



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA
CAMPUS COLORADO DO OESTE
CURSO ENGENHARIA AGRONÔMICA

CLEDSON LEITE PEREIRA

APLICAÇÃO DE CAL VIA SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

COLORADO DO OESTE

2023



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA
CAMPUS COLORADO DO OESTE
CURSO SUPERIOR ENGENHARIA AGRONÔMICA

CLEDSON LEITE PEREIRA

APLICAÇÃO DE CAL VIA SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Aldo Max Custodio

COLORADO DO OESTE

ANO

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Pereira, Cledson Leite.
Aplicação de cal via sistema de irrigação localizada / Cledson Leite
Pereira, Colorado do Oeste-RO, 2023.
25 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Max Aldo Custódio.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Colorado do
Oeste-RO, 2023.

1. Acidez. 2. Perenes. 3. Calcário. 4. Gotejamento. I. Custódio, Max Aldo
(orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia
- IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Juliana Machado da Silva Sasset, CRB-11/1140 (Campus Colorado do Oeste)

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Autor: Cledson Leite Pereira

Orientador: Aldo Max Custodio

Situação: () Aprovado () Reprovado

Aprovado em: ___ / ___ / _____

Orientador(a)

Membro 1

Membro 2

AGRADECIMENTOS

Quero começar agradecendo a Deus, que nos permitiu chegar até aqui. Sem Ele, nada disso seria possível. Minha sincera gratidão também vai para a minha amada mãe, Alessandra, cuja motivação e luta incansável foram fundamentais para a minha formação. Seu conselho nos momentos difíceis e sua fé inabalável em minha capacidade foram imprescindíveis em minha jornada.

Devo expressar minha gratidão à Instituição Federal de Rondônia, Campus Colorado do Oeste, que proporcionou uma educação de alta qualidade. Agradeço também ao corpo docente, que compartilhou tanto seu conhecimento quanto suas experiências de vida, contribuindo para o desenvolvimento de minha carreira profissional. Estendo minha gratidão a todos os técnicos do Instituto, cujo trabalho é essencial para nosso sucesso.

Não posso deixar de mencionar meus colegas, que foram peças-chave em minha jornada. Todos, não apenas da minha turma, mas todos que de alguma forma tornaram meus momentos durante a graduação memoráveis. Neste grupo, devo fazer uma menção especial à minha esposa, outro presente inestimável que o IFRO me concedeu.

Por fim, agradeço aos meus orientadores de estágio e de TCC, professor José Vagner Silva e professor Aldo Max Custódio, respectivamente. Sua orientação e apoio foram de grande importância para a minha formação profissional.

RESUMO

O Brasil possui extensas áreas agrícolas, porém segundo Veloso et al. (2020), os solos tropicais são geralmente ácidos devido à alta precipitação, que promove a lixiviação das bases como o potássio, cálcio e magnésio, além do próprio cultivo gerar a redução do pH, alguns autores como Veloso et al. (2020), Natale et al. (2013), corroboram sobre a necessidade dos solos tropicais em fazer a correção do solo, como a calagem, para alcançar boas produtividades. Porém não é possível realizar a incorporação do calcário em profundidade em culturas perenes, então para solucionar o problema alguns pesquisadores recorreram ao uso da cal virgem na correção de solos em culturas perenes, devido ao seu alto poder real de neutralização total (PRNT), entorno de 180%, alto teor de cálcio e magnésio, e reação imediata e em profundidade, desde então estuda maneiras de realizar a aplicação minimizando custos e otimizando mão de obra, uma alternativa encontrada foi a aplicação via fertirrigação, contudo existem detalhes a serem estudados, pelo fato da cal ficar em suspensão, podendo obstruir os emissores e através do atrito danificar as tubulações. Autores como Matiello et al. (2013a), Foratto (2012) e Cardoso et al. (2016), testaram a utilização de cal via fertirrigação, porém não se aprofundaram nos efeitos da aplicação nas tubulações e emissores, então através dos Coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC); Coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) e Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) (CUNHA et al., 2014). Após as avaliações, verificou-se que a utilização da cal não compromete os emissores, e após a aplicação de cal e a lavagem das tubulações com água, a uniformidade do sistema de irrigação tende mesmo estados encontrado anterior a aplicação da cal, e nota-se apenas uma leve tendência ao entupimento dos emissores.

Palavras-chave: Geox. Acidez. Fertirrigação. Gotejamento. Alumínio.

ABSTRACT

Brazil has extensive agricultural areas, but according to Veloso et al. (2020), tropical soils are generally acidic due to high precipitation, which promotes the leaching of bases such as potassium, calcium and magnesium, in addition to the cultivation itself generating a reduction in pH, some authors such as Veloso et al. (2020), Natale et al. (2013), corroborate the need for tropical soils to correct the soil, such as liming, to achieve good productivity. However, it is not possible to incorporate limestone in depth in perennial crops, so to solve the problem some researchers resorted to the use of quicklime in soil correction in perennial crops, due to its high real power of total neutralization (PRNT), around of 180%, high calcium and magnesium content, and immediate and in-depth reaction, since then it has been studying ways to carry out the application minimizing costs and optimizing labor, an alternative found was the application via fertigation, however there are details to be studied, due to the fact that the lime remains in suspension, which can obstruct the emitters and damage the pipes through friction. Authors such as Matiello et al. (2013a), Foratto (2012) and Cardoso et al. (2016), tested the use of lime via fertigation, but did not delve into the effects of application on pipes and emitters, so through Christiansen Uniformity Coefficients (CUC); Hart Uniformity Coefficient (CUH) and Statistical Uniformity Coefficient (CUE) (CUNHA et al., 2014). After the evaluations, it was verified that the use of lime does not compromise the emitters, and after the application of lime and the washing of the pipes with water, the uniformity of the irrigation system tends to the same states found before the application of the lime, and note- if only a slight tendency towards clogging of the emitters.

Keywords: Geox. Acidity. Fertirrigation. Drip. Aluminum.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
4. CONCLUSÕES.....	24

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma enorme aptidão para a produção agrícola, possuindo terras férteis e um clima tropical, porém a produtividade não tem atingido o seu potencial, isso se deve ao mau manejo nutricional das plantas e uma má distribuição hídrica. O uso do gotejamento veio para solucionar os problemas de déficit hídrico, pois apresenta fatores como alta eficiência, sendo superior aos outros métodos de irrigação ficando próximo a 90%, minimizando as perdas de água devido a sua aplicação localizada (Coelho et al.,2005). Por sua vez, o método de fertirrigação feito através do gotejo obtém um menor gasto operacional, permitindo ao produtor fracionar as adubações diminuindo perdas através de lixiviação e volatilização entre outros, além de ter disponível a planta nutrientes em um maior tempo e nas concentrações necessárias para uma boa produtividade.

Porém como essa técnica foi desenvolvida em países situados nas margens do mediterrâneo, onde predomina uma clima temperado e com solos oriundos de rochas calcíticas (OLITTA, 1978), onde é amplamente empregado o uso de fertilizantes com alto poder de acidificação, o que reduz o ph, mantendo-o entorno de 5,5 à 6,5 (faixa de máxima disponibilidade de nutrientes), porém as condições de solo e clima do Brasil são distintas, pois segundo Veloso et al. (2020), solos tropicais são geralmente ácidos devido à alta precipitação, que promove a lixiviação das bases como o potássio, cálcio e magnésio, além do próprio cultivo gerar a redução do pH, uma vez que as raízes ao absorver cátions liberam no solo na mesma proporção prótons H^+ , outro fator que podem causar a acidificação é a atividade biológica, ainda segundo Veloso et al.(2020) os solos amazônicos apresentam geralmente um nível elevado de acidez com pH ficando entre 3,2–5,5, altos teores de alumínio trocável, manganês, ferro, apresentando também baixos teores de cálcio e magnésio. se agravando com a aplicação de fertilizantes com fontes amoniacais e a ureia causa o acúmulo de ácido nítrico (HNO_3) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Autores como Veloso et al. (2020), Natale et al. (2013), corroboram sobre a necessidade dos solos tropicais em fazer a correção do solo, como a calagem, para alcançar boas produtividades.

A calagem geralmente é realizada antes do plantio, sendo dividida em calcítica, magnesiano ou dolomítico, devido a porcentagem de magnésio em sua composição, sendo de menos de 5%, entre 5% a 12% e acima de 12% respectivamente, e sua qualidade é classificada através do PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total). Porém em culturas

perenes além da correção pré-plantio, são necessárias correções durante o período de produção da cultura, devido aos fatores já citados acima, porém segundo Matiello et al. (2018), a eficiência do calcário está diretamente relacionada a sua incorporação no solo por motivo da sua baixa mobilidade, além da sua reação ser lenta, sendo inviável sua utilização em culturas perenes como café e citros por exemplo.

Uma alternativa para solução deste problema é a utilização de cal dolomita (Geox), que podem possuir teores de cálcio e magnésio de 60% e 30% respectivamente, e um PRNT de até 180%, que segundo Cardoso et al. (2016), Primavesi (2004), Matiello et al. (2018) e Matiello (2018), possui uma maior mobilidade no solo, além da rápida correção por ser formada de bases fortes, esse corretivo é produzido através da calcinação ou da queima completa da rocha sedimentar carbonática em altas temperaturas, formando no processo os óxidos de cálcio e de magnésio, que quando reagem com a água, são produzidos os respectivos hidróxidos.

A distribuição da cal via fertirrigação é uma opção que combina uma imediata reação por ser uma base forte, já na forma de óxidos, tendo uma mobilidade muito maior que o calcário (na forma de carbonato). Segundo, possui solubilidade maior que o calcário – de solubilidade muito reduzida em água, e tem um poder de neutralização (PN) muito superior (ALCARDE, 2005; PRIMAVESI e PRIMAVESI, 2004). Assim, seria possível corrigir a acidez do solo e elevar os teores de Ca e, se for o caso de Mg, na região do “bulbo” de molhamento. Esta prática solucionaria um problema ocasionado pela fertirrigação e, para as culturas perenes garantiria uma correção do solo rápida e em maior profundidade (CARVALHO et al., 2016; FORATTO, 2012).

Com a utilização do corretivo através dos sistemas de irrigação, acarretaria na otimização da mão de obra, dispensando o uso de maquinário para aplicação de calcário na linhas de cultivo, diminuindo a compactação do solo e principalmente a correção do bulbo de molhamento, que devido às características dos adubos utilizados via fertirrigação aceleram a acidificação do solo como já citado anteriormente, mas o fator limitante no uso da Geox deve-se ao fato desta ficar em suspensão, tendendo uma acúmulo na caixa de diluição e nas tubulações ocasionando o entupimento dos gotejadores, além de possuir uma propensão à corrosão dos componentes, devido ao atrito das partículas em suspensão com as tubulações e os emissores, podendo interferir na distribuição e assim na eficiência do sistema.

Há poucos trabalhos realizados sobre a distribuição dos óxidos de cálcio e magnésio, e os mesmos não apresentaram o protocolo utilizado para aplicação, sendo a maioria dos

trabalhos realizados com distribuição via aspersão como Matiello et al. (2013a) e um grupo de pesquisadores em MG testaram com aplicação por aspersão (pivô) e tiveram sucesso nos resultados de eficiência de correção do solo, para sistemas de irrigação localizada o autor Foratto (2012), em sua tese de doutorado, avaliou o uso de cal para corrigir a acidez no bulbo de molhamento na cultura de Citros em SP. O autor também encontrou bons efeitos do corretivo sobre o solo até a profundidade de avaliação (60 cm), foi avaliado também os efeitos da cal sobre o sistema de irrigação, por dois anos, e não encontraram evidências de danos. Porém, apontaram problema de sedimentação ao longo dos elementos do sistema, que não chegaram a influenciar na distribuição da solução, ou seja, não ocasionaram entupimento dos emissores. Os resultados do trabalho apontam a viabilidade da tecnologia, porém, o autor não apresenta parâmetros a serem seguidos para o uso seguro e bem sucedido da técnica pelos produtores. Cardoso et al. (2016) também não constataram comprometimento da qualidade de fluido com a presença de cal na solução, apenas uma leve tendência de “entupimento” dos emissores, ocasionados por sedimentação. Portanto, concordando com Cardoso et al. (2016), são necessários novos estudos para melhor compreensão e aperfeiçoamento desta técnica.

Portanto este trabalho visa testar alternativas para a aplicação de corretivos, a fim de viabilizar a sua utilização através da fertirrigação por gotejamento através do uso de diferentes tipos de gotejadores.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo realizado no município de Colorado do Oeste, nas dependências do IFRO (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia), às margens da rodovia BR 435 km 63 (figura 1), coordenadas -13,1182353°, -60,4853875°.

Figura 1: Fachada IFRO Campus Colorado do Oeste



Fonte: Arquivo pessoal.

Todos os testes ou avaliações realizadas foram feitas em replicatas ou repetição com n maior ou igual a 4. O delineamento do experimento foi inteiramente casualizados (DIC), disposto em esquema de parcelas subdivididas, tendo dois tratamentos (Tubo Gotejador com gotejador tipo bob (TG1), Tubo Gotejador plano (TG2) como parcela principal, e com seis ensaios como subparcelas, sendo estes:

Tubo Novo (E0).

1ª coleta com cal (E1).

2ª coleta com cal (E2).

3ª coleta com cal (E3).

4ª coleta com cal (E4) e;

Coleta após-cal (EF).

O tubo gotejador do tipo bob (TG1) utilizado foi o modelo BOB-DRIP de 25 mil micras com vazão de 1,6 l/h de 13 mm com espaçamento entre emissores de 50 cm produzidos pela DRIP-PLAN, já o modelo de tubo gotejador plano (TG2) utilizado foi o

AZUD LINE de 24 mil micras, vazão de 1,6 l/h de 17 mm com o mesmo espaçamento entre emissores que o anterior, sendo o último confeccionado pela AZUD.

Segundo a fabricante, o primeiro modelo possui 4 furos para a saída de água, minimizando o indesejado escorrimento, possui emissores não compensante com emissor cilíndrico de labirinto com grande percurso de fluxo turbulento, proporcionando a diminuição de entupimentos, oferecendo também um boa uniformidade de emissão, possuindo um coeficiente de variação de 2,5%, devendo ser utilizados em inclinações que não superam 4%, tanto positivas quanto negativas, e também conta com diâmetro interno de 13,7 mm e Certificação Internacional Classe A.

Também de acordo com a fabricante, o segundo modelo possui é dotado de apenas uma saída de de água, com emissor plano e não compensante, com Labirinto Anti-sedimentação, a empresa não traz maiores informações sobre os coeficientes e demais informações, com tudo, é o modelo de emissores mais utilizados, por ser mais barato.

Ao final do experimento, foi realizado análise de variância (ANOVA), com o teste “F” ($p < 0.05$), teste de média (Tukey com $p < 0.05$) e análise de regressão. Para outras situações, os dados serão apresentados em gráficos com as médias e os respectivos erros padrão.

Os dados obtidos foram processados, e analisados com auxílio de software estatísticos, e através dos dados de vazão será avaliado a uniformidade do sistema de irrigação, visando identificar eventual dano sobre os emissores capaz de afetar o desempenho da irrigação. A uniformidade do sistema de irrigação será calculada pelos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC); Coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) e Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) (CUNHA et al., 2014).

Para calcular os valores decimais de eficiência do sistema através do coeficiente de uniformidade de Christiansen (1942)(CUC), utiliza-se a seguinte fórmula:

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Q_i - Q|}{n Q} \right) \cdot 100$$

Em que:

CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

Q_i = Vazão coletada em cada gotejador, em L h⁻¹;

Q = Média das vazões coletadas de todos os gotejadores, em L h-1;
 n = Número de gotejadores analisados.

Já o coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) que emprega o desvio-padrão como medida de dispersão e foi determinado através da seguinte equação:

$$CUE = \left(1 - \frac{Sd}{Q_{\text{média}}} \right) \cdot 100$$

Em que:

CUE = Coeficiente de Uniformidade Estatístico, em %;

Sd = Desvio-padrão dos valores de precipitação, em L h-1;

Q_{média} = Média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, em L h-1.

A quarta e última variável analisada trata-se do coeficiente de uniformidade de Hartt (Hart,1961), que assim como o CUE utiliza o desvio-padrão como medida de dispersão, que por sua vez é calculado através da seguinte equação:

$$CUH = \left(1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{Sd}{Q_{\text{média}}} \right) \cdot 100$$

Em que:

CUH = Coeficiente de Uniformidade de Hartt, em %;

Sd = Desvio-padrão dos valores de precipitação, em L h-1;

Q_{média} = Média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, em L h-1.

A coleta das vazões ocorrerá em quatro emissores ao longo da linha lateral, da seguinte forma: no primeiro gotejador; no segundo situado a 1/3; no terceiro situado a 2/3 do comprimento da linha e no último gotejador da linha .

Para realização do projeto foi necessário a preparação da infra-estrutura básica para a execução dos testes propostos. Além da organização e materiais laboratoriais de química analítica, será montado um sistema de irrigação localizada apropriado para fertirrigação constituído por:

- 2 Bombas centrífugas de 1 cv;
- 2 filtros de disco com malha de 120 mesh;
- Tubo de 50 mm;
- 3 luvas roscáveis de 2”;
- 2 adaptador curto de 50 mm/ 2”;
- Mangueiras de 1”;
- Bucha de redução de 50 mm/32mm;
- 4 curvas de 50 mm;
- 1 tê interno de 1”;
- 6 braçadeiras de 1”;
- Cola para PVC;
- Luva de 32mm soldável para 1” roscável;
- Conector inicial de 17mm;
- Conector inicial de 13mm;
- Chulas de 17mm;
- 2 registros de esfera de 32 mm;
- Tubo gotejador tipo bob’s de 13 mm;
- Tubo Gotejador plano de 17 mm;
- Válvulas final de linha de 13 mm e 17 mm;
- Peneiras com malhas de 100 e 140 mesh;
- Potes de plástico de 500 ml;
- Proveta de 500 ml;
- 2 manômetros;
- Cal virgem;
- Estufa;
- Cadinhos de 50 ml.

Durante a aplicação para que a cal fique sempre em suspensão e não decante, uma bomba foi utilizada para pressurização do sistema de irrigação e a outra para fazer a agitação através da recirculação em uma caixa separada (figuras 2 e 3). A bomba utilizada para agitação também foi responsável pela injeção da solução no sistema principal antes dos filtros, que foram dispostos em linha, permitindo avaliar a sedimentação no primeiro filtro e também a no segundo filtro.

Após os elementos filtrantes foi distribuído 5 linhas de gotejo de cada tipo de gotejador com 12 metros cada, totalizando 10 linhas e 120 metros, com distâncias entre si de aproximadamente 30 centímetros (figura 1), com válvulas auto-limpantes de fim de linha em cada mangueira, utilizando sempre uma pressão de serviço de 15 m.c.a., aferido através de um manômetro fixo após os elementos filtrantes (figura 4) e outro utilizado apenas para aferição antes da injeção de cal no sistema disposto no final da linha. Durante a aplicação, necessitou o acompanhamento constante da pressão, pois pode variar de acordo com a quantidade de cal que deposita nos filtros e nos tubos gotejadores, abrindo e/ou fechando os registros das duas bombas, os pontos de coleta foram escolhidos aleatoriamente no decorrer das mangueiras, escolhendo um gotejador no início, dois pontos no meio da mangueira e outra no final, de maneira que a distância entre os pontos fossem semelhantes.

Figura 2 e 3: Sistema de agitação.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 4: Pressão de funcionamento do sistema.



Fonte: Arquivo pessoal.

Primeiramente, a coleta foi realizada com tubos novos, assegurando assim valores testemunhais isentos da influência do uso de cal. Para a coleta das soluções, foram utilizados recipientes plásticos de 500ml, posicionados logo abaixo dos gotejadores (Figura 5). A fim de auxiliar na coleta e demarcar os pontos de coleta, foi amarrada uma fita feita de sacola plástica fina, direcionando a solução para dentro dos recipientes e evitando que escorresse pelas mangueiras e caísse fora dos potes.

Todas as coletas foram cronometradas: ao posicionar o recipiente embaixo do gotejador, iniciava-se a contagem de exatamente 10 minutos, após os quais o recipiente era retirado e levado para aferição de volume em proveta. Este protocolo foi mantido para todas as coletas.

Com a finalização das coletas com os tubos novos, iniciaram-se as coletas com a utilização de cal. Para obter uma solução mais homogênea, foi realizado um peneiramento da cal utilizada, prevenindo a formação de grumos e possíveis entupimentos do sistema de irrigação ou de agitação da cal.

Adicionaram-se 2 kg de cal por aplicação, totalizando 10 kg de cal nas cinco aplicações. As malhas de peneiras utilizadas foram de 100 e 140 mesh, passando a cal primeiro pela malha de 100 mesh e, em seguida, pela malha de 140 mesh (Figuras 6 e 7), que é mais fina do que a malha do filtro.

Após esse processo, a cal foi adicionada vagarosamente a uma caixa d'água contendo água, já com o sistema de agitação acionado. Enquanto o sistema mantinha a cal em agitação, o sistema de pressurização da irrigação foi acionado. Somente após a estabilização do sistema, a solução contendo cal foi injetada lentamente. A regulação da pressão foi feita através do manuseio do registro da bomba do sistema e outro da bomba de injeção. Por fim, as coletas foram realizadas seguindo a mesma metodologia utilizada nas coletas iniciais.

Figura 5: Coleta das amostras.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 6 e 7: Peneiramento da cal

Fonte: Arquivo pessoal.

A última coleta foi executada após a utilização da cal. No entanto, antes da coleta, todas as válvulas de fim de linha foram removidas e a bomba foi ligada para eliminar qualquer resíduo de cal dentro das mangueiras. Após este procedimento, as válvulas foram reinsersidas e as coletas foram realizadas apenas com água, mantendo a mesma pressão de 15 m.c.a. Os volumes obtidos foram devidamente aferidos.

Após a conclusão desses testes, uma nova coleta foi realizada com mangueiras novas, seguindo o mesmo esquema anterior, mas com um comprimento de 40 metros. Foram novamente utilizadas três mangueiras do tipo bob's e outras três do tipo plano. Estabeleceram-se seis pontos de coleta em cada mangueira, totalizando 36 amostras.

Essas últimas coletas foram utilizadas para determinar a distribuição da cal ao longo da tubulação. Portanto, os dados foram obtidos da mesma maneira que os anteriores, mas, ao invés de 10 minutos, o tempo de coleta foi de apenas 5 minutos. As amostras foram levadas ao laboratório, onde se aferiu o volume coletado (Figura 8). Em seguida, foram retirados 40 ml de cada amostra e adicionados a cadinhos de 50 ml, os quais já haviam sido pesados vazios (Figura 9). Esses cadinhos foram então levados à estufa a 105 °C por 72 horas, garantindo a secagem completa das amostras.

Após esse período, todos os cadinhos foram colocados em um dessecador por 60 minutos (Figura 10). Com o material já frio, iniciou-se a pesagem dos cadinhos juntamente com a cal.

Figura 8 e 9: Aferição volumétrica das amostras e distribuição em cadinhos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 10: Cadinhos esfriando no dessecador.



Fonte: Arquivo pessoal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira variável resposta analisada foi a vazão, divididos em dois fatores, sendo o FATOR 1 as parcelas, que por sua vez foram os tubos, e FATOR 2 foram as subparcelas, sendo compostas pelos ensaios. Primeiramente foi utilizado o quadro de análise de variância, ao nível de significância de 5% (tabela tal).

De acordo com o teste obteve-se diferença estatística para o FATOR 1, para o FATOR 2 e também constatou-se a interação entre os fatores, indicando que a resposta obtida dos tubos em cada ensaio foi diferente e da mesma forma o contrário, sendo diferentes os resultados dos ensaios em cada tubo, e por fim não houve diferença estatística entre os blocos.

Verificada a interação entre fatores, foi necessário realizar o desdobramento, permitindo entender como cada tubo se comportou dentro de cada ensaio e da mesma forma como cada ensaio apresentou-se em relação aos tubos. Como esperado, os tubos obtiveram diferentes vazões no ensaio com mangueiras novas (E0), pois como já dito anteriormente, foram utilizados produtos de modelos e marcas distintas, que nas próprias especificações nos mostram os valores para a vazão.

Após a obtenção dos valores de CUC, foi utilizado novamente o quadro de análise de variância, apresentando interação apenas entre tubo e ensaio, que através do desdobramento do tubo de cada nível de ensaio, apenas os ensaios 2 e 4 apresentaram diferença estatística, tendo o tubo 1 um coeficiente melhor em relação ao tubo 2 (tabela 1).

Tabela 1: Desdobramento do CUC dos tubos dentro dos ensaios.

Desdobramento do coeficiente CUC dos tubos dentro dos ensaios						
	E0	E1	E2	E3	E4	EF
TG1	97,9406	95,3190	97,7248 a	95,8342	95,9282 a	93,9480
TG2	98,9936	93,5800	89,1836 b	90,5690	88,4848 b	93,4494

Números seguidos de letras apresentam diferença estatística ao nível de probabilidade de 0,05, e letras diferentes diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Já para o desdobramento do ensaio dentro de cada nível de tubo, o tubo de gotejo 1 não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, mantendo valores entre as aplicações com o tubo novo, a 1ª aplicação, 2ª aplicação, 3ª aplicação, 4ª aplicação e por último, a aplicação sem a cal após a limpeza dos tubos, indicando que a utilização dos óxidos de cálcio e magnésio não prejudicaram o sistema, com tudo, o tubo de gotejo 2, houve diferença estatística entre as aplicações, com o tubo novo possuindo um melhor coeficiente, mas o fator interessante é que o tubo na 1ª aplicação e na aplicação final, sem a cal e com as

mangueiras limpas apresentaram estatisticamente coeficientes iguais, e na 2ª, 3ª e 4ª aplicação apresentaram resultados inferiores e equivalentes entre si estatisticamente (tabela 2).

Tabela 2: Desdobramento do coeficiente CUC dos ensaios dentro dos tubos.

Desdobramento do coeficiente CUC dos ensaios dentro dos tubos						
Tubo TG1			Tubo TG2			
1	E0	97,9406	1	a	E0	98,9936
2	E1	95,3190	2	b	E1	93,58
3	E2	97,7248	3	b	EF	93,4494
4	E3	95,8342	4	c	E3	90,569
5	E4	95,9282	5	c	E2	89,1836
6	EF	93,9480	6	c	E4	88,4848

Números seguidos de letras apresentam diferença estatística ao nível de probabilidade de 0,05, e letras diferentes diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Em seguida, para a variável CUE também utilizou-se do quadro de variância, que por sua vez foi significativo para o ensaio e também apresentou interação entre os tubos e os ensaios, sendo necessário o desdobramento do quadro, e assim como no CUC, o desdobramento dos tubos dentro dos níveis de ensaio foi significativo apenas para 2 ensaios, sendo a 2ª aplicação e a 4ª aplicação, e na média do tubo nesses níveis de ensaio, o tubo de gotejamento com emissor plano obteve uma média de 85.6696 e 83.6198, enquanto o tubo com emissor do tipo bob, apresentou média de 97.1814 e 94.8518 na 2ª e 4ª aplicação respectivamente (tabela 3).

Tabela 3: Desdobramento do coeficiente CUE dos tubos dentro dos ensaios

Desdobramento do coeficiente CUE dos tubos dentro dos ensaios						
	E0	E1	E2	E3	E4	EF
TG1	97,4164	93,9846	97,1814 a	94,2934	94,8518 a	91,8368
TG2	98,6914	91,3822	85,6696 b	86,9216	83,6198 b	90,6342

Números seguidos de letras apresentam diferença estatística ao nível de probabilidade de 0,05, e letras diferentes diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Já no desdobramento dos ensaios dentro de cada nível de tubo, os resultados encontrados foram semelhantes aos encontrados no CUC, com apenas o tubo de gotejo 2 apresentando interação, e também o tubo quando novo foi superior enquanto os demais foram

iguais entre si estatisticamente, porém novamente a 1ª aplicação e a aplicação final após a limpeza alcançaram médias bem próximas e superiores a 3ª e 4ª aplicação (tabela 4).

Tabela 4: Desdobramento do coeficiente CUE dos ensaios dentro dos tubos.

Desdobramento do coeficiente CUE dos ensaios dentro dos tubos						
Tubo TG1			Tubo TG2			
1	E0	97,4164	1	a	E0	98,6914
2	E1	93,9846	2	b	E1	91,3822
3	E2	97,1814	3	b	EF	90,6342
4	E3	94,2934	4	b	E3	86,9216
5	E4	94,8518	5	b	E2	85,6696
6	EF	91,8368	6	b	E4	83,6198

Números seguidos de letras apresentam diferença estatística ao nível de probabilidade de 0,05, e letras diferentes diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Através do quadro do variância foi possível observar para a variável CUH que apenas os ensaios apresentaram significância, e houve a interação entre os tubos e os ensaios, e a partir dos desdobramentos assim como para os outros coeficientes calculados, apenas os ensaios com a 2ª e 4ª aplicação foram significativos sendo o tubo gotejador 1 superior com médias de 86.850 e 82.4772 enquanto o tubo gotejador 2 apresentou médias de 70.026 e 68.5074 respectivamente (tabela 5).

Já no desdobramento da interação entre dos ensaios dentro de cada nível dos tubos apresentou resultados similares aos do CUC, tendo o tubo novo uma média superior a todos os tratamentos, enquanto a 1ª aplicação e a aplicação final após limpeza foram iguais e superiores estatisticamente aos ensaios com a 2ª, 3ª e 4ª aplicação.

Tabela 5: Desdobramento do coeficiente CUH dos tubos dentro dos ensaios.

Desdobramento do coeficiente CUH dos tubos dentro dos ensaios						
	E0	E1	E2	E3	E4	EF
TG1	87,4098	82,2366	86,850 a	82,1272	82,4772 a	78,9700
TG2	90,9738	78,9670	70,026 b	72,1326	68,5074 b	75,8292

Números seguidos de letras apresentam diferença estatística ao nível de probabilidade de 0,05, e letras diferentes diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 6: Desdobramento do coeficiente CUH dos ensaios dentro dos tubos.

Desdobramento do coeficiente CUH dos ensaios dentro dos tubos	
Tubo TG1	Tubo TG2

1	E0	87,4098	1	a	E0	90,9738
2	E1	82,2366	2	b	E1	78,9670
3	E2	86,8500	3	b	EF	75,8292
4	E3	82,1272	4	c	E3	72,1326
5	E4	82,4772	5	c	E2	70,0260
6	EF	78,9700	6	c	E4	68,5074

Números seguidos de letras apresentam diferença estatística ao nível de probabilidade de 0,05, e letras diferentes diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Os resultados obtidos com todas as variáveis analisadas indicam que no gotejador do tipo bob's o uso dos óxidos não diminuem a eficiência do sistema, já nos gotejadores com emissores planos, o uso da cal para a correção do bulbo de molhamento não causa danos permanentes no sistema, porém durante as aplicações pode haver sedimentação de cal nos emissores, diminuindo a eficiência dos mesmos, mas ao lavar as tubulações o tubo tende a retornar praticamente ao estado de novo.

Um problema encontrado na aplicação da cal foi a sedimentação da mesma no elementos filtrantes do sistema, ocasionando uma diminuição da vazão, que acarreta uma menor pressão nas mangueiras, e um incremento da pressão anterior ao filtro, forçando a bomba d'água, e dificultando uma manutenção constante da pressão em todo o sistema, sendo necessária limpeza no filtro durante a aplicação.

Figura 11: Elemento filtrante após aplicação de cal



Fonte: Arquivo pessoal.

De acordo com os dados obtidos através dos coeficientes de uniformidade, todos os três foram parecidos, com o tubo gotejador do tipo bob's mantendo se estatisticamente iguais entre si em todos os ensaios, mesmo apresentando uma mínima diminuição de uniformidade, porém o tubo gotejador do tipo plano diminuiu a sua uniformidade de acordo com que foi sendo realizado o teste, contudo após a limpeza dos tubos, a sua uniformidade quase se equiparou ao ensaio de E0, Cardoso et al. (2016) ressaltou também a uma leve tendência ao entupimento, que assim como Matiello et al. (2013), atrelou esses resultados a sedimentação da Geox nos tubos em razão da baixa velocidade de vazão dos gotejos, o que explicaria a diminuição do coeficiente de uniformidade dos dois modelos de emissores..

Durante a realização do trabalho foi possível determinar que o cal mesmo em suspensão não ocasiona danos aos tubos e emissores pelo contato abrasivo da cal em suspensão, mas o principal problema encontrado foi o entupimento dos elementos filtrantes, que mesmo a cal sendo peneirada e agitada durante todo o processo e com uma lenta injeção no sistema principal, necessita de um constante monitoramento da pressão pré filtro, sendo exigida várias limpezas durante a fertirrigação, mas os resultados se mostraram promissores, sendo necessários outros estudos para resolução do problema de sedimentação e entupimento dos filtros, tornando os óxidos de cálcio e magnésio um excelente corretivo para plantas perenes, onde não é possível a incorporação do calcário após a implantação da cultura.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a aplicação de cal virgem via fertirrigação, em sistema de irrigação localizada não ocasiona danos irreversíveis aos emissores, mesmo os emissores planos sendo mais suscetíveis em relação aos do tipo bob's, porém é necessário novos estudos a fim de elaborar metodologias com intuito de diminuir a sedimentação dos óxidos no decorrer do conjunto e evitar o acúmulo da mesma nos elementos filtrantes, facilitando a aplicação e assim tornando viável a aplicação por meio dos produtores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: ANDA, 2005. 24p. (Boletim Técnico, 6).

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, C. **Manual de irrigação**, edição: 8^a. Editora: UFV, 2^a reimpressão. Viçosa, MG, 2009, 625p.

CARDOSO, J. A. E. et al. Viabilidade da aplicação de produto corretivo da acidez do solo via água de irrigação. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v.13 n. 24; p. 1079 – 1088, 2016.

CARVALHO, M. L. et al. **Efeito da cal dolomítica na correção e no fornecimento de cálcio e magnésio em solo de baixa fertilidade em cafezal**. In. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 42, 2016, Serra Negra. Anais [...]. Varginha: FUNDAÇÃO PROCAFÉ, 2016.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkely: Universit of California, 1942.124p.

COELHO, E. F.; FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**, Bahia Agríc., v.7, n.1, set. 2005.

CUNHA, F. N. et al. Coeficientes de uniformidade em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 6, p.444 - 454, 2014.

FORATTO, L. C. **Alternativas para a diminuição da acidificação do bulbo molhado na cultura do citros**. 2012. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrômicas - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

MATIELLO, J. B. Cal virgem e cal hidratada agrícola - corretivos ideais para cafezais adultos. **Café Point**. 2018. Disponível em: <<https://www.cafepoint.com.br/noticias/tecnicas-de-producao/cal-virgem-e-cal-hidratada-agricola-207578/>>. Acesso em: 23 de julho de 2023.

MATIELLO, J. B. et al. Cal virgem e cal hidratada agrícola - corretivos adequados para cafezais adultos. In. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 44, 2018, França. **Anais [...]**. Varginha: FUNDAÇÃO PROCAFÉ, 2018a.

MATIELLO, J. B. et al. Correção rápida do solo em cafezal, com o uso de cal virgem dolomítica (GEOX), aplicada via pivô – lepa. In. **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 39, Poços de Calcas, 2013a, França. Anais [...]. Varginha: FUNDAÇÃO PROCAFÉ, 2013.

NATALE, W.; ROSANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S. E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Dezembro de 2012.

OLITTA, A.F. **Os métodos de irrigação**. 1ª ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1978. 267p.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O. **Características de corretivos agrícolas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 28p. (Documentos, 37).

SANTOS, M. A. L., SANTOS, D. P., SILVA, D. S., SANTOS SILVA, M., CAVALCANTE, P. H. S. Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em inhame (*Dioscoreacayennensis* L.). **Revista Ciência Agrícola, Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 13, n. 1, p. 7-13, 2015.

VELOSO, C.A. et al. Correção da acidez do solo. **Embrapa**, 2020. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218402/1/LV-RecomendacaoSolo-2020-123-133.pdf>>. Acesso em: 23 de julho de 2023.