

42

TECNOALIMENTAR[®]

REVISTA DA INDÚSTRIA ALIMENTAR

TECNOLOGIA
INOVAÇÃO
QUALIDADE

JANEIRO/MARÇO 2025 8€ TRIMESTRAL DIRETOR: MANUEL RUI AZEVEDO ALVES

SUPLEMENTOS ALIMENTARES:
VALIDAR A EFICÁCIA

BOLACHAS COM
SUBPRODUTOS DE CAFÉ

BLOCKCHAIN NA INDÚSTRIA
DE ALIMENTOS



**SISTEMAS ALIMENTARES
SUSTENTÁVEIS E SEGUROS**

ISSN 2183-3338



Bolachas com incorporação de subprodutos de café: caracterização sensorial

BISCUITS INCORPORATING COFFEE BY-PRODUCTS: SENSORY CHARACTERISATION



Juliana Peixoto,
Carla Barbosa,
Beatriz Oliveira,
Rita Alves

REQUIMTE/LAQV, Departamento
de Ciências Químicas, Faculdade de
Farmácia, Universidade do Porto

INTRODUÇÃO

A indústria do café representa uma das mais importantes cadeias de valor comercial a nível mundial. De facto, estima-se que sejam produzidas e consumidas, anualmente, cerca de 10 milhões de toneladas de café em todo o mundo [1]. Contudo, a produção e o consumo desta matéria-prima tão apreciada estão associados a vários problemas socioeconómicos e ambientais que têm prejudicado a sustentabilidade desta cadeia de valor. Entre outros fatores, a obtenção de elevadas quantidades de subprodutos do café ao longo de toda a cadeia (cascara, polpa, mucilagem, pergaminho, pele de prata e borras de café), desde a colheita até ao copo, tem sido apontada como um dos principais desafios que a indústria do café enfrenta. Infelizmente, a gestão destes subprodutos não tem sido eficiente, representando um sério problema ambiental. A polpa e a pele de prata são os principais subprodutos que resultam da produção/processamento pós-colheita e da torrefação do café, respetivamente. A polpa resulta da despulpagem do fruto do café através do método de processamento húmido. Embora este método permita a obtenção de cafés com maior qualidade e valor económico, estima-se que sejam gerados cerca de 500 kg de polpa por tonelada de café verde obtido. Este subproduto resultante da produção e processamento pós-colheita é fundamentalmente descartado no ambiente, levando a efeitos nefastos nos ecossistemas devido à acumulação significativa de matéria orgânica e compostos fitotóxicos, pondo em risco a fauna e flora terrestre e marinha, inclusive as próprias plantações de café. Por outro lado, a pele de prata, um tegumento fino que reveste o grão do café e que se desprende do mesmo durante o processo de torrefação, é gerada em quantidades significativamente inferiores, estimando-se que por cada tonelada de café torrado sejam obtidos cerca de 7,5 kg de pele de prata. Contudo, tendo em conta as quantidades de café que são consumidas anualmente e considerando que este subproduto é

maioritariamente descartado em aterros, o seu impacto ambiental é igualmente significativo [2] [3] [4].

Para fazer face a estes problemas, têm sido realizados inúmeros estudos com o objetivo de valorizar e reutilizar estes subprodutos nas mais diversas áreas, desde a alimentar e farmacêutica à produção de fertilizantes, biocombustíveis e biocompósitos. Em particular, estes subprodutos apresentam um elevado potencial para serem reutilizados e aplicados nas indústrias alimentar, farmacêutica e nutracêutica devido à sua composição em nutrientes e compostos bioativos com efeitos benéficos reconhecidos: ação antioxidante, anti-inflamatória, antidiabética, anti-obesidade, hipolipidémica, prebiótica, hepatoprotetora, neuroprotetora e anticancerígena. [4] [5] Isto demonstra o elevado potencial destes subprodutos, sendo expectável que nos próximos anos este mercado possa crescer. Contudo, apesar do seu reconhecido valor nutricional, a sua incorporação em formulações alimentares muitas vezes afeta negativamente o perfil sensorial dos produtos, comprometendo a aceitação do consumidor. No desenvolvimento de novos produtos é importante garantir que se cumprem as expectativas dos consumidores em termos de sabor, aroma e sensação na boca, características tão típicas destes produtos; é necessário considerar a sua validação sensorial.

Tendo em conta a procura crescente por alimentos funcionais e sustentáveis por parte dos consumidores, o presente estudo teve como objetivo desenvolver bolachas com incorporação de polpa e pele de prata em várias concentrações, a que se seguiu uma caracterização dos novos produtos (protótipos) do ponto de vista sensorial, bem como a avaliação de parâmetros físicos, como textura e cor.

MATERIAIS E MÉTODOS

As bolachas foram produzidas utilizando uma receita tradicional, tipo *shortbread*, mas com redução de gordura, sob a mesmas condições, com a preocupação de se obterem réplicas de amostras idênti-

cas em termos de tamanho e aparência, fator essencial para implementar uma metodologia de análise sensorial.

Na sua formulação foram usadas diferentes percentagens de polpa e pele de prata de café, fixando-se a proporção dos restantes ingredientes, apenas variando a quantidade de farinha de trigo, substituída pelas diferentes percentagens de pele de prata (pp_5% e pp_10%) ou polpa (cp_5%, cp_10% e cp_20%). Incluíram-se, ainda, amostras de bolachas produzidas com receita tradicional como controlo (C_pp e C_cp).

Para a caracterização sensorial das bolachas com incorporação de subproduto, implementou-se uma análise descritiva quantitativa (QDA®, Tragon Corporation, San Francisco, USA) que contou com um painel de 12 provadores. Neste contexto, foi realizado o recrutamento, seleção e formação preliminar dos membros do painel de acordo com as normas: ISO 8586:2023; ISO 4121:2003; ISO 13299:2016. Na seleção e treino do painel, foram implementados testes discriminativos, teste triangular e de ranking de sabores básicos, e usados critérios de performance dos provadores e do painel, repetibilidade e reprodutibilidade, respetivamente.

Após o treino base, foi realizada uma sessão de treino mais específico, usando amostras e padrões relacionados com as propriedades típicas de bolachas do tipo *shortbread* em geral. Nesta fase de treino específico direcionado para o produto em questão, foram definidos os atributos utilizados para caracterizar os novos produtos, respetivas âncoras verbais e padrões. A ficha de prova final foi resultado dessas sessões de treino, e era constituída por atributos relacionados com a aparência (brilho e aspeto da superfície), a textura (dureza ao partir e na mastigação, dureza na 1ª dentada, crocância e friabilidade), o cheiro (a caramelizado e/ou coco) e outras sensações de boca (sabor doce, sabor amargo, *flavour* a caramelo, cereais, adstringência e persistência de sabor residual). Os atributos foram avaliados numa escala de intensidades não estruturada de 11 cm e em todas as sessões de prova foram introduzidas réplicas para monitorizar a performance do provador. Nas sessões de prova cega, as amostras foram distribuídas aos provadores de acordo com um desenho aleatório entre produtos e provadores.

A caracterização dos protótipos obtidos foi ainda acompanhada por uma análise instrumental de textura e cor, recorrendo a um Texture Analyser TA-XT2 e a um colorímetro MINOLTA, respetivamente. Em termos do impacto dos subprodutos na sua estrutura foi realizado um teste de compressão, para determinação da força de penetração, posteriormente correlacionada com a perceção da textura pelo painel de provadores. Para cada amostra foram usadas 20 bolachas submetidas a um teste de compressão, realizado com uma sonda de 4 mm (P/4 CYLINDER STAINLESS). Na determinação da cor, determinara-se os parâmetros L*, a*, b* de acordo com a *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE) e calculados os parâmetros H e Chroma, tonalidade e a saturação, respetivamente, e com o iluminante D65. Para análise dos dados recolhidos foram realizadas: análises de variância (ANOVA e MANOVA), para avaliação de diferenças, e análise multivariada, para investigar a existência de estruturas de correlações entre características dos protótipos, através de uma análise de componentes principais (ACP). Para avaliar a performance do painel e a sua capacidade de identificar importantes diferenças entre os protótipos, recorreu-se a uma análise de variáveis canónicas (AVC).

A análise estatística foi realizada no R e usando as funções *AutoBiplo.PCA* e *Autobiplot.CVA*, respetivamente [6].

RESULTADOS

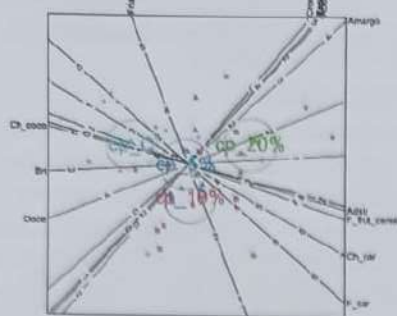
No desenvolvimento de novos produtos e/ou na otimização de formulações é importante ter informação acerca do impacto das decisões nas propriedades organoléticas do produto final. Neste contexto, é necessário recorrer a um painel treinado, cuja performance deve apresentar elevada reprodutibilidade e repetibilidade. Neste estudo, o painel foi treinado para caracterizar as bolachas com adição dos subprodutos. Uma vez concluído o treino, com sucesso, isto é, com uma variância individual média inferior a 10 % e uma reprodutibilidade elevada (desvio padrão baixo < 15% da média), procedeu-se à caracterização das amostras apresentadas na **Figura 1**.

No apoio à interpretação de resultados da análise sensorial, foi realizada uma análise multivariada discriminante, AVC, onde os grupos são constituídos pelas respostas do painel de provadores, para cada amostra, e as variáveis são os atributos sensoriais. A AVC permite visualizar como os provadores percebem as diferenças entre amostras relativamente a propriedades organoléticas definidas. No gráfico da **Figura 2** é



FIGURA 1. Bolachas produzidas em laboratório. Legenda: cp e pp correspondem às diferentes formulações com a adição de subprodutos na percentagem indicada: polpa de café (cp_5%, cp_10% e cp_20%) e pele de prata (cp_5% e cp_10%).

Predictive AutoBiplot based on canonical variate analysis
Explained variance: CV1=69.7% + CV2=18.8%; Variables = 80%



Predictive AutoBiplot based on canonical variate analysis
Explained variance: CV1=91.8% + CV2=8.2%; Variables = 100%

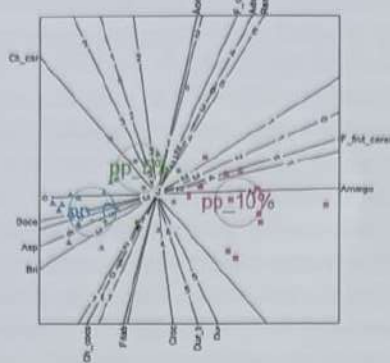


FIGURA 2. Output de uma AVC aplicada aos dados dos provadores. Legenda: C_cp e C_pp são as amostras controle, com igual formulação; Cada círculo indica a média das respostas dos provadores (pontos). cp e pp refletem as diferentes formulações com a adição de subprodutos na percentagem indicada: polpa de café (cp_ 5%, cp_ 10% e cp_ 20 %) e pele de prata (cp_ 5% e cp_ 10%).

possível observar como os atributos sensoriais contribuem para essas diferenças. As variáveis canônicas explicam cerca 86,7 % da variação nos dados. No output gráfico, os círculos representam a projeção da média das réplicas (apreciação dos provadores) de cada grupo, com um grau de confiança de cerca de 95 % em torno dessa média. Os grupos mais compactos indicam menor variabilidade entre as respostas dos provadores para essa amostra. Os eixos (linhas pretas) são projetados automaticamente no gráfico AVC indicando a direção e magnitude de cada atributo em relação aos eixos do gráfico. Estes eixos estão ainda equipados com uma escala cuja projeção das unidades para esse eixo corresponde ao seu valor original, associado a uma tolerância de erro padrão médio preditivo de 0,25 (Taxis definido na função Autobiplot.CVA).

Os resultados da MANOVA revelaram a ausência de diferenças significativas entre as médias das amostras de bolachas com adição de polpa de café (Hotelling $p=0,1426$), ao contrário da MANOVA para os dados das bolachas com adição de pele de prata que indica haver pelo menos uma das formulações diferente das restantes (Hotelling $p=0,00829$). A projeção dos círculos mostra que, no caso de sobreposição, não se observam diferenças significativas entre amostras, isto é, não foram percebidas pelo painel. Este foi o caso das amostras controle, em ambos os casos (C_cp e C_pp), tal como era esperável.

No caso das bolachas com polpa de café, a AVC (**Fig. 2**) revela que os provadores não detetaram diferenças significativas

entre as amostras cp_5% e cp_10%. Os respectivos círculos são projetados com uma ligeira sobreposição e as diferenças destas para as bolachas com 20 % (cp_20%) são consideradas tênues, com o ciclo projetado ligeiramente afastado das restantes. As amostras consideradas mais doces e com cheiro mais intenso a coco (S_Doce e Ch_coco, respetivamente) são projetadas no lado esquerdo do gráfico, enquanto que as amostras cuja intensidade do sabor amargo (S_Amargo) é mais intensa e consideradas mais duras (Dureza) tendem mais para o lado direito do mesmo gráfico, com a cp_20% a destacar-se das restantes para a direita. Relativamente à incorporação de pele de prata nas bolachas, os provadores distinguiram as pp_10%, projetadas no lado oposto do controle e da pp_5%, no gráfico da AVC, por serem consideradas menos doces (S_Doce), com maior intensidade de sabor amargo e ácido (S_Amargo e S_Acido) e, ainda, por serem

consideradas mais duras (Dureza) pelos provadores. Esta tendência é semelhante à das bolachas com polpa de café (**Fig. 2**). Em ambos os casos, a incorporação dos dois subprodutos - polpa de café e pele de prata - promove alterações no perfil sensorial dos protótipos, nomeadamente a nível da perceção da intensidade de sabor amargo, mas apenas nas percentagens mais elevadas de incorporação. Relativamente à textura, avaliada sensorialmente, não há nada de relevante a destacar, pois não é incluída nestes outputs como variável importante a discutir. Trata-se de um atributo cuja perceção de diferenças geralmente ocorre se a intensidade dessa diferença for superior a 8 N. Tal não se verificou, como revela a determinação instrumental. A textura avaliada instrumentalmente permitiu observar algumas diferenças entre as amostras num nível de significância muito baixo, sobretudo no caso da polpa de café (**Fig. 3**). Estas pequenas diferenças devem-se essencialmente à sensibilidade dos equipamentos, que é grande e as pequeníssimas diferenças são registadas. Tratando-se de um teste imitativo, a correlação com a análise sensorial é grande, pelo que podemos concluir que as variações na percentagem de incorporação de subproduto não têm impacto na dureza das bolachas. Apenas se verificaram diferenças significativas entre as amostras controle e as restantes formulações, com a exceção do protótipo com 5 % de pele de prata, cuja firmeza foi muito próxima da bolacha controle.

No que diz respeito à influência nos parâmetros de cor analisados, os resultados na **Figura 4** mostram diferenças entre as amostras ($p < 0,05$), nomeadamente no que diz respeito ao parâmetro L*, indicando que há um escurecimento nas

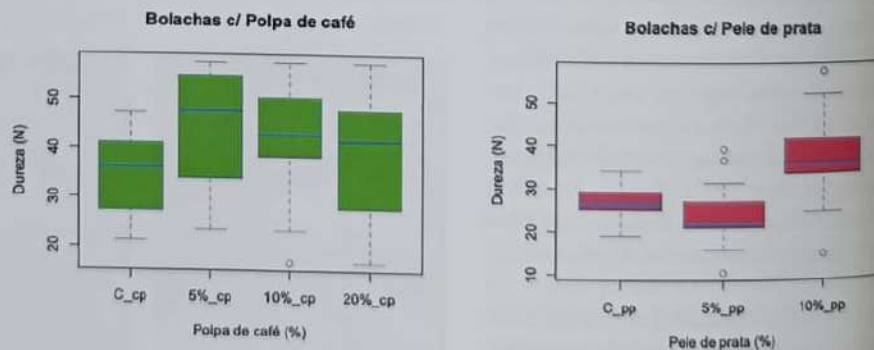


FIGURA 3. Boxplot dos resultados da análise instrumental de textura. Legenda: C_cp e C_pp são as amostras controle, com igual formulação; cp e pp refletem as diferentes formulações com a adição de subprodutos na percentagem indicada: polpa de café (cp_ 5%, cp_ 10% e cp_ 20 %) e pele de prata (cp_ 5% e cp_ 10%).

formulações com subproduto. As amostras controlo des-
taam-se, pois não têm incorporação de nenhum ingre-
diente que promova uma aceleração do escurecimento,
para além das conhecidas reações de Maillard que de-
correm do processo de cozedura das massas açucaradas.
Neste caso, os parâmetros L^* e a^* são os mais relevantes
na comparação da cor percebida pelo painel, pois as
suas variações influenciam diretamente a percepção do
escurecimento e a perda de tipicidade da cor dourada,
onde se regista um decréscimo nos valores.

Tal como se pode observar nas fotografias da **Figura 1**,
o escurecimento ocorre nas formulações com subproduto
e sobretudo nas amostras com maior percentagem de
incorporação. Isto sugere que estes aceleram as reações
de acastanhamento das matrizes em estudo. A análise
da cor é relativamente frágil, uma vez que o produto foi
sujeito a uma cozedura em forno doméstico. Embora o
tempo e a temperatura tenham sido controlados para
garantir a cozedura total, este procedimento nem sempre
assegura a uniformidade do aspeto das bolachas.

Foi ainda realizada uma ACP (**Figura 5**) envolvendo
todos os dados, com o objetivo de investigar, com base
nas correlações entre as variáveis estudadas, a existência
de estruturas de agrupamento entre as amostras. Nesta
abordagem, foram considerados os atributos sensoriais
cuja reprodutibilidade do painel era mais elevada, tais
como: brilho; cheiro a coco; sabores doce, ácido e amargo;
flavour a caramelo e frutado; adstringência e firmeza.
Foram também englobados na ACP os parâmetros de
cor e textura analisados instrumentalmente (L^* , a^* , b^* ,
Chroma, Hue e dureza).

Esta ACP mostra que as variáveis mais relevantes na
diferenciação das amostras são: a percepção dos sabores
doce e amargo, as notas a coco, caramelo e frutado/
cereal, assim como a textura instrumental (que deteta
diferenças de modo mais eficiente, por ser um méto-
do mais sensível). Relativamente à aparência, tanto
o brilho como os parâmetros instrumentais L^* , a^* e
 b^* constituem fatores importantes a ter em conta na
formulação. Os valores de saturação (C) são mais ele-
vados e os de luminosidade (L^*) mais baixos, indicando
que há mais escurecimento e perda da cor dourada
característica. No entanto, o fator cozedura carece de
maior controlo se o escurecimento for considerado um
problema pelo consumidor. Relativamente à dureza,
mais uma vez, parece não haver diferenças assinaláveis,
tal como mostra este output da ACP.

A incorporação destes subprodutos parece afetar de for-
ma idêntica os dois tipos de bolachas. Na bolacha com
polpa de café, as amostras cp_5% e cp_10% apresen-
taram um perfil sensorial semelhante sendo projetadas
para o lado superior do gráfico, por serem consideradas
mais doces, com *flavour* a caramelo mais intenso e tam-
bém mais duras e escurecidas. Já a bolacha cp_20%
afasta-se destas, sendo considerada mais amarga, o que
poderá prejudicar a aceitabilidade do consumidor.

Na zona inferior do gráfico, oposta às bolachas com
polpa, encontram-se as amostras com pele de prata, que
apresentam valores de dureza e intensidade do *flavour*



Flexibilidade para as suas visões

Ao contrário dos sistemas de sustentação habituais
com displays individuais ou IPCs, a estação de trabalho
CS-4000 neXt cumpre com os requisitos da Diretiva de
Máquinas uma vez que podemos incorporar
dispositivos de paragem de emergência. Devido ao seu
design e a uma construção inteligente, a solução IP65
pode ser alcançada.

CS-4000
neXt



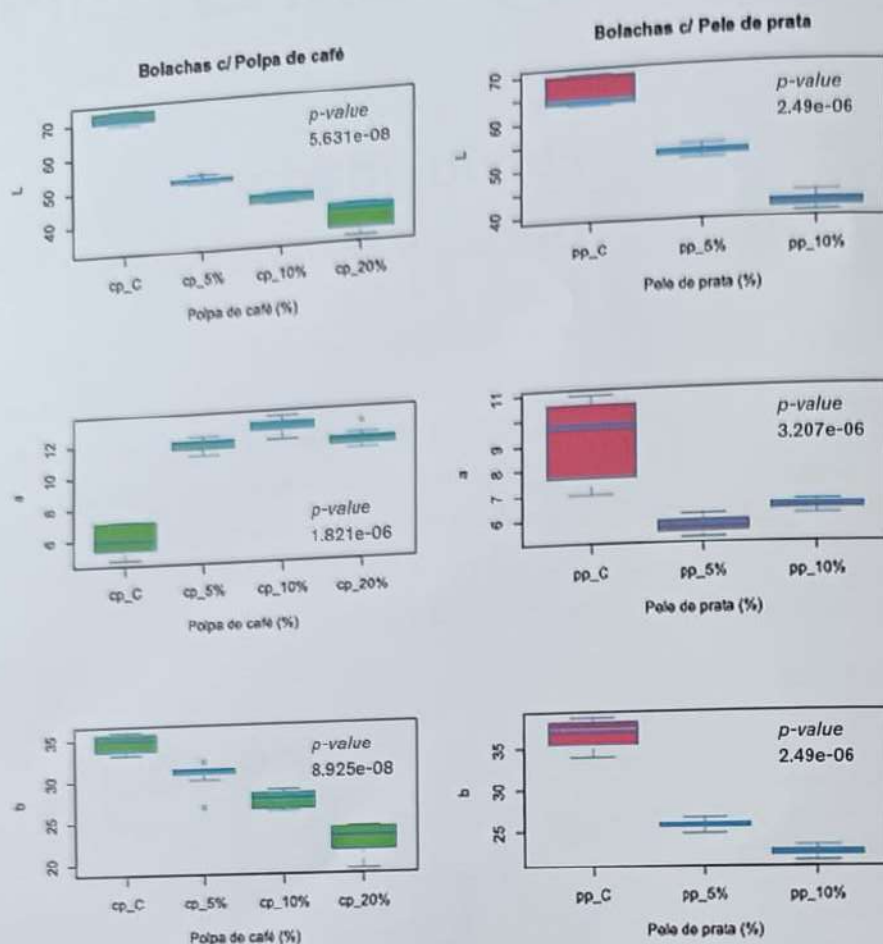


FIGURA 4. Boxplot dos resultados da análise instrumental de cor. Legenda: C_cp e C_pp são as amostras controle, com igual formulação; cp e pp refletem as diferentes formulações com a adição de subprodutos na percentagem indicada: polpa de café (cp_5%, cp_10% e cp_20%) e pele de prata (cp_5% e cp_10%); p value resultante da análise não paramétrica de Kruskal-Wallis.

a caramelo mais baixos. A percepção do sabor amargo apresenta a mesma tendência das anteriores, mas verificando-se um aumento logo a partir dos 10 % de incorporação. O *flavour* frutado foi percebido como mais intenso em ambos os casos cp_20% e pp_10%.

CONCLUSÃO

Este estudo permitiu concluir que a incorporação de polpa de café e pele de prata neste tipo de *snack* foi bem acolhida do ponto de vista sensorial, estando assim alinhada com o *design* de novos alimentos, especialmente na reformulação de produtos com apelo funcional e sustentável integrados numa economia circular. Os resultados revelaram que a incorporação dos subprodutos, polpa de café e pele de prata, na formulação de biscoitos tipo *shortbread* promove pequenas alterações no perfil sensorial dos protótipos produzidos, nomeadamente a nível da percepção da intensidade de sabor amargo, mas apenas nas percen-

tagens mais elevadas de incorporação, para ambos os subprodutos. No que respeita à textura, a avaliação sensorial não evidenciou resultados significativos, uma vez que este parâmetro não surgiu como variável relevante nos *outputs* obtidos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FCT pelo financiamento do projeto: COBY4HEALTH: *Can coffee by-products decrease the risk of metabolic syndrome? A comprehensive approach to reduce waste and valorize health benefits*. J.A.B.P. agradece à FCT/MCTES e ao FSE, através do NORTE 2020 (Programa Operacional Região Norte), a bolsa de doutoramento (SFRH/BD/07329/2021). R.C.A. agradece à FCT o financiamento através do Estímulo ao Emprego Científico – Concurso Individual (CEECIND/01120/2017). Os autores agradecem ainda à JMV, S.A. pela gentil cedência da pele de prata de café usada neste estudo. Este trabalho recebeu também apoio financeiro de fundos nacionais portugueses (FCT/MEC), Fundação para a Ciência e a Tecnologia e Ministério da Educação, Ciência e Inovação) através do projeto UID/50006 – Laboratório Associado para a Química Verde – Tecnologias e Processos Limpos. ●

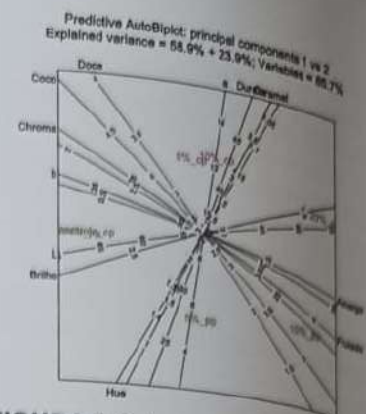


FIGURA 5. Output de uma ACP aplicada às variáveis da análise sensorial e instrumental. Legenda: C_cp e C_pp são as amostras controle, com igual formulação; cp e pp refletem as diferentes formulações com a adição de subprodutos na percentagem indicada: polpa de café (cp_5%, cp_10% e cp_20%) e pele de prata (cp_5% e cp_10%).

REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA

- [1] International Coffee Organization (ICO). *Coffee Report and Outlook, April 2023*. [Consult. 22 jan. 2025]. Disponível em https://iccoffee.org/documents/cy2022-23/Coffee_Report_and_Outlook_April_2023_-_ICO.pdf.
- [2] Alves, R. C., Rodrigues, F., Nunes, M. A., Vinha, A. F., & Oliveira, M. B. P. P. (2017). State of the art in coffee processing by-products. In C. M. Galanakis (Ed.), *Handbook of coffee processing by-products* (pp.1–26). Academic Press.
- [3] Barreto Peixoto, J. A., Silva, J. F., Oliveira, M. B. P. P., & Alves, R. C. (2023). Sustainability issues along the coffee chain: From the field to the cup. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(1), 287–332. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13069>.
- [4] Costa, A. S. G., Peixoto, J. A. B., Machado, S., Espírito Santo, L., Soares, T. F., Andrade, N., Azevedo, R., Almeida, A., Costa, H. S., Oliveira, M. B. P. P., Martel, F., Simal-Gandara, J., & Alves, R. C. (2025). Coffee pulp from Azores: a novel phytochemical-rich food with potential anti-diabetic properties. *Foods*, 14(2), 306. <https://doi.org/10.3390/foods14020306>.
- [5] Barreto-Peixoto, J. A., Andrade, N., Oliveira, M. B. P. P., Martel, F., & Alves, R. C. (2025). Coffee silverskin: potential health benefits and current applications. In V. R. Preedy & V. B. Patel (Eds.), *Coffee in Health and Disease Prevention (Second Edition)* (pp. 829–840). Academic Press.
- [6] Rui Alves, M. (2012). Evaluation of the predictive power of biplot axes to automate the construction and layout of biplots based on the accuracy of direct readings from common outputs of multivariate analysis. Application to principal component analysis. *Journal of Chemometrics*, 26 (5): p. 180-190. <https://doi.org/10.1002/cem.2433>