

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA

JOANA DE CONTO ZANCHETTI

**FORMULAÇÕES INOVADORAS COM AÇÃO DESINFETANTE E INSETICIDA
PARA O COMBATE A SURTOS, ENDEMIAS, EPIDEMIAS E PANDEMIAS**

Porto Alegre

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA

JOANA DE CONTO ZANCHETTI

**FORMULAÇÕES INOVADORAS COM AÇÃO DESINFETANTE E INSETICIDA
PARA O COMBATE A SURTOS, ENDEMIAS, EPIDEMIAS E PANDEMIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado junto à atividade de ensino
“Trabalho de Conclusão de Curso – QUI” do
curso de Química, como requisito parcial para
a obtenção do grau de Bacharela em
Química.

Prof. Dr. Henri Stephan Schrekker
Orientador

Profa. Dra. Nádyá Pesce da Silveira
Co-orientadora

Porto Alegre
2022

CIP - Catalogação na Publicação

Zanchetti, Joana de Conto

Formulações inovadoras com ação desinfetante e inseticida para o combate a surtos, endemias, epidemias e pandemias / Joana de Conto Zanchetti. -- 2022.

40 f.

Orientador: Henri Stephan Schrekker.

Coorientador: Nádyá Pesce da Silveira.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Bacharelado em Química, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Quaternários de amônio. 2. Hipoclorito de sódio. 3. Álcool Polivinílico. 4. Desinfecção. I. Schrekker, Henri Stephan, orient. II. Silveira, Nádyá Pesce da, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AGRADECIMENTOS

Meu maior agradecimento vai aos meus pais. Divido essa conquista com vocês, pelo apoio incondicional durante a minha graduação. Obrigada por todo incentivo e por todo o carinho, especialmente nos momentos mais difíceis.

Aos meus orientadores, professor Henri Schrekker e professora Nadya Pesce, por todas as ideias e orientação na elaboração desse projeto.

A todos os colegas de laboratório que fizeram parte da minha caminhada como química, em especial Vinícius, Angela e Júlia. Obrigada pelos conselhos e por dividirem comigo tanto conhecimento.

À Roberta Zucatti, pela amizade especial que temos, e por todas as vezes que me ajudou, com conselhos, risadas ou abraços. Muito obrigada por ter me apoiado e me tranquilizado tanto no desenvolvimento desse trabalho.

A Bernardo Siqueira, por todas as vezes que me apoiou e acreditou em mim. Teu incentivo e acolhimento foram muito importantes.

A todos os amigos, em especial William, Camila, Gabriela, Pietro e Débora, por todo apoio, companhia, risadas e bons momentos que fizeram da minha vida mais leve e feliz.

À UFRGS e ao CNPq, pelo fomento e incentivo à pesquisa.

RESUMO

Este trabalho apresenta duas formulações desinfetantes com diferentes concentrações de um agente espessante. Foram avaliados o efeito da concentração do espessante álcool poli vinílico e as diferenças entre dois dispositivos de aplicação; drones e borrifadores manuais. Foram preparadas três soluções de hipoclorito de sódio com 0,5% (m/v) de hipoclorito de sódio e 0,0; 1,0 ou 1,5% de álcool polivinílico (PVA), e três soluções aquosas com 0,05% (m/v) de brometo de cetiltrimetilamônio (CTAB) e 0,0, 1,0 ou 1,5% de PVA. Na aplicação em grandes áreas com o uso de drones, avaliou-se que o espessante causou efeito no ângulo de cone das dispersões, diminuindo o ângulo conforme a concentração de espessante aumenta. Foi realizada também a dispersão em papel filtro, onde observado que o espessante não causou um efeito tão pronunciado em relação ao tamanho das gotículas e distância entre as mesmas. Na aplicação utilizando borrifadores manuais verificou-se, a partir da dispersão em papel filtro, o efeito do espessante na concentração das gotículas e também no tamanho delas. A microscopia óptica foi utilizada para verificar o comportamento das dispersões realizadas com borrifador manual depositadas em uma superfície lisa, como o vidro. Nesse caso, notou-se o efeito do espessante e também o efeito do ativo. As soluções de CTAB apresentaram dois tipos de formação: o primeiro, na solução sem PVA, com bordas arredondadas e regulares, sugerindo uma aderência maior ao vidro das lâminas. Conforme a concentração de PVA aumentou, foi observada a deposição de gotículas bordas irregulares e auto-organizadas. A solução de hipoclorito de sódio sem PVA apresentou agrupamentos de gotículas de tamanho extremamente pequeno, distribuídas irregularmente pela lâmina. Com o aumento da concentração de PVA, observou-se o efeito de aglutinação mais intenso com formação de filme. Os resultados indicam que a formulação sem espessante pode ser considerada mais adequada para o uso doméstico. Já para a aplicação com drones, a formulação contendo 1% de PVA foi a mais adequada.

Palavras-chave: desinfetantes; inseticidas, quaternários de amônio; hipoclorito de sódio, borrifadores manuais; drones

ABSTRACT

This work presents two disinfectant formulations with different concentrations of a thickener agent. The effect of the thickener polyvinyl alcohol concentration and the differences between two application devices were evaluated; drones and hand sprayers. Three solutions of sodium hypochlorite were prepared using 0.5% (m/v) of sodium hypochlorite and 0.0; 1.0 or 1.5% of polyvinyl alcohol (PVA); and three aqueous solutions using 0.05% (m/v) of cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) and 0.0, 1.0 or 1.5% of PVA. For large areas application using drones, the thickener had an effect on the cone angle of the dispersions, decreasing the angle as the thickener concentration increased. A dispersion was also performed on filter paper, where it was observed that the thickener did not cause such a pronounced effect regarding the size of the droplets and the distance between them. For the hand sprayers application, the effect of the thickener on the concentration of droplets and also on their size was verified from the dispersion on filter paper. Optical microscopy was used to verify the behavior of dispersions when applied with hand sprayers on a smooth surface, such as glass. In this case, the effect of the thickener was noticed and also the effect of the active ingredient. The CTAB solutions presented two types of formation: the first, without PVA, showed rounded and regular edges, suggesting greater adherence to the glass of the slides. As the PVA concentration increased, the deposition of irregular and self-organized droplets was observed. The sodium hypochlorite solution without PVA presented clusters of droplets in an extremely small size, irregularly distributed across the slide. By the increase of PVA concentration, the effect of agglutination with film formation was more intense. The results indicate that the formula without thickener can be considered more suitable for domestic use. For drone application, the formula containing 1% PVA was the most appropriate.

Keywords: disinfectants; insecticides; quaternary ammonium; sodium hypochlorite; hand sprayers; drones

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Hipoclorito de sódio	11
Figura 2. Estrutura básica dos quaternários de amônio	12
Figura 3. Brometo de cetiltrimetilamônio	13
Figura 4. Fórmula química do álcool polivinílico	14
Figura 5. Drone Pelicano 10 L	17
Figura 6. Kit de biqueiras eletrostáticas.....	17
Figura 7. Borrifador manual.....	18
Figura 8. Exemplo da medição dos ângulos.....	19
Figura 9. Fotos do momento da dispersão da solução de CTAB	21
Figura 10. Fotos do momento da dispersão da solução de CTAB 1% PVA	22
Figura 11. Foto do momento da dispersão da solução de CTAB 1,5% PVA.....	23
Figura 12. Foto do momento da dispersão da solução de hipoclorito de sódio	23
Figura 13. Fotos do momento da dispersão da solução de hipoclorito de sódio 1% PVA	24
Figura 14. Foto do momento da dispersão da solução de hipoclorito de sódio 1,5% PVA	25
Figura 15. Lâminas de microscopia com as soluções de hipoclorito de sódio.....	26
Figura 16. Imagens de microscopia óptica da solução de hipoclorito de sódio	27
Figura 17. Imagens de microscopia óptica da solução de hipoclorito de sódio 1% PVA	27
Figura 18. Imagens de microscopia óptica da solução de hipoclorito de sódio 1,5% PVA	28
Figura 19. Imagens de microscopia óptica da solução de CTAB	29
Figura 20. Imagens de microscopia óptica da solução de CTAB 1% PVA	30
Figura 21. Imagens de microscopia óptica da solução de CTAB 1,5% PVA	31
Figura 22. Imagens do papel filtro obtido a partir da dispersão das soluções CTAB e CTAB 1% por drones	32
Figura 23. Imagens do papel filtro obtido a partir da dispersão da solução CTAB por drones, analisadas por microscópio digital portátil	33
Figura 24. Imagens do papel filtro obtido a partir da dispersão da solução CTAB 1% por drones, analisadas por microscópio digital portátil.....	34

Figura 25. Imagens do papel filtro obtido a partir da dispersão das soluções CTAB, CTAB 1% e CTAB 1,5% por borrifador manual35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ângulos medidos para as dispersões de CTAB	21
Tabela 2. Ângulos medidos para as dispersões de CTAB 1% PVA	22
Tabela 3. Ângulos medidos para as dispersões de CTAB 1,5% PVA	23
Tabela 4. Ângulos medidos para as dispersões de hipoclorito de sódio	24
Tabela 5. Ângulos medidos para as dispersões de hipoclorito de sódio 1% PVA.....	24
Tabela 6. Ângulos medidos para as dispersões de hipoclorito de sódio 1,5% PVA..	25
Tabela 7. Dados das soluções a partir da dispersão por drones.....	25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	16
2.1	GERAL	16
2.2	ESPECÍFICOS	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1	MATERIAIS	17
3.2	METODOLOGIA	18
3.2.1	Preparação das soluções de brometo de cetiltrimetilamônio e hipoclorito de sódio com espessante álcool polivinílico	18
3.2.2	Dispersão das soluções	18
3.2.2.1	Com o uso de drones	18
3.2.2.2	Com o uso de borrifadores manuais	19
3.2.3	Microscopia óptica	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1	DISPERSÃO AÉREA DAS SOLUÇÕES COM DRONES	21
4.1.1	CTAB	21
4.1.2	Hipoclorito de sódio	23
4.2	MICROSCOPIA ÓPTICA	26
4.2.1	Hipoclorito de sódio	26
4.2.2	Hipoclorito de sódio 1% PVA	27
4.2.3	Hipoclorito de sódio 1,5% PVA	28
4.2.4	CTAB	29
4.2.5	CTAB 1% PVA	30
4.2.6	CTAB 1,5% PVA	31
4.3	DISPERSÃO DAS SOLUÇÕES EM PAPEL FILTRO:	32
4.3.1	Aplicação com os drones:	32
4.3.2	Aplicação com borrifador manual	35
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

Doenças infecciosas assolam a população mundial desde o mundo antigo.¹ Elas podem ser causadas por parasitas, vírus, bactérias ou fungos e têm como principal característica o fato de se propagarem entre seres humanos e animais. Para mensurar os limites do contágio, as grandes contaminações por doenças infecciosas podem ser classificadas como surtos, endemias, epidemias e pandemias. Pandemias são o pior estágio de contaminação e acontecem quando a doença em questão se espalha por todo planeta Terra.² Diversas pandemias de cólera, uma infecção do intestino delgado causada pelas bactérias *Vibrio cholerae*, já foram registradas.³ Variações da gripe também foram responsáveis por pandemias ao longo dos anos, como a da gripe espanhola, que teve início em 1918, infectando cerca de um quarto da população mundial da época,⁴ e pandemia da influenza A (H1N1) de 2009. A AIDS, causada pelo vírus HIV, também é considerada uma pandemia desde 1981.⁵ Mais recentemente, a COVID-19, identificada em 2019, tem causado uma crise de saúde com severas restrições após ter se espalhado pelo mundo, acumulando mais de 6 milhões de mortes ao redor do globo, sendo mais de 600 mil no Brasil.⁶

Uma epidemia tem características parecidas com a pandemia, porém com duração limitada e se restringe a um espaço geográfico menor.⁷ Também pode ser definida como a ocorrência de surtos, ou seja, aumento inesperado de casos, em várias regiões próximas. Por exemplo, o Brasil teve várias epidemias de dengue ao longo dos anos. Já uma endemia se difere da epidemia por não ser restrita ao tempo, apenas ao espaço.⁸ Como exemplo, a febre amarela tem caráter endêmico no Brasil na região da Amazônia e em diversos países da América Central e do Sul e da África.⁹

Muitas doenças infecciosas são contagiosas, porém, nem todas são transmitidas da mesma forma. A febre amarela e a dengue não são transmissíveis de pessoa para pessoa, e sim por meio de picadas de mosquitos transmissores infectados.⁹ Já o HIV é transmitido mais comumente através da relação sexual sem preservativos, transfusão de sangue ou compartilhamento de seringas infectadas.¹⁰ A COVID-19, no entanto, não requer um contato tão íntimo para infectar outra pessoa, pois sua transmissão se dá pela inalação de aerossóis produzidos por pessoa infectadas quando elas falam, tosse, espirram ou respiram.¹¹ Entender a forma de transmissão é muito importante para que a sociedade tome medidas de prevenção e, com isso, possa evitar o contágio da população e impedir que o vírus se alastre.

Imediatamente após o início da pandemia de COVID-19, a UFRGS, juntamente com algumas Unidades Acadêmicas, entre elas o Instituto de Química, foi contemplada com recursos do MEC para a realização de pesquisas aplicadas que pudessem auxiliar na prevenção e no combate à doença. Desta forma, pesquisadores do Instituto de Química puderam desenvolver um projeto para propor e otimizar desinfetantes antivirais, juntamente com sua metodologia de aplicação.¹²

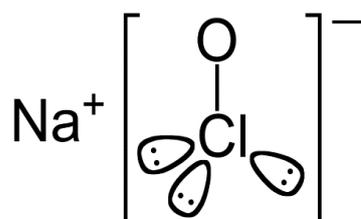
No caso da COVID-19, o uso de máscaras de proteção, associados ao uso de desinfetantes para as mãos e superfícies, como sabão e álcool 70 INPM, têm sido as medidas de prevenção de contágio mais comuns desde o início da pandemia. O sabão tem atividade virucida contra o SARS-CoV-2 pelo seu caráter anfifílico. Por ser um surfactante aniônico, ele interage com a membrana lipídica do vírus pela sua cauda hidrofóbica. Assim, a membrana lipídica desse vírus se rompe, desativando o vírus. O mesmo mecanismo de ação ocorre com os surfactantes catiônicos, como os quaternários de amônio.

O hipoclorito de sódio (**Figura 1**) também é um saneante facilmente encontrado e já é utilizado como um desinfetante doméstico.¹³ Vendido em supermercados como água sanitária em soluções com concentração entre 2,0 - 2,5%, é recomendado que seja diluído até que a concentração de hipoclorito seja de 0,5%.¹⁴ Em solução aquosa, o hipoclorito de sódio possui o seguinte equilíbrio químico:



Na prática clínica, é utilizado em tratamentos dentários endodônticos, irrigando os canais radiculares e atuando como saneante, graças a sua ação antimicrobiana e bactericida.¹⁵

Figura 1. Hipoclorito de sódio

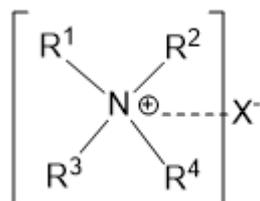


Quando reage com matéria orgânica, possui diferentes possibilidades de ação. O hipoclorito de sódio age dissolvendo ácidos graxos, transformando-os em sais de

ácidos graxos e glicerol, numa reação conhecida como saponificação. Com a saída dos íons hidroxila, ocorre a redução do pH. O ácido hipocloroso, que está presente na solução de hipoclorito, entra em contato com matéria orgânica e libera cloro, que, combinado com o grupo amino proteico, forma cloramina (reação de cloraminação). O ácido hipocloroso (HOCl) e os íons hipoclorito (OCl⁻) levam à degradação e hidrólise do ácido. A reação de cloraminação entre o cloro e o grupo amina forma cloraminas que interferem no metabolismo celular.¹⁶

Quaternários de amônio (QAM) são uma classe de surfactantes catiônicos, cujo cátion é caracterizado por um nitrogênio ligado a quatro grupos. A parte aniônica é formada geralmente por brometo ou cloreto, formando um sal, como aparece na **Figura 2**. Suas variações estruturais, como o comprimento das cadeias R, afetam suas características antimicrobianas, percebendo-se uma maior atividade em moléculas que possuem cadeias com 12 a 16 carbonos.¹⁷

Figura 2. Estrutura básica dos quaternários de amônio



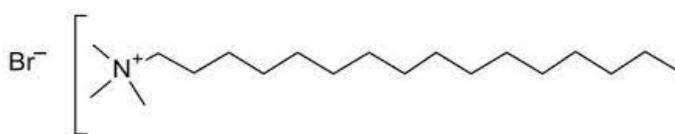
Fonte: Adaptado de Gerba, 2015.¹⁷

QAM possuem atividade antimicrobiana, como contra gram-positivas e gram-negativas¹⁸, *mycobacterium*¹⁹, e esporos bacilluys¹⁹. Essa atividade se dá pelo fato de que quaternários de amônio interagem com a membrana citoplasmática de bactérias, levando ao vazamento de material citoplasmático.¹⁷ Além disso, estudos investigando sua atividade contra vírus obtiveram resultados positivos contra o rotavírus²⁰, norovírus²¹, vírus da influenza¹⁸ e hepatite A²². Nesse caso, sua efetividade pode ser explicada pela característica hidrofóbica, que causa a degradação da barreira lipídica dos vírus.

Novas tecnologias têm sido estudadas referente a desinfetantes continuamente ativos, que utilizam fórmulas com ativos desinfetantes que, quando secam nas superfícies, formam uma camada fina e durável de filme seco que fornece ação antimicrobiana de longa duração. Algumas evidências sugerem que QAMs podem ser

utilizados para esse fim.²³ Neste trabalho, o brometo de cetiltrimetil amônio, ou CTAB, (**Figura 3**) foi escolhido como ativo a ser estudado. Este quaternário de amônio é muito utilizado na indústria cosmética, principalmente em formulações de condicionadores, a uma concentração máxima de 1%. ²⁴Além disso, tem efeito virucida contra o rotavírus humano ²⁵, efeito bactericida contra o *Pseudomonas aeruginosa*, ²⁶ *Streptococcus mutans* ²⁷ e uma variedade de bactérias gram-negativas.²⁸

Figura 3. Brometo de cetiltrimetilamônio



Um método comum de aplicação de desinfetantes em superfícies de área pequenas, como bancadas, maçanetas e objetos pequenos, é com a utilização de borrifadores manuais. Eles proporcionam uma aplicação em jato spray, que é caracterizado como uma dispersão líquida em um ambiente gasoso, gerando gotículas que se depositam na superfície de aplicação, para então agirem contra os microrganismos.

Tratando-se de áreas grandes com necessidade de desinfecção, como estações de transporte público, academias ao ar livre, praças e quadras de esportes, o uso de borrifadores manuais é inviável. A alternativa nesse caso é o uso de veículos aéreos não tripulados, mais conhecidos como drones. Por suas vantagens, como a facilidade no uso e baixo custo de operação, os drones já são muito utilizados para as mais diversas aplicações. Quando equipados com câmeras, os drones podem ser usados tanto no setor de produção audiovisual, quanto na inspeção de segurança pública ou privada. Na agricultura, seu uso tornou-se comum para a pulverização de agroquímicos como inseticidas e fertilizantes, substituindo o trabalho humano com maior eficiência e sem risco para a saúde dos operadores. Para essa finalidade, os drones são equipados com um tanque para armazenamento do líquido a ser pulverizado e com um conjunto de biqueiras para a aplicação, podendo essas serem biqueiras convencionais ou eletrostáticas.²⁹

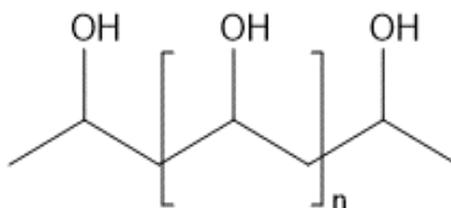
Alguns parâmetros que podem ser analisados sobre a dispersão dos borrifadores são o seu ângulo de cone, a distribuição das gotículas e o tamanho médio

das gotículas. O ângulo de cone é determinado como o ângulo entre as retas partindo do orifício onde ficam as bordas da dispersão. A dispersão das gotículas é analisada pela quantidade de gotículas em uma determinada área. O tamanho médio se dá pelo diâmetro que essas gotículas apresentam.³⁰

Todos esses parâmetros são influenciados tanto pelas características da ponteira do borrifador, quanto pelas propriedades do líquido. Espera-se que um líquido menos viscoso apresente ângulo de cone maior, assim como um diâmetro menor nas gotículas. Um ângulo de cone menor auxilia na precisão da aplicação, fator que deve ser levado em conta quando se trata de locais públicos com tráfego de pessoas. Por isso, o efeito do espessante no ângulo de cone da aplicação com drones foi avaliado neste trabalho. A modificação da viscosidade pode ser realizada através da utilização de um composto espessante.

O espessante álcool polivinílico (**Figura 4**) é um polímero sintético, semicristalino, solúvel em água, não tóxico e biodegradável, obtido por meio da polimerização radicalar do acetato de vinila para poli acetato de vinila, seguida pela hidrólise dos grupos acetato, produzindo então a cadeia polimérica hidroxilada. A reação de hidrolização não é completa, gerando uma mistura entre o PVA e o poli acetato de vinila, o que resulta em uma ampla distribuição de massa molecular.³¹

Figura 4. Fórmula química do álcool polivinílico



Por ser um ótimo agente formador de filmes, devido a seu efeito de aumento da tensão superficial gerado pela ligação de hidrogênio entre os grupos -OH do PVA e moléculas de água, é muito utilizado em aplicações médicas, cosméticas e alimentícias.³²

Considerando o interesse em desenvolver formulações desinfetantes e inseticidas para o combate a microrganismos, e também na melhor forma de aplicação, o presente trabalho propõe um estudo sobre a influência do espessante

nas características de dispersão das formulações, assim como o modo e local de aplicação.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

O objetivo geral desta monografia é a elaboração de formulações de um desinfetante com ação inseticida residual, que poderá ser utilizado em superfícies pequenas com pulverizadores manuais ou espaços abertos com ajuda de drones.

2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito das soluções com e sem espessante.
- Estabelecer protocolos para a aplicação com drone e com borrifador manual.
- Entender o efeito da aplicação em diferentes superfícies.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

O Brometo de cetiltrimetilamônio, o álcool polivinílico e o hipoclorito de sódio foram adquiridos da Êxodo científica. O corante fluoresceína e o corante azul de metileno foram adquiridos da Merck.

O drone utilizado para os testes foi contratado da Skydrones, utilizando o modelo Pelicano 10 L de 2019 (**Figura 5**) e foi equipado com um kit de biqueiras eletrostáticas SPE-3 de jato cônico vazio (**Figura 6**).

Figura 5. Drone Pelicano 10 L



Figura 6. Kit de biqueiras eletrostáticas



Também foram utilizados borrifadores manuais de plástico de 500 mL (**Figura 7**).

Figura 7. Borrifador manual



3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Preparação das soluções de brometo de cetiltrimetilamônio e hipoclorito de sódio com espessante álcool polivinílico

Foram preparadas seis soluções base: três soluções aquosas de hipoclorito de sódio com 0,5% (m/v) de hipoclorito de sódio e 0,0; 1,0 ou 1,5% de álcool polivinílico (PVA), e três soluções aquosas com 0,05% (m/v) de brometo de cetiltrimetilamônio (CTAB) e 0,0, 1,0 ou 1,5% de PVA. Primeiramente, foi realizada a diluição do PVA em água, sob aquecimento a 80 °C e agitação mecânica por aproximadamente 1 h e 30 min. Após, o ativo foi adicionado e a solução homogeneizada.

3.2.2 Dispersão das soluções

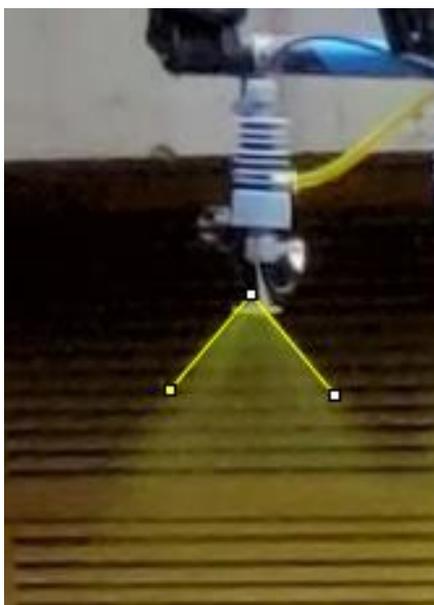
3.2.2.1 Com o uso de drones

As soluções preparadas foram pulverizadas utilizando drones equipados com biqueiras eletrostáticas de jato cônico vazio, construídas especialmente para o projeto, numa altura de 2 m, aproximadamente. O corante fluoresceína foi adicionado em algumas soluções que foram pulverizadas em folhas de papel filtro presas ao chão. As soluções pulverizadas foram: água; CTAB 1% PVA; CTAB 1,5% PVA; CTAB 1% PVA com corante; hipoclorito de sódio com corante; hipoclorito de sódio 1% PVA com

corante; hipoclorito de sódio 1,5% PVA com corante. Após a secagem, os papéis foram colocados sob uma lâmpada de luz UV para possibilitar a visualização das manchas geradas pela pulverização.

Imagens dos drones foram captadas durante a realização da pulverização e, a partir delas, foi possível medir o ângulo de cone utilizando o programa Image J com seleção manual dos ângulos, conforme a imagem de exemplo na **Figura 8**.

Figura 8. Exemplo da medição dos ângulos



3.2.2.2 Com o uso de borrifadores manuais

O corante fluoresceína foi adicionado às soluções aquosas de CTAB, CTAB 1% PVA e CTAB 1,5% PVA. Com a utilização de borrifadores manuais ajustados para o jato de maior ângulo de cone, as soluções foram pulverizadas em papel filtro a uma altura de 40 cm, distância de 16,5 cm do centro do papel e ângulo de 45° do borrifador em relação a folha de papel filtro, simulando a aplicação usual em superfícies. Após a secagem, os papéis foram colocados sob uma lâmpada de luz UV para possibilitar a visualização das manchas geradas pela pulverização.

3.2.3 Microscopia óptica

Foi adicionado o corante azul de metileno a uma concentração de 0,02% m/v às seis soluções com CTAB e hipoclorito de sódio. Elas foram então pulverizadas em lâminas de microscopia com a utilização de borrifadores de plástico de 500 mL a uma distância padrão de 16,5 cm do centro da placa e altura de 40 cm, com um ângulo de

45° em relação ao papel, simulando a aplicação usual em superfícies. Após a secagem das soluções nas lâminas, elas foram avaliadas sob microscópio óptico (BX41, Olympus, câmera digital DPT3, EUA) em temperatura ambiente com aumento de 10x. As imagens foram editadas para melhor visualização. Os diâmetros e as distâncias entre as gotículas foram medidos manualmente pelo software Image J.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DISPERSÃO AÉREA DAS SOLUÇÕES COM DRONES

Os ângulos de cone foram medidos a partir das fotos tiradas no momento da dispersão. Apenas os jatos que apareceram com clareza nas fotos foram utilizados para a medição. Nas tabelas os ângulos são apresentados, e o número do borrifador corresponde à ordem em que eles aparecem nas figuras, da esquerda para a direita.

4.1.1 CTAB

A dispersão das soluções de CTAB (**Figura 9**), com e sem corante, tiveram os ângulos medidos para seis borrifadores diferentes.

Figura 9. Fotos do momento da dispersão da solução de CTAB



Tabela 1. Ângulos medidos para as dispersões de CTAB

Borrifador:	Ângulo de cone
1	79,26°
2	69,45°
3	80,51°
4	71,79°
5	67,24°
6	66,49°

Observa-se um ângulo máximo de 80,51°, e um ângulo mínimo de 66,49°, com um ângulo médio de 72,45°.

As soluções de CTAB 1% PVA (**Figura 10**), com e sem corante, puderam ser medidas em seis borrifadores diferentes.

Figura 10. Fotos do momento da dispersão da solução de CTAB 1% PVA



Tabela 2. Ângulos medidos para as dispersões de CTAB 1% PVA

Borrifador	Ângulo de cone
7	57,48°
8	63,37°
9	54,82°
10	49,33°
11	55,26°
12	53,21°

A presença do PVA causou a diminuição dos ângulos de cone, agora com um ângulo mínimo de 53,21° e máximo de 63,37°. A presença de 1% de PVA diminuiu, em média, 16° em relação à solução sem espessante.

A solução de CTAB 1,5% (**Figura 11**) sem corante teve sua dispersão medida a partir de três borrifadores diferentes.

Figura 11. Foto do momento da dispersão da solução de CTAB 1,5% PVA



Tabela 3. Ângulos medidos para as dispersões de CTAB 1,5% PVA

Borrifador	Ângulo de cone
13	47,57°
14	42,92°
15	40,91°

Novamente observou-se a diminuição do ângulo de cone em relação às soluções com menor concentração do PVA. Dessa vez, o ângulo mínimo encontrado foi de 40,91°, ou seja, aproximadamente a metade do valor apresentado pela solução sem espessante.

4.1.2 Hipoclorito de sódio

A dispersão das soluções de hipoclorito de sódio (**Figura 12**) teve os ângulos medidos para três borrifadores diferentes.

Figura 12. Foto do momento da dispersão da solução de hipoclorito de sódio



Tabela 4. Ângulos medidos para as dispersões de hipoclorito de sódio

Borrifador	Ângulo de cone
16	57,87°
17	69,33°
18	67,13°

O ângulo máximo encontrado para a solução de hipoclorito de sódio sem espessante foi de 69° e o mínimo de 57,87°.

A solução de hipoclorito de sódio 1% PVA (**Figura 13**) teve os ângulos medidos a partir de sete borrifadores diferentes.

Figura 13. Fotos do momento da dispersão da solução de hipoclorito de sódio 1% PVA

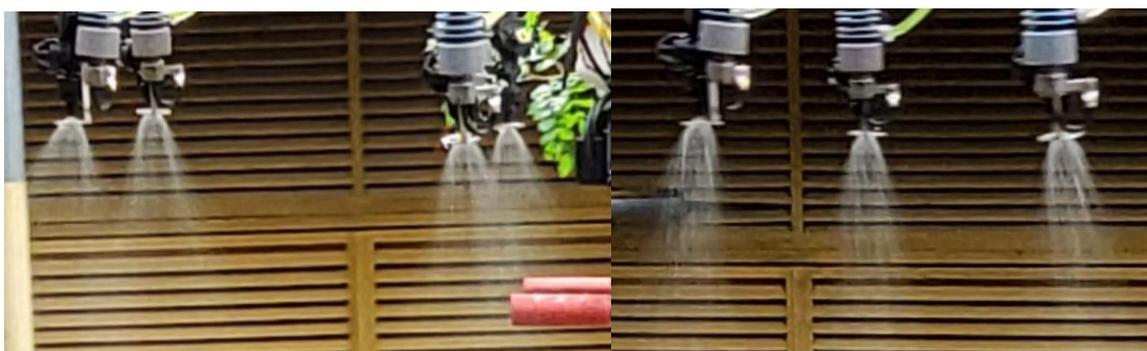


Tabela 5. Ângulos medidos para as dispersões de hipoclorito de sódio 1% PVA

Borrifador	Ângulo de cone
19	54,94
20	42,92
21	49,55
22	48,13
23	49,52
24	41,54
25	49,00

Percebeu-se a diminuição nos valores. O ângulo máximo encontrado foi de 54,94° e o menor de 41,54°.

A dispersão da solução de hipoclorito de sódio 1,5% PVA (**Figura 14**) teve os ângulos medidos para três borrifadores diferentes.

Figura 14. Foto do momento da dispersão da solução de hipoclorito de sódio 1,5% PVA



Tabela 6. Ângulos medidos para as dispersões de hipoclorito de sódio 1,5% PVA

Borrifador	Ângulo de cone
26	37,93
27	38,04
28	47,25

A solução de hipoclorito de sódio com maior concentração de PVA apresentou uma diminuição de valores pouco drástica em relação à solução com 1% de PVA. No entanto, os ângulos são muito próximos aos encontrados nas soluções de CTAB com a mesma concentração de espessante.

Tabela 7. Dados das soluções a partir da dispersão por drones

Solução	Número de amostras	Ângulo mínimo	Ângulo máximo	Média	Desvio Padrão
CTAB	6	66,24°	80,61°	72,45°	6,06
CTAB 1% PVA	6	49,33°	63,37°	55,57°	4,68
CTAB 1,5% PVA	3	40,91°	47,57°	43,77°	3,42
Hipoclorito de sódio	3	57,87°	69,33°	64,77°	6,08
Hipoclorito de sódio	7	41,54°	54,94°	47,94°	4,49

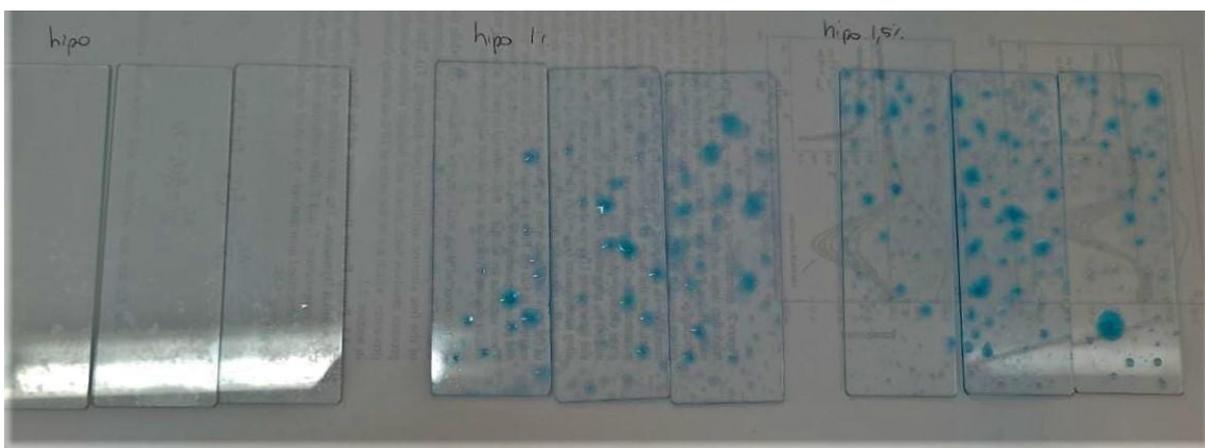
1% PVA					
Hipoclorito de sódio 1,5% PVA	3	37,93°	47,25°	41,07°	5,35

Os valores encontrados podem ter a precisão e exatidão afetadas por condições ambientes na hora da aplicação, como o vento e pelas resoluções das fotos. Por esse motivo, o desvio padrão pode ser considerado razoável, pois foi possível determinar uma faixa de valores coerente com os resultados esperados. Pode-se observar, a partir dos dados apresentados, que o aumento da concentração de espessante alterou a coalescência do desinfetante, diminuindo o ângulo de cone. No caso das soluções de hipoclorito de sódio, é importante ressaltar que o uso do espessante auxiliou no controle do seu odor característico.

4.2 MICROSCOPIA ÓPTICA

Para entender a influência do ativo e de uma superfície lisa no comportamento das gotículas, as soluções com corante azul de metileno foram borrifadas, com o uso de borrifadores manuais, em lâminas de microscopia (**Figura 15**).

Figura 15. Lâminas de microscopia com as soluções de hipoclorito de sódio

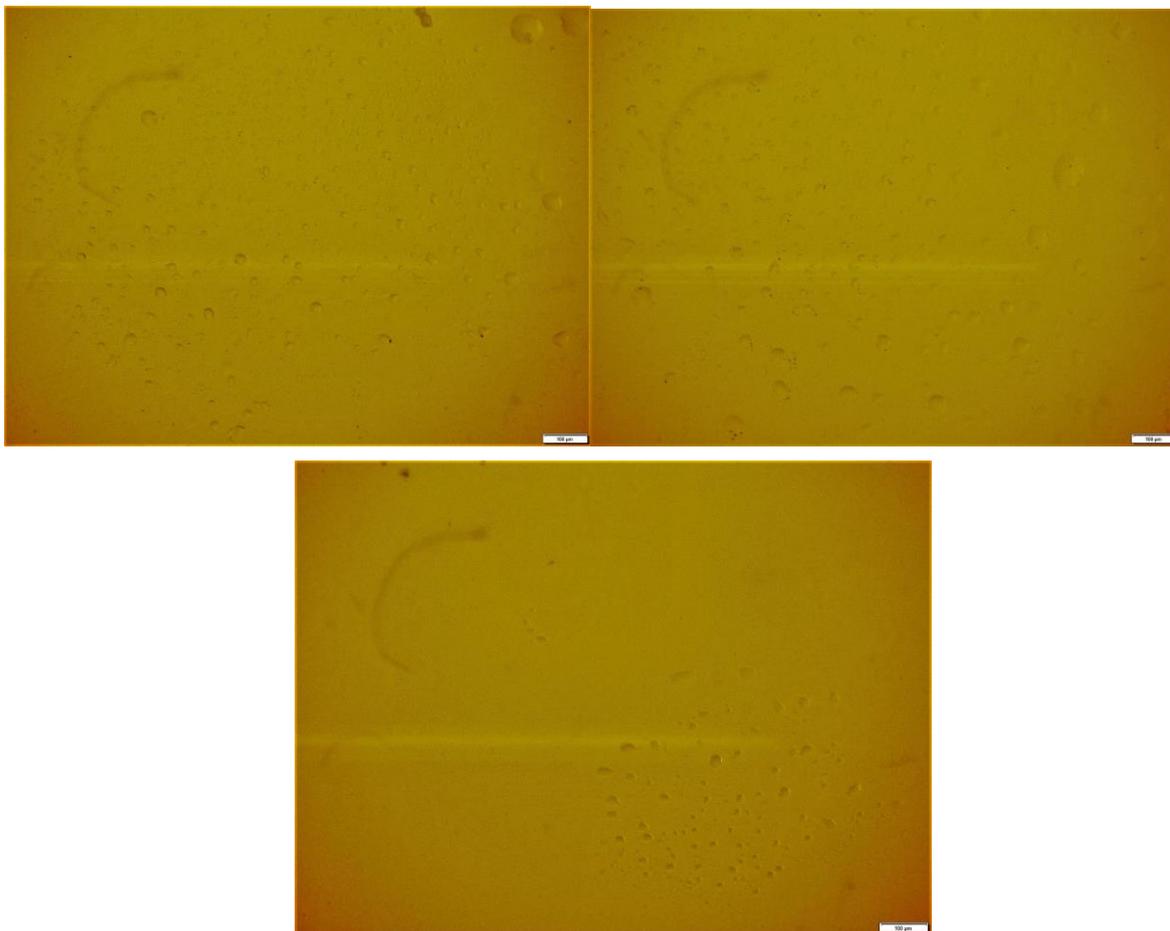


4.2.1 Hipoclorito de sódio

A solução de hipoclorito de sódio sem espessante apresentou agrupamentos de gotículas de tamanho extremamente pequeno quando comparada com as demais soluções, distribuídas irregularmente pela lâmina. O menor diâmetro encontrado foi de 10,16 μm e o maior foi de 69,01 μm , e foi observado que a frequência das gotículas

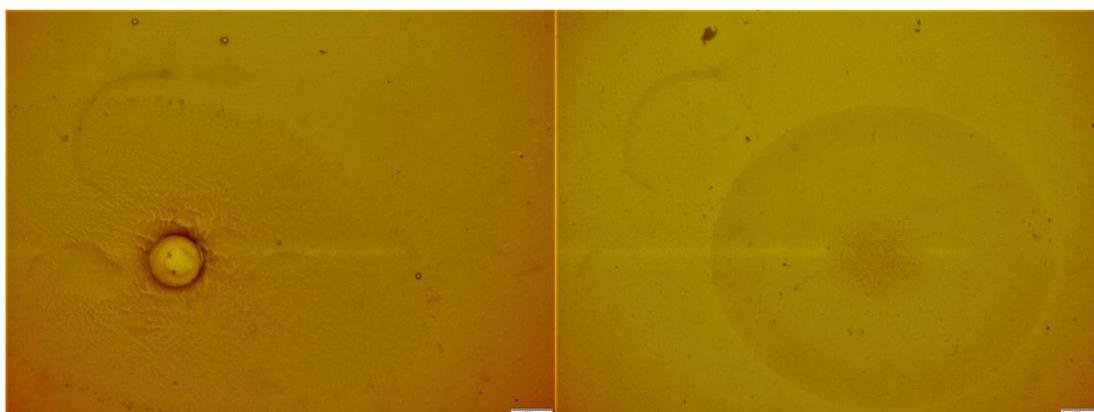
diminui à medida que o diâmetro aumenta. Percebeu-se também o padrão de maior concentração de gotículas no centro do agrupamento, sendo essas de menor diâmetro.

Figura 16. Imagens de microscopia óptica da solução de hipoclorito de sódio



4.2.2 Hipoclorito de sódio 1% PVA

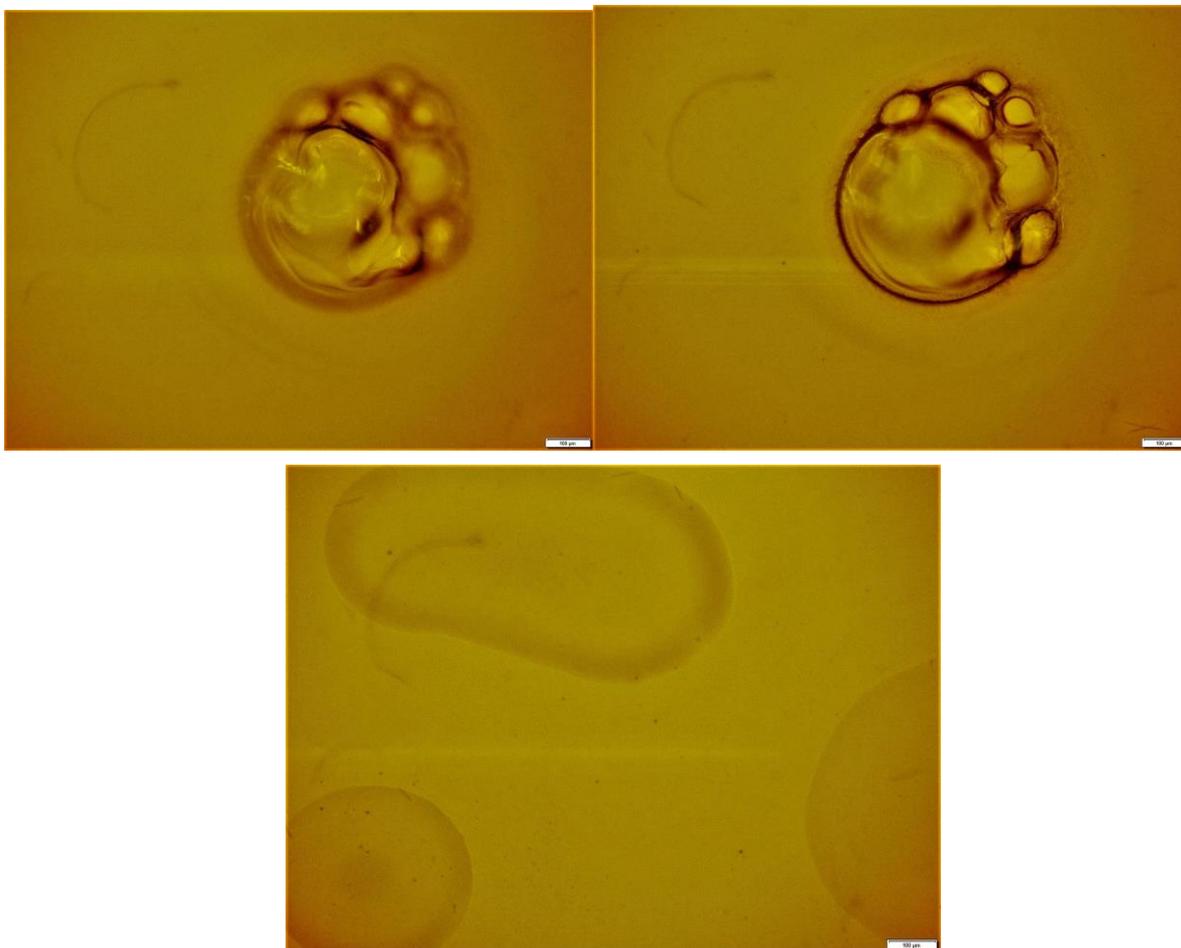
Figura 17. Imagens de microscopia óptica da solução de hipoclorito de sódio 1% PVA



A solução de hipoclorito de sódio com 1% de PVA apresentou gotículas bem maiores do que as observadas na solução sem espessante, com diâmetros que ultrapassam de 1000 μm , indicando uma coalescência no sistema. O padrão de agrupamento de gotículas também desaparece, e a distância entre elas aumenta. O efeito de formação de filme do PVA pode ser notado na primeira imagem, com o aparecimento de uma gotícula com relevo.

4.2.2 Hipoclorito de sódio 1,5% PVA

Figura 18. Imagens de microscopia óptica da solução de hipoclorito de sódio 1,5% PVA

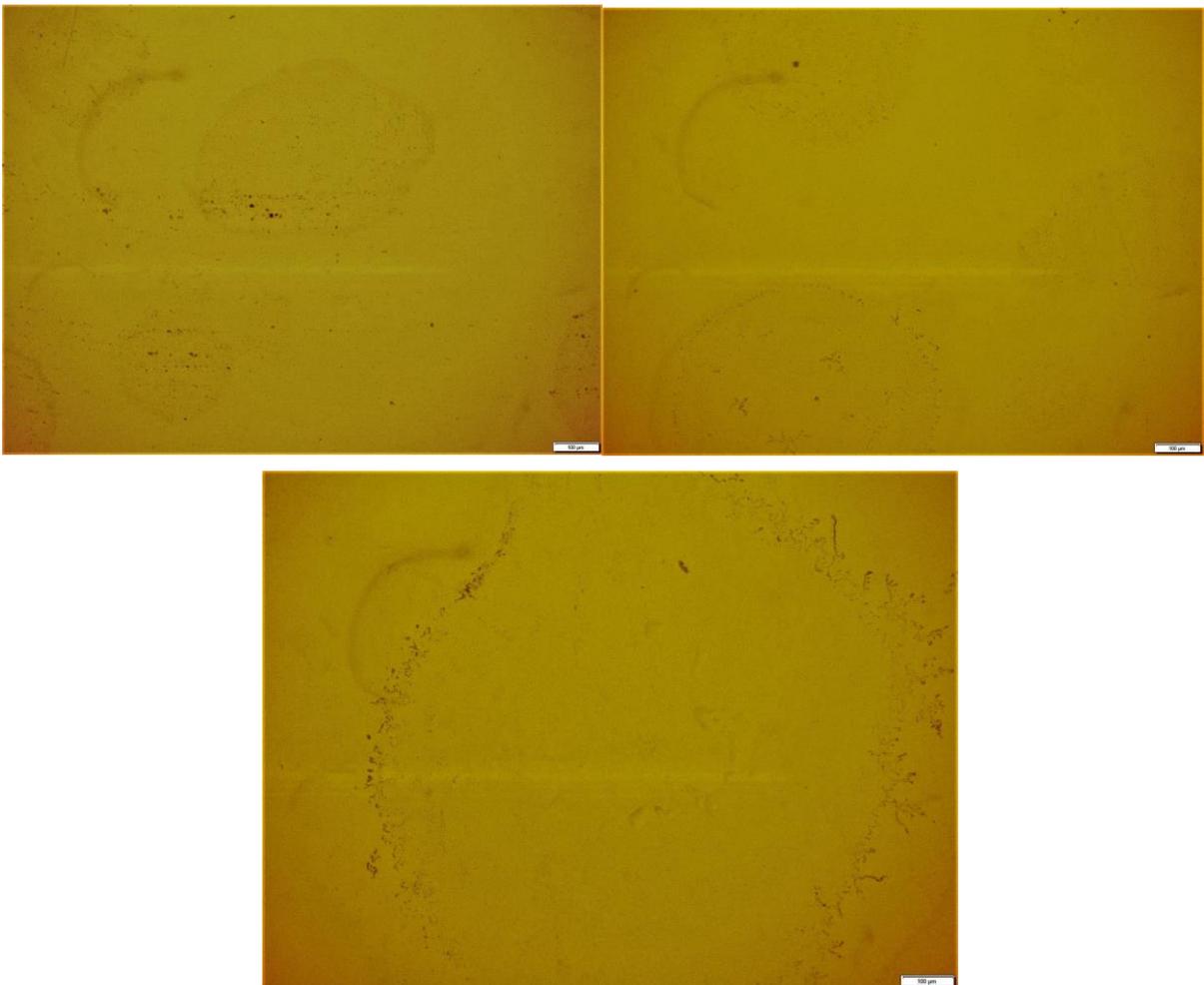


Observou-se o efeito de aglutinação mais intenso, devido ao aumento da concentração de PVA. O alto relevo das gotículas pode indicar a presença de água no interior delas, retida pelo filme formado pelo PVA.

4.2.4 CTAB

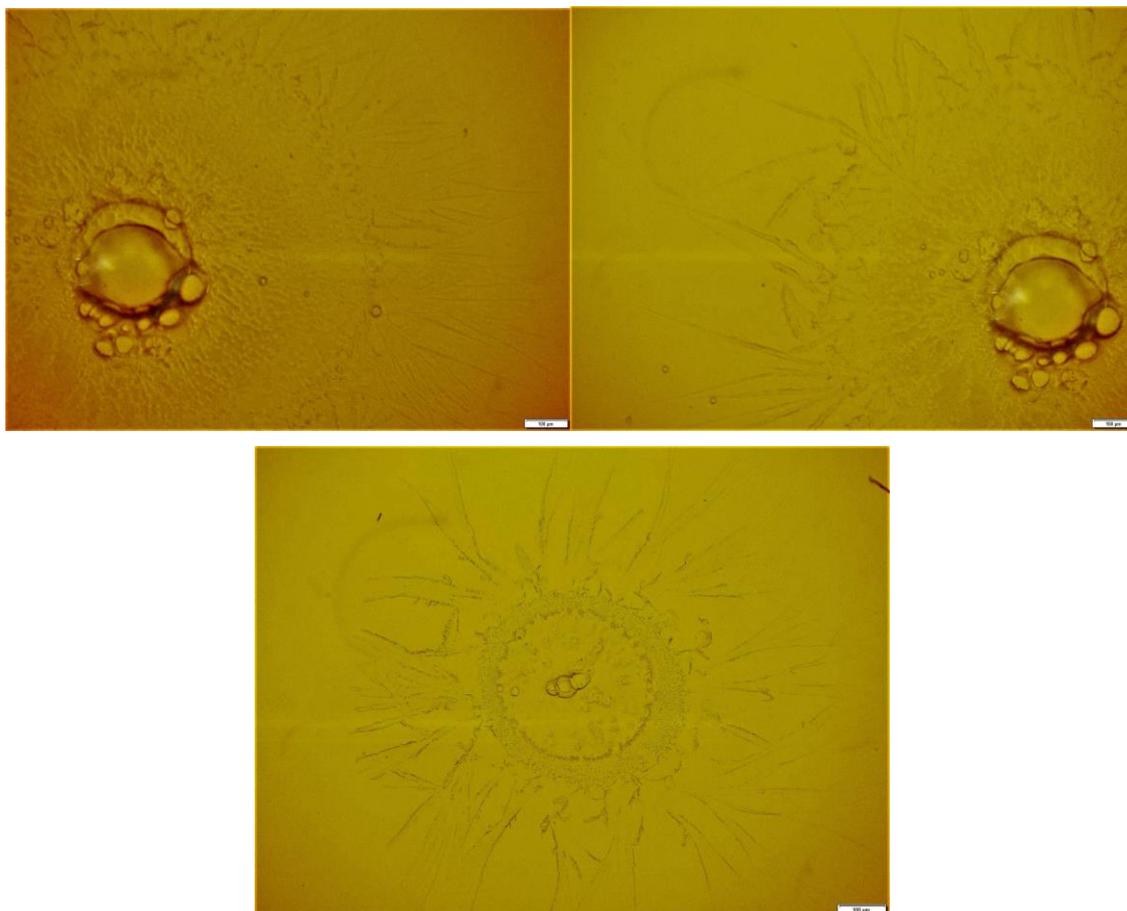
As gotículas geradas pela pulverização manual de CTAB sem espessante mostraram características diferentes das observadas na solução de hipoclorito de sódio sem espessante. Foram observados dois tipos de formação: o primeiro com bordas arredondadas e regulares, diâmetros variando entre 306 μm e 725 μm , e aparência de mancha ao invés de gotícula, diferente do observado nas soluções de hipoclorito de sódio, sugerindo uma aderência maior ao vidro das lâminas pelo efeito do surfactante na tensão superficial do sistema. O segundo tipo de deposição observado possui bordas irregulares, auto-organizadas, devido ao efeito hidrofílico do vidro na solução contendo surfactante.

Figura 19. Imagens de microscopia óptica da solução de CTAB



4.2.5 CTAB 1% PVA

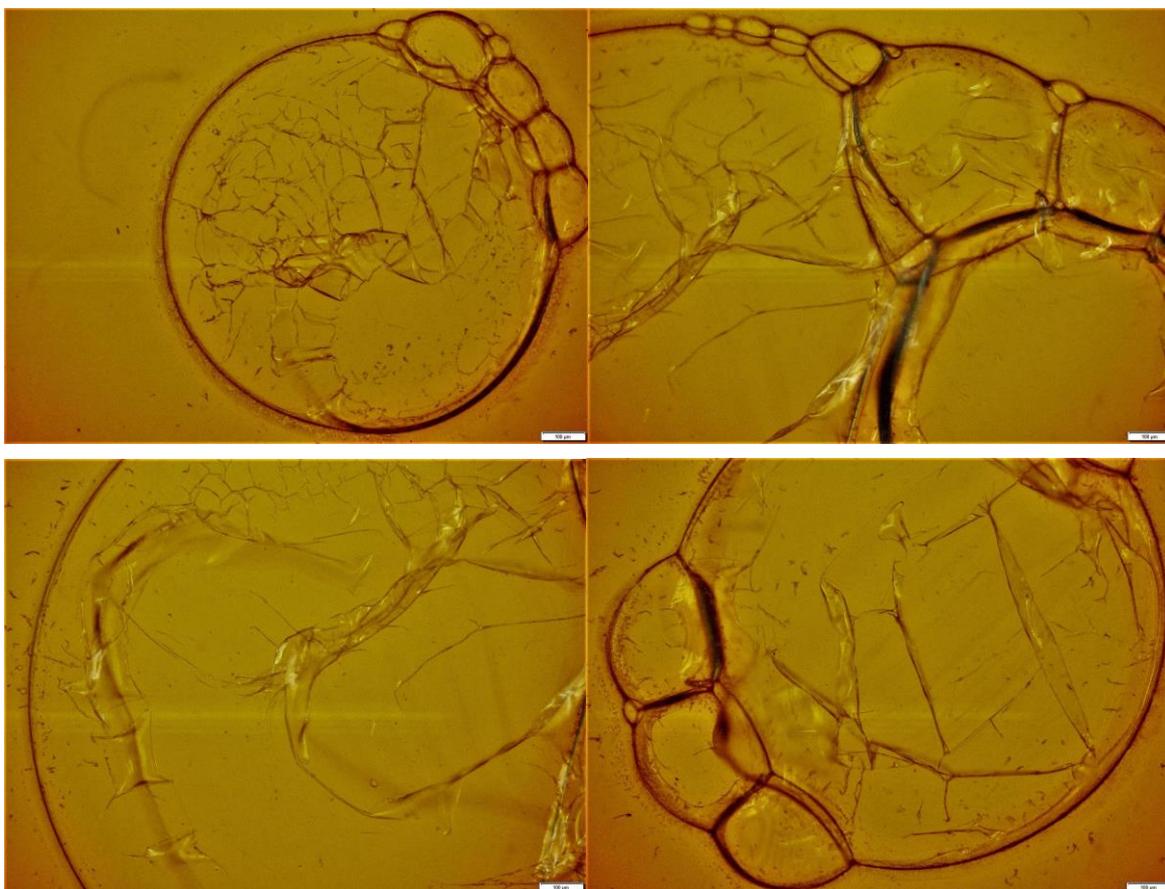
Figura 20. Imagens de microscopia óptica da solução de CTAB 1% PVA



Quando PVA é adicionado na solução de CTAB, as bordas das gotículas mostram uma auto-organização evidente. Esse efeito pode acontecer devido à combinação da formação de filme devido ao PVA, da diminuição da tensão superficial devido ao surfactante e também à hidrofobicidade dos vidros das lâminas.

4.2.6 CTAB 1,5% PVA

Figura 21. Imagens de microscopia óptica da solução de CTAB 1,5% PVA



Observa-se uma formação de filme mais efetiva, devido ao aumento da concentração de PVA. Além disso, o efeito de aglutinação das gotículas é o maior observado nas soluções. As bordas regulares sugerem que, nessa concentração, o efeito do polímero sobrepõe o efeito do surfactante em relação à tensão superficial.

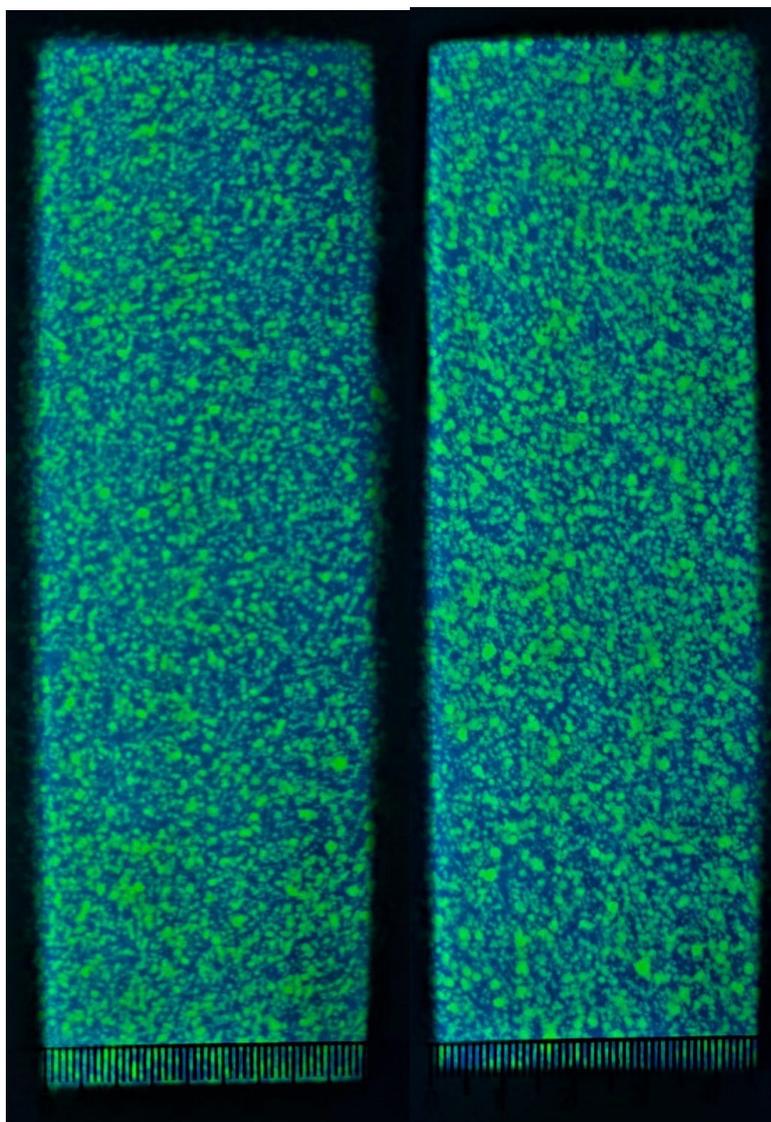
Quando aplicada em superfícies lisas e hidrofílicas, como o vidro, as soluções com espessante tendem a aglutinar e formar gotas duras e afastadas. Deve-se mencionar que a auto-organização espontânea de componentes de uma solução em microestruturas e padrões periódicos, conforme observa-se na **Figura 20**, é um fenômeno científico conhecido. Ele está associado a sistemas limitados por difusão, como é o caso de algumas amostras analisadas neste trabalho, com deposição sobre vidro de microscopia óptica.

4.3 DISPERSÃO DAS SOLUÇÕES EM PAPEL FILTRO:

Para a investigação do comportamento das gotículas geradas pelas dispersões, o corante fluoresceína foi adicionado às soluções, que foram pulverizadas em papel filtro com a utilização de drone e borrifadores. As folhas de papel filtro foram posicionadas sobre uma lâmpada UV para melhor visualização das gotículas.

4.3.1 Aplicação com os drones:

Figura 22. Imagens do papel filtro obtido a partir da dispersão das soluções CTAB e CTAB 1% por drones

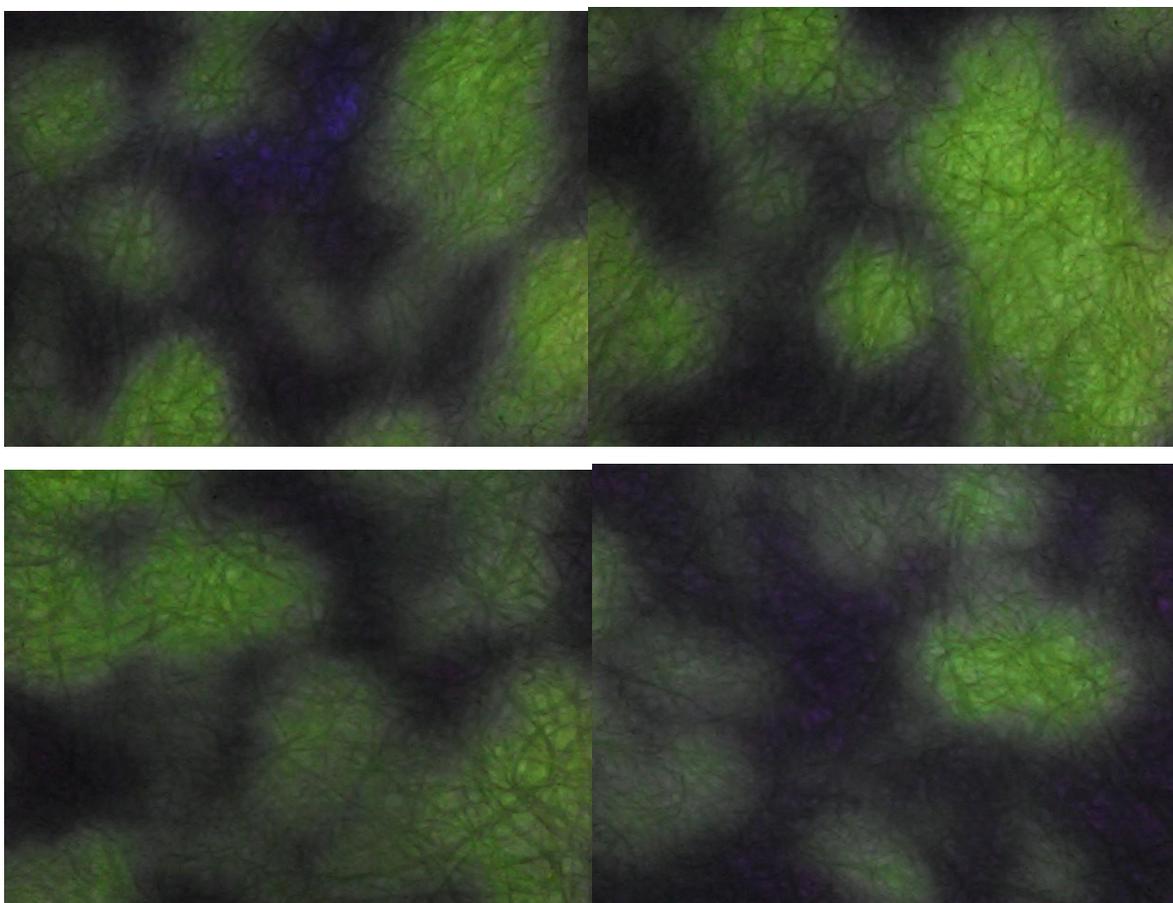


Ambas as soluções se demonstraram eficientes e fornecem bastante cobertura de área. Os pontos com coloração mais intensa sugerem que houve sobreposição de gotículas, aumentando o contraste da cor. Esse efeito foi influenciado tanto pela questão das várias que biqueiras eram acionadas ao mesmo tempo, quanto

pelo uso de espessante tornando a concentração de gotículas maior, pois nota-se uma maior quantidade desses pontos na solução de CTAB contendo PVA, enquanto na solução PVA é possível visualizar maior quantidade de gotículas pequenas e menos intensas. A diferença no diâmetro das gotículas não é tão evidente pela influência do volume aplicado e da propriedade eletrostática das biqueiras utilizadas.

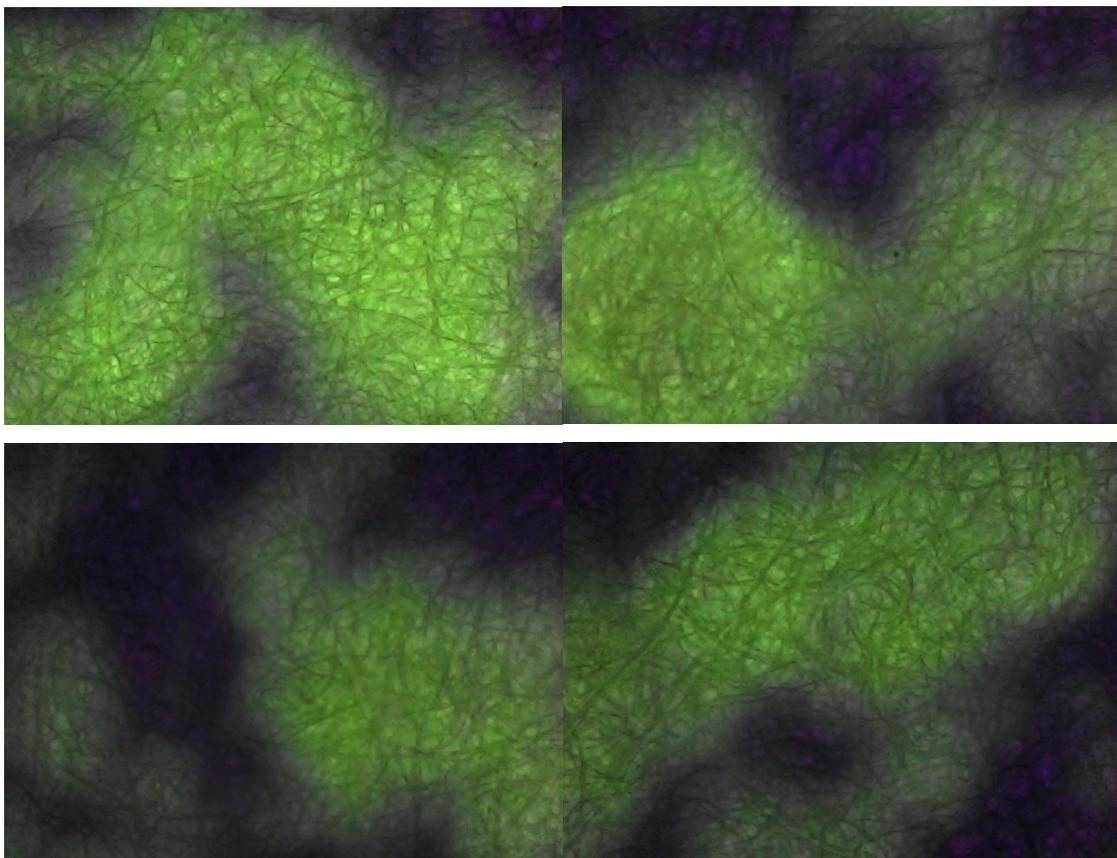
Além das fotos, também foi utilizado um microscópio digital para observar as gotículas geradas pelos drones mais de perto.

Figura 23. Imagens do papel filtro obtido a partir da dispersão da solução CTAB por drones, analisadas por microscópio digital portátil



A solução sem PVA apresenta uma grande quantidade de gotículas pequenas, com diâmetro em torno de 0,7 mm, e menos intensas, nas quais não houve efeito de aglutinação gerado pelo espessante, apenas o de sobreposição. O efeito absorvente do papel não impactou com tanta intensidade a união entre as gotículas.

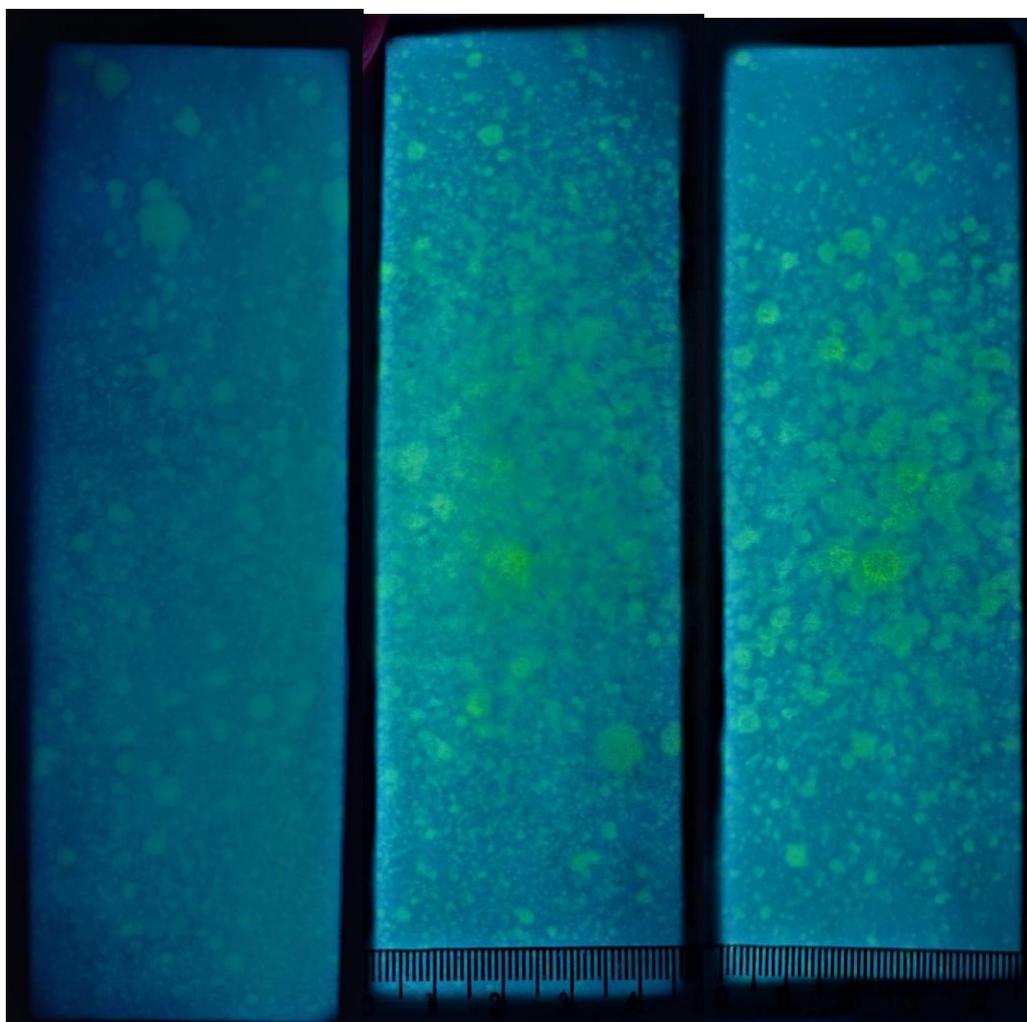
Figura 24. Imagens do papel filtro obtido a partir da dispersão da solução CTAB 1% por drones, analisadas por microscópio digital portátil



Pode-se observar com mais clareza o efeito do espessante na aglutinação, gerando maior quantidade de gotículas maiores, com diâmetro em torno de 1,5 mm e com coloração mais intensa. O efeito absorvente do papel também auxilia no aparecimento de várias gotículas unidas, sem bordas definidas, como na **Figura 24**.

4.3.2 Aplicação com borrifador manual

Figura 25. Imagens do papel filtro obtido a partir da dispersão das soluções CTAB, CTAB 1% e CTAB 1,5% por borrifador manual



Percebe-se o efeito do espessante em como a aplicação fica mais concentrada e com gotículas maiores, conforme aumenta a concentração de PVA, exemplificando a coalescência do sistema. A intensidade da cor é menor em comparação a aplicação dos drones, pois a pressão das biqueiras eletrostáticas é muito maior do que a força manual da aplicação com borrifador. Além disso, os borrifadores manuais não têm um padrão definido de aplicação pois isso depende do ajuste que o operador faz na ponteira, deixando o jato mais direcionado ou mais disperso. Nesse sentido, as soluções sem espessante podem ser consideradas mais efetivas para aplicações em pequenas áreas por possuírem uma maior distribuição de

gotículas, sendo esses mais uniformes em comparação com as soluções com espessante.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram avaliadas seis soluções diferentes, com dois tipos diferentes de ativos desinfetantes e três concentrações diferentes de espessante. As soluções foram borrifadas com dois dispositivos diferentes. Para o uso de borrifadores manuais, a utilização do papel filtro demonstrou que as soluções sem espessante tiveram uma distribuição mais adequada, com gotículas menores e mais bem distribuídas. Conforme observado na microscopia óptica, o efeito sobre a superfície é diferente após a secagem, pois o PVA deixa um resíduo em superfícies lisas como o vidro, concentrando o espessante numa única área e retendo umidade. Sendo assim, a formulação sem espessante é considerada mais adequada para o uso doméstico.

Para ambientes abertos, que contam com interferências como o vento, é necessário um controle maior da dispersão da solução, evitando que ela respingue em locais inadequados ou na população e cause desconforto em relação ao odor, no caso do hipoclorito de sódio. A avaliação do papel filtro indica uma dispersão mais uniforme sem a utilização de espessante, porém esse efeito não é tão contrastante entre uma solução e outra quanto como na aplicação com borrifadores, devido ao volume aplicado e da utilização das biqueiras eletrostáticas. Apesar de não ter sido possível avaliar a concentração de 1,5% de PVA e seus efeitos na dispersão, considera-se que a fórmula que contém 1% de PVA seria a mais adequada para a aplicação com drones.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GAIA, D. V. **Peste Antonina: a primeira pandemia do mundo antigo.** Disponível em: Acesso em: 22 abr 2022.
2. GREENBERG, R. S., DANIELS, S. R., & FLANDERS, W. **Epidemiologia Clínica.** 3. Ed. Porto Alegre: Artmed. (2005) 272 p.
3. FINKELSTEIN, R. Cholera, *Vibrio cholerae* O1 and O139, and Other Pathogenic Vibrios. In: **Medical Microbiology.** 4 ed. Galveston (TX). Samuel Baron, 1996. Cap. 24.
4. Morens, D. M., & Taubenberger, J. K. 1918 **Influenza: The mother of all pandemics.** Rev Biomed, v. 17, n. 1, p. 69–79, 2006.
5. MARTINS, A. G., SOUSA, A. J. M., LUZ, M. E. S. S., & NOGUEIRA, F. J. de S. **Preconceito e estigma frente às pandemias de covid-19 e hiv/aids: uma revisão narrativa da literatura.** Facit Business and Technology Journal, v. 1 n. 34, p. 17–30, 2022.
6. DONG, E., DU, H., & GARDNER, L. **An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time.** The Lancet, v. 20, n. 5, p. 533–534, 2020.
7. GREEN, M. S. et al. **When is an epidemic an epidemic?** Isr Med Assoc J , v. 4, p. 3–6 , 2002.
8. CARVALHEIRO, J. DA R. **Epidemias em escala mundial e no Brasil.** Estudos Avançados, v. 22 n. 64, p. 7–17, 2008.
9. **Febre amarela.** Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/f/febre-amarela-1/febre-amarela>. Acesso em: 22 abr 2022.
- 10 **O que é HIV?** Disponível em: <http://www.aids.gov.br/pt-br/publico-geral/o-que-e-hiv>. Acesso em: 16 abr 2022.

11. GREENHALGH, T., JIMENEZ, J. L., PRATHER, K. A., TUFEKCI, Z., FISMAN, D., & SCHOOLEY, R. **Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2.** *The Lancet*, v. 397, p. 1603–1605, 2021.
12. SCHREKKER, H. S. SILVEIRA, N. P. **Ação Enfrentamento ao COVID19.** MEC-UFRGS, (TED 9248), Sub-Projeto 11, 2020.
13. BULHÕES, F., LIMA, J., ARAÚJO, T., SANTOS, A., SILVA, F., OLIVEIRA, U., REGO, E. **Estudo do uso do hipoclorito de sódio no combate à covid-19 pela população do extremo oeste da bahia.** *NBC*. V. 10, n. 20, p. 120-136, 2020.
14. WHO. **Water, sanitation, hygiene and waste management for the COVID-19 virus.** Technical brief. (2020). Disponível em: WHO-2019-NcOV-IPC_WASH-2020.1-eng.pdf Acesso em: 24/03/22.
15. MOTA, K. Tratamento para o acidental extravasamento de hipoclorito de sódio durante a terapia endodôntica. MOSTRA DE PESQUISA EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. 2019. Fortaleza (CE). **Anais da mostra de pesquisa em ciência e tecnologia.** Fortaleza (CE) DeVry Brasil - Damásio – Ibmec. 04/07/2017
16. ESTRELA, C., ESTRELA, C. R. A., BARBIN, E. L., SPANÓ, J. C. E., MARCHESAN, M. A., & PÉCORA, J. D. **Mechanism of Action of Sodium Hypochlorite.** *Braz Dent J*, v. 13, n. 2, 113–117, 2002
17. GERBA, C. P. **Quaternary ammonium biocides: Efficacy in application.** *Applied and Environmental Microbiology*. v. 81, n. 2, p. 464–469, 2015.
18. MERIANOS, J. J. Surface-active agentes. In BLOCK, S. S. **Disinfection, sterilization, and preservation.** Philadelphia, PA. Lippincott Williams & Wilkins, 2001. p 63–320.
19. BEST, M. et al. **Feasibility of a combined carrier test for disinfectants: studies with a mixture of five types of microorganisms.** *American journal of infection control*, v. 22, n. 3, p. 152-62, 1994.
20. BOSCH, A. **Human enteric viruses in the water environment: a mini-review.** *Int Microbiol* v. 1, p. 191–196, 1998.

21. BOLTON, S. L. KOTWAL, G., HARRISON, M. A., LAW, E., HARRISON, J. A., CANNON, J. L. **Sanitizer efficacy against murine norovirus, a surrogate for humannorovirus, on stainless steel surfaces when using three application methods.** Appl Environ Microbiol v. 79, p. 1368 –1377, 2013.
22. MBITHI, J. N., SPRINGTHORPE, S. SATTAR, S. A. **Chemical disinfection of hepatitis A virus on environmental surfaces.** Appl Environ Microbiol v. 56, p. 3601–3604, 1990.
23. BUREL, C., DIREUR, G., RIVAS, C. PUREVDORJ-GAGE, L. **Colorimetric detection of residual quaternary ammonium compounds on dry surfaces and prediction of antimicrobial activity using bromophenol blue.** Lett Appl Microbiol, v. 72, p. 358-365, 2021.
24. PANG, S., WILLIS, L., & ANDERSEN, F. A. **Final report on the safety assessment of Cetrimonium Chloride, Cetrimonium Bromide and Steartrimonium Chloride.** International Journal of Toxicology, v. 16, n.3, p. 195–220, 1997
25. RODGERS, F. G. HUFTON, P., KURZAW SKA, E. ET AL. **Morphological response of human rotavirus to ultravioleta radiation, heat, and disinfect ants.** J. Med Microbiol. v. 20, p. 120-130, 1985.
26. EL- NIMA EI. **The synergism between cetrimide and antibiotics against Pseudomonas aeruginosa.** Zbl. Bakt. Hyg. v. 258, p. 120-0127, 1984.
27. YOTIS, W.W., ZEB, M., BRENNAN, P. C. ET AL. **The action of selected agents on the accumulation of 18F by Streptococcus mutans.** Microbios v. 36, p. 21-32, 1983.
28. FRAYHA, G. J., BIKHAZI, K. J., KACHACHI, T. A. **Treatment of hydatid cysts (Echino coccus granulosus) by Cetrimide.** Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. v. 75, p. 447-450, 1981.
29. GONZÁLEZ JORGE, H. GONZÁLEZ DE SANTOS, L. M. FARIÑAS ÁLVAREZ, N. MARTÍNEZ SÁNCHEZ J, NAVARRO MEDINA, F. **Operational Study of Drone**

Spraying Application for the Disinfection of Surfaces against the COVID-19 Pandemic. Drones. v. 5, n. p. 18, 2021.

30. GUZZO, M. E. **Metodologias para análise e caracterização dos sprays de um injetor de injeção direta de gasolina.** 2012. 168 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

31. JAIN, N., SINGH, V. K., & CHAUHAN, S. **A review on mechanical and water absorption properties of polyvinyl alcohol base composites/films.** Journal of the Mechanical Behavior of Materials, v. 26, n. 5–6, p. 213–222, 2017.

32. A. BHATTACHARYA, & P. RAY. **Studies on Surface Tension of Poly(Vinyl Alcohol): Effect of Concentration, Temperature, and Addition of Chaotropic Agents.** Journal of Applied Polymer Science. v. 93, p. 122–300, 2004.

33. CHO, Y. S., MOON, M., HOLLÓ, G., LAGZI, I., & YANG, S. H. **Bioinspired Control of Calcium Phosphate Liesegang Patterns Using Anionic Polyelectrolytes.** Langmuir. v. 38, n. 8, p. 2515–2524, 2022.