



**Teores de trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos em cafés *Coffea canephora* híbridos intervarietais naturais cultivados na Amazonia Ocidental**

**Trigonelline, caffeine, and chlorogenic acids contents in *Coffea canephora* intervarietal natural hybrids from Western Amazon**

**Contenidos de trigonelina, cafeína y ácido clorogénico en cafés híbridos intervarietales naturales de *Coffea canephora* cultivados en la Amazonia occidental**

DOI: 10.55905/oelv22n7-295

Receipt of originals: 06/21/2024

Acceptance for publication: 07/12/2024

**Julyene Silva Francisco**

Mestre em Ciência de Alimentos

Instituição: Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Endereço: Londrina, Paraná, Brasil

E-mail: ju.francisco89@gmail.com

**Isabela Fernanda de Almeida**

Licenciada em Química

Instituição: Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Endereço: Londrina, Paraná, Brasil

E-mail: isabela\_fernanda12@hotmail.com

**Claudimara da Silva Portela**

Mestre em Ciência de Alimentos

Instituição: Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Endereço: Londrina, Paraná, Brasil

E-mail: portelaclaudimara@gmail.com

**Enrique Anastácio Alves**

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: EMBRAPA Rondônia

Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil

E-mail: enrique.alves@embrapa.br

**Rodrigo Barros Rocha**

Doutor em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: EMBRAPA Rondônia

Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil

E-mail: rodrigo.rocha@embrapa.br

**André Luiz Buzzo Mori**

Doutor em Ciência de Alimentos

Instituição: Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Endereço: Londrina, Paraná, Brasil

E-mail: buzzo.mori@gmail.com

**Marta de Toledo Benassi**

Doutora em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas

Instituição: Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Endereço: Londrina, Paraná, Brasil

E-mail: martatb@uel.br

**RESUMO**

Considerando a limitação de dados na literatura para cafés da espécie *C. canephora*, o objetivo do trabalho foi estudar o perfil de compostos bioativos hidrossolúveis (trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos) de cafés híbridos intervarietais cultivados no estado de Rondônia, Brasil. Foram estudados dois genótipos (clones 05 e 66) resultantes da hibridação natural a campo das variedades Conilon e Robusta. As amostras foram provenientes de seis ambientes de cultivo na Amazônia Oriental (Alto Alegre dos Parecis, São Miguel do Guaporé, Nova Brasilândia D'Oeste, Porto Velho, Rolim de Moura e Alto Paraíso). Os teores de trigonelina, cafeína, ácidos clorogênicos totais (ACG) e 5-ACQ (principal isômero dos ACG) variaram, respectivamente, de 338 a 512 mg 100g<sup>-1</sup>, 1885 a 2862 mg 100 g<sup>-1</sup>, 1679 a 2911 mg 100 g<sup>-1</sup> e 474 a 947 mg 100 g<sup>-1</sup>. Os genótipos apresentaram bom perfil de compostos bioativos, mas os teores de trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos variaram com o genótipo e local de cultivo. Para cafeína e ácidos clorogênicos (5-ACQ e ACG totais) observou-se interação entre genética e ambiente. De forma geral, entre os ambientes estudados, Porto Velho apresentou menor variabilidade na composição dos genótipos. Considerando o teor de compostos bioativos, destaca-se o potencial do clone 05 para cultivo em São Miguel do Guaporé e Alto Alegre dos Parecis e do clone 66, para Nova Brasilândia D'Oeste e Alto Paraíso.

**Palavras-chave:** Compostos Bioativos, Ambientes de Cultivo, Conilon, Robusta, Rondônia.

**ABSTRACT**

Considering the limitations on literature data on *C. canephora* species, the research aimed to study the profile of hidrosoluble bioactive compounds (trigonelline, caffeine, and chlorogenic acids) in *C. canephora* intervarietal hybrids grown in Rondônia State, Brazil. Two genotypes (clones 05 and 66), resulting of natural hybridization in the field of

Conilon and Robusta varieties, were studied. The samples were grown in six different cultivation sites (Alto Alegre dos Parecis, São Miguel do Guaporé, Nova Brasilândia D'Oeste, Porto Velho, Rolim de Moura and Alto Paraíso). The contents of trigonelline, caffeine, total chlorogenic acids (CGA) and 5-CQA (main CGA isomer) varied from 338 to 512 mg 100 g<sup>-1</sup>, 1885 to 2862 mg 100 g<sup>-1</sup>, 1679 to 2911 mg 100 g<sup>-1</sup>, and 474 to 947 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectively. The clones showed a good profile of bioactive compounds. The content of trigonelline, caffeine, and chlorogenic acids varied regarding genotype and cultivation site. For caffeine and chlorogenic acids (5-CQA and total CGA), an interaction between genotypic and location was observed. In general, among the sites studied, less variability in the genotype composition was observed in Porto Velho. Considering the content of bioactive compounds, the potential of clone 05 for cultivation in São Miguel do Guaporé and Alto Alegre dos Parecis and of clone 66, for Nova Brasilândia D'Oeste and Alto Paraíso, stands out.

**Keywords:** Bioactive Compounds, Cultivation Sites, Conilon, Robusta, Rondônia.

#### RESUMEN

Considerando los datos limitados en la literatura para cafés de la especie *C. canephora*, el objetivo del trabajo fue estudiar el perfil de compuestos bioactivos solubles en agua (trigonelina, cafeína y ácidos clorogénicos) de cafés híbridos intervarietales cultivados en el estado de Rondônia, Brasil. Se estudiaron dos genotipos (clones 05 y 66) resultantes de la hibridación natural en campo de las variedades Conilon y Robusta. Las muestras provinieron de seis ambientes de cultivo en la Amazonía Oriental (Alto Alegre dos Parecis, São Miguel do Guaporé, Nova Brasilândia D'Oeste, Porto Velho, Rolim de Moura y Alto Paraíso). Los contenidos de trigonelina, cafeína, ácidos clorogénicos totales (ACG) y 5-ACQ (isómero principal del ACG) variaron, respectivamente, de 338 a 512 mg 100 g<sup>-1</sup>, de 1885 a 2862 mg 100 g<sup>-1</sup>, de 1679 a 2911 mg 100 g<sup>-1</sup> y de 474 a 947 mg 100 g<sup>-1</sup>. Los genotipos mostraron un buen perfil de compuestos bioactivos, pero los contenidos de trigonelina, cafeína y ácidos clorogénicos variaron con el genotipo y el lugar de cultivo. Para la cafeína y los ácidos clorogénicos (5-ACQ y ACG total), se observó una interacción entre la genética y el ambiente. Entre los ambientes de cultivo estudiados, de forma general Porto Velho mostró menor variabilidad en la composición de genotipos. Considerando el contenido de compuestos bioactivos, se destaca el potencial del clon 05 para cultivo en São Miguel do Guaporé y y Alto Alegre dos Parecis, y del clon 66 para Nova Brasilândia D'Oeste y Alto Paraíso.

**Palabras clave:** Compuestos Bioactivos, Ambientes de Cultivo, Conilon, Robusta, Rondônia.

## 1 INTRODUÇÃO

O café está entre as bebidas mais amplamente consumidas no mundo não só devido ao seu sabor e aroma agradável, que remete à emoções únicas, mas também pelos benefícios à saúde decorrentes do seu consumo regular e moderado (Samoggia; Riedel, 2019). Além dos constituintes mais usuais como carboidratos, lipídeos, compostos nitrogenados, e micronutrientes, o café apresenta ainda compostos bioativos, onde se destacam principalmente os compostos fenólicos, como ácidos clorogênicos, e metilxantinas, como cafeína e trigonelina. Esses componentes conferem a bebida efeitos positivos à saúde, como melhora na cognição, o favorecimento de uma microbiota intestinal saudável, proteção cardiovascular, prevenção de diabetes, e redução do risco de doenças crônico-degenerativas (Hu *et al.*, 2019; Lu *et al.*, 2020; Moeenfarid; Alves, 2020; Pereira *et al.*, 2020; Munyendo *et al.*, 2021; Corbi-Cobo-Losey *et al.*, 2023).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café verde, sendo produtor importante das duas principais espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora*; em segundo lugar está o Vietnã, maior produtor mundial de *C. canephora* (OIC, 2024, CONAB, 2024). O *C. canephora* é um produto de grande relevância na economia da região de Rondônia, hoje segundo estado em produção da espécie no Brasil (MAPA, 2024). O aumento da área e volume de plantio dessa espécie tem beneficiado a cafeicultura brasileira tanto em termos de produção para o mercado interno, no qual o *C. canephora* é utilizado em *blends* de café torrado e moído com o *C. arabica* e na produção de café solúvel, quanto para exportação (Carvalho, 2017). Em 2024, observou-se que a espécie *C. canephora* elevou sua participação para 17,4% do geral da exportação de produtos de café do Brasil, numa alta de mais de 450% comparativamente a 2023; essa performance recorde resulta de investimentos de décadas em pesquisa e tecnologia, que elevaram a qualidade, produtividade, e sustentabilidade na produção atendendo à crescente demanda mundial (CECAFE, 2024). No Brasil, a variedade de *C. canephora* mais plantada é o Conilon, e somente o estado de Rondônia produz também a variedade Robusta. O estado tem investido em significativa melhora da produtividade e qualidade de bebida do café produzido, com o desenvolvimento por melhoramento genético de novas variedades

adaptadas às condições edafoclimáticas da região, com o plantio de clones e novas técnicas de cultivo (MAPA, 2024, CONAB, 2024). Além disso, em 2021, a região “Matas de Rondônia” obteve a primeira Indicação Geográfica do mundo para *C. canephora* do tipo denominação de origem (Ministério das Relações Exteriores, 2021).

Atualmente, o parque cafeeiro de Rondônia apresenta tanto híbridos naturais (entre os quais os clones do presente estudo), que surgiram a partir do cruzamento entre as variedades Conilon e Robusta em campos experimentais da Embrapa e em lavouras comerciais (Marcolan; Spindola, 2015), quanto híbridos originados por cruzamento direcionado entre as duas variedades botânicas, que foram selecionados e clonados e registrados pela EMBRAPA em 2019 (Teixeira *et al.*, 2020).

A seleção de material genético de maior potencial e recomendação para plantio é feita no geral com base em informações de desempenho agrônômico, mas dados de composição podem acrescentar informações de grande importância. Metilxantinas e compostos fenólicos estão entre os compostos que tem recebido maior atenção nos produtos de café considerando seu impacto nas características sensoriais da bebida e estudos associados ao impacto na saúde (Mejia; Ramirez-Mares, 2014; Akash; Rehman; Chen, 2014; Gokcen; Sanlier, 2017; Grosso *et al.*, 2017).

Apesar do grande volume de dados na literatura relativos ao *C. arabica*, são escassas as informações de composição de *C. canephora*, mesmo para as variedades tradicionais Conilon e Robusta, e ainda mais para híbridos intervarietais. Em estudos anteriores de nosso grupo de pesquisa (Acre *et al.*, 2024, Viencz *et al.*, 2023; Viencz *et al.*, 2024), foram reportados o perfil de composição para Conilon, Robusta e os híbridos intervarietais desenvolvidos pela EMBRAPA; os cafés foram cultivados em diferentes localidades da região Amazônica Ocidental no Brasil em diferentes safras. No entanto, não foi ainda estudado o perfil de compostos bioativos hidrossolúveis dos híbridos naturais genótipos 66 e 05, que estão entre os mais cultivados no estado de Rondônia (presentes em 64 e 41% dos cafezais, respectivamente) (Dalazen *et al.*, 2020).

Considerando o interesse pelos híbridos intervarietais naturais de Conilon e Robusta e que não há dados na literatura para a composição desses cafés, este trabalho teve como objetivo caracterizar dois genótipos de cafés *Coffea canephora* (clones 66 e

05), obtidos em diferentes ambientes de cultivo no estado de Rondônia, quanto ao teor dos compostos bioativos trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos. Essas informações, além do interesse geral para o público consumidor, oferecem dados que permitam apoiar pesquisas no melhoramento do material.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 REAGENTES, PADRÕES E EQUIPAMENTOS

Reagentes, solventes e materiais de grau analítico que foram empregados: acetonitrila grau HPLC (J.T. Baker, Phillipsburg, EUA); ácido acético (pureza  $\geq 99.8\%$ , Sigma Aldrich, St. Louis, EUA); membranas de nylon de  $0,22 \mu\text{m}$  e filtros de seringa  $0,22 \mu\text{m}$  (Millipore, São Paulo, Brasil). Foram utilizados os padrões cromatográficos: trigonelina, cafeína e ácido-5-cafeoilquínico (5-ACQ) (Sigma Aldrich, Saint Louis, EUA). Foi empregada coluna cromatográfica Spherisorb ODS-1 ( $150 \times 3,2 \text{ mm}$ ,  $3 \mu\text{m}$ ) (Waters, Darmstadt, Alemanha). A água utilizada para o preparo dos padrões e soluções foi obtida por sistema de purificação e filtração Elga Purelab Option-Q (Veolia Water Solutions & Technologies, High Wycombe, Reino Unido).

A análise dos compostos foi conduzida em um sistema cromatográfico líquido de ultra eficiência Waters Acquity (Waters, Milford, EUA) equipado com injetor automático de amostras, sistema de bombeamento quaternário de solvente, termostatizador de coluna e detector de arranjo de diodos, controlados pelo programa Empower 3.

Foram ainda empregados os seguintes equipamentos: torrador piloto a gás com capacidade para 300 g (Palini & Alves Máquinas Agrícolas, Espírito Santo do Pinhal, Brasil); moedor de café Krups GVX 2 (Krups, Xangai, China); colorímetro portátil Konica Minolta - CR 400 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japão) com geometria 45/0 e iluminante D65; e analisador gravimétrico de umidade MB 45 (Ohaus, Barueri, Brasil) acoplado com lâmpada halógena.

## 2.2 MATERIAL

Foram estudados dois materiais genéticos da espécie *Coffea canephora*, tipicamente híbridos naturais de Conilon e Robusta, fornecidos pela EMBRAPA Rondônia (Rondônia, Brasil). Estes genótipos, clones 66 e 05, apresentam diferentes características agrônômicas e foram provenientes de seis ambientes cultivo no estado de Rondônia/Brasil na região Amazônica (Alto Alegre dos Parecis, São Miguel do Guaporé, Nova Brasilândia D'Oeste, Porto Velho, Rolim de Moura, e Alto Paraíso), num total de 12 amostras. As condições edafoclimáticas dos ambientes estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Condições experimentais dos ambientes de cultivo em Rondônia.

Cidade	Região do estado	Coordenadas	Altitude (m)	Temperatura média (°C)	Precipitação anual (mm)
Alto Alegre dos Parecis	Zona da Mata	12° 07' 41" S 61° 51' 02" O	381	23,1	1735
São Miguel do Guaporé	Vale do Guaporé	11° 41' 37" S 62° 42' 41" O	194	24,6	1758
Nova Brasilândia D'Oeste	Zona da Mata	11° 43' 25" S 62° 18' 57" O	263	24,0	1799
Porto Velho	Madeira Mamoré	08° 45' 43" S 63° 54' 07" O	86	26,0	2095
Rolim de Moura	Zona da Mata	11° 43' 48" S 61° 46' 47" O	210	23,9	1864
Alto Paraíso	Vale do Jamarí	09° 42' 47" S 63° 19' 15" O	127	25,6	2302

Fonte: Dalazen *et al.*, 2020.

Os cafés foram colhidos e beneficiados (aproximadamente 300 g de cada amostra) no ano de 2018. Os frutos foram colhidos de forma manual e seletiva de modo a obter somente frutos maduros em estágio cereja. No pós-colheita, os cafés foram secados em terreiros ao sol de forma natural. Os cafés verdes foram armazenados em sacos plásticos sob refrigeração (8 °C) até a torra.

As amostras foram torradas até atingirem o grau de torra médio. O tempo e temperatura do processo foram baseados no descrito por Mori *et al.* (2020) para cafés *C. canephora* brasileiros procedentes do estado do Espírito Santo (tempos de até 30 min e temperaturas de 210 a 230 °C). Para obtenção de um grau de torra padronizado, foram

avaliadas a cor e a perda de peso. Foi considerado como padrão um valor de perda de peso em torno de 16%, descrito como ótimo para *C. canephora* (Mendes *et al.*, 2001), e cor correspondente a grau de torra médio.

Os grãos torrados foram acondicionados em sacos plásticos e guardados sob refrigeração (8 °C) até a moagem. Os grãos de café foram moídos até granulometria fina (3% retido em malha 0,85 mm; 57% retido em malha 0,43 mm e 40% passante em malha 0,43 mm - fundo). Os cafés moídos foram armazenados sob refrigeração (8 °C) até o momento das análises. A umidade foi determinada em analisador a 105 °C, por 7 min. Os resultados, expressos em g 100 g<sup>-1</sup>, foram utilizados para o cálculo das concentrações em base seca.

### 2.3 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS

Os compostos hidrossolúveis trigonelina, cafeína, e ácidos clorogênicos foram determinados simultaneamente conforme descrito por Viencz *et al.* (2023). As amostras (0,5 g) foram dissolvidas em 30 mL de água, submetidas a banho-maria a 80 °C (10 min) e filtradas. As extrações foram feitas em duplicata. Uma alíquota de 0,5 mL do extrato foi diluída em 4,5 mL de água ultrapura, e o extrato diluído foi filtrado. Foi empregado um gradiente de ácido acético/água ultrapura (5:95 v/v) (A) e acetonitrila (B) como descrito: 0 - 5 min 5% B; 5 - 10 min aumento para 13% de B; 10 - 18 min 13% B; 18 - 27 min redução para 5% de B, com vazão de 0,5 mL min<sup>-1</sup> e volume de injeção de 10 µL. A análise dos extratos foi feita em duplicata. A detecção foi feita a 260 nm para trigonelina, 320 nm para ácidos clorogênicos e 272 nm para cafeína.

A identificação dos compostos foi feita com base nos tempos de retenção e espectro no UV. A quantificação foi realizada por padronização externa utilizando curvas analíticas com 7 pontos em triplicata ( $r = 0,99$ ,  $p \leq 0,01$ ). As faixas de concentração para cada composto foram de 1 a 30 µg mL<sup>-1</sup> para trigonelina; 10 a 60 µg mL<sup>-1</sup> para cafeína e 1 a 60 µg mL<sup>-1</sup> para 5-ACQ. O teor de ácidos clorogênicos totais foi estimado pela soma das áreas dos compostos detectados a 320 nm utilizando o 5-ACQ como padrão para a

quantificação conforme Corso, Vignoli e Benassi (2016). Os resultados foram expressos em base seca como mg do composto por 100 g de café.

## 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para se avaliar o efeito do ambiente de cultivo e da variabilidade genética, os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ( $p \leq 0,01$ ) utilizando-se o Sistema de Análise de Variância de Dados Balanceados (SISVAR, 2024). Considerou-se como tratamentos, o ambiente de cultivo (principal/parcela) e o genótipo (secundária/sub-parcela) em um esquema de parcelas subdivididas. Na ocorrência de interação ( $p \leq 0,01$ ) entre os tratamentos, há indicação que o teor dos bioativos em cada genótipo sofre influência diferenciada em relação ao ambiente de cultivo.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cafés *Coffea canephora* híbridos naturais de Conilon e Robusta, genótipos 05 e 66, cultivados em seis diferentes ambientes do estado de Rondônia (Alto Alegre dos Parecis, São Miguel do Guaporé, Nova Brasilândia D'Oeste, Porto Velho, Rolim de Moura e Alto Paraíso), apresentaram umidade de 2,0 a 2,7 g 100 g<sup>-1</sup>, e grau de torra médio, com valor de luminosidade de 28,5 a 32,6.

As tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentam, respectivamente, os teores (em base seca) de cafeína, trigonelina, 5-ACQ e ácidos clorogênicos totais nos dois cafés híbridos procedentes dos seis diferentes ambientes de cultivo. O teor de cafeína variou de 1885 a 2862 mg 100 g<sup>-1</sup> e, o de trigonelina, de 339 a 512 mg 100 g<sup>-1</sup>. O teor de ácidos clorogênicos totais variou de 1679 a 2911 mg 100 g<sup>-1</sup>, sendo que para 5-ACQ, principal representante da família dos clorogênicos, os teores variaram de 474 a 947 mg 100 g<sup>-1</sup>. No geral os teores dos compostos estavam dentro da faixa descrita na literatura para cafés *C. canephora*.

Para cafeína, Pinheiro *et al.* (2019) descreveram para grãos verdes, teores de 2060 a 2890 mg 100 g<sup>-1</sup> comparando 21 variedades clonais de café Conilon, enquanto Ludwig

*et al.* (2014) reportaram uma faixa ainda mais ampla, de 1500 a 2500 mg de cafeína 100 g<sup>-1</sup>. A cafeína é estável ao processo de torra, mas seu teor depende da espécie e cultivar, método de cultivo, e condições climáticas (Hečimović *et al.*, 2011). Para *C. canephora* brasileiro torrado, teores médios na faixa de 2000 a 2200 mg 100 g<sup>-1</sup> foram descritos (Souza; Benassi, 2012; Moura *et al.*, 2007). Vienz *et al.* (2023, 2024) e Acre *et al.* (2024) relataram para híbridos intervarietais desenvolvidos pela EMBRAPA e cultivados na Amazônia Ocidental brasileira, teores médios de 1728 a 3570 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Além de variações com a espécie e o ambiente de cultivo, a literatura descreve que o teor de trigonelina é muito dependente do grau de torra do grão (Campa *et al.*, 2004; Dias; Benassi, 2015). Pinheiro *et al.* (2019), estudando 21 variedades clonais de café Conilon verde do estado do Espírito Santo/Brasil, descreveram pequena diferença intervarietal, com teores médios de trigonelina de 930 mg 100 g<sup>-1</sup>. Souza e Benassi (2012) reportaram teores médios de trigonelina de 220 mg 100 g<sup>-1</sup> em *C. canephora* brasileiro com grau de torra médio/escuro, enquanto Dias e Benassi (2015) relataram teores de 120 a 680 mg 100 g<sup>-1</sup> para *C. canephora* com diferentes graus de torra. Vienz *et al.* (2023, 2024) e Acre *et al.* (2024) reportaram, para híbridos intervarietais desenvolvidos, teores elevados de trigonelina de 554 a 850 mg 100g<sup>-1</sup>, provavelmente também em função do grau de torra ser menos intenso (torras média e média-clara).

O teor de ácidos clorogênicos é dependente da genética (espécies e variedades de café), condições edafoclimáticas, e intensidade do processo de torra (Ferruzzi, 2010). Para grãos verdes de *C. canephora* brasileiro, Aguiar *et al.* (2005) relataram variação no teor de ACG de 3300 a 6600 mg 100 g<sup>-1</sup>. Vienz *et al.* (2023, 2024) e Acre *et al.* (2024) verificaram ampla variação nos teores de ACG de 1997 a 6370 mg 100 g<sup>-1</sup>, para híbridos intervarietais desenvolvidos com grau de torra média e média-clara. Com relação ao principal isômero da categoria (5-ACQ), Pinheiro *et al.* (2019) reportaram teores de 2600 a 3650 mg 100 g<sup>-1</sup> e Dias e Benassi (2015) relatam maior variação, com teores de 94 a 2010 mg 100 g<sup>-1</sup> para cafés *C. canephora* com diferentes graus de torra.

Para os teores de cafeína, houve diferença significativa entre genótipos e ambientes de cultivo. Ocorreu ainda interação significativa entre ambiente de cultivo e

genótipo, indicando que os teores de cafeína em cada genótipo sofreram influência do ambiente de cultivo, mas esse efeito foi diferenciado para os genótipos (Tabela 2). Somente no ambiente de Porto Velho não se observou diferença significativa entre os clones. O clone 66 apresentou maior teor de cafeína que o clone 05 em quatro (Rolim de Moura, Nova Brasilândia D'Oeste, Alto Alegre dos Parecis e Alto Paraíso) dos seis ambientes estudados, destacando-se o cultivo nos dois primeiros pelos maiores valores de cafeína. O menor teor de cafeína foi observado para o clone 05 cultivado em Alto Paraíso (1885 mg 100 g<sup>-1</sup>). Constatou-se maior variabilidade no teor de cafeína com o ambiente para o clone 66 (CV de 10,2%) (Tabela 2).

Tabela 2 - Teores de cafeína (mg 100 g<sup>-1</sup>) em dois genótipos de cafés *C. canephora* híbridos cultivados em diferentes ambientes de cultivo no Estado de Rondônia.

Ambientes de cultivo	Genótipo		Variabilidade entre genótipos (CV%)
	66	05	
Alto Alegre dos Parecis	2497 <sup>Ab</sup> ± 34	2350 <sup>Ba</sup> ± 54	4,3
São Miguel do Guaporé	2342 <sup>Bc</sup> ± 112	2424 <sup>Aa</sup> ± 73	2,4
Nova Brasilândia D'Oeste	2862 <sup>Aa</sup> ± 29	2174 <sup>Bb</sup> ± 81	19,3
Porto Velho	2248 <sup>Ad</sup> ± 37	2223 <sup>Ab</sup> ± 13	0,8
Rolim de Moura	2858 <sup>Aa</sup> ± 76	2354 <sup>Ba</sup> ± 35	13,7
Alto Paraíso	2480 <sup>Ab</sup> ± 2	1885 <sup>Bc</sup> ± 23	19,3
Variabilidade entre ambientes (CV%)	10,2	8,7	

Média (n=4, duplicata genuína com duplicata analítica) ± desvio padrão

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os clones (Tukey,  $p \leq 0,05$ ). Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os ambientes (Tukey,  $p \leq 0,01$ ).

Para os teores de trigonelina houve, também, diferença significativa entre genótipos e entre ambientes de cultivo, mas não ocorreu interação significativa entre ambiente e genótipo ( $p = 0,25$ ). O clone 05 apresentou maiores teores de trigonelina quando cultivado em Alto Alegre dos Parecis, São Miguel do Guaporé e Rolim de Moura, enquanto o clone 66 teve maiores teores quando cultivado em Alto Paraíso, Nova Brasilândia D'Oeste e São Miguel do Guaporé. O clone 66 apresentou maior variabilidade entre ambientes (15,9%), sendo desse genótipo o maior (511,97 mg 100 g<sup>-1</sup> em Alto Paraíso) e o menor valor (338,76 mg 100 g<sup>-1</sup> em Rolim de Moura) de trigonelina

observados. O cultivo no ambiente de Alto Alegre dos Parecis se destacou pela maior variabilidade no teor de trigonelina entre os clones (CV de 25,7%) (Tabela 3).

Tabela 3 - Teores de trigonelina (mg 100 g<sup>-1</sup>) em dois genótipos de cafés *C. canephora* híbridos cultivados em diferentes ambientes de cultivo no Estado de Rondônia.

Ambientes de cultivo	Genótipo		Variabilidade entre genótipos (CV%)
	66	05	
Alto Alegre dos Parecis	344 <sup>Be</sup> ± 1	497 <sup>Aa</sup> ± 6	25,7
São Miguel do Guaporé	432 <sup>Bc</sup> ± 17	452 <sup>Ab</sup> ± 10	3,2
Nova Brasilândia D'Oeste	448 <sup>Ab</sup> ± 1	352 <sup>Bd</sup> ± 11	16,9
Porto Velho	410 <sup>Ad</sup> ± 4	350 <sup>Bd</sup> ± 4	11,1
Rolim de Moura	339 <sup>Be</sup> ± 4	444 <sup>Ab</sup> ± 9	19,0
Alto Paraíso	512 <sup>Aa</sup> ± 5	378 <sup>Bc</sup> ± 3	21,4
Variabilidade entre ambientes (CV%)	15,9	14,7	

Média (n=4, duplicata genuína com duplicata analítica) ± desvio padrão  
Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os clones (Tukey, p ≤ 0,05). Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os ambientes (Tukey, p ≤ 0,01).

Observou-se comportamento similar quanto ao efeito do genótipo e ambiente de cultivo no teor de ácidos clorogênicos totais e de 5-ACQ: diferença significativa entre genótipos e entre ambientes de cultivo, e interação significativa entre ambiente e genótipo (Tabelas 4 e 5). O 5-ACQ representou aproximadamente 28% e 30% do total de ACG nos clones 66 e 05, respectivamente, valores um pouco menores do que a faixa (32% a 36%) relatada por Perrone, Farah e Donangelo (2012) em bebidas de café *C. arabica* e *C. canephora* com diferentes graus de torra. Acre et al. (2024), reportaram resultados mais similares aos do presente trabalho, citando que o 5-ACQ correspondeu, em média a 28, 27, e 33% do total de ACG para cafés Conilon, Robusta, e híbridos intervarietais desenvolvidos pela EMBRAPA, respectivamente.

O clone 05 apresentou maiores teores de 5-ACQ e ACG totais quando cultivado em Alto Alegre dos Parecis, São Miguel do Guaporé e Rolim de Moura, enquanto o 66 teve maiores teores quando cultivado em Nova Brasilândia D'Oeste, Alto Paraíso e Porto Velho, e observou-se a maior diferenciação de teores entre genótipos ocorreu no cultivo em Alto Alegre dos Parecis (Tabelas 4 e 5), esses comportamentos foram semelhantes ao

observado para trigonelina (Tabela 3). Destaca-se o alto teor de clorogênicos (5-ACQ e ACG totais), no clone 66 cultivado em Alto Paraíso e clone 05 cultivado em São Miguel do Guaporé; bem como baixos teores no clone 66 em Rolim de Moura e Alto Alegre dos Parecis e clone 05 em Porto Velho (Tabelas 4 e 5). A variabilidade entre ambientes foi similar para os dois clones considerando o teor de 5-ACQ, mas foi maior para o clone 66 considerando o total de ACG, comportamento esse similar ao observado para cafeína e trigonelina (Tabelas 2 e 3).

Tabela 4 - Teores de 5-ACQ (mg 100 g<sup>-1</sup>) em dois genótipos de cafés *C. canephora* híbridos cultivados em diferentes ambientes de cultivo no Estado de Rondônia.

Ambientes de cultivo	Genótipo		Variabilidade entre genótipos (CV%)
	66	05	
Alto Alegre dos Parecis	485 <sup>Bd</sup> ± 5	917 <sup>Ab</sup> ± 23	43,6
São Miguel do Guaporé	681 <sup>Bb</sup> ± 44	947 <sup>Aa</sup> ± 37	23,1
Nova Brasilândia D'Oeste	675 <sup>Ab</sup> ± 8	591 <sup>Be</sup> ± 15	9,3
Porto Velho	566 <sup>Ac</sup> ± 15	519 <sup>Bf</sup> ± 10	6,2
Rolim de Moura	474 <sup>Bd</sup> ± 14	616 <sup>Ad</sup> ± 12	18,4
Alto Paraíso	873 <sup>Aa</sup> ± 19	651 <sup>Bc</sup> ± 13	20,6
Variabilidade entre ambientes (CV%)	24,0	24,4	

Média (n=4, duplicata genuína com duplicata analítica) ± desvio padrão  
Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os clones (Tukey, p ≤ 0,05). Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os ambientes (Tukey, p ≤ 0,01).

Tabela 5 - Teores de ácidos clorogênicos totais (mg 100 g<sup>-1</sup>) em dois genótipos de cafés *C. canephora* híbridos cultivados em diferentes ambientes de cultivo no Estado de Rondônia.

Ambientes de cultivo	Genótipo		Variabilidade entre genótipos (CV%)
	66	05	
Alto Alegre dos Parecis	1679 <sup>Be</sup> ± 73	2760 <sup>Ab</sup> ± 76	34,4
São Miguel do Guaporé	2401 <sup>Bb</sup> ± 153	2877 <sup>Aa</sup> ± 121	12,8
Nova Brasilândia D'Oeste	2348 <sup>Ab</sup> ± 113	2016 <sup>Bd</sup> ± 79	10,8
Porto Velho	2043 <sup>Ac</sup> ± 53	1843 <sup>Be</sup> ± 52	7,3
Rolim de Moura	1819 <sup>Bd</sup> ± 59	2146 <sup>Ac</sup> ± 32	11,7
Alto Paraíso	2911 <sup>Aa</sup> ± 58	2236 <sup>Bc</sup> ± 73	18,6
Variabilidade entre ambientes (CV%)	20,4	17,9	

Média (n=4, duplicata genuína com duplicata analítica) ± desvio padrão  
Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os clones (Tukey, p ≤ 0,05). Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os ambientes (Tukey, p ≤ 0,01).

Sumarizando, os híbridos intervarietais apresentaram bom perfil de compostos bioativos, com teores similares aos descritos na literatura para *C. canephora*, mas os teores de trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos variaram com o genótipo e ambiente de cultivo. De forma geral, entre os ambientes estudados, Porto Velho apresentou menor variabilidade na composição dos genótipos. Considerando o perfil de compostos bioativos, destaca-se comparativamente o bom resultado para o clone 05 quando cultivado em São Miguel do Guaporé e Alro Alegre dos Parecis e para o clone 66, em Nova Brasilândia D'Oeste e Alto Paraíso.

#### 4 CONCLUSÕES

O perfil de compostos bioativos hidrossolúveis (trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos) dos cafés *C. canephora*, híbridos intervarietais de Conilon e Robusta, cultivados na região Amazônica, variou com o genótipo e ambiente de cultivo. Para cafeína e ácidos clorogênicos (5-ACQ e ACG totais) observou-se ainda interação entre genótipo e ambiente de cultivo, indicando que os teores desses compostos bioativos em cada genótipo sofreram influência do ambiente de cultivo, mas esse efeito foi diferenciado entre genótipos.

#### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CAPES e Fundação Araucária pelas bolsas concedidas.

## REFERÊNCIAS

- ACRE, L. B.; VIENCZ, T.; FRANCISCO, J. S.; ROCHA, R. B.; ALVES, E. A.; BENASSI, M. T. Composition of *Coffea canephora* varieties from the Western Amazon. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 35, n. 8, p. e-20240031, 2024.
- AGUIAR, A. D. E.; FAZUOLI, L. C.; SALVA, T. D. J.; FAVARIN, J. L. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 577-582, 2005.
- AKASH, M. S. H.; REHMAN, K.; CHEN, S. Effects of coffee on Type 2 Diabetes Mellitus. **Nutrition**, Burbank, v. 30, n. 7-8, p. 755-763, 2014.
- CAMPA, C.; BALLESTER, J. F.; DOULBEAU, S.; DUSSERT, S.; HAMON, S.; NOIROT, M. Trigonelline and sucrose diversity in wild *Coffea* species. **Food Chemistry**, Barking, v. 29, p. 1164-1168, 2006.
- CARVALHO, J. Muda o estado, muda o status. **Revista Cafés de Rondônia**, Porto Velho, v.2, n.2, p. 10-19, 2017.
- CECAFE – Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. Relatório Mensal - Junho 2024. São Paulo. Disponível em: <<https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>>\_Acessado em: 19 de jun. 2024.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: Café - v.11. Safra 2024. n. 2. Segundo Levantamento. Brasília, 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe>>\_Acessado em: 19 de jun. 2024.
- CORBI-COBO-LOSEY, M. J.; MARTINEZ-GONZALEZ, M. Á.; GRIBBLE, A. K.; FERNANDEZ-MONTERO, A.; NAVARRO, A. M.; DOMÍNGUEZ, L. J.; BERRASTROLLO, M.; TOLEDO, E. Coffee consumption and the risk of metabolic syndrome in the ‘Seguimiento Universidad de Navarra’ Project. **Antioxidants**, Basel, v. 12, n. 3, p. 686, 2023.
- CORSO, M. P.; VIGNOLI, J. A.; BENASSI, M. T. Development of an instant coffee enriched with chlorogenic acids. **Journal of Food Science and Technology**, Karnataka, v. 53, p. 1380-1388, 2016.
- DALAZEN, J. R.; ROCHA, R. B.; PEREIRA, L. L.; ALVES, E. A.; ESPINDULA, M. C.; SOUZA, C. A. Beverage quality of most cultivated *Coffea canephora* clones in the Western Amazon. **Coffee Science**, Lavras, v. 15, e151711, 2020.

DIAS, R. C. E; BENASSI, M. T. Discrimination between arabica and robusta coffees using hydrosoluble compounds: is the efficiency of the parameters dependent on the roast degree? **Beverages**, Basel, v. 1, n. 3, p. 127-139, 2015.

FERRUZZI, M. G. The influence of beverage composition on delivery of phenolic compounds from coffee and tea. **Physiology & Behavior**, Zurich, v. 100, n. 1, p. 33-41, 2010.

GOKCEN, B. B.; SANLIER, N. Coffee Consumption and disease correlations. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 59, n. 2, p. 336-348, 2019.

GROSSO, G.; GODOS, J.; GALVANO, F.; GIOVANNUCCI, E. L. Coffee, caffeine, and health outcomes: An umbrella review. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 37, p. 131-156, 2017.

HEĆIMOVIĆ, I.; BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A.; HORŽIĆ, D.; KOMES, D. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. **Food Chemistry**, Barking, v. 129, n. 3, p. 991-1000, 2011.

HU, G. L.; WANG, X.; ZHANG, L.; QIU, M. H. The sources and mechanisms of bioactive ingredients in coffee. **Food & Function**, Cambridge, v. 10, n. 6, p. 3113-3126, 2019.

LU, H.; TIAN, Z.; CUI, Y.; LIU, Z.; MA, X. Chlorogenic acid: A comprehensive review of the dietary sources, processing effects, bioavailability, beneficial properties, mechanisms of action, and future directions. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 19, n. 6, p. 3130-3158, 2020.

LUDWIG, I. A.; CLIFFORD, M. N.; LEAN, M. E.; ASHIHARA, H.; CROZIER, A. Coffee: biochemistry and potential impact on health. **Food & Function**, Cambridge, v. 5, n. 8, p. 1695-1717, 2014.

MAPA Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Sumário Executivo de Café. Junho, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/sumarios-executivos-de-produtos-agricolas/cafe-pdf.pdf>>. Acessado em: 11 julho 2024

MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. 1. ed. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2015. 474 p.

MEJIA, E. G.; RAMIREZ-MARES, M. V. Impact of caffeine and coffee on our health. **Trends in Endocrinology & Metabolism**, New York, v. 25, n. 10, p. 489-492, 2014.

MENDES, L. C.; MENEZES, H. C.; APARECIDA, M.; SILVA, A. P. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora* conillon) using acceptability tests and RSM. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 12, n. 2, p. 153-162, 2001.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. **Brazilian coffees with Geographical Indication**. 2021. Disponível em: <[https://www.gov.br/mre/pt-br/embaixada-berlim/promocaocomercial/books\\_publicacoes/b08\\_coffeegeographical.pdf](https://www.gov.br/mre/pt-br/embaixada-berlim/promocaocomercial/books_publicacoes/b08_coffeegeographical.pdf)>. Acesso em: 10 julho 2024

MOEENFARD, M.; ALVES, A. New trends in coffee diterpenes research from technological to health aspects. **Food Research International**, Essex, v. 134, e109207, 2020.

MORI, A. L. B.; VIEGAS, M. C.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F.; FERRÃO, R. G.; BENASSI, M. T. Coffee brews composition from *Coffea canephora* cultivars with different fruit-ripening seasons. **British Food Journal**, Bradford, v. 122, n. 3, p. 827-840, 2020.

MOURA, S. D.; GERMER, S. P. M.; ANJOS, V. D. A.; MORI, E. E. M.; MATTOSO, L. H. C.; FIRMINO, A.; NASCIMENTO, C. J. F. Avaliações físicas, químicas e sensoriais de *blends* de café arábica com café canéfora (robusta). **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 271-277, 2007.

MUNYENDO, L. M.; NJOROGE, D. M.; OWAGA, E. E.; MUGENDI, B. Coffee phytochemicals and post-harvest handling - A complex and delicate balance. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 102, e103995, 2021.

OIC - Organização Internacional do Café. Coffee Market Report. June 2024. Disponível em: <<https://www.icocoffee.org/documents/cy2023-24/cmr-0624-e.pdf>>. Acessado em: 11 julho 2024.

PEREIRA, G. V. M.; CARVALHO NETO, D. P.; JÚNIOR, A. I. M.; DO PRADO, F. G.; PAGNONCELLI, M. G. B.; KARP, S. G.; SOCCOL, C. R. Chemical composition and health properties of coffee and coffee by-products. **Advances in Food and Nutrition Research**, Barking, v. 91, p. 65-96, 2020.

PERRONE, D.; FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Influence of coffee roasting on the incorporation of phenolic compounds into melanoidins and their relationship with antioxidant activity of the brew. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 17, p. 4265-4275, 2012.

PINHEIRO, C. A.; PEREIRA, L. L.; FIORESI, D. B.; OLIVEIRA, D. S.; OSORIO, V. M.; SILVA, J. A.; PEREIRA, U. A.; FERRÃO, M. A. G.; SOUZA, E. M. R.; FONSECA, A. F. A.; PINHEIRO, P. F. Physico-chemical properties and sensory profile

of *Coffea canephora* genotypes in high-altitudes. **Australian Journal of Crop Science**, Sydney, v. 13, n. 12, 2019.

SAMOGGIA, A.; RIEDEL, B. Consumers' perceptions of coffee health benefits and motives for coffee consumption and purchasing. **Nutrients**, Basel, v. 11, n. 3, e653, 2019.

SISVAR. Sistema de análise de variância de dados balanceados - Versão 5.7. Disponível em: < <https://des.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>>. Acessado em: 11 julho 2024.

SOUZA, R. M. N.; BENASSI, M. T. Discrimination of commercial roasted and ground coffees according to chemical composition. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 23, p. 1347-1354, 2012.

TEIXEIRA, A. L.; ROCHA, R. B.; ESPÍNDULA, M. C.; RAMALHO, A. R.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; ALVES, E. A.; LUNZ, A. M. P.; SOUZA, F. F.; COSTA, J. N. M.; FERNANDES, C. F. Amazonian Robustas - new *Coffea canephora* coffee cultivars for the Western Brazilian Amazon. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 20, n.3, p. 1-5, 2020.

VIENCZ, T.; ACRE, L. B.; ROCHA, R. B.; ALVES, E. A.; RAMALHO, A. R.; BENASSI, M. T. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, melanoidins, and diterpenes contents of *Coffea canephora* coffees produced in the Amazon. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 117, p. 105140, 2023.

VIENCZ, T.; PORTELA, C. S., ROCHA, R. B.; ALVES, E. A.; RAMALHO, A. R.; DIAS, M. T.; BENASSI, M. T. Sensory characterization and acceptance of Amazonian Robustas coffee brews by consumers using a home-use test. **Beverages**, Basel, v. 10, e57, 2024.