



**MATHEUS MIRANDA MESQUITA BOTREL**

**MATURAÇÃO DE FRUTOS E CLASSIFICAÇÃO DE GRAÕS DE  
CAFÉ SOB DIFERENTES TÉCNICAS AGRONÔMICAS**

**LAVRAS – MG**

**2022**

**MATHEUS MIRANDA MESQUITA BOTREL**

**MATURAÇÃO DE FRUTOS E CLASSIFICAÇÃO DE GRAÕS DE CAFÉ  
SOB DIFERENTES TÉCNICAS AGRONÔMICAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Dalysse Toledo Castanheira  
Orientadora

Ms. Alisson André Vicente Campos  
Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2022**

**MATHEUS MIRANDA MESQUITA BOTREL**

**MATURAÇÃO DE FRUTOS E CLASSIFICAÇÃO DE GRAÕS DE CAFÉ  
SOB DIFERENTES TÉCNICAS AGRONÔMICAS**

**MATURATION OF FRUITS AND CLASSIFICATION OF COFFEE BEANS UNDER  
DIFFERENT AGRONOMIC TECHNIQUES**

Monografia apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como  
parte das exigências do Curso de  
Agronomia, para a obtenção do título de  
Bacharel.

APROVADA em 22 de setembro de 2022

Prof.º Dr. Rubens José Guimarães UFLA.

Ms. Mauro Magalhães Leite Faria UFLA.

---

Prof.º Dr.º. Dalysse Toledo Castanheira  
Orientador

---

Ms. Alisson André Vicente  
Campos  
Coorientador

**LAVRAS – MG  
2021**



## AGRADECIMENTO

Primeiramente à Deus por me guiar durante toda jornada, e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos ao longo da graduação.

Aos meus pais Gustavo Chaves Botrel e Juliana Schiavon Miranda Mesquita Botrel, que nunca mediram esforços para que eu pudesse alcançar meus sonhos e objetivos, e por todo o carinho e apoio.

Ao meu irmão Rafael Miranda Mesquita Botrel pela amizade e cumplicidade em todos os momentos.

A minha namorada Morgana Alckmim Rezende Baratti pelo apoio e carinho durante todo esse processo.

Aos amigos que me acompanharam e fizeram parte junto comigo dessa caminhada.

Às minhas avós Marialba Botrel e Rosa Miranda por todo o apreço e atenção que sempre tiveram comigo. E também ao meu avô Francisco José Botrel “In Memoriam” por sempre ter sido meu maior exemplo e me fez apaixonar pela profissão que decidi seguir.

A Universidade Federal de Lavras e ao NECAF por todas as experiências, aprendizados e pelas amizades proporcionadas.

A professora Doutora Dalyse Toledo Castanheira e ao coorientador Ms. Alisson André Vicente Campos, pela orientação e oportunidade que me concederam nesse fim de curso.

Muito obrigado!

## RESUMO

A cafeicultura é impactada diretamente pela disponibilidade de água, principalmente em estádios críticos da produção. Esse fator limitante afeta a produtividade e a qualidade do cafeeiro, principalmente durante a expansão e granação dos frutos. O déficit hídrico no solo pode ser amenizado com técnicas agronômicas que permitam a manutenção tanto da umidade quanto da temperatura do solo. A utilização de plantas para cobertura do solo, ou mesmo filmes de polietileno são opções de manutenção de umidade; além disso, a utilização de condicionadores; fertilizantes de liberação controlada entre outros são opções ao produtor para uma cafeicultura mais sustentável. Nesse contexto, objetivou-se com o trabalho avaliar o efeito de diferentes associações de técnicas agronômicas para otimização da água no café, sobre a maturação e tamanho de peneira de cafeeiros cultivados em sequeiro. A condução do experimento foi realizada em campo, no setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA. O transplântio das mudas de café foi realizado em 2016, com a cultivar “Mundo Novo 379-19”, com espaçamento de 3,6 x 0,75. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com três repetições. Os fatores foram dispostos em esquema fatorial 3x2x5, perfazendo um total de 30 tratamentos alocados na área experimental em parcelas sub-subdivididas. A unidade experimental utilizada foi composta com seis plantas, sendo as duas das extremidades bordaduras. Nas parcelas, foram casualizados três manejos de cobertura do solo (filme de polietileno, manejo ecológico da braquiária e solo exposto), dois tipos de fertilizantes (convencional e fertilizante de liberação controlada) e cinco condicionadores de solo (casca de café, gesso agrícola, polímero hidrorretentor, composto orgânico e testemunha). Utilizou-se um filme de polietileno, instalado na linha de plantio logo após o transplântio do café. A sub-subparcela denominada testemunha não recebeu condicionador de solo, sendo influenciada apenas pelos fatores manejo e fertilizante. Todos os tratamentos foram reaplicados anualmente. A classificação física não apresentou diferença significativa para os fatores cobertura e tipo de fertilizantes. Os condicionadores tiveram diferença significativa em relação aos crivos para café moça, peneiras 12 e 11, com o pior tratamento relacionado a testemunha. Quanto à homogeneidade da maturação também apresentou diferenças significativas quando se variou a cobertura e os fertilizantes. Os condicionadores de solo apresentaram valores significativos para os estágios de maturação verde, verde cana e ce-reja. O tratamento com composto orgânico influenciou para maior quantidade de cafés verde cana, ao passo que o tratamento com gesso agrícola teve maior porcentagem de cafés cerejas.

Palavras-chave: Homogeneidade dos frutos, Peneiras, Cobertura do solo, Condicionadores de solo, Fertilizantes.

## ABSTRACT

Coffee production is directly impacted by the availability of water, especially at critical stages of production. This limiting factor affects coffee productivity and quality, especially during fruit expansion and graining. The water deficit in the soil can be alleviated with agronomic techniques that allow the maintenance of both soil moisture and temperature. The use of plants for ground cover, or even polyethylene films are options for maintaining moisture; in addition, the use of conditioners; controlled release fertilizers, among others, are options for the producer for a more sustainable coffee production. In this context, the objective of this work was to evaluate the effect of different associations of agronomic techniques to optimize water in coffee, on the maturation and sieve size of coffee plants grown in rainfed conditions. The experiment was carried out in the field, in the coffee sector of the Universidade Federal de Lavras – UFLA. The transplanting of coffee seedlings was carried out in 2016, with the cultivar “Mundo Novo 379-19”, with a spacing of 3.6 x 0.75. The experimental design used was in randomized blocks with three replications. The factors were arranged in a 3x2x5 factorial scheme, making a total of 30 treatments allocated in the experimental area in sub-divided plots. The experimental unit used consisted of six plants, with the two ends being borders. In the plots, three soil cover managements (polyethylene film, ecological management of brachiaria and exposed soil), two types of fertilizers (conventional and controlled release fertilizer) and five soil conditioners (coffee husks) were randomized, agricultural gypsum, water-retaining polymer, organic compost and control). A polyethylene film was used, installed in the planting line right after planting the coffee. The sub-subplot called witness did not receive soil conditioner, being influenced only by management and fertilizer factors. All treatments were reapplied annually. The physical classification showed no significant difference for the coverage and fertilizer type factors. The conditioners had a significant difference in relation to the sieves for mocha coffee, sieves 12 and 11, with the worst treatment related to the control. The homogeneity of maturation also showed no significant differences in coverage and fertilizers. Soil conditioners showed significant values for the stages of green, cane green and cherry maturation. The treatment with organic compost influenced the highest amount of green cane coffees, while the agricultural gypsum had a higher percentage of cherry coffees.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1. A cultura do café no contexto das mudanças climáticas.....	2
2.2. Cobertura do solo.....	3
2.3. Condicionadores de solo .....	5
2.4. Fertilizantes .....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3.1. Caracterização da área .....	7
3.2. Delineamento experimental.....	9
3.3. Avaliações .....	11
3.4. Análises estatísticas .....	12
4. RESULTADOS .....	12
5. CONCLUSÕES .....	20
6. REFERÊNCIAS .....	20



## 1. INTRODUÇÃO

O café arábica (*Coffea arabica* L.) é uma commodity de grande importância para o setor agrícola nacional, sendo o Brasil o maior produtor e exportador global (International Coffee Organization – ICO, 2019; Faostat, 2020). Assim, a cafeicultura contribui significativamente para a subsistência de milhões de pequenos agricultores em todo o mundo (Pham et al., 2019). Na safra 2021/2022, 54,3 milhões de sacas foram beneficiadas, das quais 36,3 milhões foram destinadas à exportação (Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, 2022), resultando em US\$7,344 bilhões de receita cambial (Conselho dos exportadores de café do Brasil – Cecafé, 2022).

Em decorrência do aumento dos custos de produção e da competitividade dos mercados internos e externos, é imprescindível que se subtraia quaisquer fontes de perdas nas lavouras cafeeiras (DaMatta & Ramalho, 2006; Ayele et al., 2021; Mustopha et al., 2022). Todavia, diversos autores mostram que o café é altamente sensível às condições climáticas, principalmente à temperatura e à distribuição de recursos hídricos (Camargo, 2010; Pham et al., 2019; Ceballos-Sierra & Dall’Erba, 2021; Jawo et al., 2022). À vista disso, as projeções do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) indicam para uma queda de produtividade nos próximos anos devido a má distribuição de chuvas, aumento da temperatura média e demais fatores climáticos adversos.

A falta de água impacta diretamente a produtividade e a qualidade do cafeeiro, sobretudo durante a expansão e granação dos frutos (Oberthür et al., 2011; Ahmed et al., 2021). Apesar da irrigação atenuar tais efeitos, nem sempre ela está disponível ou dispõe de água em quantidade e qualidade suficientes para suprimir os requisitos do uso agrícola. Logo, estratégias para reduzir a vulnerabilidade das agroecossistemas às mudanças climáticas se fazem cada vez mais necessárias (DaMatta & Ramalho, 2006; Camargo, 2010; Jawo et al., 2022).

A utilização de plantas para cobertura do solo, ou mesmo filmes de polietileno são opções para manutenção da umidade. As plantas de cobertura podem auxiliar na manutenção da qualidade física do solo, além de possibilitar melhoria da fertilidade (Silva et al., 2021), enquanto que filmes de polietileno vêm sendo empregados por diversas vantagens tais como retenção de umidade no solo, diminuição da compactação, redução de perdas de nutrientes decorrentes de lixiviação e volatilização, inibição da incidência de plantas daninhas e aumento da qualidade das folhas e dos frutos (Nascimento et al., 2020).

Além disso, a utilização de condicionadores, fertilizantes de liberação controlada entre outros também são alternativas ao produtor para uma cafeicultura mais sustentável (Azevedo et al., 2002). Sendo assim, é importante dispor de tecnologias que otimizem o uso dos nutrientes

e reduzam os impactos ambientais, como no caso dos fertilizantes de eficiência aumentada, que disponibilizam os nutrientes gradualmente, diminuindo perdas por volatilização e lixiviação (Chagas et al., 2019).

Estudos que visem conciliar diferentes métodos de produção e manejo de plantas podem contribuir para atenuar os problemas causados em decorrência do déficit hídrico em áreas de cultivo de café no mundo. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes associações de técnicas agronômicas para otimização da água no café sobre a maturação e diâmetro dos frutos de cafeeiros cultivados em sequeiro.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. A cultura do café no contexto das mudanças climáticas**

Os efeitos das mudanças climáticas começam a ser observados com alteração dos padrões de precipitação e maior frequência de eventos extremos, e já afetam a segurança alimentar em regiões montanhosas da Ásia e América do Sul. Portanto, a biodiversidade, os ecossistemas, a saúde humana e a produção de alimentos correm risco de colapsar em função do aumento da temperatura média global, resultando em períodos de seca prolongada ou de chuvas extremas (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC, 2022).

Grüter et al. (2022) reiteram que mudanças na temperatura média do planeta irão afetar diretamente as principais regiões produtoras ou exigir medidas de adaptação no manejo agrícola, como o desenvolvimento de variedades mais tolerantes ao calor ou à seca. Nesse sentido, possíveis adequações têm sido extensivamente estudadas tanto em escala mundial (Bunn et al., 2015; Ovalle-Rivera et al., 2015) quanto em escala regional (Coltri et al., 2019; Dos Santos et al., 2021) para o café arábica, uma vez que ele tem sido descrito como uma cultura altamente sensível às mudanças climáticas (Pham et al., 2019).

Vários autores corroboram que a maioria das áreas produtoras de café em atual crescimento sofrerão graves reduções na adequação climática (Coltri et al., 2019; Pham et al., 2019; Dos Santos et al., 2021). De acordo com estes estudos, em apenas regiões específicas, principalmente em elevações ou latitudes mais altas, o cultivo de café pode ter vantagens com as mudanças climáticas. No entanto, nenhum desses estudos levou em consideração fatores do solo, como inclinação, pH e textura, em suas avaliações.

A fim de resolver tais lacunas, Grüter et al. (2022) modelaram a adequação atual e futura do café arábica em escala global com base nas necessidades climáticas e de solo da cultura e verificaram que fatores climáticos, principalmente estações secas longas, temperaturas médias

(muito altas ou muito baixas) e precipitação anual (muito altas ou muito baixas), foram mais restritivas para a extensão global de regiões de cultivo adequadas do que os parâmetros do solo, que eram principalmente pH baixo, textura desfavorável e encostas íngremes.

Estudos têm avaliado o impacto das mudanças climáticas no café usando três métodos: mapeamento de áreas de risco (Zullo et al., 2011); correlação entre temporal (Gay et al., 2006) ou variabilidade espacial da produção de café (Davis et al., 2012). Zullo et al. (2011) utilizaram déficit hídrico e risco de geada, além de uma temperatura anual média como parâmetro para projetar uma migração da produção de arábica para o Sul do Brasil, uma vez que estudos têm mostrado que áreas climaticamente adequadas para variedades de café podem ser substancialmente reduzidas em cenários futuros (Davis et al., 2012).

Portanto, o desenvolvimento, transferência e implantação de tecnologias, bem como o manejo adequado das áreas de cultivo são alternativas para mitigar os efeitos das mudanças climáticas (IPCC, 2021), devendo o produtor aumentar o uso das inovações para apoiar o agronegócio cafeeiro brasileiro (Ferreira et al., 2019).

## **2.2. Cobertura do solo**

A transição da agricultura para sistemas de cultivo mais agroecológicos é urgentemente necessária para assegurar a sustentabilidade na produção de alimentos e, conseqüentemente, da segurança alimentar apoiada em práticas ecologicamente corretas, à exemplo do controle biológico de pragas e doenças, rotação de culturas, integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou plantas de cobertura do solo (Tscharntke et al., 2012; Wezel et al., 2014), que corresponde ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas 2 (ou seja, acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável) (Griggs et al., 2013).

O uso de cobertura vegetal tem sido foco de pesquisas mais recentes e seus benefícios no solo são amplamente discutidos na literatura (Andrioli & Prado, 2012; Carvalho et al., 2018; Pereira et al., 2020; Bergamaschi et al., 2022), sendo seu emprego justificado pela maior técnica, uso intensivo dos solos e emprego exacerbado de fertilizantes sintéticos (Oliveira, 2014). Assim, tem-se dado grande importância às técnicas de manejo que conservem o solo e aumentem a biodiversidade.

O manejo da cobertura do solo pode ser realizado por diversas práticas agrícolas, utilizando-se de cobertura viva, como culturas de cobertura espontânea ou semeada, ou cobertura morta, tal como filme de polietileno, composta de resíduos e resíduos da cultura anterior, ou mulch impermeável, como mulch plástico (Mottes et al., 2014). Tais mecanismos vêm sendo amplamente discutidas no meio acadêmico desde a década de 1910 no Brasil, com a publicação de “Adubosverdes: sua produção e modo de emprego”, por Dutra (1919).

Igue (1984) enfatiza que o uso de plantas de cobertura aumenta o teor de matéria orgânica, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a disponibilidade de macro e micronutrientes; formação e estabilização de agregados; diminuição da variação térmica; aumento da infiltração e retenção de água; aeração; controle dos nematoides e, no caso das leguminosas, incorporação de N ao solo. A cobertura do solo auxilia ainda na preservação da biodiversidade, disponibilizando recursos como abrigo e alimento para algumas espécies de pragas e inimigos naturais (ALTIERI et al, 2003).

Algumas das principais espécies de plantas de coberturas mais utilizadas em sucessão e rotação com culturas anuais são aveia (*Avena sativa* L.), linhaça (*Linum sitatissimum* L.), centeio (*Secale cereale* L.), triticale (*Triticum secale* Wittmack), colza (*Brassica* spp. L.), crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), milheto (*Pennisetum glaucum*), sorgo (*Sorghum bicolor*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna (*Mucuna* spp.), crotalária (*Crotalaria juncea*) e braquiária (*Urochloa brizantha*, *U. decumbens* e *U. ruziziensis*) (Albrecht et al., 2018; Damasceno, 2019).

O manejo do cafeeiro associado a braquiária é promissor, uma vez que apresenta adaptação a diferentes condições de solo e clima, boa produção de matéria seca, arquitetura reduzida e cobertura do solo densa (Wutke; Calegari; Wildner, 2014). Contudo, para usufruir dos benefícios da planta de cobertura e evitar a competição com o cafeeiro, técnicas corretas de manejo devem ser empregadas, sendo indicado manter uma faixa de 1,0 m de cada lado das linhas de café, livre de braquiária (Souza et al., 2006; Alecrim, 2019).

Sob outra perspectiva, o *mulching* (utilização de filme de polietileno) é uma tecnologia que vem sendo empregada amplamente no cultivo de olerícolas, apresentando diversas vantagens tais como retenção de umidade no solo (Assis et al., 2017), diminuição da compactação, redução de perdas de nutrientes decorrentes de lixiviação e volatilização, inibição da incidência de plantas daninhas e aumento da qualidade das folhas e dos frutos (Blind & Silva, 2015).

O polietileno de dupla face branco/preto é o mais indicado para áreas de clima tropical, pois evita o aumento de temperatura da superfície do solo (Nascimento et al., 2020). Além das vantagens já mencionadas do uso do *mulching* como cobertura do solo, incrementos na produtividade já

foram observados em várias pesquisas (Lambert et al., 2017; Rocha et al., 2018; Araújo et al., 2019).

O aumento da pressão agrícola sobre os ecossistemas significa que agora é necessário repensar os métodos muitas vezes insustentáveis de gestão de recursos naturais usados na agricultura (Brown et al., 2000; Tilman et al., 2002). Portanto, é imprescindível para a agricultura sustentável não permitir a contaminação química do meio ambiente, perda de solo e impacto na biodiversidade, ao passo em que deve promover a redução da dependência de recursos não renováveis (energia, água) e cumprir os objetivos econômicos e sociais.

### **2.3. Condicionadores de solo**

Os condicionadores de solo podem ser descritos como produtos que melhoram a qualidade do solo ou do substrato quando associado a eles (Kämpf, 1999). Tais produtos têm potencial para otimizar os sistemas de produção de café, à exemplo do uso de fertilizantes de maior eficiência, gesso agrícola, polímero de retenção de água, casca de café, composto orgânico e outros, que podem atuar modificando as condições químicas, físicas e biológicas do solo (Nascimento et al., 2020; Geisseler et al., 2021; Jibril & Bekele, 2022; Luiz et al., 2022).

A casca de café é um material mucilaginoso fibroso resultante do processamento úmido e seco de frutos de café, podendo ser utilizado como fertilizante, ração animal e composto, à proporção que consiste em uma alternativa sustentável ao descarte desse coproduto, gerador de sérios problemas ambientais (Kasongo et al., 2011; Murthy & Madhava Naidu, 2012). À vista disso, pesquisadores mostraram que a casca de café é rica em resíduos agrícolas orgânicos, é um bom material para o processo de compostagem, aperfeiçoa a disponibilidade de N-total, P, Ca, Mg e, principalmente, K (Dzung et al., 2013; Sekhar et al., 2014). Além disso, confere proteção ao solo, suprime plantas daninhas e aumenta a matéria orgânica (Santos et al., 2001). Contudo, segundo Cervera-Mata et al. (2018), a aplicação direta da casca de café como fertilizante pode inibir o crescimento de algumas plantas pela presença de compostos fenólicos.

Outra alternativa de base agroecológica é a compostagem, método que proporciona a obtenção de adubo orgânico pelo uso de materiais de alta relação C:N (Araújo & Prezotti, 2013). O uso de tecnologias que possibilitem produzir a partir de materiais de baixo custo e de fácil aquisição, como matéria orgânica residual (Batjiaka & Brown, 2020), são alternativas para reduzir os custos da produção e aumentar a fertilidade e a matéria orgânica do solo (Ladha et al., 2011).

Diversos trabalhos vêm destacando os benefícios do composto orgânico no crescimento morfofisiológico e nutricional de plantas (Moreira et al., 2018; Braulio et al., 2019; Batjiaka &

Brown, 2020). No entanto, destaca-se que o material orgânico pode apresentar características químicas, físicas e biológicas variadas, como teores de nutrientes, relação C:N (Becker et al., 2010), densidade, porosidade total e a capacidade de retenção de água (Santos et al., 2012), resultando em diferentes respostas das plantas em função da quantidade e qualidade do adubo utilizado (Moreira et al., 2018; Braulio et al., 2019).

O gesso agrícola tem sido recomendado como condicionador de solo em função da baixa solubilidade e penetração de calcário, especialmente em sistema de plantio direto (Ritchey et al., 1980), uma vez que a sua solubilidade ( $2,5 \text{ g L}^{-1}$ ) é, em média, 170 vezes maior que a de calcário (Crusciol et al., 2016). Além disso, segundo Pauletti et al. (2014) o gesso agrícola é capaz de reduzir a saturação por Al, elevar os teores de Ca e S no perfil do solo e, uma vez assimilado, pode conferir resistência às plantas ao déficit hídrico (Vitti et al., 2018). Dessa maneira, esses efeitos podem favorecer o crescimento de raízes em camadas mais profundas do solo e, conseqüentemente, aumentar a eficiência do uso de água e nutrientes (Sousa et al., 2007).

Em conclusão, o *mulching* é uma tecnologia que vem apresentando bons resultados no cultivo de olerícolas em virtude da sua capacidade de reter a umidade no solo e, conseqüentemente, reduzir o consumo hídrico pela planta (Assis et al., 2017), diminuir a compactação, reduzir perdas de nutrientes decorrentes de lixiviação e volatilização, inibir a incidência de plantas daninhas e aumentar a qualidade dos frutos (Blind & Silva Filho, 2015). Portanto, a adoção de práticas sustentáveis de manejo aliadas ao reconhecimento e a escolha da cultivar são essenciais para o sucesso da atividade cafeeira.

#### **2.4. Fertilizantes**

O solo é um recurso natural de grande importância para a qualidade de vida do homem, já que possui diversas funções na ciclagem de nutrientes e da água. É no solo onde as plantas podem encontrar e absorver os nutrientes essenciais para o seu pleno crescimento e desenvolvimento. Segundo Ohland et al. (2005), quando adubação é fornecida em níveis adequados, ocorrem incrementos significativos em diversas características que influenciam diretamente a produção das plantas.

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas plantas, podendo ser disponibilizado pela mineralização da matéria orgânica do solo e por meio de fertilizantes nitrogenados (Otto et al., 2021). No entanto, o aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados fica em torno de 50%, devido à alta dinâmica do N no solo, tais como mobilidade, perdas por lixiviação, escoamento superficial, volatilização da amônia ou imobilização na biomassa microbiana (Lara Cabezas et al., 2004). À vista disso, atualmente, visando obter melhor aproveitamento da adubação

nitrogenada, o mercado tem ofertado novas opções de fertilizantes de acordo com a solubilidade, forma e composição (Moraes Neto et al., 2003).

Os fertilizantes de eficiência aumentada têm sido uma alternativa aos fertilizantes convencionais, principalmente o fertilizante de liberação controlada fabricados a partir do recobrimento de grânulos de fertilizantes convencionais com compostos, como o enxofre elementar, polímeros, poliésteres, ácidos graxos, látex, resinas a base de petróleo, cera e outros, formando barreiras físicas e controlam a liberação do nutriente de acordo com a temperatura, umidade e do contato com a água (Timilsena et al., 2015). Assim, possibilitam maior conciliação da liberação do nutriente com a demanda da cultura e, conseqüentemente, maior aproveitamento da adubação pelas plantas e redução de perdas (Guelfi, 2017).

O uso extensivo de fertilizantes minerais em culturas perenes deteriora o solo, que por sua vez, interfere na produtividade (Sangeeth & Suseela Bhai, 2016). Logo, espera-se que a aplicação de novas tecnologias para fertilização do solo permitirá enfrentar os desafios de segurança alimentar e sustentabilidade de ecossistemas para as futuras décadas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Caracterização da área**

O experimento foi conduzido em campo, instalado no setor de cafeicultura do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, região Sul de Minas Gerais, a 975 m de altitude média e coordenadas geográficas de 21°13'36,47 S e 44°57'40,35 O. De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é classificado como Cwa, reconhecido por seca entre os meses de abril e setembro e chuvas de outubro a março.

As mudas de café arábica do grupo Mundo Novo 'IAC 379-19' foram transplantadas em janeiro de 2016, sendo conduzido até outubro de 2018 sob espaçamento de 3,6 m na entrelinha e 0,75 m entre plantas. O solo da área experimental é caracterizado como um Latossolo de textura argilosa, e as suas propriedades químicas (camadas de 0 a 0,2 m e de 0,2 a 0,4 m) e granulometria antes da implantação são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química e física do solo em profundidade de 0-20 e 20-40 cm da área experimental no pré-plantio.

Ano	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	SB	(t)	(T)
	(H <sub>2</sub> O)	(mg dm <sup>-3</sup> )	.....(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ).....							
2021 – 0-20	5,3	54,8	234,4	3,13	0,5	0,8	4,62	4,3	5,1	8,9
2021 – 20-40	5,2	49,0	264,0	2,55	0,4	0,6	4,53	3,7	4,3	8,2
	V	M	M.O.	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	(%)	(dag kg <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>1</sup> )	----- (mg dm <sup>-3</sup> )-----						
2021 – 0-20	46,8	21,9	2,73	21,5	4,3	74,5	20,7	2,2	0,3	78,4
2021 – 20-40	44,1	19,4	-	-	-	-	-	-	-	104,1
			Argila			Silte			Areia	
Classificação do solo	.....(dag kg <sup>-1</sup> ).....									
Textura Argilosa			44			9			47	

Fonte: Do autor (2022).

Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos da 3rlab. Granulometria – Método pipeta adaptado. Peneira Mesh (0,22 mm). pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> - relação 1:2,5. Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol L<sup>-1</sup>; P - K - Extrator Mehlich 1; SB = Soma de bases; t = capacidade efetiva de troca de cátions; T = capacidade de troca de cátions; índice de saturação por bases; m = índice de saturação de alumínio; Matéria orgânica (MO); Prem = Fósforo remanescente. \* Conforme a capacidade de retenção de água: 3 – Argiloso.

### 3.2. Delineamento experimental

No estabelecimento do experimento, utilizou-se delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x2x5, totalizando 30 tratamentos alocados em parcelas subdivididas. Cada tratamento foi composto por três repetições, sendo cada parcela randomizada em três manejos de solos nas parcelas: (a) filme de polietileno, capim braquiária em manejo ecológico e vegetação espontânea como tratamento controle; dois tipos de fertilizantes utilizados na adubação do cafeeiro nas subparcelas: (b) convencional e de liberação controlada; e quatro condicionadores de solo nas sub-subparcelas: (c) casca de café, gesso agrícola, polímero hidrorretentor, composto orgânico e a testemunha sem nenhum desses condicionadores. A unidade experimental foi constituída por seis plantas, sendo as 10 plantas centrais consideradas úteis. Já para as plantas entre as linhas de tratamento, foi utilizada uma linha de bordadura para evitar interferência entre tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos experimentais. UFLA, Lavras – MG, 2016.

Trat	Manejo	Fertilizante	Condicionador de solo
T1			Casca de café
T2		Convencional	Gesso agrícola
T3			Polímero hidrorretentor
T4			Composto orgânico
T5	Filme de Polietileno		Testemunha
T6			Casca de café
T7		Liberação	Gesso agrícola
T8		controlada	Polímero hidrorretentor
T9			Composto orgânico
T10			Testemunha
T11			Casca de café
T12		Convencional	Gesso agrícola
T13			Polímero hidrorretentor
T14			Composto orgânico
T15	Capim Braquiária		Testemunha
T16			Casca de café
T17		Liberação	Gesso agrícola
T18		controlada	Polímero hidrorretentor
T19			Composto orgânico
T20			Testemunha
T21			Casca de café
T22		Convencional	Gesso agrícola
T23			Polímero hidrorretentor
T24			Composto orgânico
T25	Vegetação espontânea		Testemunha
T26			Casca de café
T27		Liberação	Gesso agrícola
T28		controlada	Polímero hidrorretentor
T29			Composto orgânico
T30			Testemunha

Fonte: Do autor (2022).

A fim de controlar a incidência de plantas daninhas, o manejo convencional com solo exporto (MCE) foi realizado por meio de aplicação de herbicidas pré-emergentes na entrelinha, e, na linha, com aplicação de pós-emergência. Já para o manejo ecológico com braquiária (MEB), foi semeado, a lanço, 10 kg ha<sup>-1</sup> de capim da espécie *Urochloa decumbens* em uma faixa de 1,60 m na entrelinha do cafeeiro, distante 1,00 m de cada lado das linhas de plantio. Neste tratamento o capim foi roçado nas entrelinhas, com auxílio de umaroçadora acoplada ao trator, sendo os cortes realizados sempre antes do florescimento. Após os cortes, a biomassa da braquiária foi colocada na linha de plantio sob a copa dos cafeeiros com auxílio de rastelos. Na cobertura com filme de polietileno (CFP), o filme de dupla face (preto e branco) foi colocado manualmente, com a face branca voltada para cima, ao longo da linha de plantio, com 1,60 metros de largura.

Para o tratamento da subparcela, foram utilizadas duas tecnologias diferentes para fornecer nitrogênio (N) e potássio (K) às plantas, sendo as aplicações divididas em 3 períodos, com

início em outubro e intervalos de 40 dias entre elas. O fertilizante convencional utilizado foi NPK 20-00-20, complementado com ureia convencional (45% N), quando necessário, enquanto que o fertilizante de liberação controlada (FLC) utilizado foi o “Polyblen montanha”, produto comercial com formulação 37-00-00 (37% N), aplicado uma única vez no fim de outubro. O cálculo para recomendação da quantidade aplicada de ambos o fertilizante foi realizado segundo estabelecido pela recomendação de Guimarães et al. (1999).

Em relação aos condicionadores de solo, o polímero hidrorretentor de água foi aplicado no momento da implantação do experimento. Para tanto, preparou-se uma solução com 1,5 kg do produto em 400 litros de água, deixado em descanso por 30 minutos para hidratação completa. Após este tempo, foi utilizado 1,5 litros da solução por cova de plantio, seguido da incorporação do polímero ao solo (Pieve et al., 2013).

O gesso agrícola (18% Ca e 15% S) foi aplicado no primeiro ano em cobertura, conforme recomendação de Guimarães et al. (1999), a partir dos resultados da análise de solo, na profundidade de 0,2 m a 0,4 m. A dose recomendada foi de 300 g m<sup>-2</sup>, sendo aplicada metade da dose em cada lado da linha de plantio. A mesma dose foi aplicada nos anos posteriores.

A aplicação do composto orgânico e da casca de café seguiu as recomendações de Guimarães et al., (1999), aplicando 10 litros por planta sob a copa dos cafeeiros, em cobertura, ao final de cada ano. O composto orgânico usado foi um produto comercial, contendo resíduos de fazendas e de granjas de produção de aves. A casca de café usada foi obtida pelo beneficiamento do café em coco (exocarpo, mesocarpo e endocarpo dos frutos). Por outro lado, a testemunha não recebeu nenhum condicionador de solo, sendo influenciada somente pelos fatores fertilizante e manejo.

### **3.3. Avaliações**

Em julho de 2021 realizou-se a colheita manual dos frutos em cada unidade experimental. Após realizar a derriça no pano, mensurou-se o volume de café maduro, e, em seguida, retirou-se uma amostra de 0,5 litros para a determinação da classe de maturação que os frutos se encontravam (verde, verde cana, cereja ou passa/seco), adaptados de Camargo e Camargo (2000). A classificação física foi realizada após todos os devidos processos de pós-colheita e beneficiamento, sendo retiradas amostras de 100 g para classificação dos grãos em peneiras 18, 17, 16, 15 e 14 para os grãos chatos (crivos oblongos) e as peneiras 12, 11, 10 e 9 para os grãos “moca” (crivos arredondados). Ressalta-se que as peneiras são dispostas de maneira alternada, ou seja, 18/12/17/11/16/10/15/9/14. Após o peneiramento, os grãos retidos em cada peneira foram peados.

### 3.4. Análises estatísticas

Os resíduos dos dados foram submetidos às pressuposições da Anova, verificando-se a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade pelo teste Bartlett. Em seguida, realizou-se a análise de variância com a significância das fontes de variação verificada pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

## 4. RESULTADOS

Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) da interação entre os fatores avaliados, portanto, cada fator foi analisado separadamente. Os fatores de cobertura do solo e tipo de fertilizantes não foram significativos ( $p > 0,05$ ) para a maturação dos frutos, independentemente da classe. Os condicionadores influenciaram a maturação dos frutos, apresentando maiores médias de cafés verdes nos tratamentos com casca de café e polímero hidrorretentor. A classe dos frutos verde canas teve maior influência do composto orgânico, enquanto o gesso agrícola apresentou maiores médias para frutos cerejas. Os frutos passas e secos não apresentaram médias significativas ( $p > 0,05$ ) em relação aos condicionadores de solo.

Apesar da cobertura do solo não ter exercido efeito na maturação dos frutos, Ragassi, Pedrosa e Favarin (2013) relataram diversos benefícios decorrentes do sistema de manejo ecológico da braquiária nas entrelinhas de lavouras de café, quais sejam por reduzir as oscilações de temperatura do solo, alocar os nutrientes da entrelinha para a linha de plantio, melhoria dos atributos físicos do solo e da capacidade de infiltração e retenção de água. Nesse sentido, uma possível explicação para a ausência de efeitos significativos do manejo ecológico do capim braquiária pode ser atribuído ao fato do solo onde o experimento foi conduzido já apresentar boa estrutura física e fertilidade em decorrência de trabalhos anteriores realizados nessa mesma área, que amenizaram os efeitos benéficos do consórcio com as plantas de café. A mesma hipótese pode ser atribuída à ausência de efeito entre os fertilizantes convencional e de eficiência aumentada.

Além disso, ressalta-se que para culturas perenes, a exemplo do cafeeiro, várias safras precisam ser analisadas para obtenção de resultados confiáveis, pois deve-se levar em consideração diversos fatores, tais como a bienalidade, a ocorrência de pragas/doenças e também as condições meteorológicas, as quais poderão interferir no desempenho da lavoura (Langoni et al.,

2019). Em solo enfraquecido pelo cultivo de eucalipto e reformado com citros, o uso da braquiária na entrelinha do pomar possibilitou, em seis anos, uma granulação superficial bem desenvolvida, com poros visíveis e macroagregados maiores que 10 cm de diâmetro (Rizzo, 2000).

Voltolini et. al. (2020) trabalharam na mesma área do presente trabalho e verificaram que o uso de composto orgânico ou casca de café resultou no aumento do pH do solo e da porcentagem de saturação por bases (V%), reduzindo, assim, a saturação de alumínio. Em vista disso, a casca de café como condicionador do solo pode proporcionar uma maturação mais acentuada dos frutos de café, por elevar os teores nutricionais do solo, especialmente de potássio. Portanto, em face da grande variedade de solos existentes no Brasil, com necessidades nutricionais diferenciadas, a aplicação de condicionadores é capaz promover respostas distintas no processo de maturação do cafeeiro, uma vez que na fase de enchimento de grãos a planta direciona grande quantidade de nutrientes das folhas para os frutos, como descrito por Fernández-Borrero et al. (1966). Assim, técnicas de manejo que visam melhorar a fertilidade dos solos, evitando perdas por lixiviação, volatilização, adsorção e outros, resultam em plantas bem nutridas, capazes de acelerar a maturação dos frutos.

A maturação dos frutos do cafeeiro constitui uma característica importante, pois influencia no critério que o produtor irá adotar para definir os talhões que serão colhidos previamente, podendo influenciar também na qualidade da bebida (Nascimento et al., 2020). Diversas pesquisas indicam que a casca de café é rica em resíduos agrícolas orgânicos, configura um bom material para o processo de compostagem, aperfeiçoa a disponibilidade de N-total, P, Ca, Mg e, principalmente, K (Dzung et al., 2013; Sekhar et al., 2014). No entanto, Cervera-Mata et al. (2018) salientaram que a aplicação direta da casca de café como fertilizante pode inibir o crescimento de algumas plantas, devido a ação de compostos fenólicos.

A maturação uniforme dos frutos é especialmente promovida quando existem condições favoráveis para o pegamento da primeira florada. Nesse sentido, a umidade do solo no período compreendido desde a florada até a fase de formação dos frutos constitui um fator substancial contribuindo para minimizar a quantidade de frutos verdes na colheita (Molin et al., 2008). Verificou-se que os tratamentos com casca de café e polímero hidrorretentor influenciaram positivamente o percentual de frutos verdes, havendo média de 33 e 28,5%, respectivamente, enquanto o composto orgânico influenciou sobre os grãos verdes cana, reunindo aproximadamente 20%.

Dessa forma, verifica-se que o uso dessas tecnologias não acelerou a maturação dos frutos, com exceção da aplicação de gesso agrícola, que exerceu efeito positivo no processo de maturação, uma vez que o percentual de grãos no estágio cereja foi superior aos demais tratamentos, o qual apresentou média de 37%. Nascimento et al. (2020) relatam que comumente

estas tecnologias aceleram o processo de maturação dos frutos de café, possivelmente em decorrência do aumento de temperatura do solo em relação a solos sem cobertura, fazendo com que o metabolismo radicular aumente, influenciando na absorção de íons, na taxa de transporte de nutrientes e no consequente amadurecimento dos frutos.

Os efeitos mencionados por Nascimento et al. (2020) não se repetiu no presente trabalho, permitindo supor que outros fatores ambientais interferiram sobre a maturação dos grãos, uma vez que todos os tratamentos, com exceção da aplicação de gesso agrícola, foram inferiores à testemunha. Ainda assim, testemunha resultou em um padrão de maturação muito semelhante ao tratamento com aplicação de gesso. A quantidade observada de frutos verdes pode ser considerada alta, 27,5%, em razão da recomendação para colheita ser inferior a 10% (Matiello et al., 2020). A grande quantidade de frutos verdes influencia na diminuição do rendimento e renda, além de afetar a qualidade da bebida (Molin et al., 2008; Nascimento et al., 2020).

Apesar da precocidade de maturação dos frutos ser controlada geneticamente (Carvalho, et al., 1991), essa característica é bastante influenciada pelas condições edafoclimáticas regionais, microclimáticas e sistemas de cultivo. Variações regionais e interanuais na fenologia de cultivares de café podem ocorrer devido às diferenças edafoclimáticas entre regiões de cultivo. Como consequência, podem não concretizar aqueles diferenciais esperados na maturação dos frutos.

Os chumbinhos e a expansão dos frutos ocorrem de setembro a dezembro, e, no caso de estiagem forte nessa fase, o estresse hídrico poderá prejudicar o crescimento dos frutos e resultar na ocorrência de peneira baixa. A quarta fase, denominada granação, ocorre quando os líquidos internos se solidificam, dando formação aos grãos. Acontece em pleno verão, de janeiro a março. As estiagens severas nessa fase também são prejudiciais, pois poderão resultar no chochamento dos frutos. Já a maturação dos frutos compreende normalmente os meses de abril, maio e junho. Nessa etapa, a evapotranspiração potencial (ETp) decresce significativamente e as deficiências hídricas moderadas beneficiam a qualidade do produto (Camargo & Camargo, 2001). Todas essas exigências ocorreram durante a condução do experimento, uma vez que entre outubro e abril houve registro de chuvas, com precipitação cumulada média de 250 mm, havendo diminuição da precipitação em março e abril, com tendência a baixos índices, como geralmente ocorre nas condições climáticas de Minas Gerais.

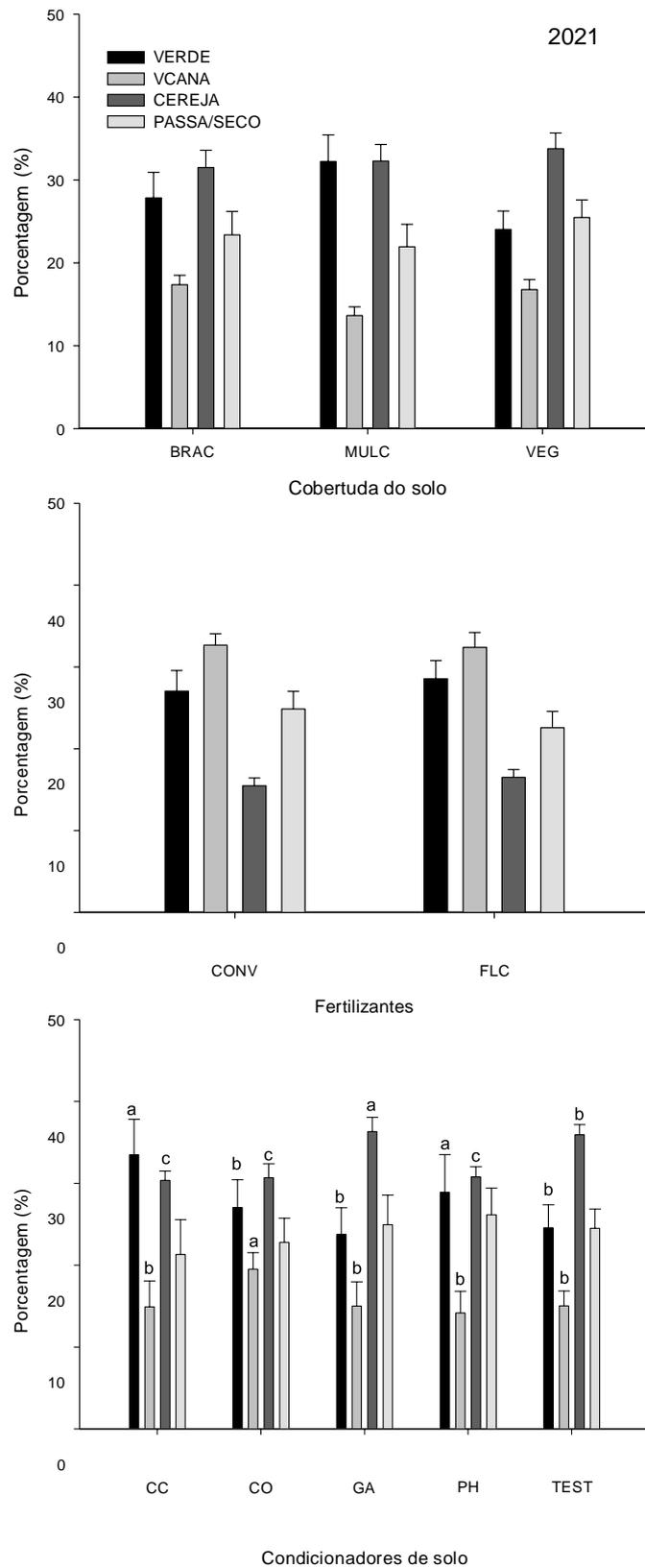
Diversos fatores podem afetar a qualidade final do café beneficiado grão cru, principalmente aqueles que antecedem a fase de beneficiamento, tais como condições climáticas antes, durante e após a colheita, adubação, tratos culturais e fitossanitários, maturação, secagem e

beneficiamento. Até mesmo após o beneficiamento, o grão pode ter perda da qualidade em função das condições de armazenamento (Custódio et al., 2007).

De acordo com Carvalho et al. (2014), temperaturas médias altas, por exemplo, provocam prejuízos, principalmente por ocasião do florescimento. Tal condição causa aborto das flores, diminuindo consideravelmente a produtividade e por outro lado, temperaturas muito baixas aumentam os riscos de ocorrerem geadas que são prejudiciais ao cafeeiro. Até então, a literatura cita que o excedente de água e o déficit são, em geral, as variáveis mais importantes para o amadurecimento do café (Petek et al., 2009; Aparecido et al., 2018).

A maturação uniforme dos frutos é promovida, principalmente, quando existem condições favoráveis para o pegamento da primeira florada. Neste sentido, a adequada umidade do solo no período compreendido desde a florada até a fase de formação dos frutos é um fator de extrema relevância, contribuindo para minimizar a quantidade de frutos verdes na colheita (Molin et al., 2008). Assim, o conhecimento dos efeitos dos elementos climáticos no desenvolvimento fenológico da cultura tem grande aplicação nas práticas de manejo, pois esses exercem grande influência nos estádios de desenvolvimento do cafeeiro.

Figura 2 – Maturação dos frutos de café sob aplicação de cobertura de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo em 2021.



O uso de coberturas do solo e tipos de fertilizantes não influenciaram a classificação física dos frutos (Figura 3). O fator condicionador de solos influenciou as peneiras de grãos chatos P17, com as médias mais baixas sendo atribuídas para o composto orgânico e gesso agrícola. As médias de grãos do tipo “moca” foram significativas para as peneiras P12, com o

pior desempenho do gesso agrícola e P11 com melhor desempenho para a testemunha, sendo assim não utilizar de condicionadores de solo pode aumentar a quantidade de grãos “mocas”. De forma geral, houve predominância dos grãos na peneira P15, sendo em ambos os tratamentos superiores a 30%. A classificação de P16 acima apresentou média geral de 33,41%, o que é considerado baixo. Esse índice é importante indicativo de classificação física para a comercialização dos grãos de café.

A classificação do café em peneiras objetivou separar os grãos em relação ao tamanho e formato nos diferentes tratamentos, procedimento de grande importância por permitir uma torração mais uniforme do produto. Quando comercializado, o café chato possui preço superior quando retido na peneira 17 acima (Langoni et al., 2019). Neste trabalho, verificou-se que 33,41% do café ficou retido nas peneiras 16, 17, 18 e 19.

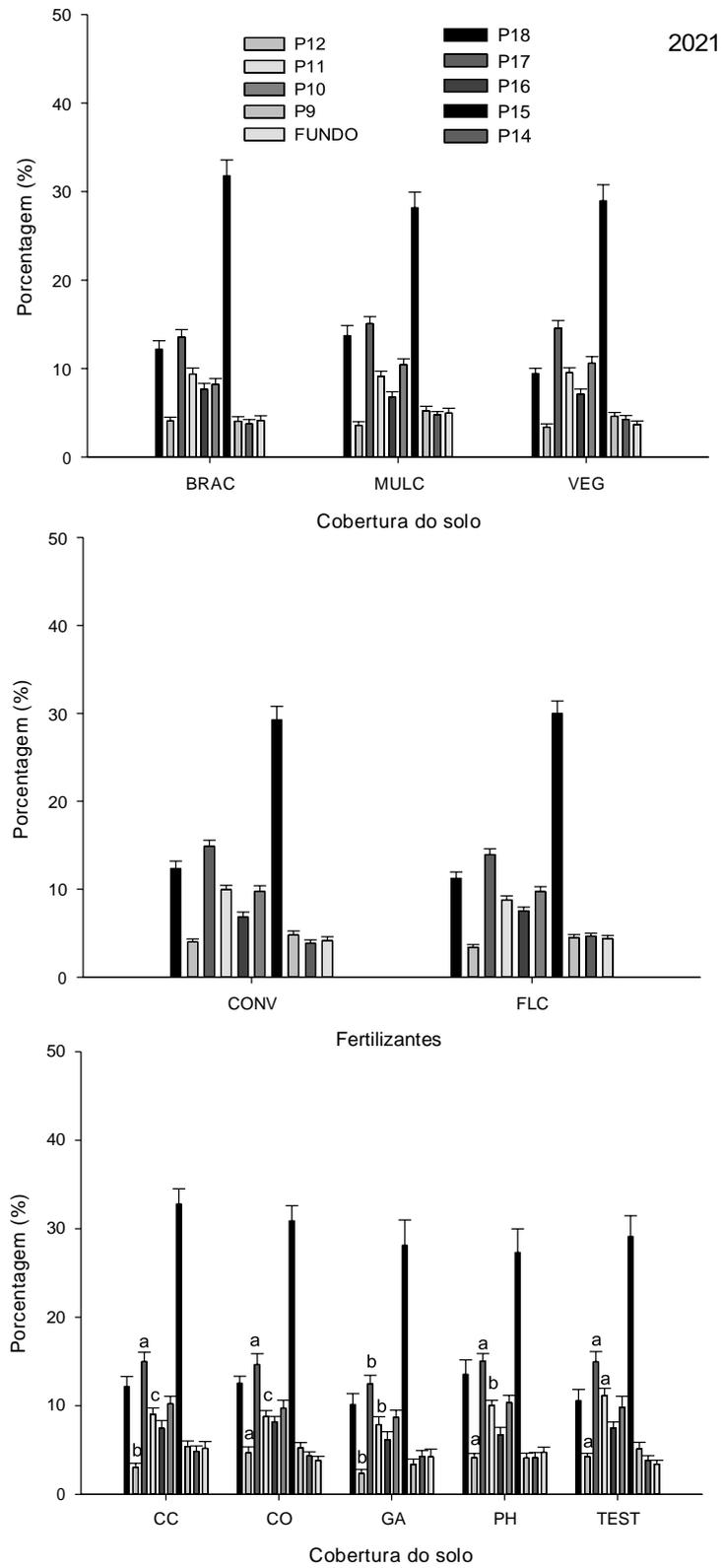
O grão “moca” é resultante da não fecundação de um dos óvulos do fruto que normalmente apresenta duas lojas. Sendo assim, apenas um grão se desenvolve, preenchendo o vazio deixado pelo outro e tomando a forma arredondada. De maneira geral, fatores relacionados às adversidades climáticas, genéticas e nutricionais podem suscitar a formação de grãos moca. Nesse sentido, verifica-se que a cobertura plástica possivelmente proporcionou menor perda de água na região próxima às raízes absorventes do café, favorecendo a absorção de nutrientes e consequentemente o adequado desenvolvimento dos grãos.

Nascimento et al. (2020) avaliaram os parâmetros produtivos e qualitativos do café em função da utilização de *mulching* de polietileno com diferentes cores e larguras no município de Monte Carmelo, Minas Gerais, e constataram que o uso do *mulching* incrementou a produtividade e a qualidade do café, diminuindo a formação de grãos moca de tamanho médio e promovendo uma maturação mais precoce dos frutos.

Cafés de diferentes regiões e fazendas têm qualidade e sabor específicos (Avelino et al., 2005; Oberthür et al., 2011). Neste sentido, o desenvolvimento de pacotes de manejo integrados e eficazes ao longo da cadeia produtiva do café garante a produção estável de grãos de alta qualidade (Bertrand et al., 2008). A realização de experimentos dedicados e a identificação de práticas que determinem a qualidade ao longo da cadeia de fornecimento de café, portanto, são importantes para informar os atores da cadeia sobre embalagens de condições e gestão que contribuem para a qualidade (Läderach et al., 2011).

A maioria dos tratamentos não apresentou resultados satisfatórios para as variáveis maturação e classificação física, ficando suscetível aos maiores coeficientes de variação obtidos. Para estudos posteriores que objetivam avaliar o efeito de plantas de cobertura, fertilizantes e/ou condicionadores de solo sobre a maturação e a classificação do café tem sido recomendado experimentos com duração de, no mínimo, cinco anos (Custódio et al., 2007).

Figura 3 – Classificação física dos grãos de café sob aplicação de condicionadores de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo em 2021.



## 5. CONCLUSÕES

A cobertura do solo, os condicionadores e os fertilizantes não influíram no processo de maturação e na classificação física dos frutos de café arábica. Nos manejos estudados, a classificação de P16 acima apresentou média geral de 33,41% dos grãos de café.

Por se tratar de manejos recentes na cultura do cafeeiro, é essencial estudar os parâmetros produtivos da cultura em outros locais e safras, permitindo a obtenção de resultados baseados em diferentes condições edafoclimáticas e com maior tempo de duração.

## 6. REFERÊNCIAS

AHMED, S.; BRINKLEY, S.; SMITH, E.; SELA, A.; THEISEN, M.; THIBODEAU, C.; WARNE, T.; ANDERSON, E.; VAN DUSEN, N.; GIULIANO, P.; IONESCU, K.E.; CASH, S.B. Climate Change and Coffee Quality: Systematic Review on the Effects of Environmental and Management Variation on Secondary Metabolites and Sensory Attributes of *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. **Frontiers in Plant Science**, v.12, 2021.

AHMED, S.; BRINKLEY, S.; SMITH, E.; SELA, A.; THEISEN, M.; THIBODEAU, C.; WARNE, T.; ANDERSON, E.; VAN DUSEN, N.; GIULIANO, P.; IONESCU, K.E.; CASH, S.B. Climate Change and Coffee Quality: Systematic Review on the Effects of Environmental and Management Variation on Secondary Metabolites and Sensory Attributes of *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. **Frontiers in Plant Science**, v.12, 2021.

ALBRECHT, L.P.; KRENCHINSKI, F.H.; GOMES, A. DE O.; ALBRECHT, A.J.P.; MATTIUZZI, M.D.; CASSOL, M. Performance of fall and winter crops in a no tillage system in west Paraná State. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.40, 2018. DOI: 10.4025/actasci-agron.v40i1.34999.

ALECRIM, A. de O. **Plantas de cobertura na lavoura cafeeira em formação**. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 125p, 2019.

ANDRIOLI, I. [UNESP; PRADO, R. DE M. [UNESP. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistema de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, p.963, 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33n3p963.

APARECIDO, L.E. DE O.; ROLIM, G. DE S.; MORAES, J.R. DA S.C. DE; VALERIANO, T.T.B.; LENSE, G.H.E. Maturation periods for *Coffea arabica* cultivars and their implications for yield and quality in Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.98, p.3880–3891, 2018. DOI: 10.1002/jsfa.8905.

ARAÚJO, F.M.L.; RODRIGUES, A.M.G.; FERNANDES, C.N.V.; SOBREIRA, A.E.A.; ALVES, J.L. DE S.; SILVA, A.R.A. DA. Cultivo de rabanete sob diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo - doi: 10.7127/rbai.v13n2001033. **REVISTA BRASILEIRA DE AGRICULTURA IRRIGADA - RBAI**, v.13, p.3327–3335, 2019.

ARAÚJO, J.B.S.; PREZOTTI, L.C. Produtividade de café arábica em função de doses de composto orgânico. p.4, 2013.

AVELINO, J.; BARBOZA, B.; ARAYA, J.C.; FONSECA, C.; DAVRIEUX, F.; GUYOT, B.; CILAS, C. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.85, p.1869–1876, 2005. DOI: 10.1002/jsfa.2188.

AYELE, A.; WORKU, M.; BEKELE, Y. Trend, instability and decomposition analysis of coffee production in Ethiopia (1993-2019). **Heliyon**, v.7, p.e08022, 2021. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e08022.

AZEVEDO, T.L. DE F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A.C.A.; FREITAS, P.S.L. DE; REZENDE, R.; FRIZZONE, J.A. Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.24, p.1239–1243, 2002. DOI: 10.4025/actasciagron.v24i0.2271.

BATJIAKA, R.; BROWN, S. Creating topsoils and soil conditioners from biosolids and urban residuals. **Journal of Environmental Quality**, v.49, p.1020–1031, 2020. DOI: 10.1002/jeq2.20067.

BECKER, S.J.; EBRAHIMZADEH, A.; PLAZA HERRADA, B.M.; LAO, M.T. Characterization of Compost Based on Crop Residues: Changes in Some Chemical and Physical Properties of the Soil after Applying the Compost as Organic Amendment. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.41, p.696–708, 2010. DOI: 10.1080/00103620903563931.

BERGAMASCHI, H.M.; BORSOI, A.; CASTILHO, C. Características produtivas da soja em diferentes sistemas de preparo de solo em Latossolo Vermelho. **Revista Cultivando o Saber**, v.15, p.28–35, 2022.

BERTRAND, B.; VILLARREAL, D.; LAFFARGUE, A.; POSADA, H.; LASHERMES, P.; DUSSERT, S. Comparison of the Effectiveness of Fatty Acids, Chlorogenic Acids, and Elements for the Chemometric Discrimination of Coffee (*Coffea arabica* L.) Varieties and Growing Origins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.2273–2280, 2008. DOI: 10.1021/jf073314f.

BLIND, A.D.; SILVA FILHO, D.F. Desempenho produtivo de cultivares de alface americana na estação seca da Amazônia central. **Bioscience Journal**, v.31, p.404–414, 2015. DOI: 10.14393/BJ-v31n2a2015-22352.

BRAULIO, C. DA S.; NÓBREGA, R.S.A.; MOREIRA, F.M.; ANJOS, Â.S. DE J.C. DOS; SILVA, J. DE J. DA; ROCABADO, J.M.A. Growth response of bauhinia variegata l. to inoculation and organic fertilization. **Revista Árvore**, v.43, 2019. DOI: 10.1590/1806-90882019000100004.

BUNN, C.; LÄDERACH, P.; OVALLE RIVERA, O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v.129, p.89–101, 2015. DOI: 10.1007/s10584-014-1306-x.

CAMARGO, Â.P.D.; CAMARGO, M.B.P.D. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v.60, p.65–68, 2001. DOI: 10.1590/S0006-87052001000100008.

CAMARGO, M.B.P. DE. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in brazil. **Bragantia**, v.69, p.239–247, 2010. DOI: 10.1590/S0006-87052010000100030.

CARVALHO, A.M. DE; OLIVEIRA, A.D. DE; COSER, T.R.; MARTINS, A.D.; MARCHÃO, R.L.; PULRONIK, K. Plantas de cobertura do solo recomendadas para a entressafra de milho em Sistema Plantio Direto no cerrado. p.8, 2018.

CARVALHO, H. DE P.; CAMARGO, R. DE; GOMES, M.W. DE N.; SOUZA, M.F. DE. Classificação do ciclo de desenvolvimento de cultivares de cafeeiro através da soma térmica. **Coffee Science - ISSN 1984-3909**, v.9, p.237–244, 2014.

CEBALLOS-SIERRA, F.; DALL'ERBA, S. The effect of climate variability on Colombian coffee productivity: A dynamic panel model approach. **Agricultural Systems**, v.190, p.103126, 2021. DOI: 10.1016/j.agsy.2021.103126.

CERVERA-MATA, A.; PASTORIZA, S.; RUFÍAN-HENARES, J.Á.; PÁRRAGA, J.; MARTÍN-GARCÍA, J.M.; DELGADO, G. Impact of spent coffee grounds as organic amendment on soil fertility and lettuce growth in two Mediterranean agricultural soils. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.64, p.790–804, 2018. DOI: 10.1080/03650340.2017.1387651.

CHAGAS, W.F.T.; GUELFY, D.R.; LACERDA, J.R.; PINTO, L.C.; ANDRADE, A.B.; FAQUIN, V. Nitrogen fertilizers technologies for coffee plants. **Coffee Science - ISSN 1984-3909**, v.14, p.55–66, 2019.

COLTRI, P.P.; PINTO, H.S.; GONÇALVES, R.R. DO V.; ZULLO JUNIOR, J.; DUBREUIL, V. Low levels of shade and climate change adaptation of Arabica coffee in southeastern Brazil. **Heliyon**, v.5, p.e01263, 2019. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e01263.

CRUSCIOL, C.A.C.; ARTIGIANI, A.C.C.A.; ARF, O.; CARMEIS FILHO, A.C.A.; SO-RATTO, R.P.; NASCENTE, A.S.; ALVAREZ, R.C.F. Soil fertility, plant nutrition, and grain yield of upland rice affected by surface application of lime, silicate, and phosphogypsum in a tropical no-till system. **CATENA**, v.137, p.87–99, 2016. DOI: 10.1016/j.catena.2015.09.009.

CUSTÓDIO, A.A. DE P.; GOMES, N.M.; LIMA, L.A. Efeito da irrigação sobre a classificação do café. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.391–701, 2007. DOI: 10.1590/S0100-69162007000400012.

DAMASCENO, L.A. UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL. p.69, 2019.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, p.55–81, 2006. DOI: 10.1590/S1677-04202006000100006.

DAVIS, A.P.; GOLE, T.W.; BAENA, S.; MOAT, J. The Impact of Climate Change on Indigenous Arabica Coffee (*Coffea arabica*): Predicting Future Trends and Identifying Priorities. **PLOS ONE**, v.7, p.e47981, 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0047981.

DOS SANTOS, D.G.; COELHO, C.C. DE S.; FERREIRA, A.B.R.; FREITAS-SILVA, O. Brazilian Coffee Production and the Future Microbiome and Mycotoxin Profile Considering the

Climate Change Scenario. **Microorganisms**, v.9, p.858, 2021. DOI: 10.3390/microorganisms9040858.

DZUNG, N.A.; DZUNG, T.T.; KHANH, V.T.P. Evaluation of Coffee Husk Compost for Improving Soil Fertility and Sustainable Coffee Production in Rural Central Highland of Vietnam. **Resources and Environment**, v.3, p.77–82, 2013.

FERREIRA, W.P.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; FÁTIMA SOUZA, C. DE. Climate change does not impact on *Coffea arabica* yield in Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.99, p.5270–5282, 2019. DOI: 10.1002/jsfa.8465.

GAY, C.; ESTRADA, F.; CONDE, C.; EAKIN, H.; VILLERS, L. Potential Impacts of Climate Change on Agriculture: A Case of Study of Coffee Production in Veracruz, Mexico. **Climatic Change**, v.79, p.259–288, 2006. DOI: 10.1007/s10584-006-9066-x.

GEISSELER, D.; SMITH, R.; CAHN, M.; MURAMOTO, J. Nitrogen mineralization from organic fertilizers and composts: Literature survey and model fitting. **Journal of Environmental Quality**, v.50, p.1325–1338, 2021. DOI: 10.1002/jeq2.20295.

GRIGGS, D.; STAFFORD-SMITH, M.; GAFFNEY, O.; ROCKSTRÖM, J.; ÖHMAN, M.C.; SHYAMSUNDAR, P.; STEFFEN, W.; GLASER, G.; KANIE, N.; NOBLE, I. Sustainable development goals for people and planet. **Nature**, v.495, p.305–307, 2013. DOI: 10.1038/495305a.

GRÜTER, R.; TRACHSEL, T.; LAUBE, P.; JAISLI, I. Expected global suitability of coffee, cashew and avocado due to climate change. **PLOS ONE**, v.17, p.e0261976, 2022. DOI: 10.1371/journal.pone.0261976.

JAWO, T.O.; KYEREH, D.; LOJKA, B. The impact of climate change on coffee production of small farmers and their adaptation strategies: a review. **Climate and Development**, v.0, p.1–17, 2022. DOI: 10.1080/17565529.2022.2057906.

JIBRIL, T.; BEKELE, G. Effect of Coffee Husk Compost and NPSB Fertilizers on Selected Soil Chemical Properties of Potato Field in Chora District, South West Ethiopia. **Applied and Environmental Soil Science**, v.2022, p.e7397872, 2022. DOI: 10.1155/2022/7397872.

KASONGO, R.K.; VERDOODT, A.; KANYANKAGOTE, P.; BAERT, G.; RANST, E.V. Coffee waste as an alternative fertilizer with soil improving properties for sandy soils in humid tropical environments. **Soil Use and Management**, v.27, p.94–102, 2011. DOI: 10.1111/j.1475-2743.2010.00315.x.

LÄDERACH, P.; OBERTHÜR, T.; COOK, S.; ESTRADA IZA, M.; POHLAN, J.A.; FISHER, M.; ROSALES LECHUGA, R. Systematic agronomic farm management for improved coffee quality. **Field Crops Research**, v.120, p.321–329, 2011. DOI: 10.1016/j.fcr.2010.10.006.

LADHA, J.K.; REDDY, C.K.; PADRE, A.T.; KESSEL, C. VAN. Role of Nitrogen Fertilization in Sustaining Organic Matter in Cultivated Soils. **Journal of Environmental Quality**, v.40, p.1756–1766, 2011. DOI: 10.2134/jeq2011.0064.

LAMBERT, R.A.; BARRO, L.S.; CARMO, K.S.G. DO; OLIVEIRA, A.M. DA S. DE; BORGES, A.A. Mulching é uma opção para o aumento de produtividade da melancia. **REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL**, v.4, p.53–57, 2017. DOI: 10.32404/rean.v4i1.1184.

LANGONI, J.A.; ASSIS, G.A.; SANTOS, L.C.; REZENDE, M.A.A.; VALOTO, B.; LEÃO, T.V.M. Produtividade de cafeeiros fertirrigados sob diferentes níveis de adubação na região do cerrado mineiro na primeira safra. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.17, p.1–7, 2019. DOI: 10.5327/rcaa.v17i1.2128.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ALVES, B.J.R.; CABALLERO, S.S.U.; SANTANA, D.G. DE. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v.34, p.1005–1013, 2004. DOI: 10.1590/S0103-84782004000400006.

LUIZ, M. DE S.; ZANÃO JUNIOR, L.A.; RIBEIRO, M.R.; MATOS, M.A. DE; ANDRADE, D.S. Residual effects of agricultural gypsum on soil chemical and microbiological characteristics. **Soil Use and Management**, v.n/a, 2022. DOI: 10.1111/sum.12837.

MOLIN, R.N.D.; ANDREOTTI, M.; REIS, A.R. DOS; FURLANI JUNIOR, E.; BRAGA, G.C.; SCHOLZ, M.B. DOS S. Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuitas, Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, p.353–358, 2008. DOI: 10.4025/actasciagron.v30i3.3513.

MORAES NETO, S.P. DE; GONÇALVES, J.L. DE M.; RODRIGUES, C.J.; GERES, W.L. DE A.; DUCATTI, F.; AGUIRRE JR, J.H. DE. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, v.27, p.779–789, 2003. DOI: 10.1590/S0100-67622003000600004.

MOREIRA, F.M.; NÓBREGA, R.S.A.; SANTOS, R.P. DOS; SILVA, C.C. DA; NÓBREGA, J.C.A. Cultivation of *Caesalpinia pulcherrima* L. sw. in regional substrates. **Revista Árvore**, v.42, 2018. DOI: 10.1590/1806-90882018000200012.

MOTTES, C.; LESUEUR-JANNOYER, M.; LE BAIL, M.; MALÉZIEUX, E. Pesticide transfer models in crop and watershed systems: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.34, p.229–250, 2014. DOI: 10.1007/s13593-013-0176-3.

MURTHY, P.S.; MADHAVA NAIDU, M. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. **Resources, Conservation and Recycling**, v.66, p.45–58, 2012. DOI: 10.1016/j.resconrec.2012.06.005.

MUSTOPHA, F.B.; ADESANYA, K.A.; AREMU-DELE, O.; MUSTOPHA, F.B.; ADESANYA, K.A.; AREMU-DELE, O. Production trend of coffee in Nigeria: A review. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v.13, p.137–146, 2022. DOI: 10.30574/wjarr.2022.13.3.0182.

NASCIMENTO, L.; ASSIS, G.; FERNANDES, M.; PIRES, P.; CARVALHO, F.; ARAÚJO, N. Mulching na cafeicultura: efeitos na produtividade, maturação, formato dos grãos e qualidade de bebida. **Research Society and Development**, v.9, p.e765997727, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7727.

OBERTHÜR, T.; LÄDERACH, P.; POSADA, H.; FISHER, M.J.; SAMPER, L.F.; ILLERA, J.; COLLET, L.; MORENO, E.; ALARCÓN, R.; VILLEGAS, A.; USMA, H.; PEREZ, C.; JARVIS, A. Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. **Food Policy**, Between the Global and the Local, the Material and the Normative: Power struggles in India's Agrifood System. v.36, p.783–794, 2011. DOI: 10.1016/j.foodpol.2011.07.005.

OHLAND, R.A.A.; SOUZA, L.C.F. DE; HERNANI, L.C.; MARCHETTI, M.E.; GONÇALVES, M.C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.538–544, 2005. DOI: 10.1590/S1413-70542005000300005.

OLIVEIRA, L.E.Z. DE. Plantas de cobertura : características, benefícios e utilização. 2014.

OVALLE-RIVERA, O.; LÄDERACH, P.; BUNN, C.; OBERSTEINER, M.; SCHROTH, G. Projected Shifts in Coffea arabica Suitability among Major Global Producing Regions Due to Climate Change. **PLOS ONE**, v.10, p.e0124155, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0124155.

PAULETTI, V.; PIERRI, L. DE; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A.C.V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.495–505, 2014. DOI: 10.1590/S0100-06832014000200014.

PEREIRA, L.S.; OLIVEIRA, G.S. DE; COSTA, E.M.; SOUSA, G.D. DE; SILVA, J.N.; SILVA, H.F. DA; JAKELAITIS, A. Manejo de plantas daninhas e rendimento de feijão-caupi utilizando plantas de cobertura do solo / Management of weeds and yield of cowpea by use of cover crops. **Brazilian Journal of Development**, v.6, p.23044–23059, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-018.

PETEK, M.R.; SERA, T.; FONSECA, I.C. DE B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de Coffea arabica. **Bragantia**, v.68, p.169–181, 2009. DOI: 10.1590/S0006-87052009000100018.

PHAM, Y.; REARDON-SMITH, K.; MUSHTAQ, S.; COCKFIELD, G. The impact of climate change and variability on coffee production: a systematic review. **Climatic Change**, v.156, p.609–630, 2019. DOI: 10.1007/s10584-019-02538-y.

RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium Leaching to Increase Rooting Depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, v.72, p.40–44, 1980. DOI: 10.2134/agronj1980.00021962007200010009x.

ROCHA, P.A.; SANTOS, M.R.; DONATO, S.L.; BRITO, C.F.; ÁVILA, J.S. Bell pepper cultivation under different irrigation strategies in soil with and without mulching. **Horticultura Brasileira**, v.36, p.453–460, 2018. DOI: 10.1590/S0102-053620180405.

SANGEETH, K.P.; SUSEELA BHAI, R. Integrated plant nutrient system – with special emphasis on mineral nutrition and biofertilizers for Black pepper and cardamom – A review. **Critical Reviews in Microbiology**, v.42, p.439–453, 2016. DOI: 10.3109/1040841X.2014.958433.

SEKHAR, D.; KUMAR, P.B.P.; RAO, K.T. Effect of Coffee Husk Compost on Growth and Yield of Paddy. v.3, p.3, 2014.

SILVA, M.A.; NASCENTE, A.S.; FRASCA, L.L. DE M.; REZENDE, C.C.; FERREIRA, E.A.S.; FILIPPI, M.C.C. DE; LANNA, A.C.; FERREIRA, E.P. DE B.; LACERDA, M.C. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. **Research, Society and Development**, v.10, p.e11101220008–e11101220008, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i12.20008.

SOBREIRA, F.M.; GUIMARÃES, R.J.; COLOMBO, A.; SCALCO, M.S.; CARVALHO, J.G. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio

adensado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.9–16, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011000100002.

SOUZA, L.S.; LOSASSO, P.H.L.; OSHIWA, M.; GARCIA, R.R.; GOES FILHO, L.A. Efeitos das faixas de controle do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial e na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica*). **Planta Daninha**, v.24, p.715–720, 2006. DOI: 10.1590/S0100-83582006000400012.

TILMAN, D.; CASSMAN, K.G.; MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v.418, p.671–677, 2002. DOI: 10.1038/nature01014.

TIMILSENA, Y.P.; ADHIKARI, R.; CASEY, P.; MUSTER, T.; GILL, H.; ADHIKARI, B. Enhanced efficiency fertilisers: a review of formulation and nutrient release patterns. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.95, p.1131–1142, 2015. DOI: 10.1002/jsfa.6812.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; WANGER, T.C.; JACKSON, L.; MOTZKE, I.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WHITBREAD, A. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. **Biological Conservation**, ADVANCING ENVIRONMENTAL CONSERVATION: ESSAYS IN HONOR OF NAVJOT SODHI. v.151, p.53–59, 2012. DOI: 10.1016/j.biocon.2012.01.068.

WEZEL, A.; CASAGRANDE, M.; CELETTE, F.; VIAN, J.-F.; FERRER, A.; PEIGNÉ, J. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.34, p.1–20, 2014. DOI: 10.1007/s13593-013-0180-7.

ZULLO, J.; PINTO, H.S.; ASSAD, E.D.; ÁVILA, A.M.H. DE. Potential for growing Arabica coffee in the extreme south of Brazil in a warmer world. **Climatic Change**, v.109, p.535–548, 2011. DOI: 10.1007/s10584-011-0058-0.