

HARVEST MINERALS
KP FÉRTIL

RELATÓRIO DO EXPERIMENTO

**AVALIAÇÃO DO USO DO REMINERALIZADOR KP FÉRTIL COMO
FONTE DE FÓSFORO E POTÁSSIO NO DESENVOLVIMENTO DE
CAFÉ IRRIGADO POR GOTEJAMENTO NA REGIÃO DE CERRADO
EM ARAGUARI – MG**

FAZENDA CHAPARRAL
ARAGUARI-MG
2024

SUMÁRIO

1	EQUIPE TÉCNICA	3
2	INTRODUÇÃO	4
3	MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1	Manejo do solo e adubação	5
3.2	Histórico de aplicações de adubação química	7
3.3	Histórico de adubação de aplicações foliares	10
3.4	Amostragens.....	11
3.5	Análise biométrica	11
3.6	Qualidade de bebida	11
3.7	Delineamento e estatística.....	12
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1	Biometria.....	12
4.2	Produtividade.....	13
4.3	Qualidade da Bebida.....	17
4.4	Solo.....	18
4.4.1	Fósforo	18
4.4.2	Potássio	19
4.4.3	Acidez do Solo	21
4.4.4	CTC do Solo	22
4.5	Foliar	23
4.6	Análise Econômica.....	25
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
6	ANEXOS	27

1 EQUIPE TÉCNICA

- Santinato & Santinato Cafés Ltda – Pesquisadores e Consultores;
- Reginaldo – Responsável Técnico da Área Experimental;
- Dr. Eduardo Spolidorio – Pesquisador e Consultor Técnico;
- Assistentes Técnicos Agrônômicos da Triunfo Mineração:
 - Eng. Agr. Vinícius Miranda;
 - Dra. Eng. Agr. Mariana Marcolino Gonçalves;
 - Dra. Eng. Agr. Juliana Hiromi Sato;
- Mineragro Pesquisa Agronômica – Consultoria Técnica;
- Frederico Bernardez – Gerente Geral da Triunfo Mineração.

2 INTRODUÇÃO

A produção agrícola muitas vezes exige a aplicação de fertilizantes solúveis, em larga escala, para a manutenção de elevadas produtividades. No entanto, a elevada demanda por fertilizantes tem acarretado dificuldades econômicas em termos de aquisição destes insumos, bem como problemas ambientais relacionados ao uso indiscriminado dos fertilizantes solúveis. Segundo Martins (2001), a maioria dos solos brasileiros é ácido e a maioria das plantas cultivadas se desenvolve melhor em solos levemente ácidos a neutros, isto é, solos com pH entre 6,0 e 7,0. Assim torna-se necessário o estudo de modelos agrícolas menos dependentes do uso de insumos que demandam importação e que reduzam o custo de produção tornando-os mais eficientes. Por isso o uso de novas tecnologias que visem a melhoria da produção, é de grande importância.

Neste contexto, o uso de rochas como fonte natural de nutrientes vem ganhando espaço na melhoria dos atributos de fertilidade do solo. Os remineralizadores de solo têm surgido como uma alternativa de insumos agrícolas, adicionando nutrientes em diferentes escalas de tempo. A remineralização de solos consiste na recuperação das propriedades minerais de solos agrícolas utilizando agrominerais, principalmente os pós de rochas silicáticas. Estudos comprovam que o uso de pó de rochas em sistemas agrícolas tem apresentado melhorias na qualidade do solo e na produtividade de algumas culturas, se apresentando como alternativa viável para a redução do uso de fertilizantes tradicionais (Sustakowski, 2021).

O remineralizador KP Fértil é um novo insumo agrícola obtido diretamente da natureza, sem que necessite passar por nenhum processo ou transformação química ou térmica. Possui na sua composição macronutrientes (fósforo, potássio, cálcio e magnésio) e micronutrientes (Mn, Fe, Co, Ni e traços de outros), que são elementos essenciais para o crescimento das plantas e para auxiliar a manutenção e reposição da fertilidade dos solos, e também benéfico, Si.

Portanto, objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos de fertilidade do solo, o desenvolvimento e a produtividade do cafeeiro em função da aplicação do remineralizador de solo KP Fértil como fonte de fósforo e potássio em substituição às fontes convencionais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em abril de 2018 no Campo Experimental da Associação dos Cafeicultores de Araguari – ACA, Araguari-MG, com coordenadas geográficas 18°33'21,9 “S, 48°12'25” W e altitude de 933 m acima do nível do mar. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, apresentando textura argilosa, com 53,4% de Argila, 30,5% de Silte e 16,1% de Areia na camada de 0-20 cm de profundidade.

O clima da região é classificado pelo método de Köppen, como Aw, Tropical Quente e Úmido, com inverno frio e seco, apresentando precipitação e temperatura média anual de 1474 mm e 22,6°C. A variedade plantada foi o cafeeiro Acauã Novo Vermelho, implantada em espaçamento de 3,70 m x 0,5 m.

Para a implantação do experimento, foram retiradas amostras de solo e folhas na área, sendo estas submetidas à análise do material seco (RAIJ et. al., 1997). O controle da irrigação foi realizado a partir de uma estação agrometeorológica automática, marca DAVIS, modelo Vantage PRO2, que possibilitou a estimativa da evapotranspiração da cultura pelo Método de Penman Monteith, segundo recomendações da FAO.

Os manejos fitossanitários foram os mesmos para os tratamentos e as aplicações dos produtos foram realizadas por atomização tratorizada.

3.1 Manejo do solo e adubação

Inicialmente, no plantio em 2018, foram estabelecidos dois tratamentos: T1- 100% fontes convencionais e termofosfato, T2 - KP Fértil (70% P_2O_5 e 42% K_2O). Nesse cenário, foram aplicados o KP Fértil como fonte de fósforo e potássio em substituição às fontes convencionais, comparado ao termofosfato Yoorin Master 2 (16% de P_2O_5 total), superfosfato simples (18% de P_2O_5 total) e cloreto de potássio (60% de K_2O). No ano de 2019 foi incluído o tratamento T3 - KP Fértil + Fertilizantes convencionais, sendo aplicada 50% da dose de KP Fértil do T2.

Na **Tabela 1** são apresentadas as doses de fertilizantes aplicadas em cada tratamento por ano agrícola, e os corretivos quando necessários.

Tabela 1: Doses de fertilizantes aplicados (kg/ha), dose de P₂O₅ e K₂O em kg/ha e doses de corretivos utilizados em cada tratamento ao longo dos anos.

Ano	TRATAMENTO	Doses de fertilizantes (kg/ha)	Dose P ₂ O ₅	Dose K ₂ O	Dose de corretivos
2018	T1 Fert. Convencionais	Plantio (500 kg/ha Yoorin Master + 200 kg/ha Superfosfato Simples + 108,0 kg/ha KCl) + Cobertura (108 kg/ha KCl + 200 kg/ha MAP)			-
	T2 KP Fértil	Plantio (3.295 kg/ha de KP Fértil) + Cobertura (108 kg/ha KCl)			-
2019/2020	T1 Fert. Convencionais	1500 kg/ha de 20-00-20 + 54 kg/ha de KCl + 200 kg/ha de MAP	108	333	-
	T2 KP Fértil	3.124 kg/ha de KP Fértil + 54 kg/ha de KCl + 500kg/ha de 20-00-20	100	226,7	-
	T3 KP Fértil + Fert. Convencionais	1.561,95 kg/ha de KP Fértil + 54 kg/ha de KCl + 500 kg/ha de 20-00-20	50	179,9	-
2020/2021	T1 Fert. Convencionais	501 kg/há de KCl + 834 kg/há de Super Simples	150,1	300,6	1.875 kg/há de calcário dolomítico
	T2 KP Fértil	10.000 kg/há de KP Fértil	300	300	1.950 kg/há de calcário dolomítico
	T3 KP Fértil + Fert. Convencionais	5.000 kg/há de KP Fértil + 250 kg/há de KCl	150	300,3	1.075 kg/há de calcário dolomítico
2021/2022	T1 Fert. Convencionais	525,5 kg/há de KCl + 60 kg/há de MAP + 10.500 kg/há de Composto orgânico (249,9 N + 114,5 P ₂ O ₅ + 235,2 K ₂ O)	114,45	550,2	993 kg/há de Geox + 660 kg/há de Gesso
	T2 KP Fértil	571 kg/ha de KCL + 10.500 kg/ha de composto orgânico enriquecido com 30% do remineralizador (235,2 N + 151,2 P ₂ O ₅ + 207,9 K ₂ O)	151,2	550	1.768 kg/há de Geox + 1.180 kg/há de Gesso
	T3 KP Fértil + Fert. Convencionais	571 kg/ha de KCL + 10.500 kg/ha de composto orgânico enriquecido com 30% do remineralizador (235,2 N + 151,2 P ₂ O ₅ + 207,9 K ₂ O)	151,2	500	1.352 kg/há de Geox + 900 kg/há de Gesso
2022/2023	T1 Fert. Convencionais	500,1 kg/há de KCl + 10.000 kg/há de Composto orgânico (238 N + 100 P ₂ O ₅ + 224 K ₂ O)			1.308 kg/há de calcário dolomítico + 1.086 kg/há de gesso
	T2 KP Fértil	5.000 kg/há de KP Fértil + 336 kg/ha de KCL + 10.000 kg/ha de composto orgânico enriquecido com 30% do remineralizador (224 N + 144 P ₂ O ₅ + 198 K ₂ O)			1.804 kg/há de calcário dolomítico + 1.150 kg/há de gesso
	T3 KP Fértil + Fert. Convencionais	2.500 kg/há de KP Fértil + 440,2 kg/ha de KCl + 10.000 kg/ha de composto orgânico			1.780 kg/há de calcário dolomítico +

No ano de 2021, na primeira safra, foi realizada a correção do solo através da calagem, de acordo com necessidade verificada nas análises de solo de 0 a 20 cm.

Observa-se na **Tabela 1**, que na segunda safra (ano 2022), foi inserido ao sistema o uso de composto orgânico, onde nos tratamentos KP Fértil foi aplicado o composto orgânico enriquecido com 30% do remineralizador. Assim, o KP Fértil foi aplicado via composto em uma dose de 3 t/ha, aproximadamente. Portanto, na safra 2022, 100% do P₂O₅ e cerca de 40% do K₂O foram aplicados via composto orgânico enriquecido com KP Fértil nos tratamentos T2 e T3. A correção da fertilidade do solo na safra 2022 se fez necessária, sendo aplicado calcário e gesso em todos os tratamentos (Tabela 1). Por se tratar de um solo altamente intemperizado e distrófico, com elevado poder tampão, a necessidade de correção do pH foi recorrente.

3.2 Histórico de aplicações de adubação química

O histórico das adubações químicas, como nitrogênio, boro, enxofre, magnésio e cálcio, além da adubação de potássio e fósforo, são apresentadas na **Tabela 2**, nas doses aplicadas em kg por hectare e quais fontes foram utilizadas em cada tratamento ao longo dos anos de acompanhamento da área.

Tabela 2: Doses de fertilizantes químicos em kg/ha e os nutrientes aplicados em cada tratamento ao longo dos anos.

Tratamento		Produto	Dose/há	Nutrientes Aplicados	Data de Aplicação	
2020/2021	T1	Fert. Convencionais	Sulfato de Amônio	500	105 N + 115 S	08/10/2020
			Uréia + Cloreto Potássio + Superfosfato Simples	145 + 167	65,25 N + 100,2 K2O + 150 P2O5 + 66,72S + 133,44 Ca	04/11/202
			Uréia + Cloreto Potássio	145 + 167	65,25 N + 100,2 K2O	03/12/2020
			Uréia + Cloreto Potássio	145 + 167	65,25 N + 100,2 K2O	18/01/2021
	T2	KP Fértil	Sulfato de Amônio	389	81,69 N + 93,36 S	08/10/2020
			Sulfato de Amônio	389	81,69 N + 93,36 S	04/11/2020
			Ureia	151,8	68,31 N	03/12/2020
			Ureia	151,8	68,31 N	18/01/2021
	T3	Fert. Convencionais + KP Fértil	Sulfato de Amônio	389	81,69 N + 93,36 S	08/10/2020
			Sulfato de Amônio	389	81,69 N + 93,36 S	04/11/2020
			Uréia + Cloreto de Potássio	151,8 + 125	68,31 N + 75 K2O	03/12/2020
			Uréia	151,8 + 125	68,31 N	18/01/2021
2021/2022	T1	Fert. Convencionais	Nitrato de Cálcio + Sulfato de Magnésio + Sulfato de Manganês + Ácido bórico	700 Kgs + 50Kgs + 50 kgs + 25kgs	105 N + 133 Ca + 4,5 Mg + 14 S + 15,5 Mn + 4,25 B	13/11/2021
			Nitrato de Cálcio + Cloreto de Potássio + MAP	700 Kgs + 167 Kgs + 70 Kgs	105 N + 133 Ca + 100,2 K2O + 37,8 kgs P2O5	30/12/2021
			Composto Orgânico (Base:2,38 -1,09-2,24)	10,5 ton	249,9 N + 114,5 P2O5 + 235,2 K2O	29/01/2022
			Uréia + Cloreto de Potássio	140,8 + 167 kgs	63,4 N + 100,2 K2O	05/02/2022
			Uréia + Cloreto de Potássio	140,8 + 191,5kgs	63,4 N + 114,9 K2O	14/03/2022
	T2	KP Fértil	Nitrato de Cálcio + Sulfato de Magnésio + Sulfato de Manganês + Ácido bórico	700 Kgs + 50Kgs + 50 kgs + 25kgs	105 N + 133 Ca + 4,5 Mg + 14 S + 15,5 Mn + 4,25 B	13/11/2021
			Nitrato de Cálcio + Cloreto de Potássio	700 Kgs + 167 Kgs	105 N + 133 Ca + 100,2 K2O	30/12/2021
			Composto Orgânico (Base:2,38 -1,09-2,24)	10,5 ton	235,2 N + 151,2 P2O5 + 207,9 K2O	29/01/2022
			Uréia + Cloreto de Potássio	140,8 + 226,25 Kgs	63,4 N + 135,75 K2O	05/02/2022

2022/2023	T3	Fert. Convencionais + KP Fertil	Uréia + Cloreto de Potássio	140,8 + 177,75 Kgs	63,4 N + 106,65 K2O	14/03/2022
			Nitrato de Cálcio + Sulfato de Magnésio + Sulfato de Manganês + Ácido bórico	700 Kgs + 50Kgs + 50 kgs + 25kgs	105 N + 133 Ca + 4,5 Mg + 14 S + 15,5 Mn + 4,25 B	13/11/2021
			Nitrato de Cálcio + Cloreto de Potássio	700 Kgs + 167 Kgs	105 N + 133 Ca + 100,2 K2O	30/12/2021
			Composto Orgânico (Base:2,24 -1,44-1,98)	10,5 ton	235,2 N + 151,2 P2O5 + 207,9 K2O	29/01/2022
			Uréia + Cloreto de Potássio	140,8 + 226,25 Kgs	63,4 N + 135,75 K2O	05/02/2022
			Uréia + Cloreto de Potássio	140,8 + 177,75 Kgs	63,4 N + 106,65 K2O	14/03/2022
	T1	Fert. Convencionais	Nitrato de Cálcio + Cloreto de Potássio	150 + 166,7 kgs	100,2 K2O + 49,5 N	06/11/2022
			Nitrato de Amônio	150 kgs	49,5 N	27/11/2022
			Composto Orgânico (Base:2,38 -1,09-2,24)	10,0 ton	238 N + 100 P2O5 + 224 K2O	11/12/2022
			Uréia + Cloreto de Potássio	111,1 + 166,7 kgs	50 N + 100,2 K2O	21/12/2022
			Uréia + Cloreto de Potássio	111,1 + 166,7 kgs	50 N + 100,2 K2O	26/01/2023
			Sulfato de Amônio	250 kgs	52,5 N + 120 S	12/03/2023
	T2	KP Fertil	Nitrato de Cálcio + Cloreto de Potássio	150 + 0 kgs	0,0 K2O + 49,5 N	06/11/2022
			Nitrato de Amônio	150 kgs	49,5 N	27/11/2022
			Composto Orgânico (Base:2,24-1,44-1,98)	10,0 ton	224 N + 144 P2O5 + 198 K2O	11/12/2022
			Uréia + Cloreto de Potássio	111,1 + 168 kgs	50 N + 100,8 K2O	21/12/2022
			Uréia + Cloreto de Potássio	111,1 + 168 kgs	50 N + 100,8 K2O	26/01/2023
			Sulfato de Amônio	250 kgs	52,5 N + 120 S	12/03/2023
	T3	Fert. Convencionais + KP Fertil	Nitrato de Cálcio + Cloreto de Potássio	150 + 125 kgs	75 K2O + 49,5 N	06/11/2022
			Nitrato de Amônio	150 kgs	49,5 N	27/11/2022
			Composto Orgânico (Base:2,24-1,44-1,98)	10,0 ton	224 N + 144 P2O5 + 198 K2O	11/12/2022
			Uréia + Cloreto de Potássio	111,1 + 157,6 kgs	50 N + 94,6 K2O	21/12/2022
			Uréia + Cloreto de Potássio	111,1 + 157,6 kgs	50 N + 94,6 K2O	26/01/2023
			Sulfato de Amônio	250 kgs	52,5 N + 60 S	12/03/2023

3.3 Histórico de adubação de aplicações foliares

O manejo fitossanitário nos tratamentos foi realizado via trator atomizado e bomba costal, e demais operações realizadas de acordo com a necessidade de cada tratamento.

Tabela 3: Aplicações de defensivos na área experimental ao longo das safras.

	Época de aplicação	Defensivo	Tipo	Data de aplicação
2021/2022	Pós-colheita	Fulland 1,0 L/há + Vitan 1,0 L/ha	Foliar Geral	12/09/2021
		Setembro/Outubro - 2,0 Lts/ha Clorpirifos + 0,5 Lt/ha		13/09/2021
	Pré e pós florada	Abamectina + 0,5 Lt/ha Adjuvante + 4,0 Lt/ha CaB82 + 0,5	Foliar Geral	23/10/2021
	Dez	Actara 250 WG - 1,0 Kg/ha - Via Drench (Solo)	Geral	28/12/2021
	Dez	Opera 1,0 Lt/ha + Óleo de Laranja 0,5 Lt/ha + Foliar 3,0 Lt/há + Comet 0,5 Lt/ha + Cantus 150 grs/ha	Geral	28/12/2021
	Jan	Abamex 1,0 Lt/ha + Oro Solve 1,5 Lt/ha + Omite 0,8 Lt/ha	Geral	15/01/2022
	Jan (broca do café)	2,0 Lts/ha Clorpirifos + 0,5 Lt/ha Abamectina + 1,5 Lt/ha Oro Solve + 100 Grs/ha Altacor		15/01/2022
	Fev	Opera 1,0 Lt/ha + Óleo de Laranja 0,5 Lt/ha + Foliar 3,0 Lt/há + Comet 0,5 Lt/ha + Cantus 150 grs/ha	Geral	05/02/2022
	Fev (Broca do café)	2,0 Lts/ha Clorpirifos + 0,5 Lt/ha Abamectina + 1,5 Lt/ha Oro Solve + 100 Grs/ha Altacor		05/02/2022
	Fev	Actara 250 WG - 1,0 Kg/ha - Via Drench (Solo)		05/02/2022
		0,5 Lt/ha Abamectina + 2,0 Lts/ha Clorpirifos + 0,5 Lt/ha		
	Mar	Adjuvante + 0,8 Kg/ha Cercobrin + 1,0 Kg/ha Recop + 1,5 Lt/ha Vitan + Foliar 3,0 Lt/ha	Foliar Geral	22/03/2022
		Opera 1,0 Lt/ha + Óleo de Laranja 0,5 Lt/ha + Foliar 3,0 Lt/ha		
	Abr	+ Comet 0,5 Lt/ha + Cantus 150 grs/ha + (Ampligo 1,0 Lt/ha + Abamex 1,0 Lt/ha + Oro Solve 1,5 Lt/ha)	Geral	17/04/2022
2022/2023	Pós-colheita	Fulland 1,0 Lt/ha + Vitan 1,0 Lt/ha	Foliar Geral	15/10/2022
		2,0 Lts/ha Clorpirifos + 0,5 Lt/ha Abamectina + 0,5 Lt/ha Adjuvante + 2,0 Lt/ha CaB2 + 0,5 Lt/ha		15/10/2022
	Pré e pós florada	Comet + 0,8 Kg/há + Cercobrin + 1,0 Kg/ha Recop + 1,5 Lt/ha Vitan + 1,0 Lt/ha Omite	Foliar Geral	05/11/2022
	Nov	Actara 250 WG - 1,0 Kg/ha - Via Drench (Solo)	Geral	05/11/2022
	Dez	Opera 1,0 Lt/ha + Óleo de Laranja 0,5 Lt/ha + Ihara Vita Café 3,0 Lt/ha + Hold 0,5 Lt/ha + Sturdy 1,0 Lt/ha + Comet 0,5 Lt/ha + Cantus 150 grs/ha	Geral	20/12/2022
	Jan	Abamex 1,0 Lt/ha + Oro Solve 1,5 Lt/ha + Omite 0,8 Lt/ha + Dacafé Cerrado 4,0 Lt/ha + Stimulate 0,5 Lt/há	Geral	21/01/2023
	Jan (broca do café)	2,0 Lts/ha Clorpirifos + 0,5 Lt/ha Abamectina + 1,5 Lt/ha Oro Solve + 100 Grs/ha Altacor + Grex Café 3,0 Lt/ha	Geral	28/01/2023
	Fev	Opera 1,0 Lt/ha + Óleo de Laranja 0,5 Lt/ha + Grex Café 3,0 Lt/ha + Comet 0,5 Lt/ha + Cantus 150 grs/ha	Geral	12/02/2023
	Fev (Broca do café)	2,0 Lts/ha Clorpirifos + 0,5 Lt/ha Abamectina + 1,5 Lt/ha Oro Solve + 100 Grs/ha Altacor	Geral	28/02/2023

Fev	Ácido Húmico 1,0 Lt/ha + Actara 250 WG - 1,0 Kg/ha - Via Drench (Solo)	Geral	28/02/2023
Mar	Curyon 0,8 Lt/ha + 1,0 Lt/ha Agris + 2,0 Kg/há Sulfato de Ferro + 0,75 Lt/ha Glucona de Cobre + 0,5 Lt/ha Hold + Xcellence 2,0 Kg/ha Opera 1,0 Lt/ha + Oro Solve 1,5 Lt/ha + Xcellence 2,0 Kg/ha + Comet 0,5 Lt/ha	Foliar Geral	12/03/2023
Abr	Sperto 0,5 Kg/ha + Revolux 0,3 Lt/ha + Abamex 1,0 Lt/ha + Agris 1,0 Lt/ha	Geral	23/04/2023
Mai	Curyon 0,8 Lt/ha + 1,0 Kg/ha Cartap + 1,0 Lt/há Abamex + 1,0 Lt/ha Agris + 3,0 Lt/ha Yara Vita Café + 4,0 Lt/ha Fulland + 5,0 Lt/ha Marthury 2,0 Lt/ha Pyrinex + 0,5 Kg/ha Sperto + 1,0 Lt/há Abamex + 1,0 Lt/ha Agris + 1,0 Lt/ha Omite + 2,0 Lt/ha Ortus	Foliar Geral	20/05/2023
Jun		Foliar Geral	17/06/2023

3.4 Amostragens

Para avaliação do experimento, a cada ano foram realizadas amostragens de solo e folha. A amostragem de solo foi realizada por meio de coleta de dezesseis amostras simples, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 centímetros, separadamente, e homogeneizadas, compondo assim uma amostra composta por tratamento e perfil de solo.

Em relação a amostragem foliar, foram coletadas 60 folhas diagnóstico por tratamento, compreendendo o 3ª e 4º par de folhas. Na amostragem foram seguidos todos os critérios técnicos para preservar ao máximo o material coletado dentro das normas especificadas de sanidade e vigor nutricional.

3.5 Análise biométrica

Foram avaliados os parâmetros biométricos do cafeeiro como altura da planta, diâmetro da copa, comprimento dos ramos, número de ramos e diâmetro do caule aos seis meses, doze, vinte e cinco, trinta e oito, e cinquenta meses após plantio.

3.6 Qualidade de bebida

A avaliação de qualidade de bebida pela prova de xícara seguiu a metodologia SCAA (Specialty Coffee Association of America), variando em uma escala de 60 a 100 pontos. Para essa avaliação, uma amostra de 10 litros por tratamento de café em coco, foi seca em terreiro de cimento e encaminhada para avaliação a cooperativa CARMOCCER.

3.7 Delineamento e estatística

O delineamento dos tratamentos foi em blocos casualizados, distribuídos em 4 repetições, totalizando 16 parcelas experimentais. Cada parcela possui 20 plantas cada, totalizando 480 plantas de café. Os dados foram submetidos à análise de variância a nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Biometria

A maioria dos parâmetros de biometria, incluindo número de internódios, altura da planta, número de galho e diâmetro do caule, não diferiram entre os tratamentos ao longo dos quatro anos avaliados.

A primeira avaliação, em 2018, aos seis meses após plantio demonstrou diferença estatística para a variável diâmetro de copa, no tratamento 2, em que foi aplicado apenas o KP Fértil como fonte de P e K (**Tabela 4**). O desenvolvimento superior das plantas no T2 é reforçado na análise biométrica aos 12 meses de idade, onde, apesar de não haver diferenças estatísticas, o número de internódios, comprimento de ramos e diâmetro de copa, apresentam números absolutos sensivelmente maiores comparado aos dados do T1. As plantas do tratamento KP Fértil, aos 12 meses de idade, continham 2,1 internódios a mais, ramos 4,9 cm mais compridos e copa com diâmetro 5,8 cm maior, comparado ao tratamento Convencional.

No decorrer dos anos experimentais, biometrias realizadas aos 25 e 38 meses de idade do cafeeiro, demonstraram certa equivalência quanto ao desenvolvimento das plantas entre os tratamentos. Entretanto, aos 50 meses após o plantio, em biometria realizada em junho de 2022, diferenças estatísticas são observadas no parâmetro número de internódios (**Tabela 4**). Os tratamentos KP Fértil apresentaram até 1,7 internódio a mais (T3), comparado ao tratamento convencional, demonstrando assim a plasticidade e resiliência das plantas dos tratamentos com o remineralizador em tolerar e recuperar a estresses hídricos e bióticos.

Tabela 4: Dados de biometria aos seis, doze, vinte e cinco, trinta e oito e cinquenta meses após o plantio.

Período de avaliação	Tratamento	Nº Internódios	Comp. Ramos (cm)	Altura Planta (cm)	Nº ramos	Diâmetro da Copa (cm)	Diâmetro do Caule (mm)
6 Meses (2018)	Fert. Convencionais	5,15a	14,05a	24,9a	5,0a	34,075b	0,825a
	KP Fértil	5,2a	14,425a	28,075a	5,075a	39,9a	0,775a
	C.V.%	2,37	2,27	11,29	2,89	5,61	5,1
12 meses (2019)	Fert. Convencionais	10,7a	39,0a	68,4a	23,2a	46,3a	17,3a
	KP Fértil	12,8a	43,9a	68,9a	24,3a	52,1a	18,1a
	C.V.%	19,56	23,61	14,34	16,81	11,39	15,15
25 meses (2020)	Fert. Convencionais	15,4a	51,3a	122,9a	51,8a	79,4a	32,8a
	KP Fértil	15,0a	48,6a	117,2a	58,3a	76,9a	30,1a
	KP Fértil + Fert. Convencionais	16,4a	53,6a	118,2a	57,8a	79,4a	32,4a
	C.V.%	5,04	7,11	5,79	6,22	7,47	10,08
38 meses (2021)	Fert. Convencionais	10,0a	18,8a	147,0a			
	KP Fértil	8,9a	16,9a	145,3a			
	KP Fértil + Fert. Convencionais	9,6a	19,0a	146,4a			
	C.V.%	9,18	6,03	5,13			
50 meses (2022)	Fert. Convencionais	11,3c	26,5a	179,4a			
	KP Fértil	12,0b	31,4a	186,0a			
	KP Fértil + Fert. Convencionais	13,0a	31,0a	182,0a			
	C.V.%	1,91	13,08	3,76			
(2023)	Fert. Convencionais	12,4a	36,7b	201,8a			
	KP Fértil	12,7a	39,7ab	183,3b			
	KP Fértil + Fert. Convencionais	13,1a	43,5a	203,3a			
	C.V.%	3,23	6,49	3,82			

Médias seguidas pela mesma letra não se diferem entre si estatisticamente a 5% de probabilidade no teste de Tukey entre os tratamentos no mesmo período de avaliação.

As avaliações biométricas indicam que a disponibilidade de nutrientes do KP Fértil pode suprir a planta no desenvolvimento vegetativo em comparação ao uso de fertilizantes convencionais. Destaca-se o nº de internódios com resultados estatisticamente semelhantes ao padrão testemunha, conforme verifica-se na **Tabela 4**.

4.2 Produtividade

Conforme observado na biometria, os tratamentos KP Fértil apresentaram maior diâmetro de copa e número de internódios, o que foi refletido por uma produtividade superior. Na safra de 2021, o T2 (KP Fértil) produziu 7,6 sacas por hectare a mais comparado ao T1 (Fert. Convencionais), enquanto a maior

produtividade obtida na primeira safra foi observada no T3 (Fert Conv + KP Fértil).

Já na safra de 2022 foi observada uma queda de produtividade acentuada e generalizada em todos os tratamentos. No entanto, os tratamentos que utilizam KP Fértil apresentaram uma produtividade de 4 a 7,6 sacas por hectare a mais. Um dos fatores que pode explicar este cenário foram os déficits hídricos ocorridos entre os meses de abril a junho de 2021, prejudicando o desenvolvimento das gemas florais, e de março a abril 2022, interferindo negativamente na granação e formação dos frutos.

Atrelado ao déficit hídrico, as temperaturas elevadas também podem afetar a produtividade. A região de Araguari apresenta temperatura média anual de 22,6 °C, sendo considerada região marginal para cultivo de café arábica (Matielo et al, 2020). Dessa forma, as temperaturas elevadas e déficits hídricos em períodos críticos podem ter acarretado na quebra de produção, onde o cafeeiro é um cultivo muito sensível às condições climáticas (Aparecido et al., 2015), sendo a produtividade do cafeeiro fortemente influenciada pelo suprimento adequado de água e de nutrientes (Coelho et al., 2009).

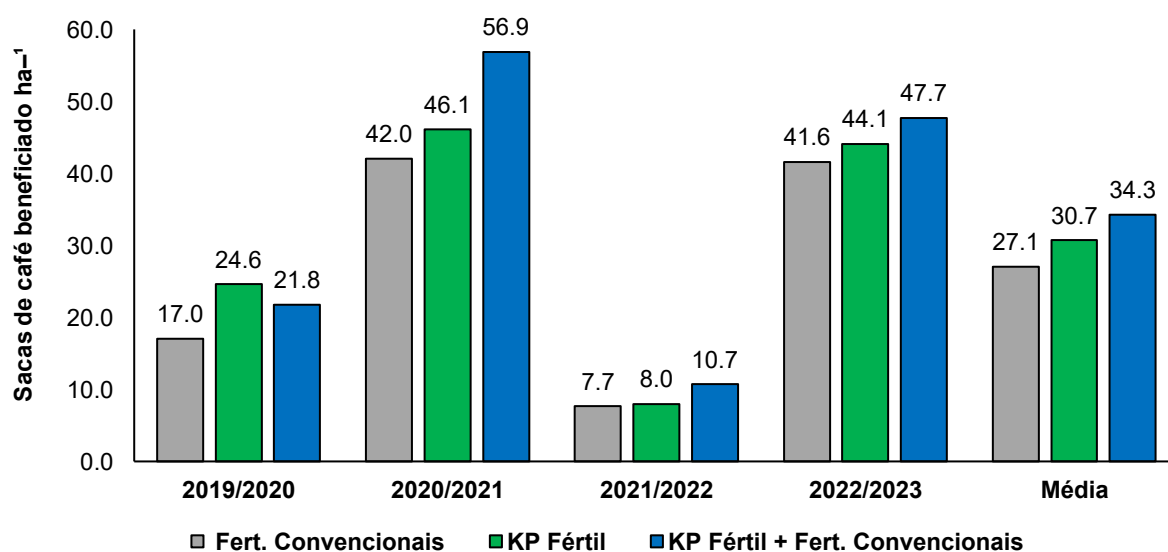


Figura 1: Produtividade das safras – de 2019 a 2023 (sacas beneficiadas/ha).

Com isso, os dados de produtividade endossam o potencial agrônomo do KP Fértil em ofertar fósforo e potássio ao cafeeiro e a resiliência das plantas em contornarem situações de déficit hídrico.

O estágio de maturação dos frutos foi avaliado em um litro de café colhidos no momento da colheita. Os frutos foram separados e avaliados, conforme a sua maturação (**Tabela 5**).

Tabela 5: Avaliação de maturação – de 2021 a 2023 (%). Amostras em 1,0 litro.

Tratamentos	Média Maturação (%)				
	Verde	Verde Cana	Cereja	Passa	Boia
Safra 2021/2022 (2ª Safra)					
Fert. Convencionais	0,17	7,95	17,02	27,52	47,25
KP Fértil	0,37	8,13	23,80	31,12	36,57
KP Fértil + Fert. Convencionais	0,47	4,85	35,10	30,52	29,05
Safra 2022/2023 (3ª Safra)					
Fert. Convencionais	0,00	2,20	4,40	8,50	84,90
KP Fértil	0,00	4,40	13,70	11,80	70,10
KP Fértil + Fert. Convencionais	0,00	5,30	8,30	10,80	75,60

Os resultados de maturação indicam que na safra 2022/2023 houve um aumento dos frutos secos em todos os tratamentos. Observa-se que os tratamentos com KP Fértil tem resultados melhores que o Convencional, e isso pode estar relacionado com a liberação gradual de nutrientes do produto, que proporcionou um melhor aproveitamento pela planta. Por ser um produto natural e está presente no solo durante todo tempo, suprimindo assim as necessidades da planta.

As avaliações de rendimento, porcentagem de peneiras e renda são apresentados na **Tabela 6**. Os resultados demonstram que houve uma melhora significativa dos tratamentos em relação a testemunha no volume de litros de café para obter 60kgs de café beneficiado.

Tabela 6: Rendimento da safra – de 2021 a 2023 (%). Amostras em 10 litros de café cocô.

Tratamentos	Beneficiamento		<14	% Peneiras (1,0kg)					Soma das Peneiras (%)		
	Renda %	Rendimento (Lt/60kg)		15	16	17	18	19	<14/15	16/17	18/19
Safra 2021/2022 (2ª Safra)											
Fert. Convencionais	45,52	671,10	22,67	15,75	24,50	24,05	13,62	0,00	38,42	48,55	16,65
KP Fértil	49,11	559,80	26,92	19,80	23,00	22,00	8,45	0,00	46,72	45	8,45
KP Fértil + Fert. Convencionais	48,00	575,20	14,35	16,35	20,50	24,95	24,30	0,00	30,7	45,4	24,3
Safra 2022/2023 (3ª Safra)											
Fert. Convencionais	41,90	477,30	19,90	20,30	28,90	21,50	7,20	2,20	40,20	50,40	9,40
KP Fértil	48,80	458,60	16,30	18,30	29,00	23,90	9,80	2,70	34,50	52,90	12,50
KP Fértil + Fert. Convencionais	49,10	448,30	18,50	20,40	30,80	22,00	6,40	1,90	38,90	52,80	8,20

4.3 Qualidade da Bebida

A qualidade de bebida dos cafés variou entre 77,25 e 80, sendo o tratamento que aplicou prioritariamente o KP Fértil como fonte de P e K, que a melhor pontuação (80 pontos), melhor tipo de bebida, com aspectos de qualidade bastante apreciados, principalmente em relação à acidez cítrica.

A avaliação de café pela prova de xícara, é realizada de acordo com a metodologia SCAA (Specialty Coffee Association of America), e varia em uma escala que vai de 60 a 100 pontos. Cafés com pontuações entre 70 e 75 são classificados como Muito Bons, já os cafés com pontuações iguais ou superiores a 80, são classificados como excelentes, enquadrando na classe especial.

O manejo de adubação utilizando o KP Fértil propicia um ambiente solo mais equilibrado e rico quimicamente e biologicamente, possuindo efeito salino praticamente nulo, além da ausência de cloro. O Cl em excesso nas plantas pode depreciar a qualidade da bebida do café pela redução da atividade da enzima polifenoloxidase, responsável por reduzir a oxidação de compostos aromáticos do café, reduzindo sua acidez (Machado, L. G., 2016; Carvalho et al., 1994).

Tabela 7: Análise sensorial da bebida café dentro dos respectivos tratamentos pela metodologia Specialty Coffee Association of America (SCAA).

Tratamento	Renda (%)	Qualidade de bebida	Tipo de bebida	Comentários
Fert. Convencionais	50	77,25	Duro	-
KP Fértil	47,5	80	Mole	Aroma de chocolate; Sabor: caramelo/chocolate; Acidez: cítrica; Finalização: boa
KP Fértil + Fert. Convencionais	48	78	Duro	-

4.4 Solo

4.4.1 Fósforo

Em relação a fertilidade do solo, foram observados comportamentos positivos nos tratamentos em que receberam o KP Fértil. O macronutriente fósforo obteve incrementos expressivos nos tratamentos com KP Fértil, podendo estar atrelado ao principal mineral de origem do P do KP Fértil, a apatita, apresentando assim boa solubilidade. Além disso, a presença de silício no Kamafugito, que quando transformado para silicato no solo, é capaz de promover o deslocamento do fosfato (PO_4^{3-}) da fase sólida para líquida (Santos et al., 2008; Schaller et al., 2019).

Assim, nos tratamentos com KP Fértil foram observados incrementos nos teores de Fósforo, na camada de 0 a 20 centímetros, da ordem de $66,4 \text{ mg dm}^{-3}$ (Resina) no tratamento 2 no ano de 2019, e 12 mg dm^{-3} e 9 mg dm^{-3} no tratamento 3 nos anos de 2020 e 2021, respectivamente. No ano de 2023, os maiores teores de fósforo foram observados nos tratamentos com KP Fértil, apresentando até $15,5 \text{ mg dm}^{-3}$ a mais de P no solo, reforçando a eficiência da adubação fosfatada via KP Fértil.

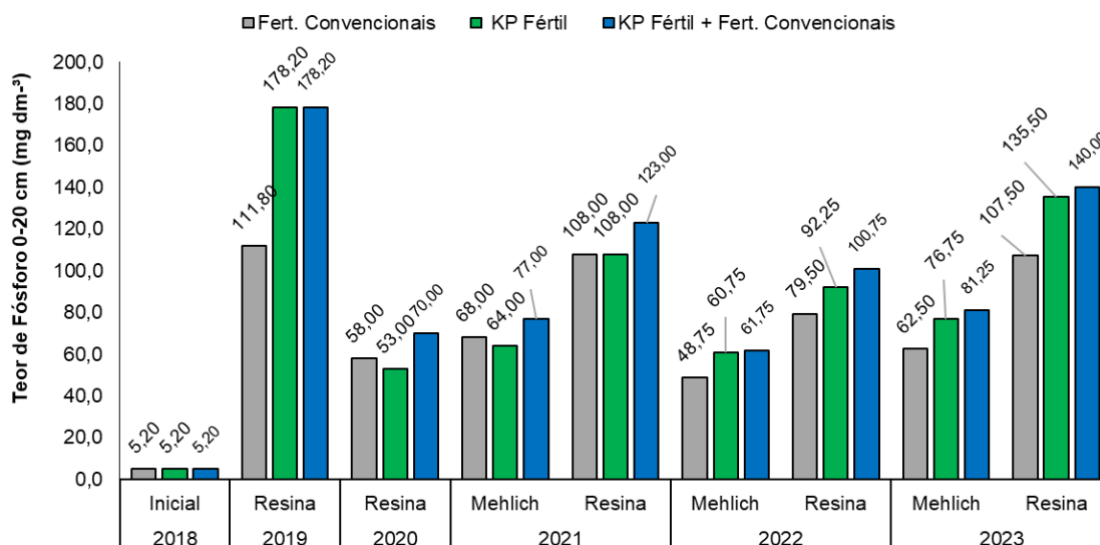


Figura 2: Teores de fósforo (Resina e Mehlich) no solo na camada de 0 a 20 centímetros.

Os incrementos são ainda mais expressivos na camada de 20 a 40 centímetros do solo nos tratamentos com KP Fértil, apresentando 8 a 16 mg dm^{-3} a mais de P no solo em 2020, e 30 a 43 mg dm^{-3} a mais em 2021, nos tratamentos 2 e 3, respectivamente. No ano de 2023, o teor de P determinado pela resina na camada de

20 a 40cm do solo nos tratamentos KP Fértil foram expressivamente maiores que o tratamento padrão (fert. Convencionais), com diferença de 30 mg dm⁻³.

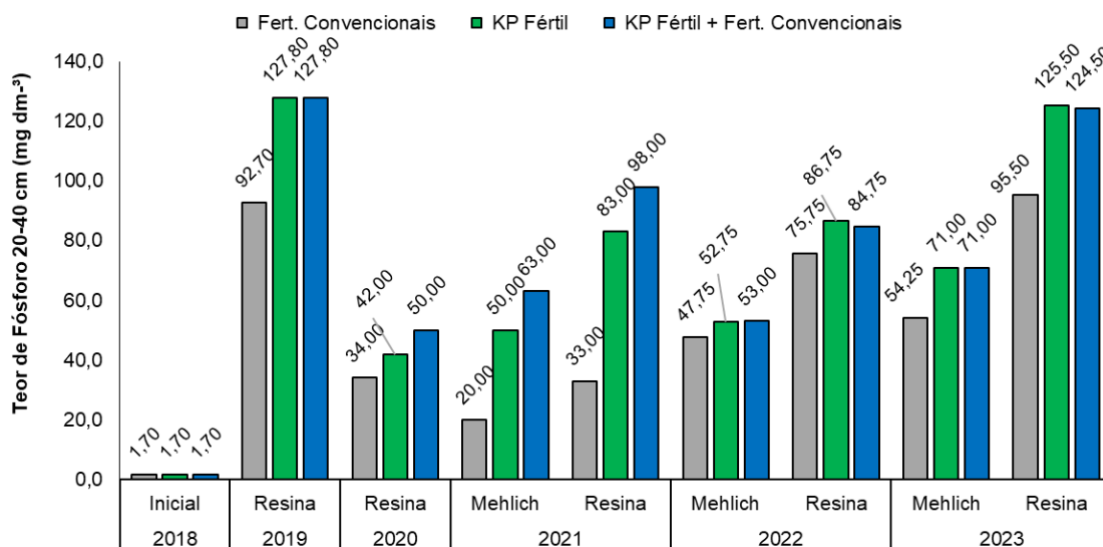


Figura 3: Teores de fósforo (Resina e Mehlich) no solo na camada de 20 a 40 centímetros.

4.4.2 Potássio

Quanto aos teores de potássio na camada de 0 a 20 centímetros do solo, foram observadas variações ao longo dos anos nos tratamentos. A exigência do K aumenta com a idade e, principalmente, com a frutificação (Guimarães e Mendes, 1997).

Os resultados indicaram que houve um decréscimo nos primeiros anos do teor de K nos tratamentos com KP Fértil, onde as produtividades médias foram de 17% (T2) a 25% (T3) maiores em relação a testemunha. Entretanto, em 2022, maiores teores de potássio foram observados nos tratamentos com o KP Fértil, apresentando teor até 94% maior na camada de 0 a 20cm comparado ao convencional.

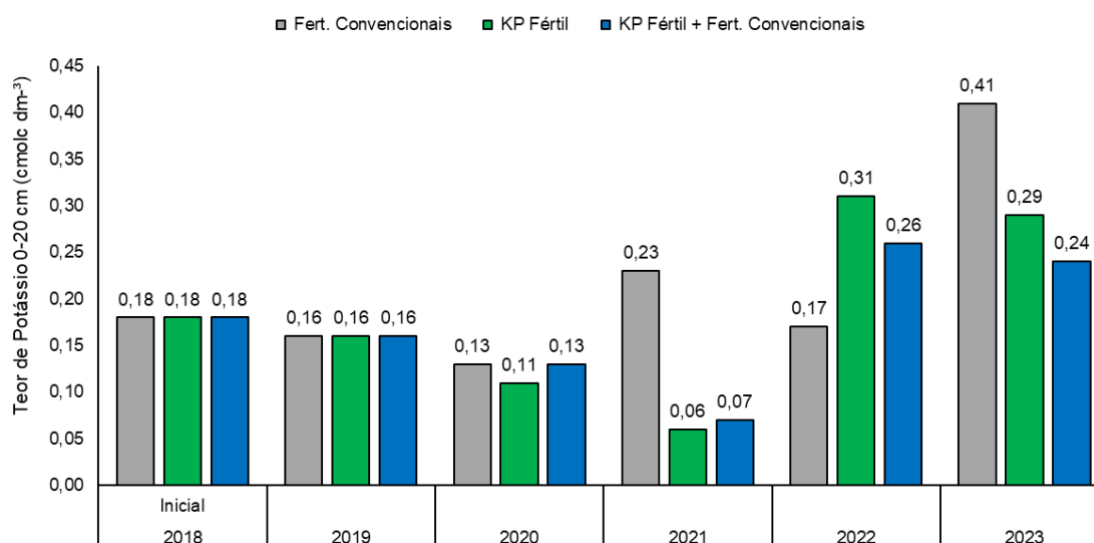


Figura 4: Teores de potássio no solo na camada de 0 a 20 centímetros.

Na camada de 20 a 40 cm os teores de K foram maiores em $0,08 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $0,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nos tratamentos KP Fertil. Os aumentos nos teores de potássio podem ser explicados pelo efeito potencializador da aplicação de composto orgânico enriquecido com o remineralizador na safra de 2022. O composto orgânico apresenta características que colaboram com a disponibilização e manutenção do potássio no sistema, seja por potencializar a solubilização dos nutrientes oriundos do KP Fertil, através do biointemperismo, ou atenuando a lixiviação do K via fontes convencionais, através da proteção promovida pelas cargas da matéria orgânica, formando uma espécie de quelato.

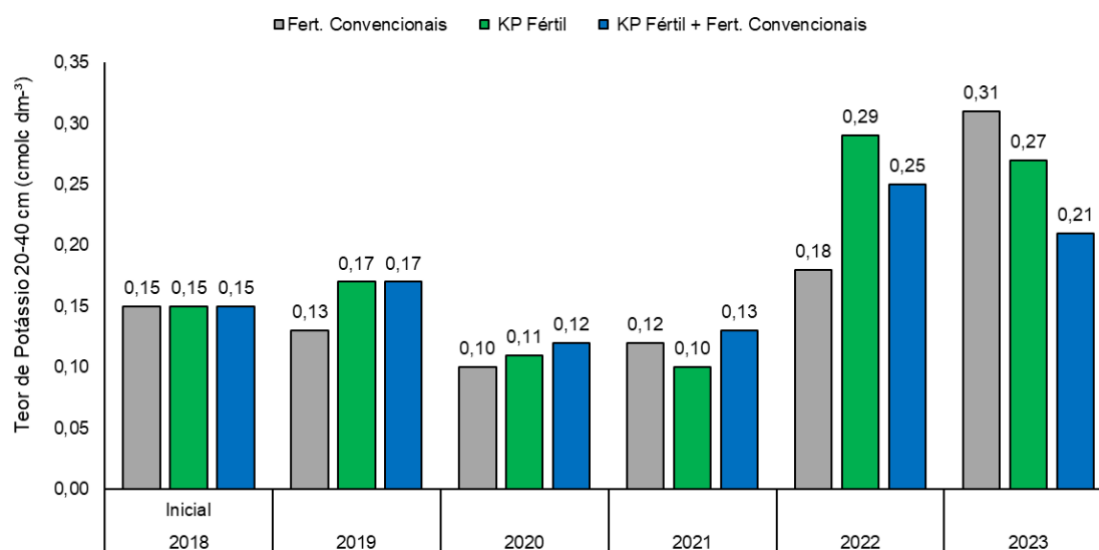


Figura 5: Teores de potássio no solo na camada de 20 a 40 centímetros.

4.4.3 Acidez do Solo

Ao longo dos anos de acompanhamento da área observou-se que houve uma acidificação do solo, independente das fontes de fertilizantes.

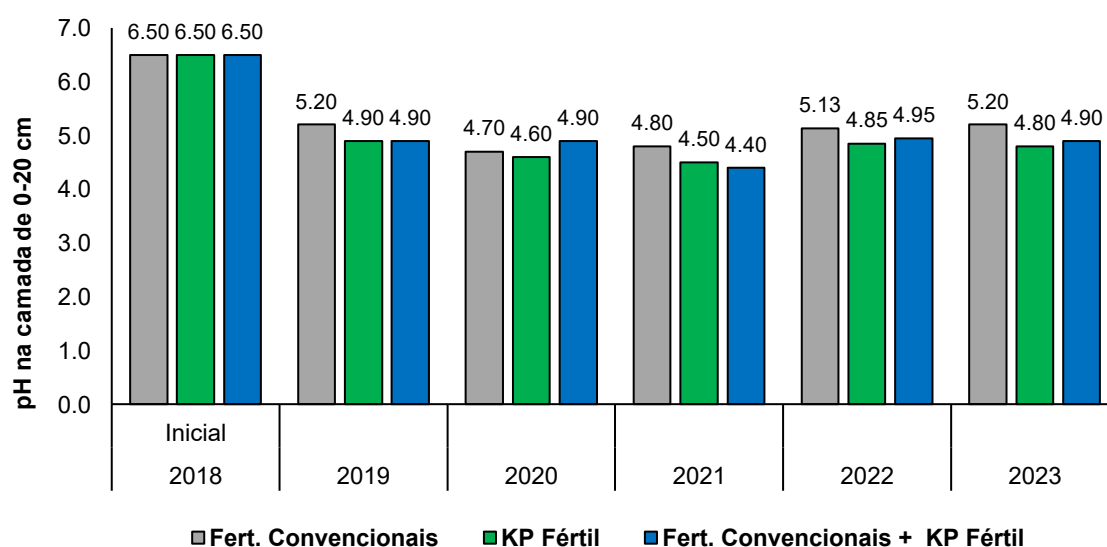


Figura 6: pH no solo na camada de 0 a 20 centímetros.

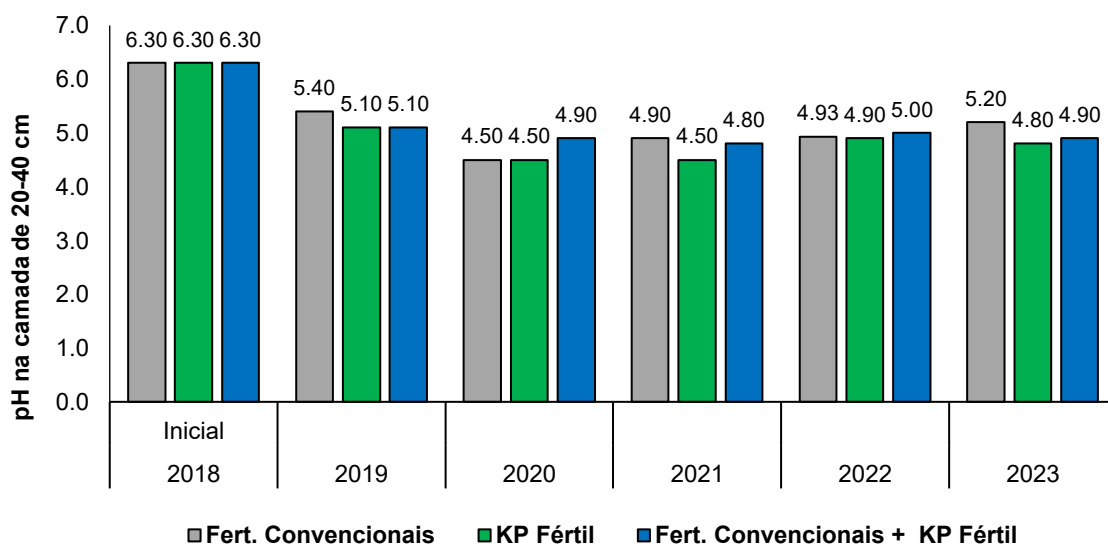


Figura 7: pH no solo na camada de 20 a 40 centímetros.

4.4.4 CTC do Solo

Os resultados da análise de solo demonstram que após o uso de KP Fértil nas áreas houve incremento da CTC comparado ao tratamento controle (Fert. Convencionais). Nos anos de 2019 a 2022 a CTC permaneceu maior no tratamento onde prioritariamente utiliza-se o KP Fértil como fonte de nutrientes, no entanto, observou-se que no ano de 2023 o tratamento das fontes associadas se destaca comparado aos demais tratamentos.

No entanto, ressalta-se ainda que a variação da CTC entre o tratamento convencional e os tratamentos com KP Fértil no ano de 2023 variam de 0,9 cmolc dm^{-3} a 1,5 cmolc dm^{-3} , confirmando que o uso do remineralizador auxilia no incremento da CTC do solo, promovendo um aumento da fertilidade do solo.

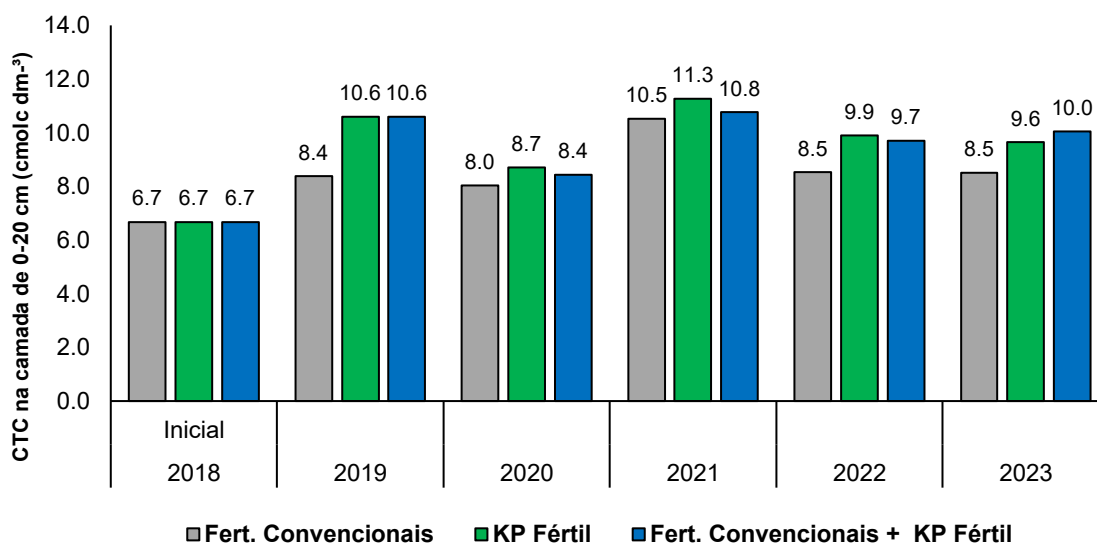


Figura 8: CTC (cmolc dm⁻³) no solo na camada de 0 a 20 centímetros.

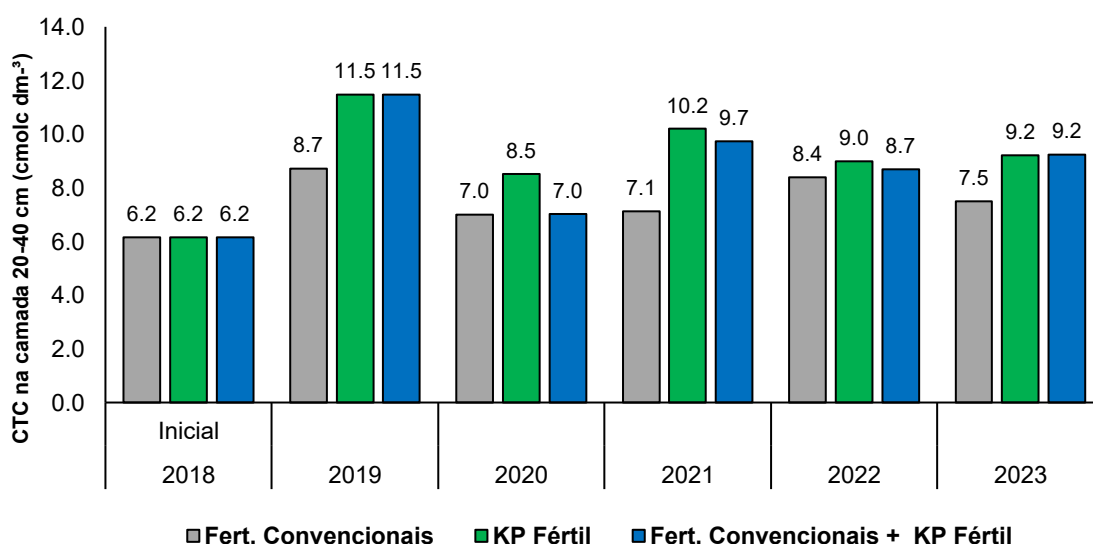


Figura 9: CTC (cmolc dm⁻³) no solo na camada de 20 a 40 centímetros.

4.5 Foliar

Os níveis de nutrientes na folha estão dentro dos parâmetros considerado ideal para o cafeeiro. As análises do solo e de folha constituem um conjunto de processos químicos que determinam a disponibilidade e a existência de nutrientes presente que são fundamentais para a nutrição das plantas. Como não é possível avaliar precisamente o estado nutricional somente por meio da observação visual, a análise promove, através de dados, a interpretação e correção de déficits nutricionais, e

prevenção de problemas nutricionais, evitando problemas ambientais decorrentes de aumento no uso de insumos de forma inadequada, como a redução da biodiversidade do solo que deve ser considerado.

Dentre os elementos analisados, observa-se que o manganês se destaca em todos os anos nos tratamentos com KP Fértil. Isso comprova que o remineralizador KP Fértil é um insumo que fornece esse micronutriente, devido sua composição mineral, enriquecendo o solo e nutrindo as plantas.

Tabela 8: Análise química das folhas ao longo dos anos de monitoramento – macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg).

Tratamento	(g/kg ⁻¹)					(mg/kg ⁻¹)						
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
2019	Fert. Convencionais	28,20	1,30	20,20	9,10	3,30	2,10	37,0	42,0	157,0	162,0	40,0
	KP Fértil	27,00	1,40	17,60	10,10	3,90	2,20	39,0	53,0	162,0	210,0	25,0
	Fert. Convencionais + KP Fértil	27,00	1,40	17,60	10,10	3,90	2,20	39,0	53,0	162,0	210,0	25,0
2020	Fert. Convencionais	31,20	1,20	21,00	10,90	2,50	1,40	36,0	9,6	157,0	154,0	36,0
	KP Fértil	33,60	1,30	12,00	10,90	3,70	1,80	42,4	9,5	129,0	245,0	40,0
	Fert. Convencionais + KP Fértil	33,10	1,40	11,20	12,10	3,30	1,60	49,9	8,7	124,0	259,0	37,0
2021	Fert. Convencionais	29,30	1,30	23,50	11,10	2,70	1,90	31,1	23,0	220,0	244,0	50,0
	KP Fértil	28,40	1,40	9,90	14,10	5,00	1,80	64,6	19,0	220,0	308,0	59,0
	Fert. Convencionais + KP Fértil	29,30	1,50	18,80	12,30	3,20	2,00	49,3	16,0	246,0	339,0	37,0
2022	Fert. Convencionais	32,40	1,80	25,20	8,80	2,70	2,80	23,9	11,5	210,5	173,5	27,3
	KP Fértil	29,80	1,50	23,80	10,50	3,20	2,40	42,5	11,8	220,3	264,0	23,0
	Fert. Convencionais + KP Fértil	30,20	1,60	19,90	10,30	2,80	2,50	31,8	12,5	224,0	164,3	22,0
2023	Fert. Convencionais	33,43	1,80	24,75	8,50	4,50	1,15	52,3	32,5	64,8	157,3	11,0
	KP Fértil	33,83	1,80	22,50	9,25	4,30	1,18	56,8	24,8	54,8	215,3	12,8
	Fert. Convencionais + KP Fértil	33,25	1,85	21,50	9,25	3,88	1,15	55,3	29,0	55,8	181,8	14,3

4.6 Análise Econômica

O manejo adotado sob uso da associação de KP FÉRTIL e fertilizantes convencionais proporcionou maiores produtividades e menores custos de produção, o que possibilitou uma maior rentabilidade ao longo do acompanhamento da área de estudo.

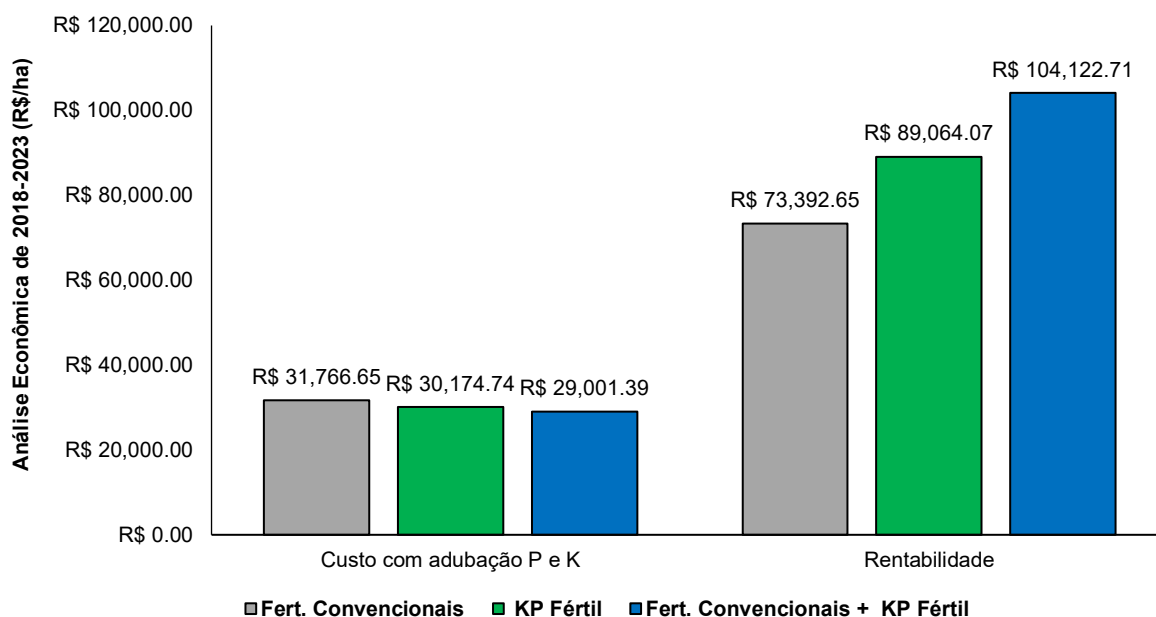


Figura 10: Análise econômica considerando custos de adubação de P e K dos anos de 2018 a 2023, e rentabilidade da produção (R\$/ha).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S. Sensitivity of newly transplanted coffee plants to climatic conditions at altitudes of Minas Gerais, Brazil. *Australian Journal of Crop Science*, Queensland, v. 9, n. 2, p. 160-167, 2015.
- CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; CHALFOUN, S. M.; BOTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. I. Atividades de polifenoloxidase e peroxidase, índice de coloração de acidez. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 29, p. 449-454, 1994.

- COELHO, G. et al. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuaí'. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 01, p. 67-73, 2009.
- MARTINS, J.L. Aproveitamento de cinza de carvão mineral na agricultura. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS.2001.
- GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. Nutrição mineral do cafeeiro. Lavras, UFLA/FAEPE, 70p, 1997.
- MACHADO, L.G. Características químicas do solo, produtividade e nutrição de café e capim braquiária fertilizados com pó de fonolito e termopotássio. 2016.
- MATIELLO, J.B. et al. Cultura de Café no Brasil – Manual de Recomendações – ed. 2020.
- RAIJ, B. van et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/FUNDAG (Boletim Técnico, 100). 285 p. 1997.
- SANTOS, D. R. dos.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v.38, n.2, p.576-586, 2008.
- SCHALLER, J. et al. Silicon increases the phosphorus availability of arctic soils. *Scientific Reports*, 9:449, 2019.
- SUSTAKOWSKI, M. Teor de nutrientes, propriedades físicas do solo e produtividade de soja após a aplicação de pó de rocha associado a plantas de cobertura. Dissertação (Magistério em Ciências). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2021.

6 ANEXOS



Anexo 1 – Manejo da Calagem, Gessagem, aplicação de KP Fértil e composto na safra 22/23.



Anexo 2 – Fotos dos tratamentos pela ordem em março de 2023 (T1 – 100% Fontes Convencionais; T2 – 100% KP Fértil; T3 – Fertilizantes Convencionais + KP Fértil).



Anexo 3 – Fotos da maturação – rosetas com pouco frutos (Abril de 2023).



Anexo 4 – Fotos do manejo da braquiária na entrelinha do cafeeiro (Maio de 2023).



Anexo 5 – Estado do cafeeiro pós-colheita (Julho de 2023).



Anexo 6 – Colheita das parcelas e maturação dos frutos (Julho de 2023).