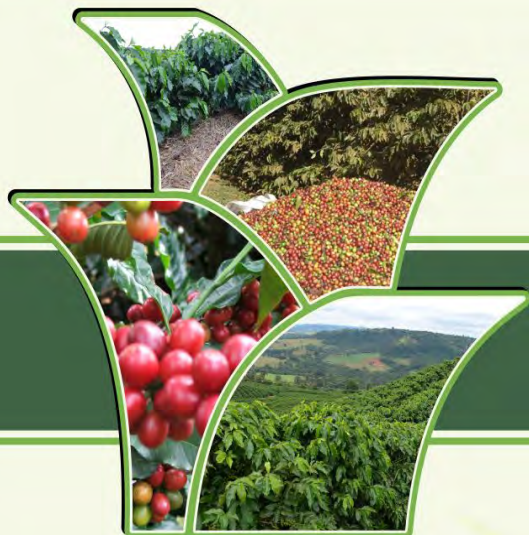




Simpósio IPNI Brasil

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES EM CAFÉ

Poços de Caldas - MG • 27 e 28 DE SETEMBRO/2016

A NUTRIÇÃO MINERAL COMO FERRAMENTA PARA MELHORAR A QUALIDADE DA BEBIDA

Herminia E. P. Martinez

DFT/UFV

Qualidade?

Boa qualidade do café tem sido descrita como sensação prazerosa que decorre da ausência de defeitos e combinação balanceada entre sabor, corpo e aroma.





Q
U
A
L
I
D
A
D
E

Qualidade

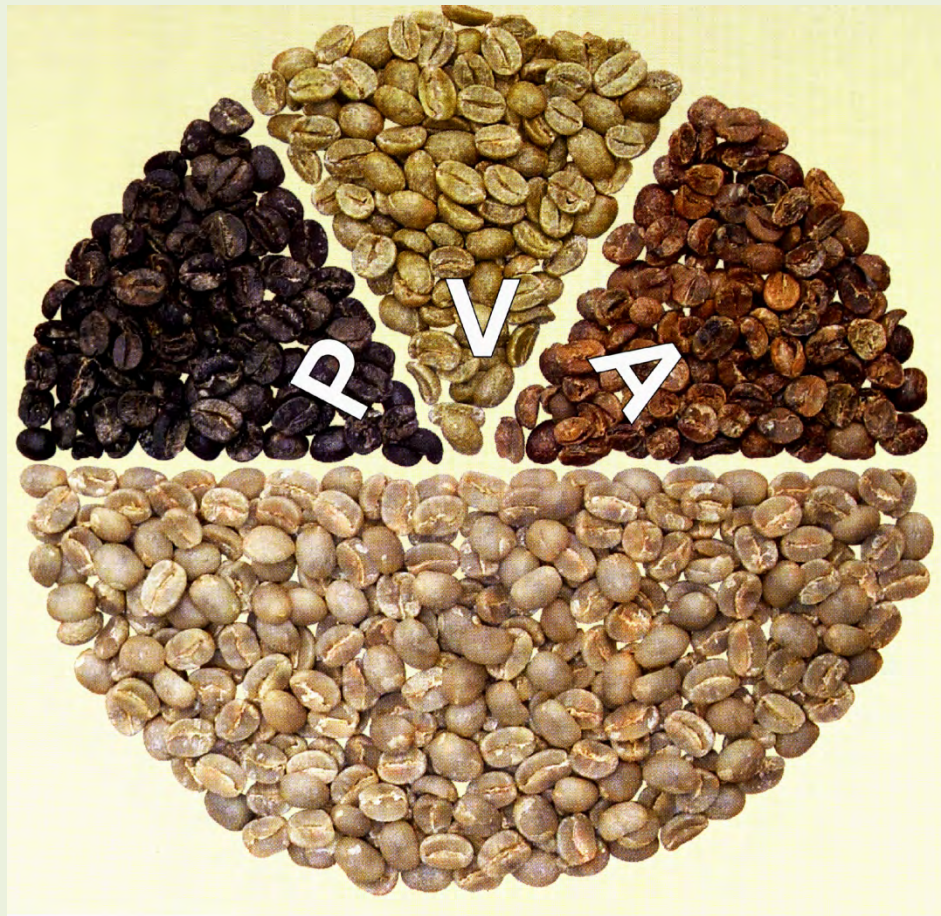
Começa na planta, onde os precursores se formam à medida que as cerejas se desenvolvem, continua na pós-colheita, na torra e no processo de preparação da bebida.



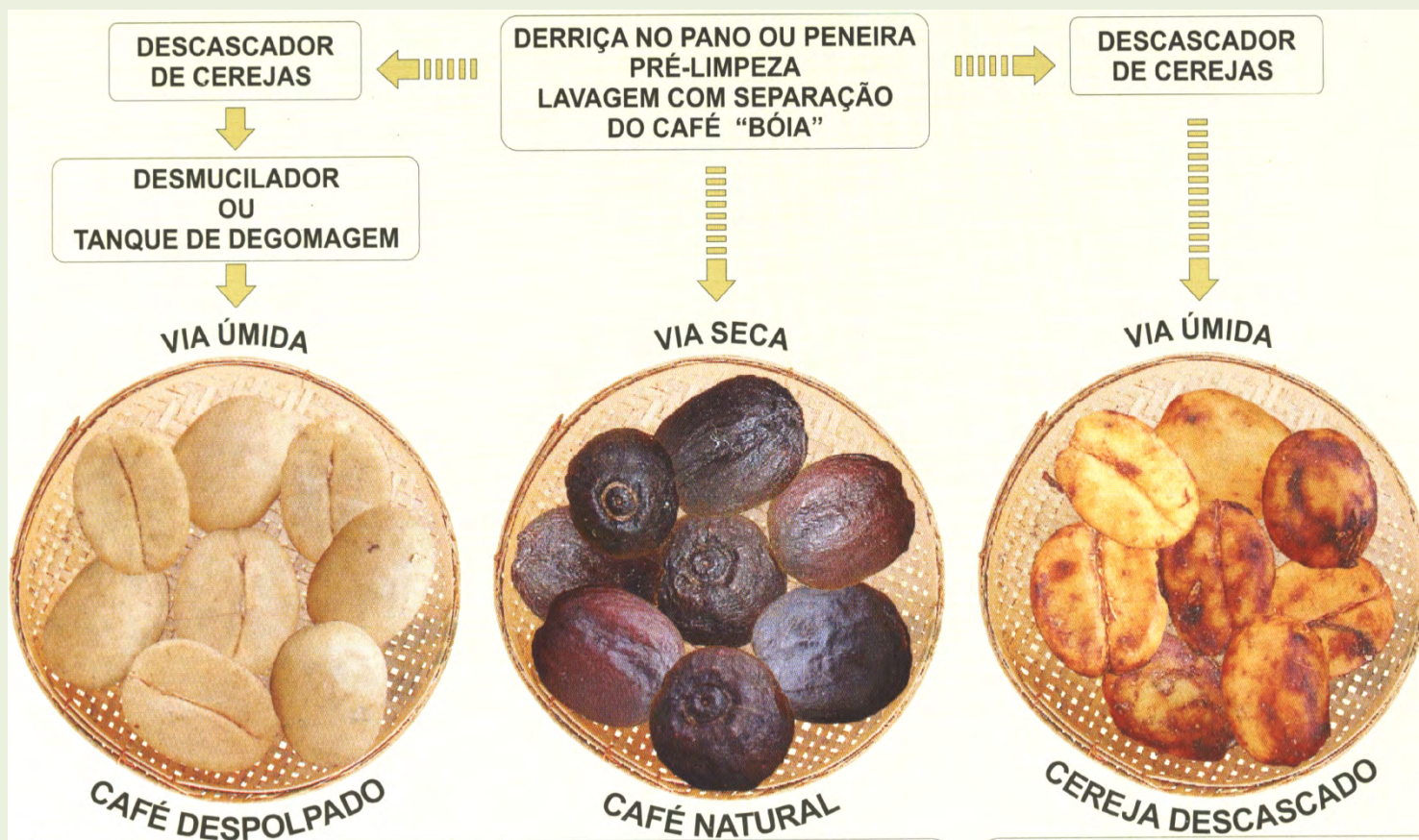


- Qualidade relaciona-se com: cor, aspecto, **número de defeitos** nos grãos, aroma e sabor da bebida (Amorim, 1978).
- Qualidade depende da **composição química** do grão determinada por fatores **genéticos**, sistema de **cultivo, colheita, preparo, armazenamento e torrefação** (Amorim, 1978).

Os defeitos de Café



Formas de processamento do Café

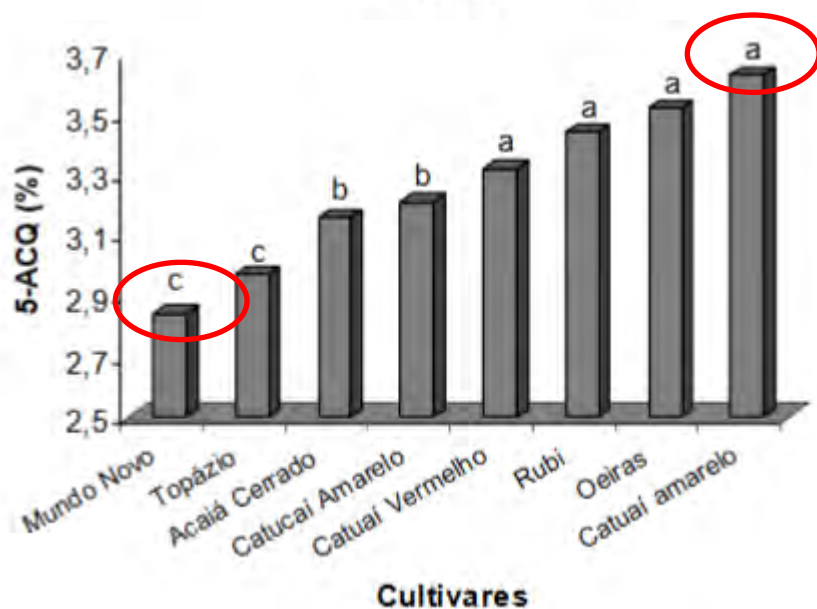
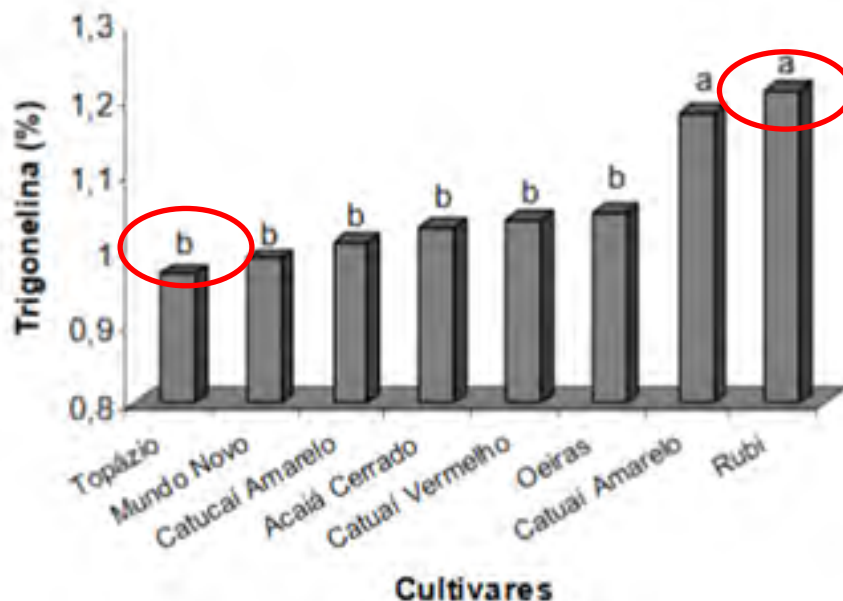
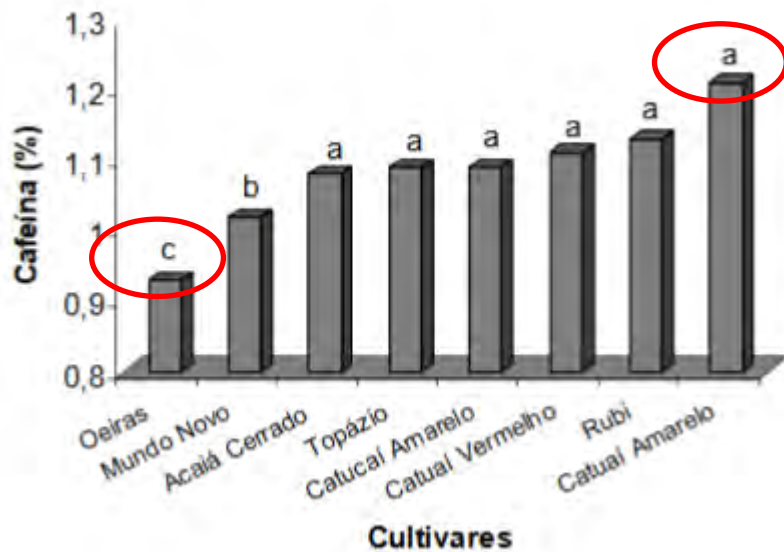




Composição química dos grãos de café crus.

Componentes	Café Arábica ^a	Café Robusta ^a
Cafeína	1,2	2,2
Trigonelina	1,0	0,7
Cinzas (41% correspondente a K)	4,2	4,4
Ácidos:		
Clorogênico total	6,5	10,0
Alifáticos	1,0	1,0
Quínico	0,4	0,4
Açúcares:		
Sacarose	8,0	4,0
Redutores	0,1	0,4
Polissacarídeos	44,0	48,0
Lignina	3,0	3,0
Pectina	2,0	2,0
Proteína	11,0	11,0
Aminoácidos	0,5	0,8
Lípideos	16,0	10,0

^a Valores expressos em g. 100g⁻¹ em base seca. Extraído de Monteiro e Trugo, 2005.



**Cafeína, trigonelina e 5-CQA
(%) em variedades de café**



Torra → Aroma, Sabor

- Secagem
 - Perda de água e substâncias voláteis.
- Pirólise (Caramelização dos açúcares)
 - Reação de Maillard, degradação de compostos diversos.
- Resfriamento



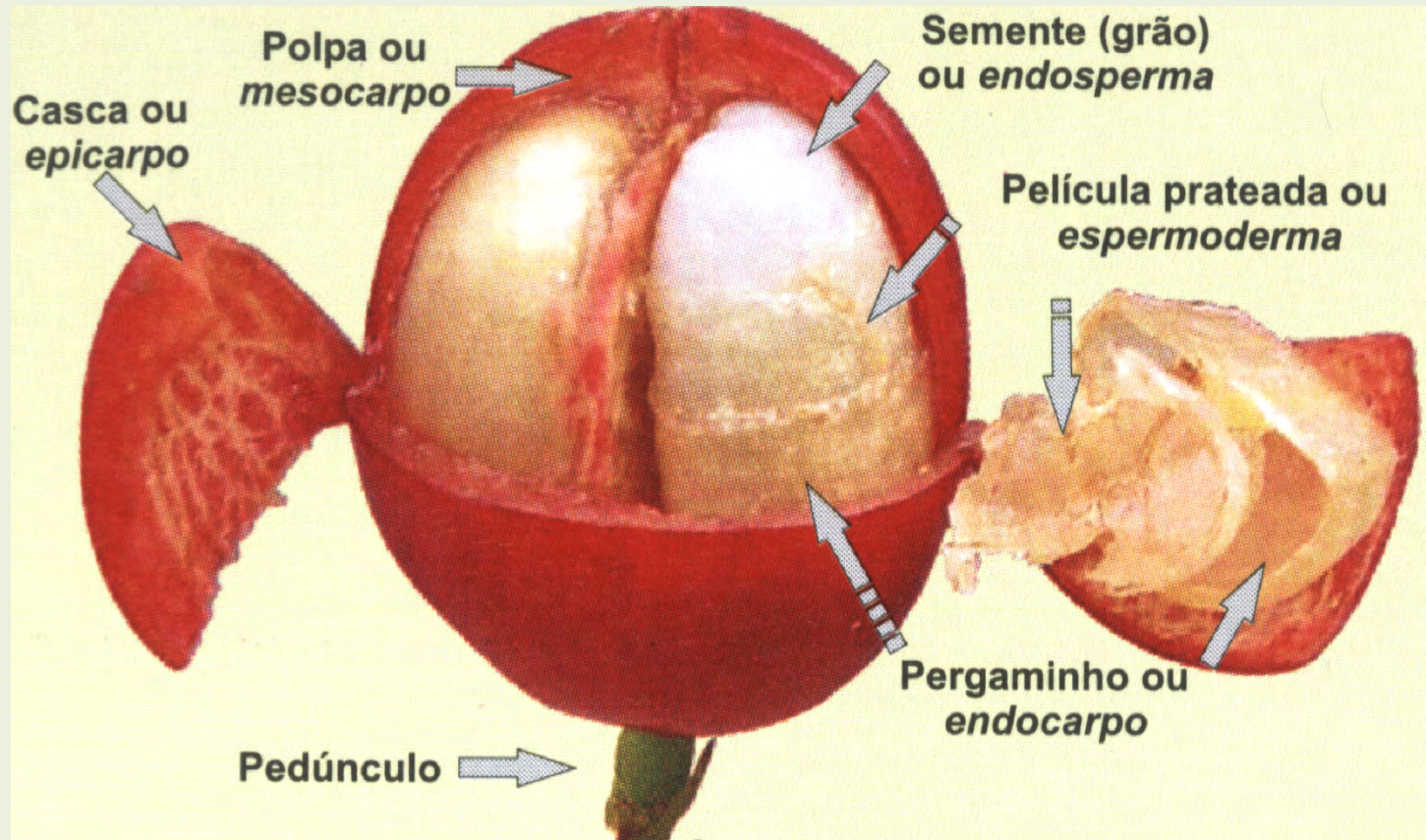
Teores (%) de alguns constituintes de grãos crus e torrados de *Coffea arabica* L.

Constituintes	Grãos Crus	Grãos Torrados
Cafeína	0,9 – 1,2	1,0 – 1,3
Trigonelina	1,0 – 1,2	0,5 – 1,0
Cinzas	3,0 – 4,2	3,0 – 4,5
Ácido Clorogênico	5,5 – 8,0	2,2 – 4,5
Outros ácidos	1,5 – 2,0	1,0 – 2,4
Sacarose	6,8 – 8,0	0
Açúcares redut.	0,1 – 1,0	0,2 – 0,3
Polissacarídeos	44,0 – 55,0	24,0 – 39,0
Proteínas	11,0 – 13,0	7,8 – 10,4
Lipídeos	14,0 – 16,0	14,0 – 20,0
Sólidos Solúveis	23,8 – 27,3	26,0 – 30,0

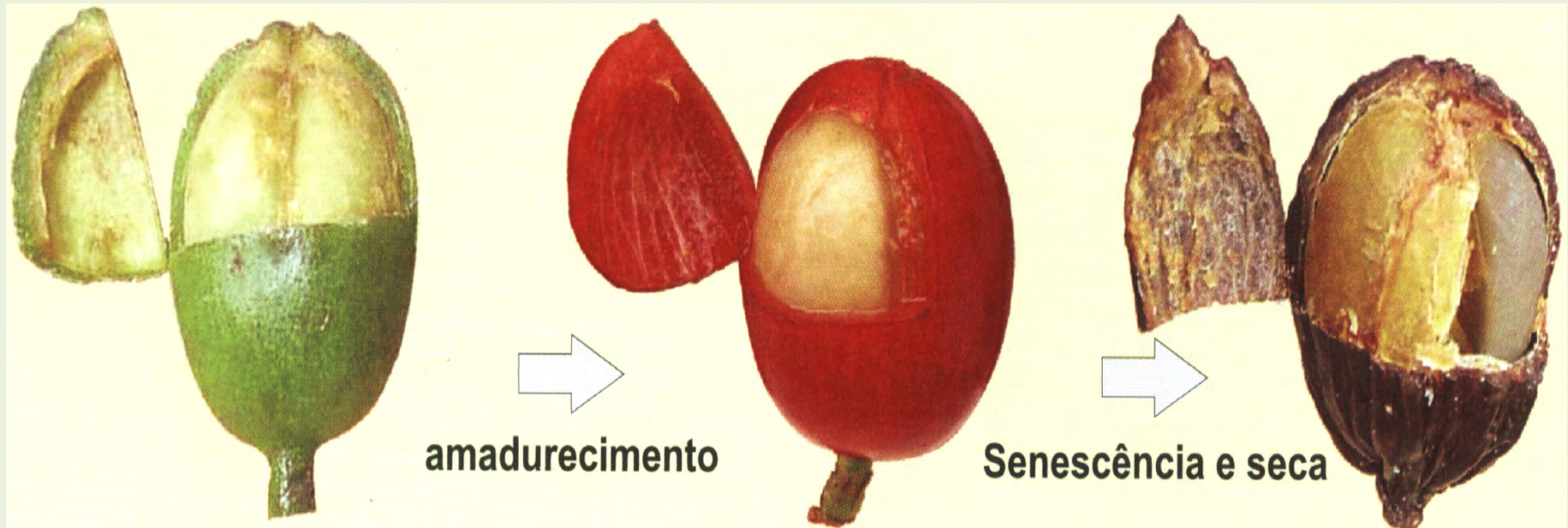


- torra clara accentua a percepção de flavor doce, achocolatado e nozes.
- torra média accentua as diferenças de origem geográfica.
- torra escura evidencia o queimado, ácido, oxidado e pungente.

Café de boa qualidade provém de grãos completamente desenvolvidos, sem danos de qualquer ordem e maduros.



Estágios da maturação completa.



↑Respiração
↑Etileno
↑Açúcares
↑Ácidos
↑Aldeídos
↑Cetonas
↑Ésteres
↑Álcoois

↓Clorofila
↓Adstringência
↓CQA

**Compostos voláteis
relacionados ao aroma**

Microorganismos
Polissacarídeos

↓
Álcoois
Ácidos

→ {
Acético
Lático
Propiônico
Butírico

Macro e Micronutrientes



Influência dos nutrientes minerais na qualidade final do café

- Diretamente no metabolismo da planta e no acúmulo de compostos químicos.
- Indiretamente na produção de compostos que desfavorecem o desenvolvimento microbiano nos grãos.

COMPONENTES E ATRIBUTOS DOS GRÃOS CRUS E TORRADOS ASSOCIADOS À QUALIDADE DA BEBIDA

- Cafeína e trigonelina
 - Açúcares
 - Óleos
 - Ácidos clorogênicos e outros fenóis
 - Compostos voláteis
 - Atividade da PPO
 - CE e K lixiviado
 - Acidez e coloração
- } Atributos Acessórios

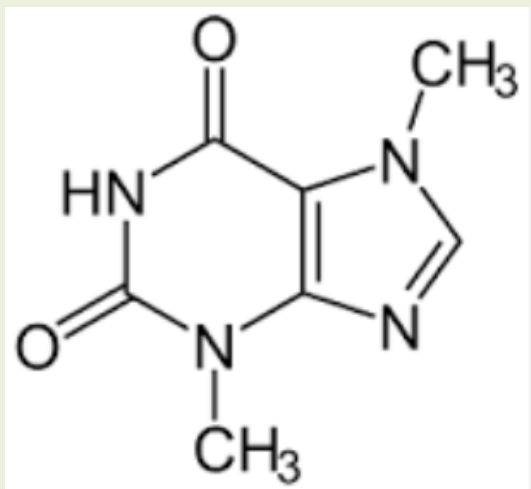


Cafeína e Trigonelina

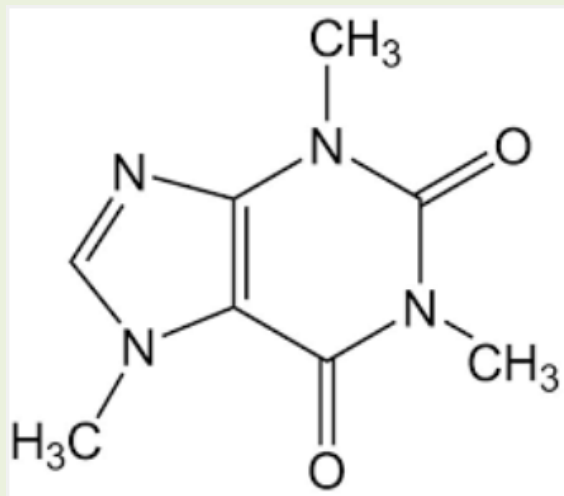
- Associam-se positivamente à qualidade
- Teor de cafeína numa xícara café: 40 a 160 mg.
- 40 a 50% do N do grão torrado correspondem a cafeína e trigonelina (Clifford, 1985).
- Torra promove volatilização de 10% da cafeína.
- Teor trigonelina no grão torrado depende do tempo e da temperatura de torrefação (Monteiro e Trugo, 2005).
- Trigonelina desempenha importante na percepção do aroma e cafeína interfere no corpo e amargor.



Estrutura da Cafeína, Teobromina e Trigonelina.

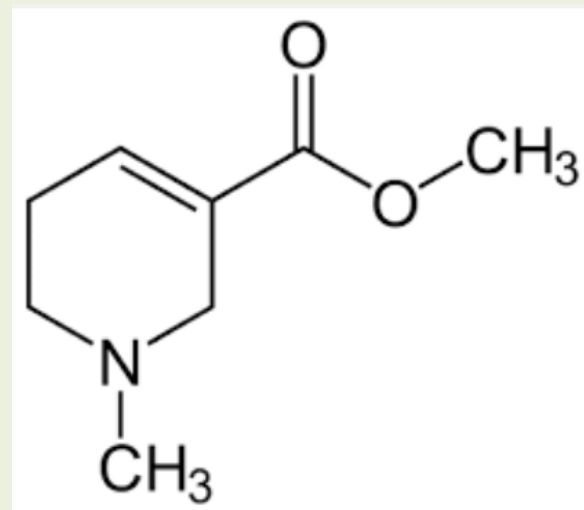


Teobromina



Cafeína

1,3,7, trimetilxantina



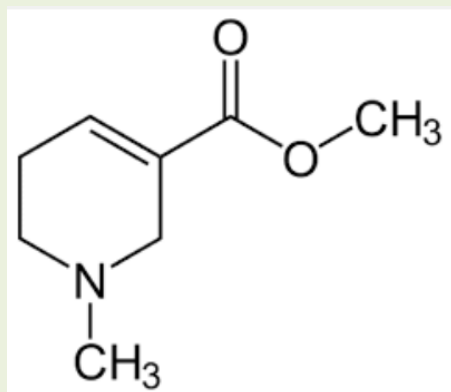
Trigonelina

N- metil betaína

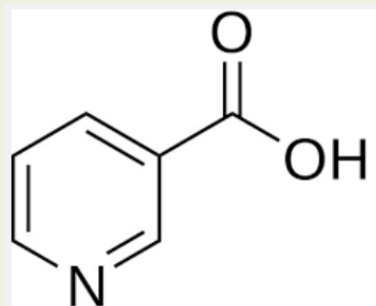
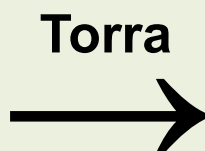
Purinas

Pyrimidina

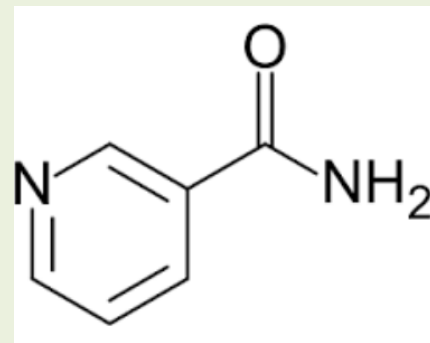
Fonte Sivetz (1963).



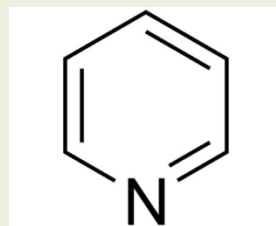
Trigonelina



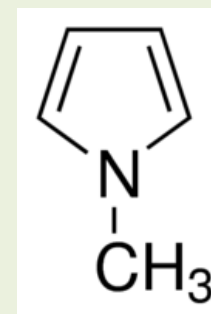
Niacina



Nicotinamida



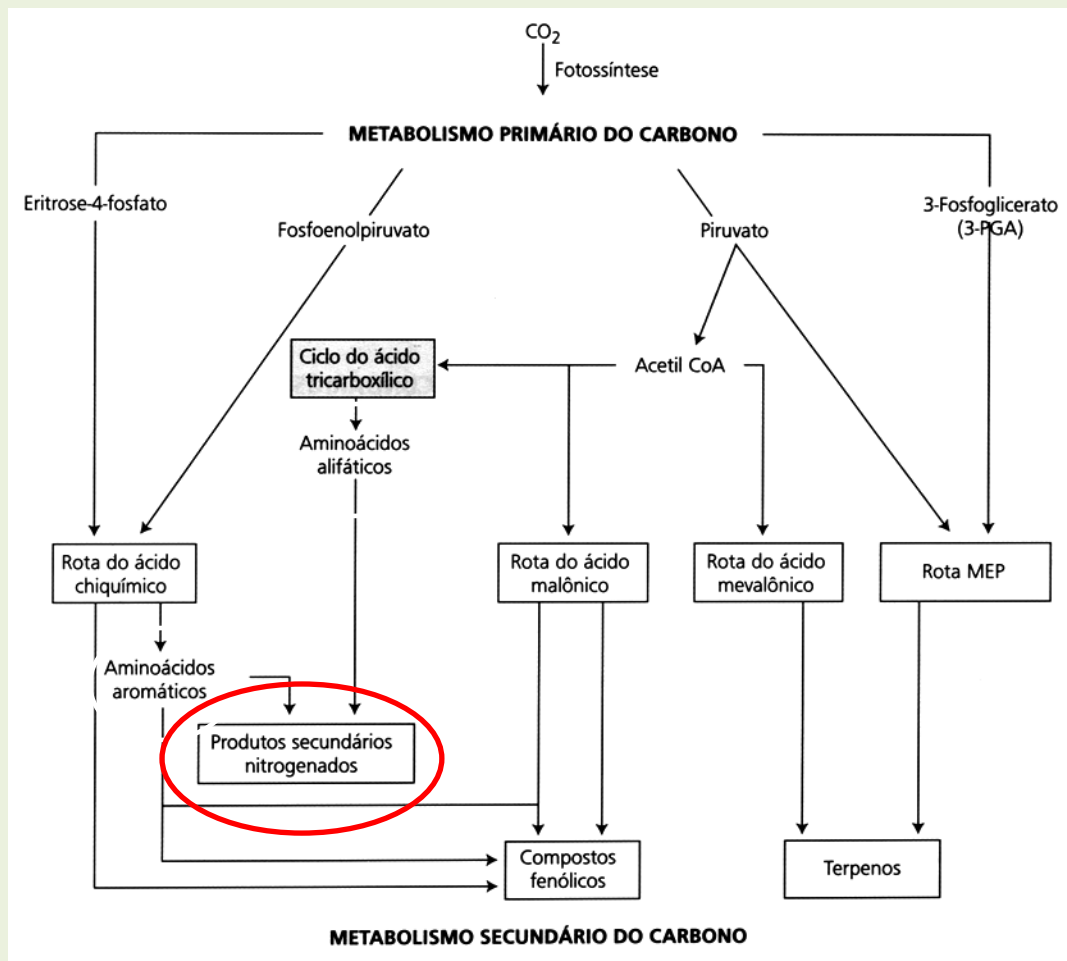
Piridina



N-metilpirrol



Principais rotas de biossíntese de metabólicos secundários e suas inter-relações com o metabolismo primário.

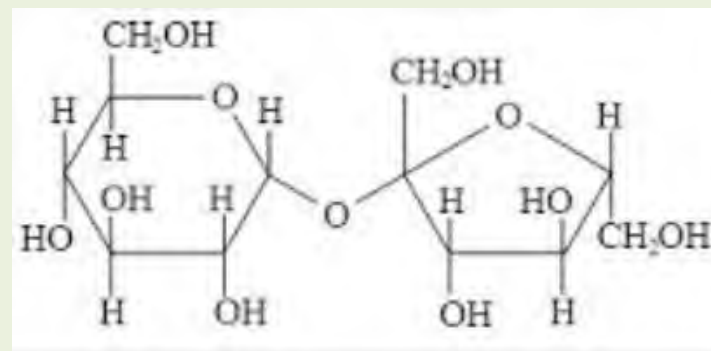


Fonte: Taiz & Zeiger, (2004).



Açúcares

- Grãos crus:
 - 8,0% de sacarose
 - 0,1% de açúcares redutores,
 - 44% de polissacarídeos
 - Retém o flavor e dão viscosidade
- Conferem doçura
- > SST > corpo
- ↑ açúcar ↑ qualidade



Sacarose



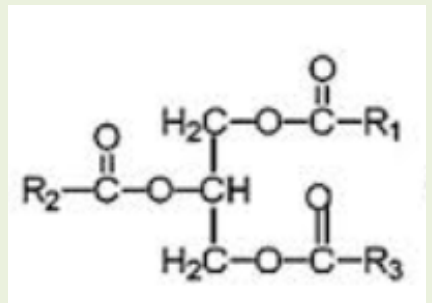
Papel do K

- Ativador enzimático com importante papel no metabolismo de açúcares.
- Grãos forte dreno de K (41% das cinzas).
- Açúcares precursores do flavor, associando-se positivamente com a qualidade.
- K ↓: carboidratos e c. nitrogenados solúveis.
- K ↑: favoreceria a síntese de polissacarídeos e proteínas.



Lipídios

- Importantes precursores do aroma do café.
- São expelidos na torra e encapsulam os aromas voláteis.
- Podem sofrer oxidação no armazenamento aumentando a acidez.
- 12 a 16% da composição do grão.
- 70 a 80% de óleos como triacilglicerol.



triacilgliceról

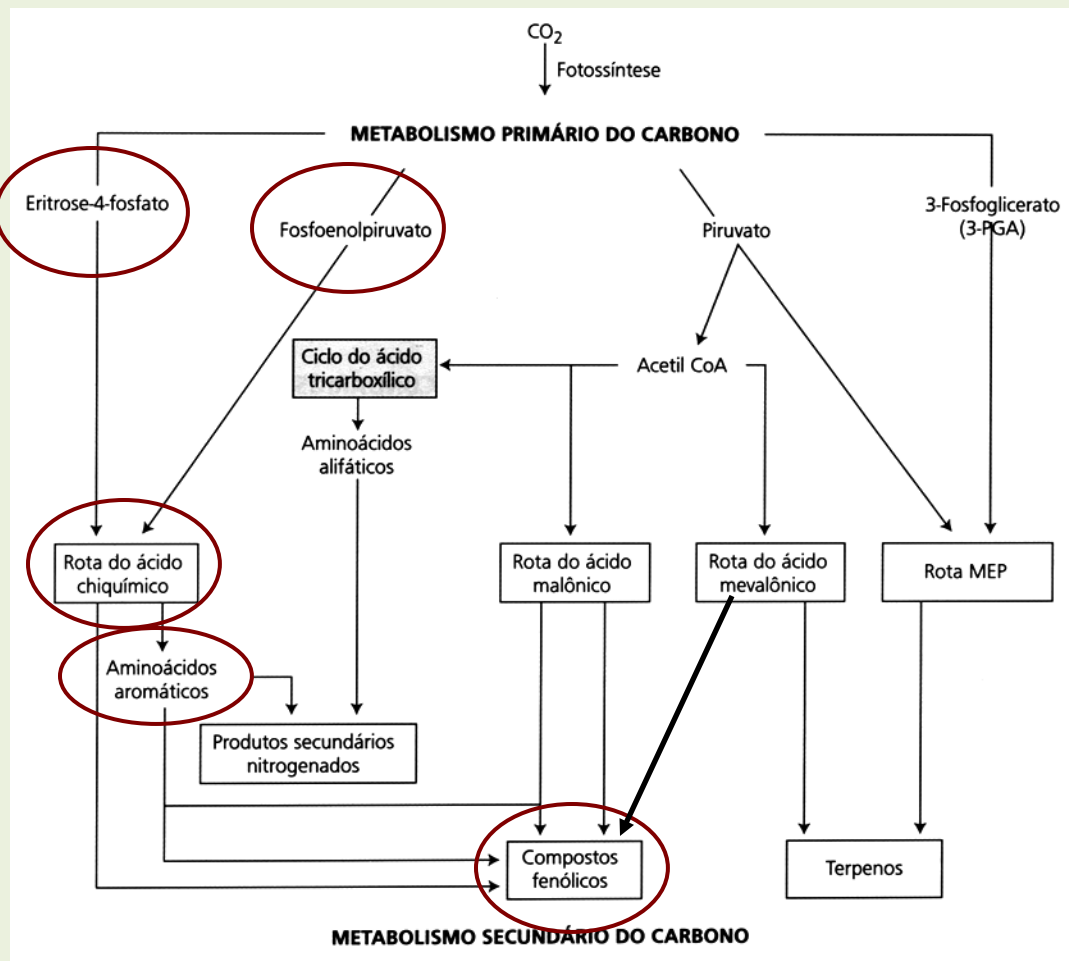


Ácidos Clorogênicos e Outros Fenóis

- Derivados do ácido chiquímico ou ácido mevalônico.
- Influenciam positiva ou negativamente em sabor, odor e coloração. Depende de concentração, do composto e do equilíbrio entre diferentes compostos.
- São adstringentes dando corpo à bebida.
- Degradados durante torrefação.
- São antioxidantes e previnem várias doenças.

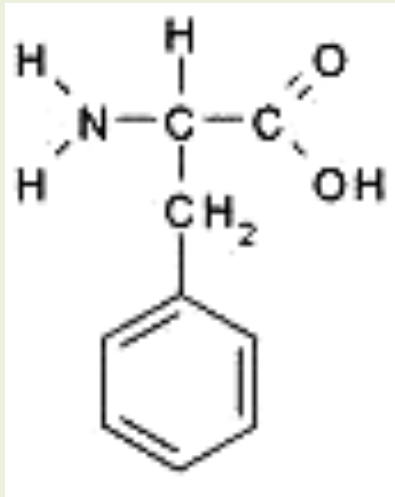


Principais rotas de biossíntese de metabólitos secundários e suas inter-relações com o metabolismo primário.

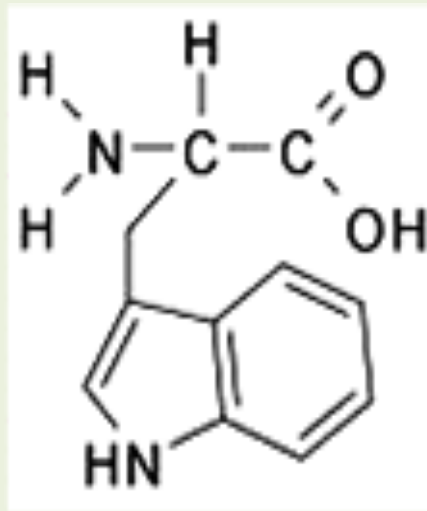




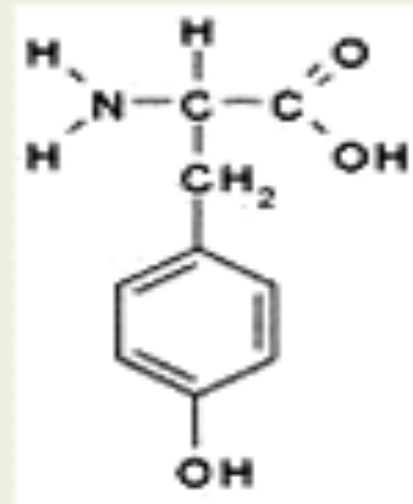
Aminoácidos aromáticos



Fenilalanina



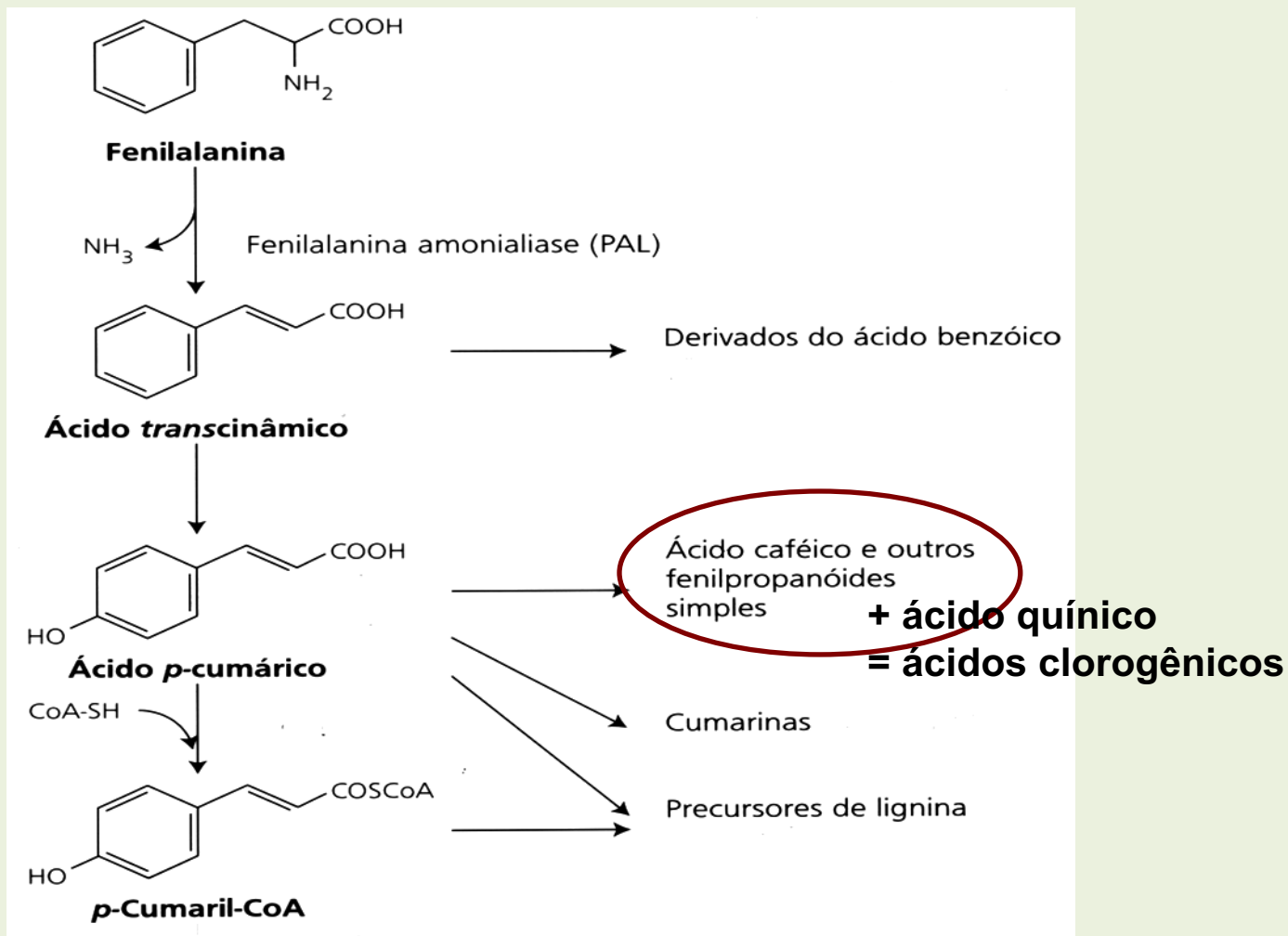
Triptofano



Tirosina



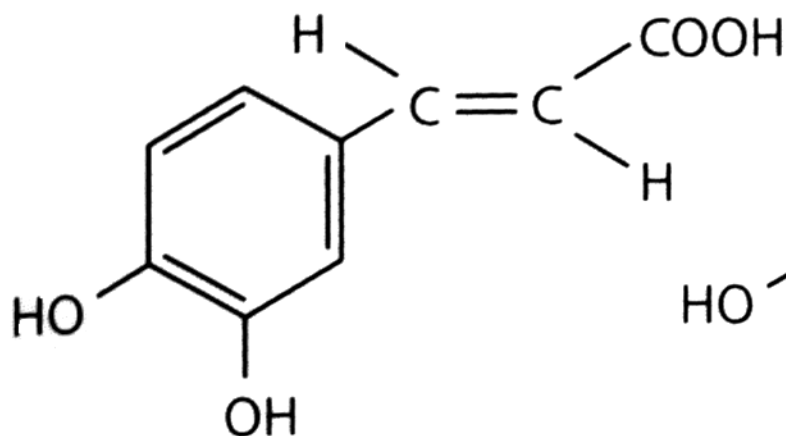
Rota de biossíntese de fenilpropanóides simples e de lignina.



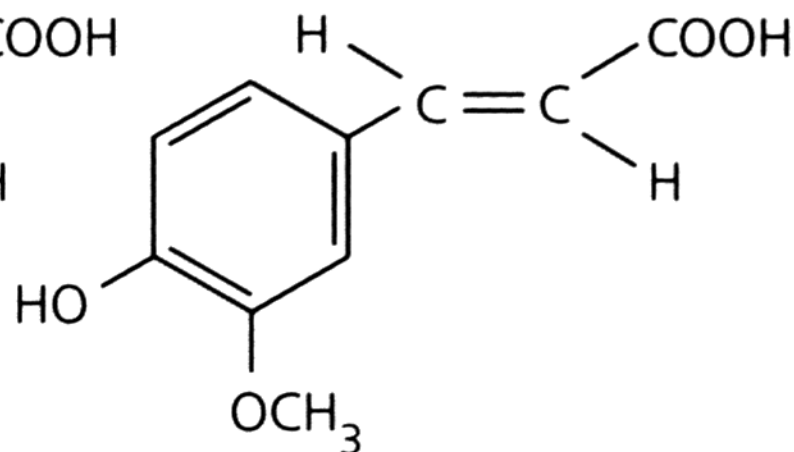
Fonte: Lehninger (1977).



Fenilpropanóides simples, ácidos caféico e ácido ferúlico.



Ácido caféico



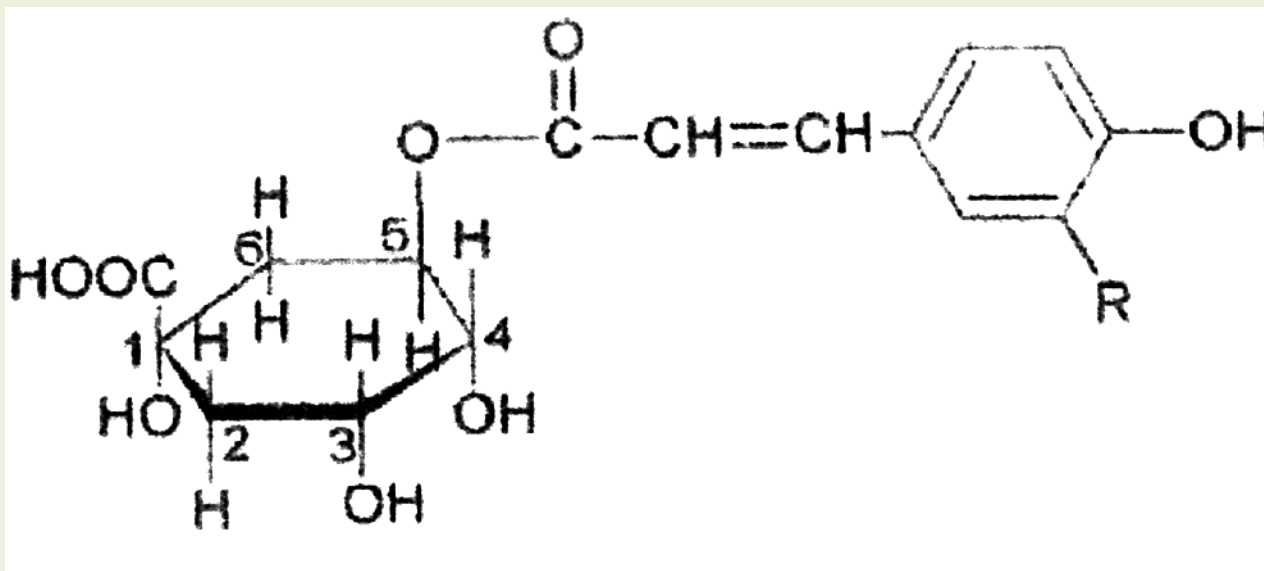
Ácido ferúlico

Fenilpropanóides simples $\left[\text{C}_6\text{H}_5 - \text{C}_3 \right]$

Fonte: Lehninger (1977).



Estrutura dos ácidos clorogênicos.

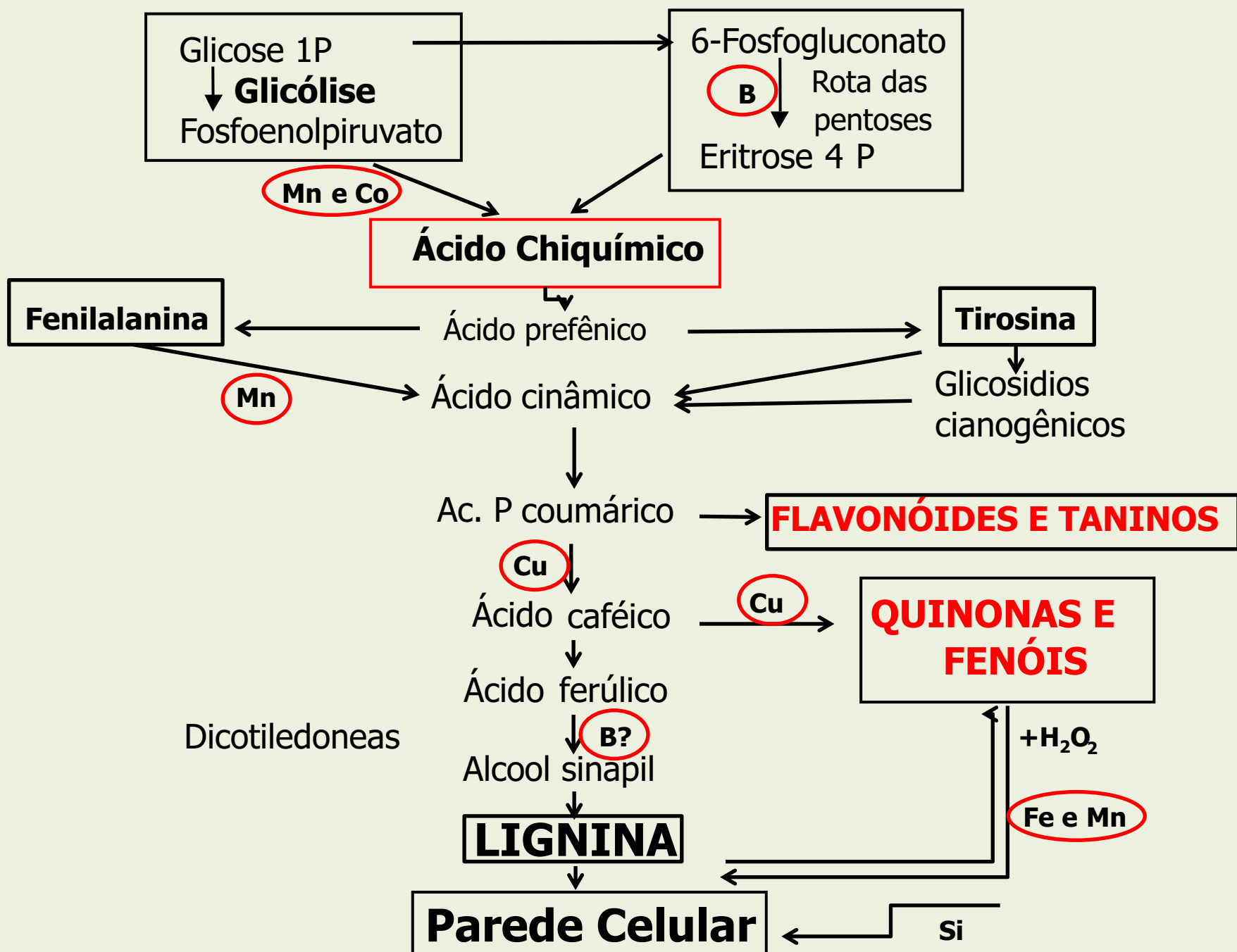


R = H, ácido 5-p-cumaroilquínico (5-ACQ)

R = OH, ácido 5-cafeoilquínico (5-ACQ)

R = OCH₃, ácido 5-feruloilquínico (5AFQ)

Fonte: Monteiro e Trugo (2005).



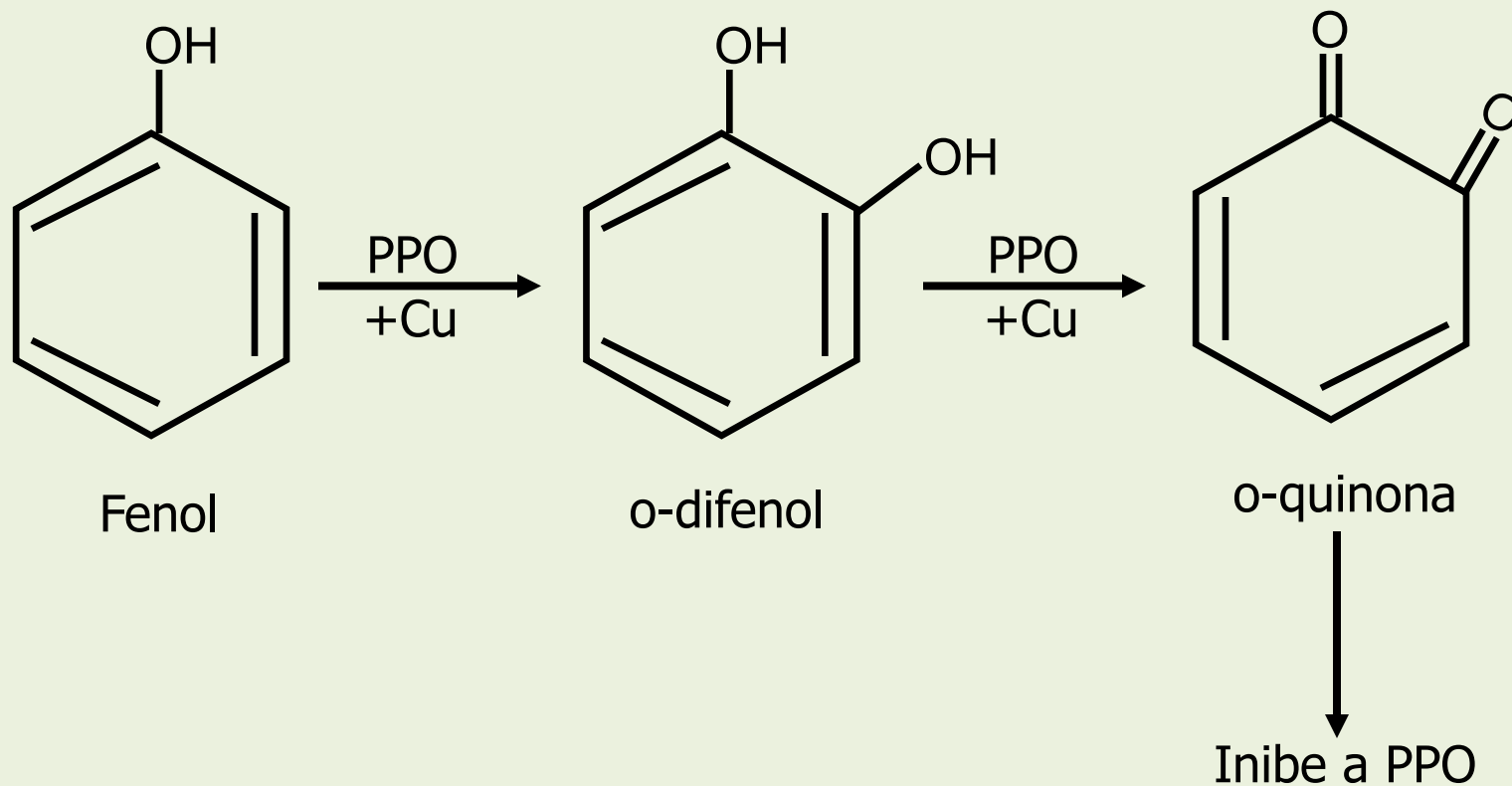


Relação entre a polifenoloxidase (PPO) com diferentes qualidades de bebida.

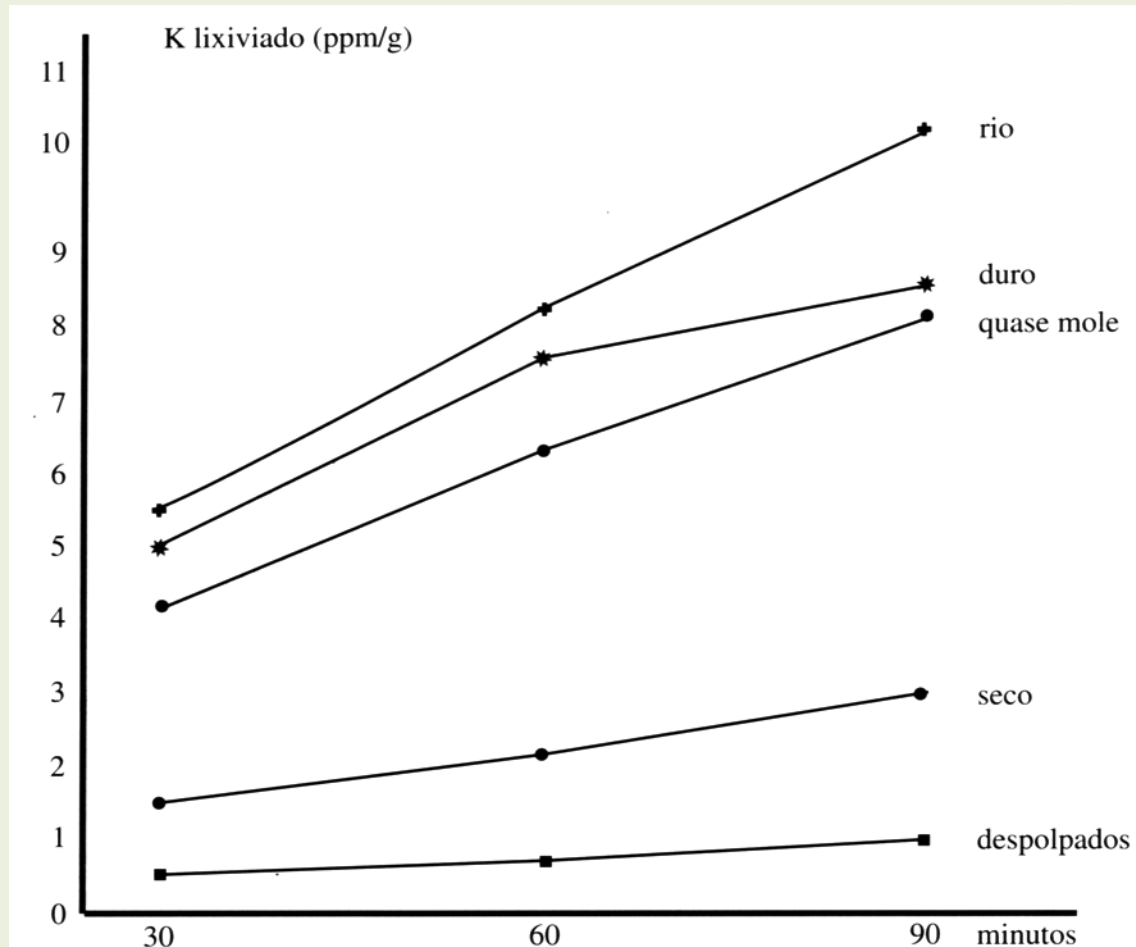
Paladar	Atividade da Polifenoloxidase (PPO)
Riado e Rio	$\leq 55,99$ U/g
Duro	55,99 a 62,99 U/g
Mole	62,99 a 67,66 U/g
Estritamente mole	$>67,66$ U/g



Modo de ação da PPO



Potássio lixiviado por grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita e por grãos com bebida de diferentes qualidades.



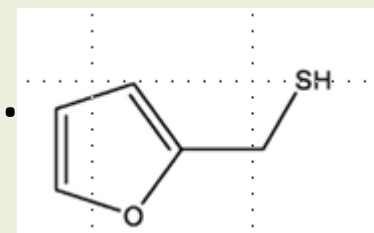
Acidez e Coloração

- A acidez deriva de rotas endógenas (ácido málico e cítrico) ou de fermentações (acético, láctico, propiônico e butírico).
- Boa qualidade resulta de equilíbrio entre doçura, amargor, acidez e perfil aromático.
- Índices de coloração inferiores a 0,70 normalmente relacionam-se a bebidas “*riado*” e “*rio*”.



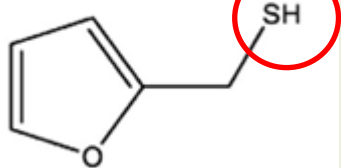
Compostos voláteis

- Responsáveis pelo aroma.
- Em torno de 1000 compostos identificados em café.
- Grande parte se forma durante a torra pelas reações de Maillard, Strecker e auto oxidações.
- Furanos, pirazinas e compostos contendo S (tióis).
- Tióis estão entre os mais importantes.

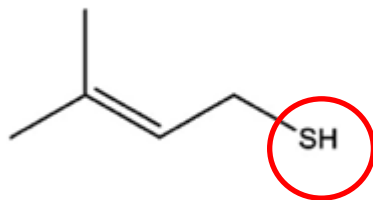


Furfuriltiol

Café moído



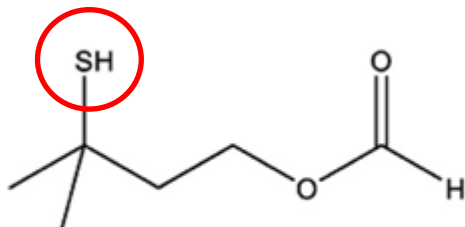
2-furfuriltiól
Café fresco
Rançoso



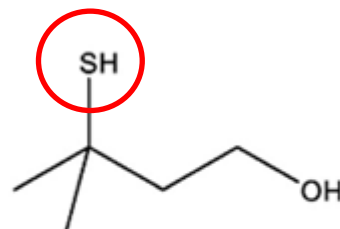
3-metil-2-buten-1-tiól
gambá



Metanotiól
Café fresco



3-mercapto-3-metil-1-butil formato
groselha, tostado



3-mercapto-3-metil-1-butanol
notas doces, apimentado, carne cozida



QUALIDADE DO CAFÉ E NUTRIÇÃO MINERAL

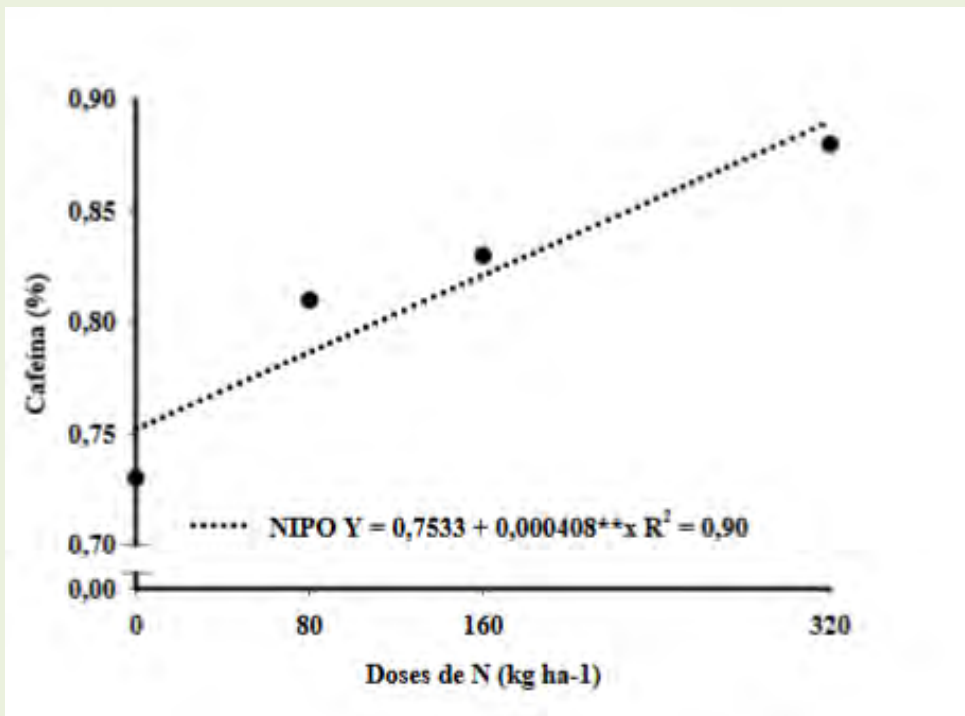
- Nitrogênio e Potássio
 - Nitrogênio
 - 40 a 50% do nitrogênio do grão estão em cafeína e trigonelina
 - Elemento mais acumulado pela planta
 - Segundo mais exportado pelos frutos
 - Potássio
 - Nutriente mais exportado pelos frutos
 - Segundo mais acumulado na planta



Concentração Foliar da Cafeína de Plantas Cultivadas em Solução Nutritiva Deficiente em nutrientes.

Tratamentos	Cafeína	Aumento/Redução
	g.kg ⁻¹ na massa seca	%
- K	24,5 ± 0,1 a	112
Complete (Control)	21,9 ± 0,3 abc	100
- Mg	18,2 ± 0,3 cd	83
- N	17,9 ± 0,2 cd	82
- P	17,5 ± 0,3 d	80

Fonte: Mazzafera (1999).



Fontes	Prova de xícara
Sulfato de amônio	Bebida apenas mole
Calcionamida	Bebida apenas mole
Uréia	Bebida apenas mole
Nitrato de potássio	Bebida apenas mole
Nitrocálcio	Bebida dura
Nitrato de amônio	Bebida dura



Qualidade dos grãos de café em função de doses de K₂O

Doses de K ₂ O kg/ha	Variáveis Qualitativas			
	PFO	IC	ATT	AT
São Sebastião do Paraíso				
0	54,78 c	0,872 c	326 a	6,90 c
120	62,70 a	0,972 b	297 b	8,34 a
240	64,71 a	1,029 a	274 c	8,22 a
480	59,93 b	0,907 c	295 b	7,34 b
Média	60,53	0,945	298	7,70
Patrocínio				
0	59,30 c	0,828 c	302 a	7,19 c
120	65,24 a	0,996 a	282 c	7,93 a
240	66,20 a	1,015 a	278 b	8,11 a
480	62,78 b	0,925 b	286 c	7,41 b
Média	63,38	0,941	287	7,66
CV (%)	4,19	6,76	5,12	4,54

Fonte: Malta et al 2003

Café N suficiente e N deficiente





Produção (PROD– kg/planta,) cafeína em folhas índice e em grãos (mg g⁻¹); teor de N em folhas e grãos (g kg⁻¹,) e qualidade da bebida de café cultivado com alto e baixo nitrogênio

	PROD	Cafeína FI	Cafeína Gr	NF	NG	Pr X
Alto N N	0.74	5.05*	11.44	31.6*	22.4*	66.7
Baixo N	0.56	2.73	13.18	18.5	16.5	85.2
CV%	57.18	12.11	9.60	9.40	12.96	14.10

* Significativo a 5% de probabilidade. Adaptado de Clemente et al (2015)

**Fenóis totais (FT - %), índice de coloração (IC - DO 425 nm),
atividade da polifenol oxidase (PPO - U g⁻¹) e prova de
xícara de café cultivado com N alto e baixo**

	FT	IC	PPO	Pr X
Alto N	5.71	0.332*	64.2*	66.7
Baixo N	5.60	0.857	73.0	85.2
CV%	5.40	27.30	6.10	14.10

* Significativo a 5% de probabilidade. Adaptado de Clemente et al (2015)



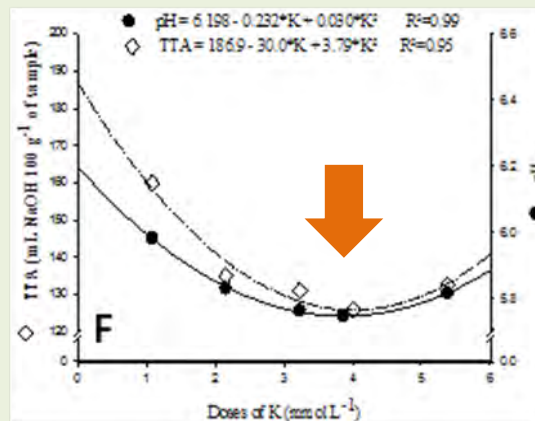
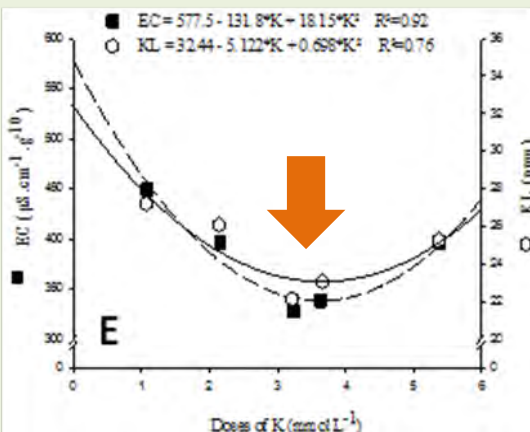
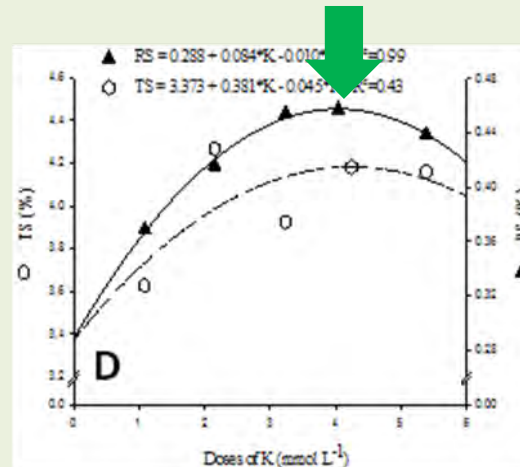
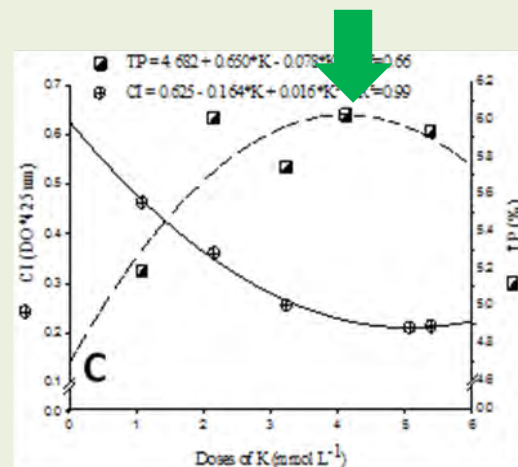
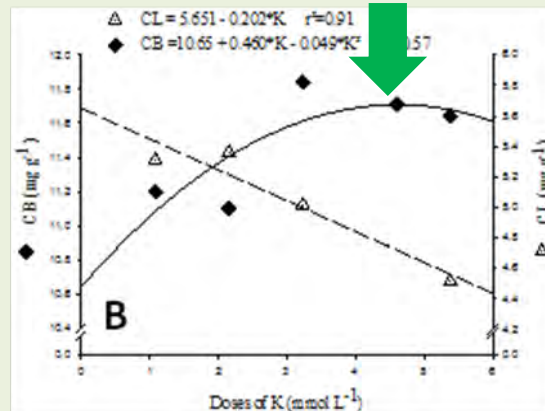
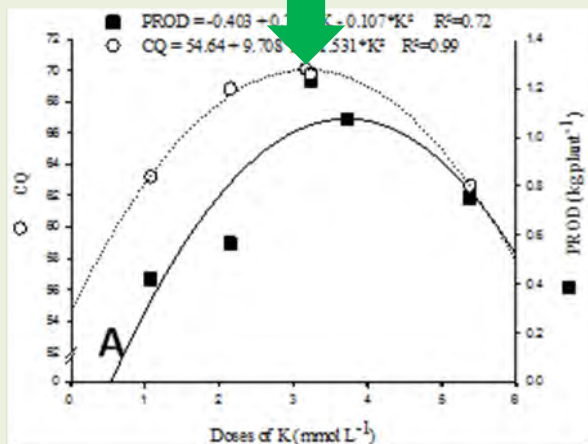
Açúcares totais (AT - %) e redutores (AR- %), pH, condutividade elétrica (EC- $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-10}$) e lixiviação de K (KL- $\mu\text{g g}^{-1}$) de café cultivado com N alto e baixo

	AT	AR	KL	pH	Pr X
Alto N	3.99	0.419	25.15	5.84*	66.7
Baixo N	4.12	0.504	20.09	5.71	85.2
CV%	9.20	11.6	18.01	1.18	14.10

* Significativo a 5% de probabilidade. Adaptado de Clemente et al (2015)

Resposta da qualidade a doses de potássio





A: Prod. (PROD) e qual. da bebida (CQ);

B: cafeína em fol. (CL) e em grãos (CB);

C: índice de col. (CI) e fenóis tot. (TP);

D: açúcares tot. (TS) e redutores (RS);

E: Cond. elétrica (EC) e potássio lix. (KL);

F: Acidez tit. (TTA) e pH

Teor de K na folha = 29,4 g/kg
Teor de K no grão = 18,2 g/kg

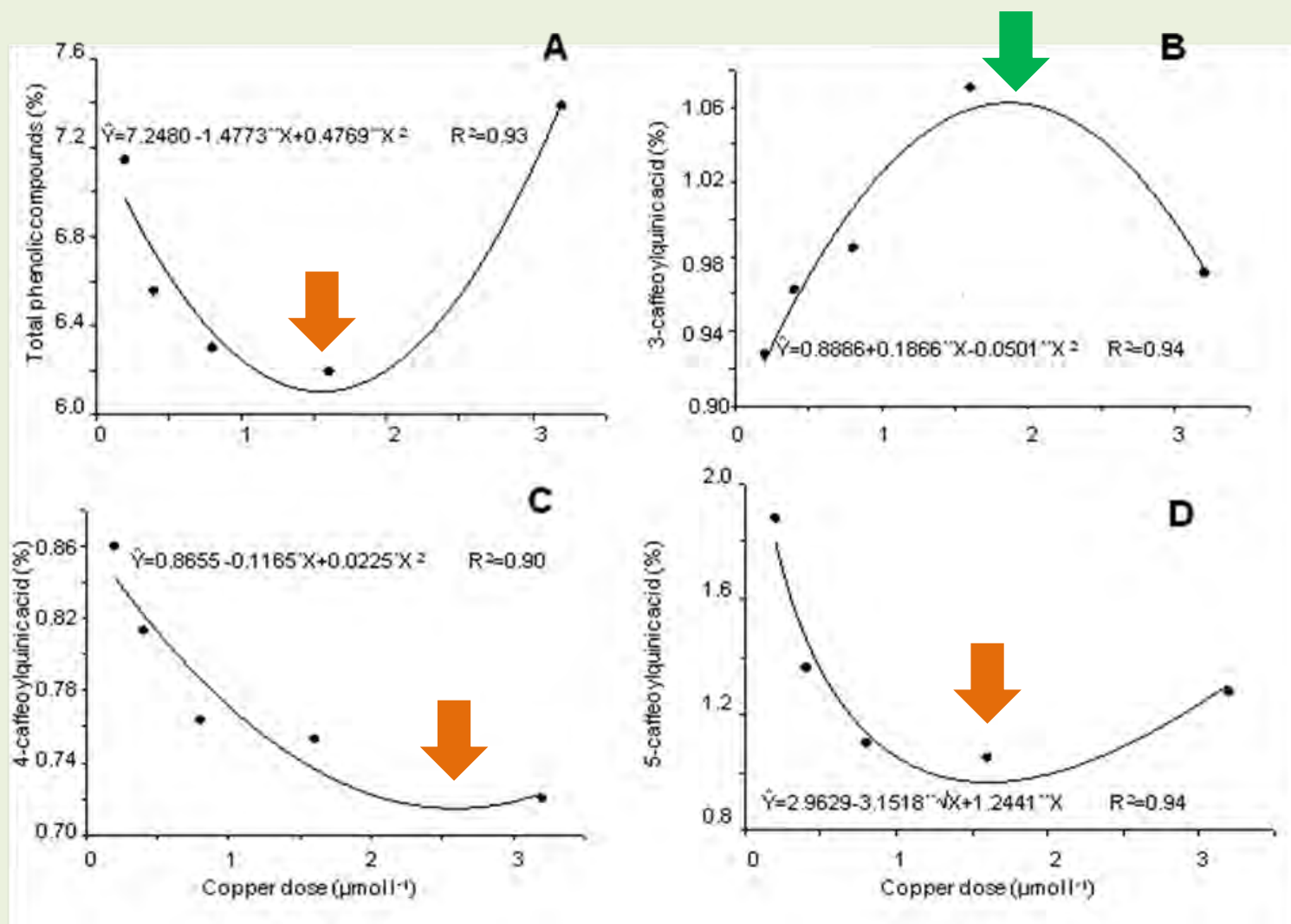
Clemente et al (2015)

- O Potássio teve efeito positivo na produção, teor de cafeína, fenóis totais, açúcares totais e redutores, índice de coloração e acidez total titulável.
- A atividade da PPO, condutividade elétrica e potássio lixiviado decresceram com as doses de K.
- A melhor qualidade sensorial foi alcançada em plantas com concentrações 29.4 g kg^{-1} de K na folha e 18.2 g kg^{-1} de K nos grãos.
- Valores altos de atividade da PPO, cafeína, índice de coloração e açúcares e baixos de acidez total, pH, CE e potássio lixiviado resultaram em alta qualidade da bebida.

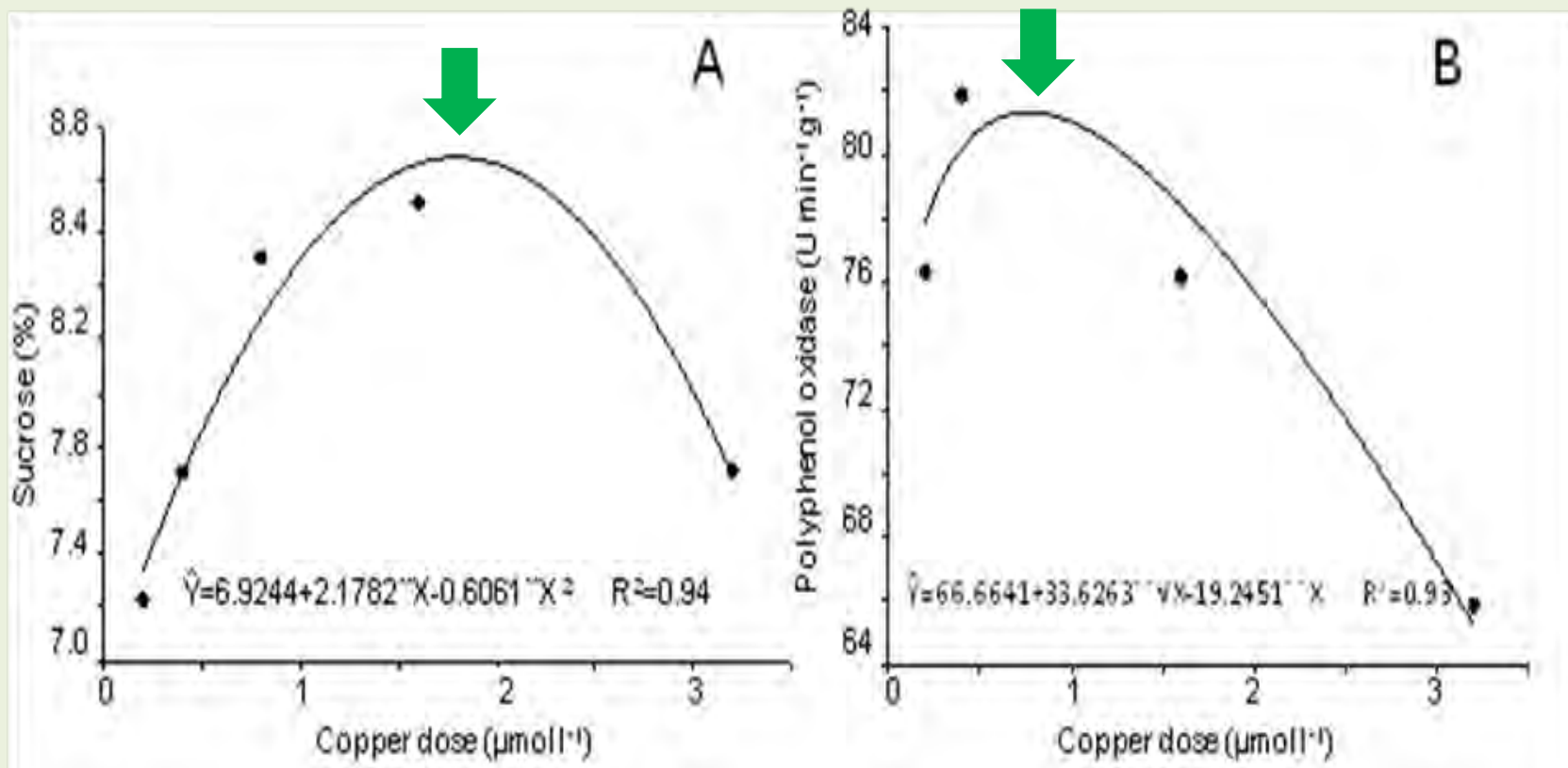


Micronutrientes

COBRE

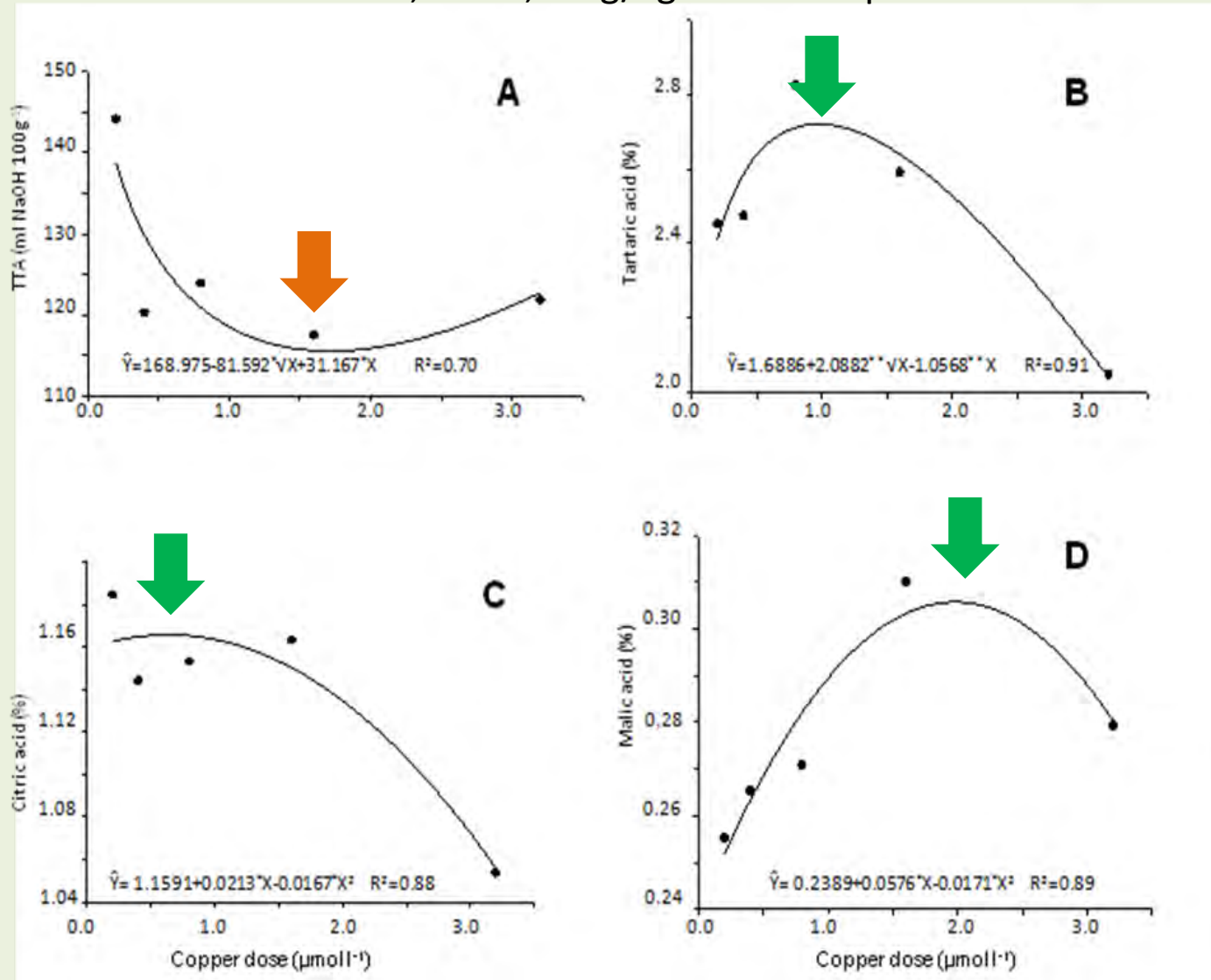


A: Fenóis totais (%), B: ácido 3-cafeoilquinico (%), C: ácido 4-cafeoilquinico (%) e D: 5- ácido cafeoilquinico (%) em função de doses de Cu (Lacerda, 2014).



Sacarose (%) e atividade da polifenol oxidase ($\text{U min}^{-1} \text{g}^{-1}$) em função de doses de Cu (Lacerda, 2014).

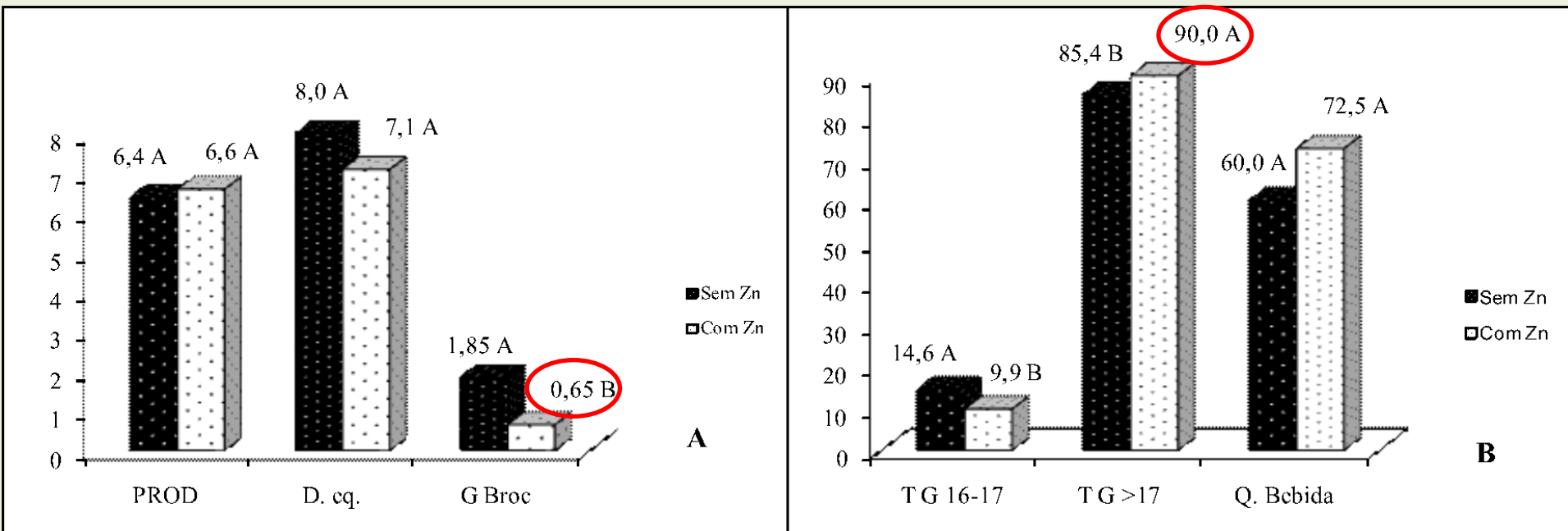
Cu foliar 7,2 – 11,4 mg/kg = Melhor qualidade



A: Acidez total titulável (ml NaOH 100 g⁻¹), B: ácido tartárico (%), C: ácido cítrico (%) and D: ácido málico (%) em função de doses de Cu (Lacerda, 2014).



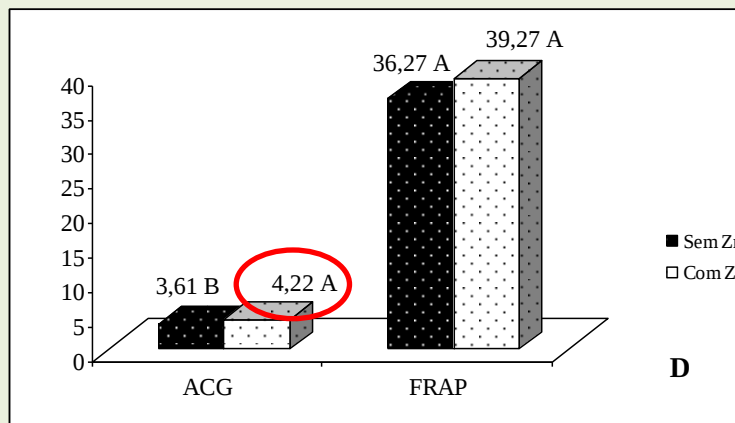
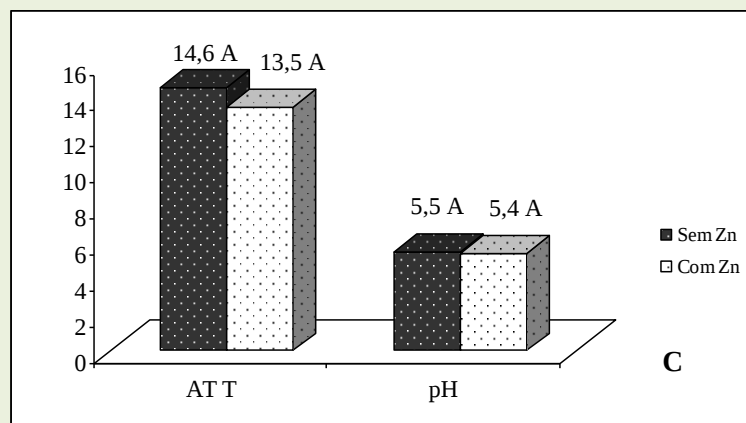
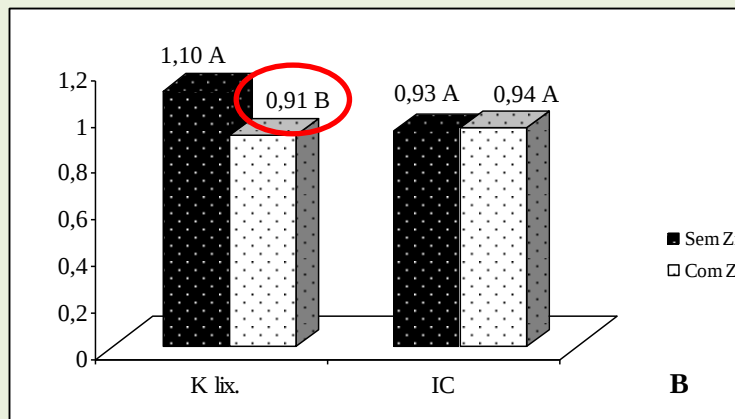
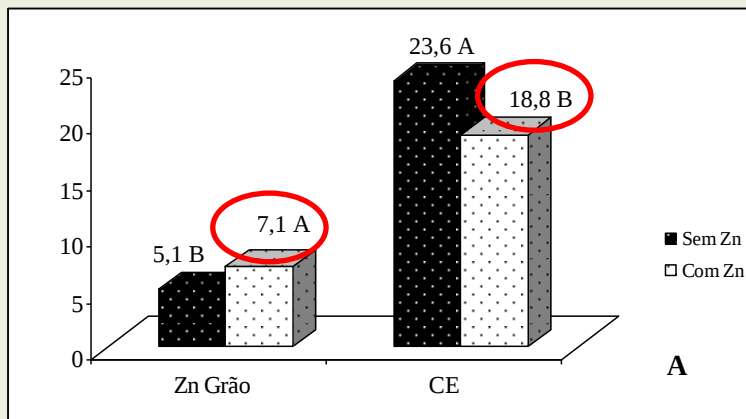
ZINCO



A) PROD – sc.ha⁻¹ de grãos beneficiados, D. eq., G Broc;

B- TG 16-17, TG>17 e Q. Bebida

Produção e qualidade de grãos de café produzidos com ou sem suplementação com Zn



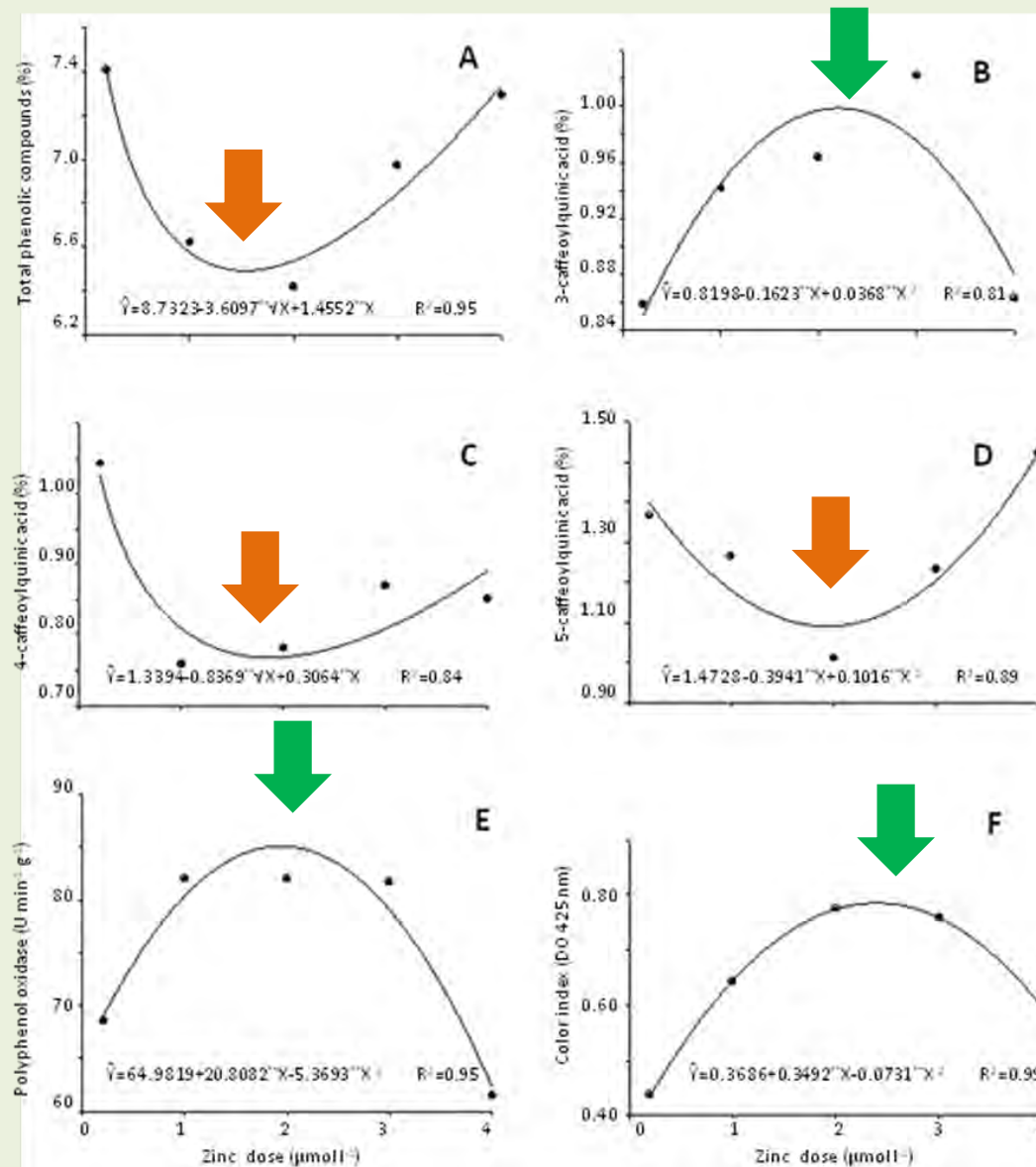
A- Zn grão - mg kg^{-1} e CE - $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$;

B - K lix - g kg^{-1} e IC - D.O. 425 nm;

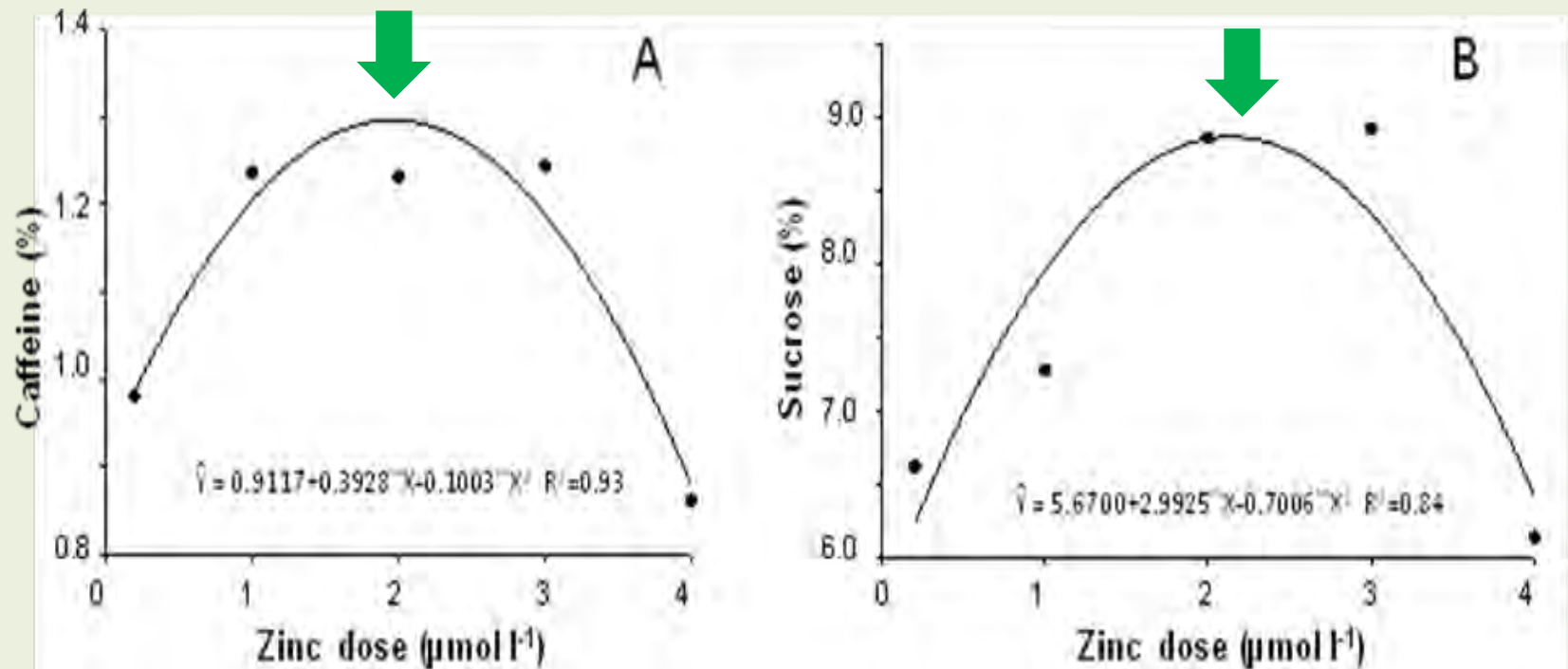
C- ATT - $\text{mL NaOH } 100\text{g}^{-1}$ e pH;

D- ACG - $\text{g.}100 \text{ g}^{-1}$) e FRAP - $\mu\text{mol Fe}^{2+} \cdot \text{L}^{-1}$

Qualidade de grãos de café produzidos com ou sem Zn

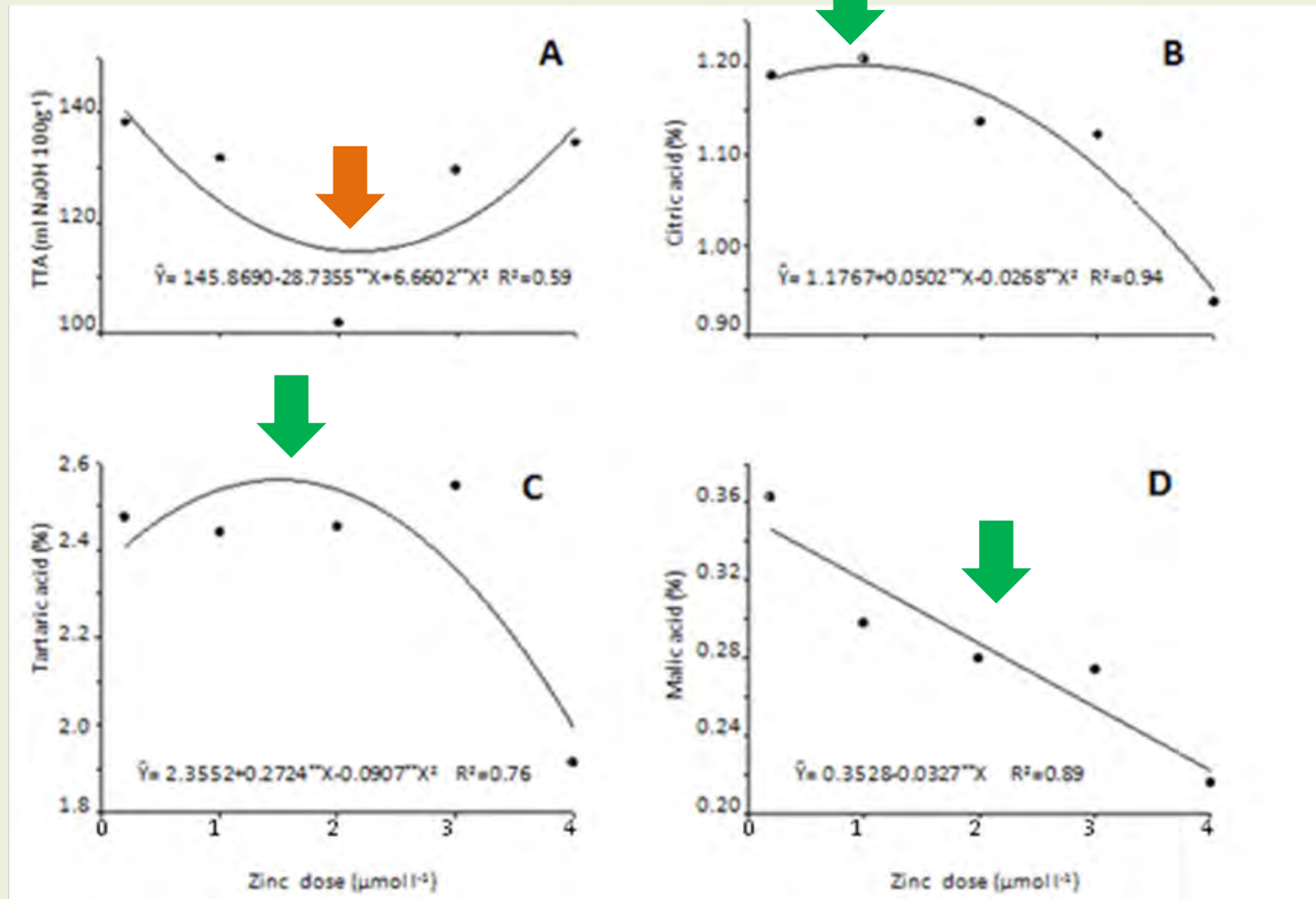


Fenóis totais (%), ácido 3-cafeoilquinico (%), ácido 4-cafeoilquinico(%), ácido 5-cafeoilquinico (%), atividade da PPO ($\text{U min}^{-1} \text{g}^{-1}$) indice de coloração (DO 425 nm) em função de doses de Zn (Lacerda, 2014).



A: Cafeina e B: sacarose (%) em função de doses de Zn (Lacerda, 2014).

Zn foliar 8 – 12 mg/kg = Melhor qualidade



A: Acidez total (mL NaOH 100 g⁻¹), B: ácido tartarico (%), C: ácido cítrico (%) and D: ácido málico (%) em função de doses de Zn (Lacerda, 2014).

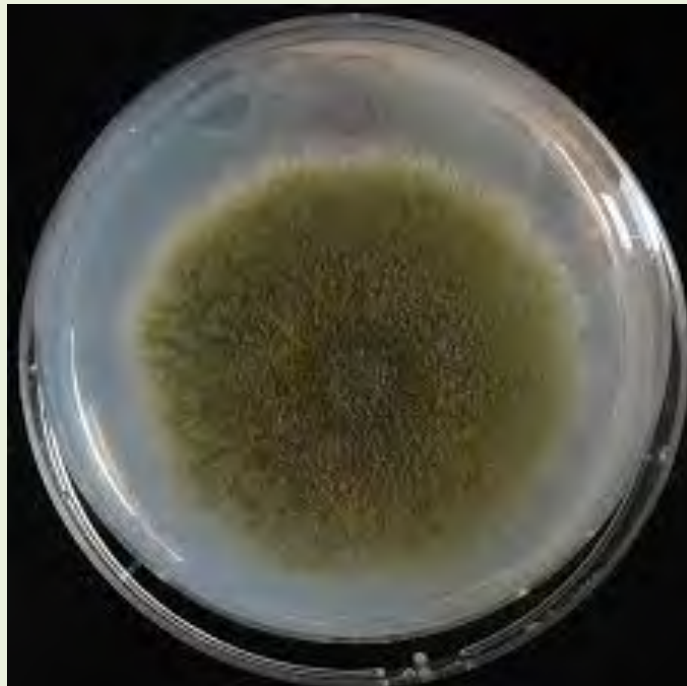
Cafeína (CAF - %), trigonelina (TRIG - %), sacarose (SUC - %), glucose (GLU - %), ácido 3-cafeoilquinico (3-CQA - %), 5-cafeoilquinico (5-CQA - %), atividade da PPO (PPO – U min⁻¹ g⁻¹) e fenóis totais de frutos de plantas fertilizadas com boro (+B), cobre (+Cu) and zinco (+Zn), comparativamente a plantas controle sem fertilização

	CAF	TRIG	SUC	GLU
Controle	1.01	0.83	5.14	0.18
+B	1.51*	0.98*	6.61*	0.28*
+Cu	1.50*	0.99*	6.00*	0.29*
+Zn	1.55*	1.00*	6.62*	0.31*
CV%	5.8-6.2	4.6-5.5	6.0-6.4	13.3-16.8
	3-CQA	5-CQA	PPO	TP
Controle	0.65	1.69	74.5	6.37
+B	0.44*	1.35*	82.1	4.2
+Cu	0.47*	1.40*	85.1*	4.1*
+Zn	0.48*	1.42*	79.1	5.7
CV%	16.1-19.8	5.4-6.4	6.2-9.0	14.0-24.6



Influência de Microorganismos na qualidade do café

- Fungos toxicogênicos podem produzir substâncias altamente nocivas a saúde.





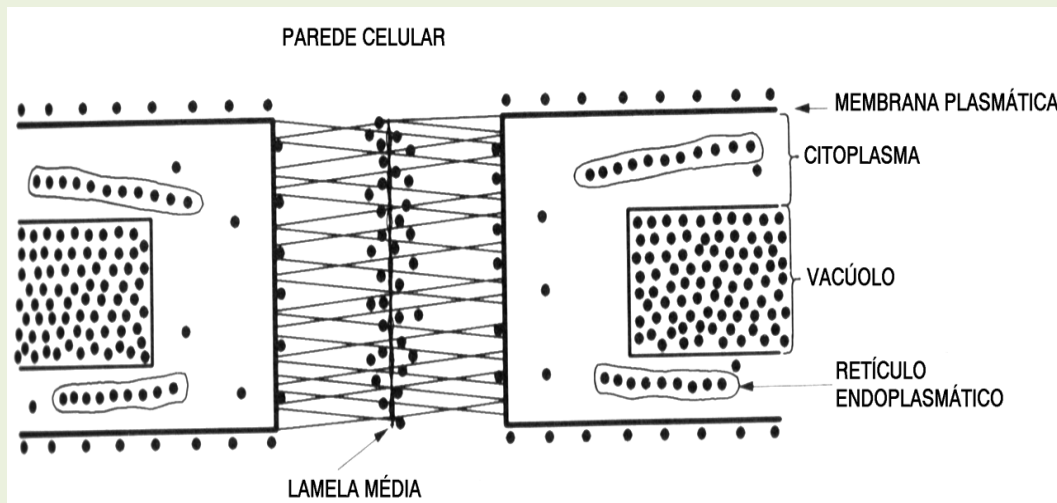
Efeito Indireto dos Nutrientes Via Infecção por Fungos Toxigênicos

Resistência a pragas e doenças & Nutrição:

- Mudanças anatômicas ou fisiológicas como: células epidérmicas mais grossas e maior grau de lignificação ou silificação.
- Síntese de substâncias repelentes ou inibitórias (fitoalexinas).
- Concentrações e relações N/K interferem na concentração de aminoácidos e carboidratos solúveis nos tecidos.
- Esses compostos atingem o apoplasto dependendo da integridade das membranas – Ca, B.

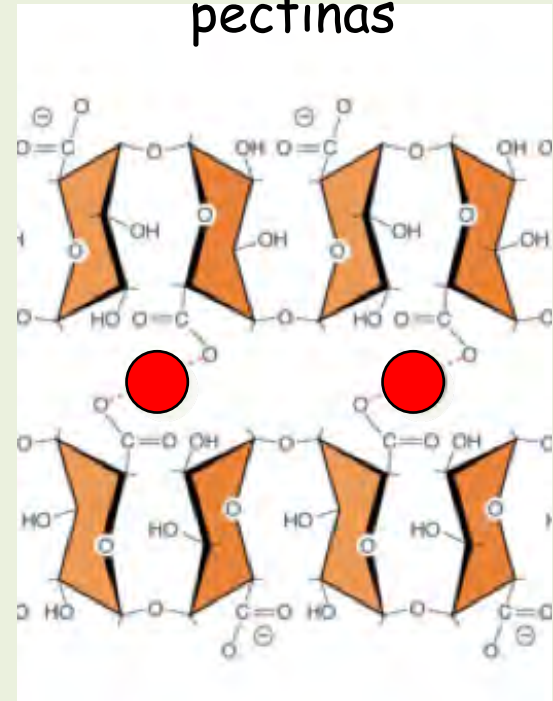


Regiões da célula ricas em cálcio.



Marschner, (2012).

Ca e parede celular pectinas



Carpita and McCann, 2000

Pulverizações de Cu, Zn, Mn e B durante o desenvolvimento dos frutos e incidência de fungos (Pasin et al, 2002)

Tratamentos	Incidência em grãos (%)		
	<i>C. cladosporioides</i>	<i>F. semitectum</i>	<i>A.ochraceus</i>
Cu	16b	14c	4c
Zn	11b	12c	5c
Mn	15b	15c	8c
B	17b	12c	9c
Cu+Zn+Mn+B	48a	29ab	44a
Testemunha	44a	36a	48a



- Cu capacidade fungistática desnaturando proteínas dos patógenos, e é importante componente da síntese de lignina.
- Mn participa da síntese de lignina, e efeito tóxico sobre os fungos.
- Zn deficiência causa frutos mal granados e supostamente mais sensíveis à associação com microorganismos.

Qualidade e estado nutricional

- Avaliado em lavouras do Alto Jequitinhonha
- Foram calculados Índices DRIS considerando-se produtividade e qualidade.
 - População de referência
 - Produtividade média $> 30 \text{ sc/ha}$
 - Atividade da PPO $> 62,99 \text{ U g}^{-1}$
- Observou-se que maior produtividade e melhor qualidade em lavouras mais equilibradas nutricionalmente.

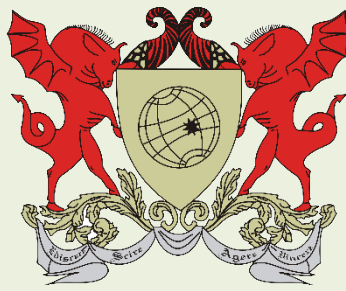
Produtividade, qualidade e índice de balanço nutricional médio em lavouras cafeeiras do Alto Jequitinhonha

	Prod.	PFO	Freq.	IBNm	
	sc ha ⁻¹			Bebida	U g ⁻¹
Baixa	24,03	RR	53,36	15	6,35
	15,15	D	60,35	21	6,21
	14,06	AMM	64,80	8	6,96
	17,73	EM	69,14	4	13,07
Alta	64,78	RR	51,33	4	4,65
	51,64	D	59,38	23	4,04
	47,08	AMM	65,37	12	4,69
	62,56	EM	68,97	13	1,97

A influencia da nutrição mineral na qualidade da bebida é evidente

Seu uso como ferramenta para melhorar a qualidade depende de avanços no conhecimento

Lavouras com nutrição Equilibrada tem maior potencial para produzir bebida de boa qualidade



OBRIGADA

