.39	1.85
Pirazina,2-etil-5-metil	36731-41-6	1.11	2.54	2.37	1.53
Pirazina,2-etil-3,5-dimetil	13925-07-0	5.80	10.50	7.47	2.99
Pirazina,2,6-dietil	13067-27-1	0.82	1.96	1.28	-
Etanona,1,2-di-2-furanil-2-hidroxi	552-86-3	-	9.02	15.02	12.87
4-piridinamina,N,N,2,6-tetrametil-	129384-12-9	2.13	3.32	3.26	-
Etanona,1-(2-furanil)-	1192-62-7	1.45	0.90	2.30	3.21
2-furanometanol, acetato	623-17-6	1.73	-	1.80	1.79
2-furanocarboxaldeído	98-01-1	16,20	7.64	14.85	20.12
Furano,2,2-metilenobis	1197-40-6	-	-	-	5.77
2-furanometanol	98-00-0	14.27	5.81	8.81	11.87
SOMA	-	47.65	49.19	65.08	64.66

Fonte: Autor, 2022.

**Tabela 3.** Compostos químicos voláteis identificados no café do tipo conilon através da técnica HS-SPME-CG-EM

Substâncias identificadas	Número CAS	3 min Área (%)	6 min Área (%)	9 min Área (%)	10.3 min Área (%)
Pirazina,2,5-dimetil	123-32-0	0.58	2.19	6.18	5.68
Pirazina,2,6-dimetil	108-50-9	1.80	-	4.59	3.36
Pirazina,2-etil-6-metil	13925-03-6	1.17	-	5.26	3.22
Pirazine,2-etil-5-metil	36731-41-6	1.09	-	5.23	2.28
Pirazina,2-etil-3,5-dimetil	13925-07-0	2.80	5.25	-	5.34
Pirazina,2,6-dietil	13067-27-1	0.83	-	8.68	1.87
Ácido acético	64-19-7	2.31	6.58	7.45	-
Etanona,1,2-di-2-furanil-2-hidroxi	552-86-3	-	-	-	1.73
Azodicarboxilato de diisopropilo	2446-83-5	1.27	-	-	-
Pirazina,3,5-dietil-2-metil	18138-05-1	0.79	1.59	-	-
4-piridinamina,N,N,2,6-tetrametil-	129384-12-9	-	-	2.31	2.07
Etanona,1-(2-furanil)-	1192-62-7	1.38	1.44	1.37	1.36
2-furanometanol, acetato	623-17-6	-	1.80	-	1.37
2-furanocarboxaldeído	98-01-1	4.28	7.27	11.31	16.87
Furano,2,2-metilenobis	1197-40-6	-	-	-	4.50
2-furanometanol	98-00-0	12.29	8.94	8.02	16.68
Furano,2(2-furanilmetil)-5-metil	13678-51-8	-	-	-	4.35
2-ciclohexen-1-ona,2-metil-5(1-metil-etenil (carvona)	99-49-0	8.62	-	-	-
SOMA	-	39.21	35.06	60.40	70.68

Fonte: Autor, 2022.

Na identificação dos compostos para o café do tipo arábica, vale a pena destacar o 2-furanocarboxaldeído, no qual na última amostra coletada, referente ao fim da torra, foi possível atingir aproximadamente 20% em área. Para 3 min de torra, o 2-furano metanol atingiu ~14% em área. Para 6 min, a pirazina,2-etil-3,5-dimetil atingiu ~10% em área. Além disso, nota-se que as substâncias citadas foram identificadas em todos intervalos de tempo durante a torra. O etanona,1,2-di-2-furanil-2-hidroxi apesar de não ter sido identificado em todas as amostras, atingiu aproximadamente 15% em área aos 9 minutos de torra.

Na identificação dos compostos para o café do tipo conilon, nota-se que o 2-furanocarboxaldeído atingiu quase 17 % em área ao fim da torra. O 2-furano metanol apresentou ~17% em área, a pirazina,2,5-dimetil atingiu aproximadamente 6% em área aos 9 minutos. Nota-se que as substâncias citadas foram identificadas em todos intervalos de tempo durante a torra. A pirazina,2,6-dietil e o ácido acético apesar de não terem sido identificados em todas as amostras, aos 9 minutos de torra atingiram aproximadamente 9 e 8 % em área, respectivamente.

Apesar das torras terem ocorrido em temperaturas diferentes e possuírem uma massa de café verde de 10 kg para o tipo arábica e 5 kg para o tipo conilon, observa-se pela Tabela 4 que o tempo de coleta, a massa de gás passada pelo sistema, a recuperação de condensado em mL/kg<sub>café verde</sub> e o pH entre eles foram similares. Observa-se que o volume recuperado para o café do tipo arábica foi de 119.5 mL e para o café do tipo conilon foi de 47.5 mL. A recuperação dos gases e vapores foi de 2.07% para o tipo arábica e 0.79% para o tipo conilon. A quantidade de COT recuperado em g/kg<sub>café verde</sub> foi de 0.342 para o tipo arábica e de 0.217 para o tipo conilon, ou seja, foi possível recuperar uma quantidade maior de COT no café do tipo arábica.

**Tabela 4.** Informações relacionadas às torras efetuadas para o café do tipo arábica e conilon

Informações relativas às torras do café	Arábica	Conilon
Massa de café verde (kg)	10	5
Tempo de coleta (min)	10	10.5
Massa de gás passada pelo sistema (kg)	5.76	6.05
Recuperação dos gases e vapores (%)	2.07	0.79
Volume recuperado (mL)	119.5	47.5
Recuperação de condensado (mL/kg <sub>café verde</sub> )	11.95	9.5
COT recuperado (mg)	3421	1087
Recuperação de COT (g/kg <sub>café verde</sub> )	0.342	0.217
pH final do condensado (-)	2.44	3.07

Fonte: Autor, 2022.

## Conclusões

Com os dados obtidos a partir das medições e análises, foi possível observar que existem compostos orgânicos voláteis e aromas sendo emitidos diretamente para a atmosfera durante a torra do café.

Apesar de ter realizado as torras do tipo arábica e conilon com massas diferentes (10 kg para o tipo arábica e 5 kg para o tipo conilon), foi possível coletar amostras em ambos tipos, mesmo sendo menor para o tipo conilon.

A quantidade de condensado recuperado variou de 11.95 mL de condensado por kg de café verde para o tipo arábica e de 9.50 mL de condensado por kg de café verde para o tipo conilon. A percentagem de vapores recuperado foi de 2.07% para o tipo arábica e 0.79% para o tipo conilon.

A quantidade de carbono orgânico total recuperado para o tipo arábica foi de 3421 mg e 1087 mg para o tipo conilon, correspondendo uma proporção de 0.342 g de COT por kg de café verde para o tipo arábica e 0.217 g de COT por kg de café verde para o tipo conilon.

Em todas as torras tanto para o café do tipo arábica quanto para o tipo conilon, o pH final foi ácido sendo que para o café do tipo arábica foi de 2.44 e para o tipo conilon um pH final de 3.07. O ácido acético foi o principal componente responsável pelo caráter ácido dos condensados coletados.

A pirazina,2,5-dimetil, o 2-furanocarboxaldeído e o 2-furanometanol foram identificados tanto para o café do tipo conilon quanto para o tipo arábica. Contudo, também nota-se que o 2-furanocarboxaldeído foi a substância na qual possui maior percentagem em área, atingindo para o café do tipo arábica aproximadamente 20% e para o do tipo conilon quase 17% em área.

## Referências

- Agnoletti, B.Z. (2015) *Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (coffea arabica) e conilon (coffea canephora) classificados quanto à qualidade da bebida*. Alegre: [s.n.]. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação de Ciências e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, 110 pp.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento (2021), *Acompanhamento da safra brasileira de café*. v. 8 – Safra 2021, n.3 - Terceiro levantamento, Brasília, 58 pp.
- Dashwood, M.C., Jay, T. (2017) *The coffee dictionary : an A-Z of coffee, from growing & roasting to brewing & tasting*. First ed.: Chronicle Books LLC, San Francisco.
- Durán, C.A.A., Tsukui, A., Santos, F.K.F, Martinez, S.T., Bizzo, H.R., Rezende, C.M. (2017) Coffee: General aspects and its use beyond drink. *Revista Virtual de Química*, 9(1) 107–134.



- Elías, G.A.V. (2011) *Avaliação das Propriedades Físicas e Qualidade do Café em Diferentes Condições de Torrefação*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 98 pp.
- Fernandes, F. Roasting (2019). In: Farah A. (Ed.). *Coffee: Production, Quality and Chemistry*. First ed.: Royal Society of Chemistry, London, 230–257.
- Jansen, G.A. (2006) *Coffee Roasting Magic - Art - Science Physical Changes and Chemical Reactions*. First ed Munich SV Corporate Media. Munique.
- Santos, G. (2013) *Perfil de Compostos Voláteis de Condensados obtidos a partir da Fumaça gerada na Torração do Café*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 88 pp.