

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**BÁRBARA DE CARVALHO RODRIGUES COSTA**

**UTILIZAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO PARA LIBERAÇÃO CONTROLADA DE  
RINCOFOROL**

Maceió

2021

BÁRBARA DE CARVALHO RODRIGUES COSTA

**UTILIZAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO PARA LIBERAÇÃO CONTROLADA DE  
RINCOFOROL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Alagoas como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. João Inácio Soletti.

Coorientador: Prof. Dr. Rodolfo Junqueira Brandão.

Maceió

2021

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

C837u Costa, Bárbara de Carvalho Rodrigues.

Utilização de carvão ativado para liberação controlada de rincoforol /  
Bárbara de Carvalho Rodrigues Costa. – 2021.

34 f. il. : figs. ; tabs. color.

Orientador: João Inácio Soletti.

Coorientador: Rodolfo Junqueira Brandão.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química).  
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2021.

Bibliografia: f. 32-34.

1. Broca-do-olho-do-coqueiro. 2. Rincoforol (Feromônio). 3. Liberação controlada de fármacos. I. Título.

CDU: 577.19:595.768.2

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso a todas as pessoas que me ajudaram e me incentivam a concretizar meus sonhos, especialmente: meus pais, Jailton Rodrigues Costa e Maria Gorete Gomes de Carvalho; minha irmã, Bruna Carvalho Costa; meu esposo, Adezio Olegário de Oliveira; e meus orientadores: João Inácio Soletti, Sandra Helena Vieira de Carvalho e Rodolfo Junqueira.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Jailton e Maria Gorete, que me proporcionaram as melhores condições de estudo e investiram na minha educação, acreditando no meu potencial. Sempre torceram pelo meu sucesso e realização, me apoiando em todas as decisões e comemorando em cada desafio superado.

À minha tão amada irmã, Bruninha, que tanto me admira e, se entendesse, teria muito orgulho deste momento. Tudo isso é por você também!

Aos meus orientadores de iniciação científica e “pais” dentro da UFAL, Prof. Dr. João Inácio e Profa. Dra. Sandra Helena, por me receberem de braços abertos ao LASSOP, fornecendo-me excelentes oportunidades, condições de trabalho e ampliando meu conhecimento. Ao meu coorientador, Prof. Dr. Rodolfo Junqueira que aceitou o desafio de me orientar neste trabalho, em meio a uma pandemia, sem minha presença física no laboratório e sempre disposto a tirar minhas dúvidas.

A todos que fizeram parte da família LASSOP, em especial: Amanda Peiter, Livia Ribeiro, Larissa Arruda, Alex Tenório, Milena Alves, Flávia, Jéssica Porfirio, Wedja Vieira e Felipe Duarte que são excelentes pessoas para se trabalhar e construir um ambiente de altíssimo rendimento.

Aos meus amigos do curso de Engenharia Química, se não fosse com vocês ao meu lado eu não teria conseguido. Minha eterna gratidão a Bárbara Dias, Lorena, Lara, Giselly, Andreza, Lucas Henrique e Ysley.

À PROTEQ (Empresa Junior de Engenharia Química e Ambiental), em especial às pessoas que trabalharam comigo na empresa. As áreas de Marketing, Qualidade e diretores da minha gestão, vocês foram primordiais para minha evolução e desenvolvimento profissional.

Ao meu esposo e sócio da Multiquímica Comércio LTDA, que tive a oportunidade de conhecê-lo no MEJ (Movimento Empresa Júnior) e esteve ao meu lado nessa reta final do curso. Obrigada por embarcar comigo no sonho de empreender.

À Interacta Química e Bonechar Carvão Ativado do Brasil pela doação de alguns materiais que foram essenciais para a minha pesquisa. E a todos, que me ajudaram de certa forma, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho, muito obrigada!

"O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis."

José de Alencar

## RESUMO

A doença do anel-vermelho é considerada uma das principais doenças causadoras de danos à produção de frutos e mortalidade de plantas. No Brasil, esta doença também ocorre em várias palmeiras (Arecáceas) nativas. Além disso, as condições tropicais favorecem a alta população do principal inseto-vetor (*Rhynchophorus palmarum*) do nematóide (*Bursaphelenchus cocophilus*) causador da doença. Nos últimos anos, tem sido relatado o aumento da população de *R. palmarum* e, conseqüentemente, do número de plantas atacadas pelo anel-vermelho em plantios comerciais. Atualmente, a maioria das estratégias de controle de artrópodes fitófagos nas culturas agrícolas utiliza pesticida. No entanto, grandes avanços estão relacionados com o uso de semioquímicos. Um dos entraves do processo do uso dos semioquímicos está na etapa da liberação deste para o meio ambiente. Em virtude de condições ambientais, a cinética de volatilização dessa substância pode ser prejudicada ocasionando taxas de liberação excessivas provocando custos elevados no processo de aplicação, ou muito baixos, a ponto de não ser identificada pelos insetos. O presente trabalho tem como objetivo determinar um dispositivo de liberação prolongada do feromônio de agregação rincoforol, a partir da adsorção e dessorção em carvão ativado. Utilizaram-se sachês de polietileno com aproximadamente 6,0 cm de comprimento e 4,0 cm de altura. Para haver maior liberação do feromônio estudado, fizeram-se orifícios nos sachês com 0,5 cm de distância, de 5 e 15 perfurações. Tendo como variáveis a granulometria do carvão ativado, presença/ausência de estabilizante e o número de orifícios no sachê. Para tal, neste trabalho, foi realizado um planejamento fatorial completo  $2^3$ , onde os fatores avaliados foram: número de orifícios no sachê, granulometria do carvão ativado de osso bovino e a influencia do uso de estabilizante junto ao feromônio. Como resposta, foi utilizada a perda de massa. Verificou-se que a melhor condição encontrada, ao comparar com a liberação realizada pelo eppendorf, foi: o uso do rincoforol com a presença de estabilizante, adsorvido em carvão com menor granulometria ( $35 < \varnothing < 28$  mesh) e sachê com 5 furos, condição encontrada no experimento de número 3, o qual apresentou uma menor perda de massa.

Palavras-Chave: broca-do-olho-do-coqueiro, rincoforol, liberação controlada.

## ABSTRACT

Red ring disease is considered one of the main diseases causing damage to fruit production and plant mortality. In Brazil, this disease also occurs in several native palm trees (Arecáceas). Furthermore, tropical conditions favor the high population of the main vector insect (*Rhynchophorus palmarum*) of the disease-causing nematode (*Bursaphelenchus cocophilus*). In recent years, an increase in the population of *R. palmarum* and, consequently, in the number of plants attacked by the red ring in commercial plantations has been reported. Currently, most control strategies for phytophagous arthropods in agricultural crops use pesticides. However, great advances are related to the use of semiochemicals. One of the obstacles in the process of using semiochemicals is in the stage of their release to the environment. Due to environmental conditions, the volatilization kinetics of this substance can be harmed, causing excessive release rates causing high costs in the application process, or very low, to the point of not being identified by insects. The present work aims to determine a device for the prolonged release of the aggregation pheromone rhinchophorol, from adsorption and desorption on activated charcoal. Polyethylene sachets approximately 6.0 cm long and 4.0 cm high were used. In order to have greater release of the studied pheromone, holes were made in the sachets 0.5 cm apart, with 5 and 15 perforations. Having as variables the activated carbon granulometry, presence/absence of stabilizer and the number of holes in the sachet. For this purpose, in this work, a 2<sup>3</sup> full factorial design was carried out, where the factors evaluated were: number of holes in the sachet, granulometry of activated charcoal from bovine bone and the influence of the use of stabilizer with the pheromone. As an answer, mass loss was used. It was found that the best condition found, when compared with the release performed by eppendorf, was: the use of rhinchophorol with the presence of stabilizer, adsorbed on charcoal with smaller granulometry (35 <  $\varnothing$  < 28 mesh) and sachet with 5 holes, condition found in experiment number 3, which showed a lower mass loss.

Keywords: coconut eye borer, rhinchophorol, controlled release.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1.    Objetivo geral.....	10
2.2.    Objetivos específicos.....	10
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
3.1    Semioquímicos .....	11
3.2    Rincoforol.....	12
3.3    Doença do Anel Vermelho .....	15
3.4    Liberação Controlada .....	17
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>20</b>
4.1    Planejamento Fatorial 2 <sup>3</sup> .....	20
4.2    Taxa de Liberação do rincoforol.....	20
4.3    Tratamento e análise dos dados .....	21
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>22</b>
5.1    Planejamento fatorial completo .....	22
5.2    Tratamento e análise dos dados de cinética .....	23
5.3    Método de liberação por eppendorf.....	27
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>32</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O levantamento sistemático de produção agrícola do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de dezembro de 2017, afirma que a cultura do coco no Brasil é cultivada em 241.386 hectares, com rendimento médio de 7.424 quilos por hectare, tendo uma produção total de 1.791.988 toneladas. É no nordeste brasileiro que a cultura coco apresenta grande importância para os produtores da região, concentrando em seus estados 74,5 % de toda produção nacional. O estado alagoano produz 5,5 % da produção total do fruto, com produtividade de 4.998 quilos por hectare, produtividade essa que coloca Alagoas como o quinto estado do nordeste brasileiro com melhor produção (IBGE, 2017).

A produtividade dos coqueiros, no entanto, pode ser reduzida pela incidência de doenças, como por exemplo, a doença do anel vermelho, que é uma das mais agressivas, causando redução significativa dos lucros de seus produtores e destruindo o agronegócio da produção do coco em vários estados brasileiros.

O anel-vermelho é causado pelo nematóide chamado *Bursaphelenchus cocophilus*, um parasita obrigatório que somente se reproduz em tecidos de palmeiras. O principal agente causador desta doença é o *Rhynchophorus palmarum* L., conhecido popularmente como broca-do-olho-do-coqueiro. No entanto, também pode ser disseminado entre plantas por meio de contato entre raízes, por ferramentas agrícolas contaminadas e pela movimentação de solo infestado por água de chuva e implementos agrícolas. O nematoide pode causar a doença em qualquer época do ano (AMBROGI, 2009).

As plantas infectadas pelo anel vermelho entram em processo de fermentação/putrefação exalando odores que atraem insetos vetores. Estes penetram na planta, perfurando os tecidos tenros da gema apical. Como um significativo número de insetos são atraídos, normalmente se formam casais, que copulam, deixando ovos nos tecidos da planta. Consequentemente, plantas saudáveis são contaminadas por ovoposição, ou pelas fezes que estão depositadas nas axilas foliares, recomeçando o novo ciclo da doença/vetor (MINISTÉRIO, 1995).

Para o controle do *R. palmarum* usavam-se armadilhas, apenas por atração alimentar, que duravam no máximo sete dias, deste modo técnicas foram desenvolvidas e atualmente para o controle deste utiliza-se feromônio, que já é uma realidade no Brasil. O rincoforol, feromônio de agregação liberado pelo macho quando este encontra alimento, tem sido usado com sucesso para o monitoramento, quando associado à atrativos alimentares, como por

exemplo, rolete de cana-de-açúcar ou pedaços do tronco de coqueiro e dendezeiro. Há marcas de feromônios no mercado que tem durabilidade que variam entre 45 e 90 dias (RAMOS, 2012).

Tiglia *et al.* (1998) estudaram que a adição do feromônio rincoforol à cana-de-açúcar, nas armadilhas tipo balde, Figura 1, quadruplicou a captura do *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) na fase adulta. Chinchilla e Oehlschlager, em 1992, demonstraram que a captura massiva do *R. palmarum* usando a armadilha do tipo balde, reduziu significativamente a população de insetos em uma área, reduzindo a doença do anel vermelho dendezeiros.

Figura 1. Foto do broca-do-olho-do-coqueiro, causador da doença anel vermelho



Fonte: Agência Embrapa de Informação Tecnológica – EMBRAPA

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo geral avaliar utilização de carvão ativado para liberação controlada de rincoforol propondo uma nova técnica inexistente no mercado, até o presente momento. Ademais, avaliar o carvão ativado (CA) como sistema armazenador e de liberação lenta de rincoforol, determinando as taxas de liberação no sistema carvão-rincoforol e a difusividade efetiva.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Analisar a viabilidade da utilização de carvão ativado para liberação controlada de rincoforol propondo uma nova técnica inexistente no mercado, até o momento.

### **2.2 Específicos**

- Avaliar variáveis significativas para o estudo de aplicação do feromônio;
- Avaliar o carvão ativado como sistema armazenador e de liberação lenta de rincoforol;
- Determinar taxas de liberação do rincoforol no sistema carvão-rincoforol;
- Determinar a difusividade efetiva observando a viabilidade econômica no uso do carvão ativado.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Semioquímicos

A utilização de semioquímicos vem se destacando no monitoramento e controle de várias pragas de importância agrícola (AMBROGI, 2009), através de técnicas de coleta massal, confusão sexual e em armadilhas atraindo e mata, com o objetivo de manter os níveis populacionais abaixo do nível de dano econômico. Os métodos de controle baseados na utilização de semioquímicos contribuem para a racionalização do uso de inseticidas e, como consequência a essa diminuição, há uma redução dos custos de produção e do impacto ao meio ambiente (MARTINS, 2013).

Os semioquímicos que fornecem informações em uma interação entre dois indivíduos são designados infoquímicos. Quando os compostos são mediadores de comunicação intraespecífica, isto é, emissor e receptor do sinal químico são da mesma espécie, este infoquímico é denominado de feromônio. Entretanto, quando estes compostos intermedeiam comportamentos de indivíduos de espécie diferentes, denominada relação interespecífica, estas substâncias são classificadas como aleloquímicos (RAMOS, 2012).

Dentre os semioquímicos, podemos citar os feromônios, que são substâncias voláteis envolvidas nas interações intraespecíficas dos insetos. Dos feromônios mais investigados nas relações entre insetos, podemos citar, Quadro 1, (NAVARRO *et al.*, 2002):

Quadro 1. Tipos de feromônios mais pesquisados em interações intraespecíficas dos insetos

Feromônio Sexual	Aumenta a probabilidade de sucesso no acasalamento.
Feromônio de Trilha	Indica a fonte de alimento ou o novo sítio de moradia onde a colônia deverá se estabelecer.
Feromônio de Território ou Marcação	Delimita territórios, minimizando ou evitando encontros indesejáveis e agressivos.
Feromônio de Alarme	Transmite uma mensagem de perigo ou assinala a presença de um inimigo.
Feromônio de Oviposição	Auxilia as fêmeas a localizarem um local adequado para postura de ovos.
Feromônio de Agregação	Atrai um elevado número de indivíduos da mesma espécie, para indicar a presença de alimento, na maioria dos casos.

Fonte: NAVARRO *et al.* (2002).

Os feromônios são substâncias voláteis envolvidas nas interações intraespecíficas dos insetos (MARTINS, 2013). É possível controlar populações de insetos por meio da manipulação da comunicação sexual, sem afetar adversamente outros organismos benéficos. Nas diferentes técnicas são utilizados principalmente feromônios sexuais, que aumenta a probabilidade de sucesso no acasalamento, e de agregação, tendo como função principal atrair um elevado número de indivíduos da mesma espécie, geralmente com o objetivo de indicar a presença de alimento (NAVARRO *et al.*, 2002).

Um exemplo de sucesso no emprego de semioquímico sintético para o controle de pragas no Brasil é o uso do Rincoforol. Feromônio de Agregação da broca-do-olho do coqueiro, *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) (NAVARRO *et al.*, 2002), inseto transmissor da doença do Anel Vermelho.

O Manejo Integrado de Pragas (MIP), envolvendo a utilização correta de armadilhas com feromônio e remoção de plantas infestadas com o nematoide do anel-vermelho, é uma estratégia economicamente viável para combater os problemas causados por *Rhynchophorus palmarum* L. e *Bursaphelenchus cocophilus* em plantações comerciais de palma de óleo (FALEIRO *et al.*, 2016). A diminuição do uso de inseticidas é relevante diante do panorama atual, no qual a produção agrícola mundial sofre com exigências de alta produtividade aliada a preservação dos recursos naturais (GOULART, 2015).

O Estado de Alagoas foi o primeiro produtor de feromônio da América Latina e a segunda empresa do Brasil a comercializar o rincoforol, produzido pela empresa Interacta Química. Incubada desde 2001, na Universidade Federal de Alagoas, ela apresenta soluções inovadoras no controle de pragas agrícolas. Para ser aplicado no campo, o feromônio é distribuído em microtubos tipo eppendorf, apresentando um tempo de eficiência de até 90 dias.

### **3.2 Rincoforol**

Dentre os problemas fitossanitários que afetam as culturas do coqueiro (*Cocus nucifera*) e do dendezeiro (*Elaeis guineensis*), destaca-se o bicudo-das-palmáceas ou brocado-olho-do-coqueiro, *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), considerada praga em toda a América tropical (TIGLIA *et al.*, 1998).

O rincoforol (2-metil-5(E)hepten-4-ol) é o maior constituinte do feromônio de agregação do macho do *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), Figura 2, um besouro que ataca diversas espécies de palmeiras e é o principal vetor do nematódeo

*Bursaphelenchus cocophylus*, agente causador da doença do anel vermelho (NAVARRO *et al.*, 2002).

Figura 2. Foto do broca-do-olho-do-coqueiro, causador da doença anel vermelho



Fonte: Agência Embrapa de Informação Tecnológica – EMBRAPA

O besouro *Rhynchophorus palmarum*, agente causal da broca-do-olho do coqueiro, também é o principal vetor do nematóide *Bursaphelenchus cocophilus*, organismo este, causador do anel vermelho do coqueiro e possível vetor da resinose do coqueiro (CARVALHO *et al.*, 2011).

O adulto de *R. palmarum* possui “bico” (rostrum) recurvado e forte, que mede aproximadamente 1,0 cm; as asas anteriores (élitros) são curtas, deixando exposta a parte terminal do abdome, e possuem oito estrias longitudinais. Os machos diferem das fêmeas por apresentarem pelos rígidos em forma de escova na parte superior do rostrum. Possui hábito gregário e maior atividade durante o dia (AGEITEC). É um inseto que apresenta metamorfose completa, ou seja, o ovo origina a larva que passa para a fase de pupa e posteriormente atinge a fase adulta.

A larva tem cabeça castanho-escura, corpo recurvado, sendo mais volumoso no meio e afilado nas extremidades, subdividido em 13 segmentos, com coloração branco-creme e sem pernas (ápoda) (CARVALHO *et al.*, 2011), quando totalmente desenvolvida atinge até 75 mm de comprimento e 25 mm de largura. Desenvolve-se no interior da planta, formando galerias nos tecidos tenros da região apical da planta. No final do seu desenvolvimento, tece um casulo com as fibras da palmeira, no interior do qual se transforma em pupa e depois em adulto, o qual mede de 70 a 90 mm de comprimento e de 30 a 40 mm de diâmetro transversal (RAMOS, 2012). Na fase adulta, possuem 45 a 60 mm de comprimento, 14 mm de largura e peso de 1,6 a 2,0 g. São atraídos pelo odor de fermentação liberado por palmeiras com

ferimentos e doentes, e são encontrados nas plantações em qualquer época do ano (CARVALHO et al., 2011).

O macho de *R. palmarum* é atraído pelo odor da fermentação da seiva de plantas que sofreram ferimento mecânico. Ao encontrar a planta hospedeira libera um feromônio de agregação que atrai tanto machos quanto fêmeas para a fonte de alimento. Quando ambos os sexos se encontram no mesmo ambiente, ocorre a cópula. As fêmeas fazem posturas nos ferimentos recém-abertos na planta, reiniciando todo o ciclo de vida do besouro (RAMOS, 2012), Figura 3.

Figura 3. Ciclo de vida do *Rynchophorus palmarum*

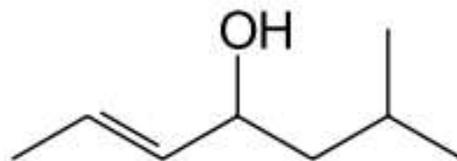


Fonte: MILOSAVLJEVIC *et al*, 2018.

A identificação do rincoforol ocorreu em 1991, por RoCHAT *et al*, 1991, através do uso de técnicas de cromatografia gasosa acoplado a detectores de espectrometria de massas e espectroscopia na região do infravermelho por transformada de Fourier. Ele provou ser o componente essencial do feromônio de agregação, através das técnicas de cromatografia gasosa e bioensaios comportamentais.

O rincoforol (6-metil-2(*E*)-hepten-4-ol), Figura 4, é um feromônio sintético, fazendo parte do grupo químico dos álcoois alifáticos (hidrocarbonetos de cadeia aberta), possui densidade de 0,8626 gmL<sup>-1</sup> a 28 °C. Sendo um composto inflamável; imiscível em água; e para a saúde humana, pode causar tosse ou até irritação em olhos, vias aéreas e pele, caso em contato (FISQP, 2011).

Figura 4. Apresentação estrutural em forma racêmica do Rincoforol



Fonte: NAVARRO *et al.*, 2002

Com a descoberta do rincoforol esperava-se uma redução no uso de atrativos alimentares. Entretanto, testes de campo mostraram que armadilhas iscadas apenas com o feromônio de agregação, ou com partes de plantas hospedeiras, não mostraram-se eficientes na captura do *R. palmarum*. Porém, quando associados, o efeito sinérgico potencializa sua atratividade (RAMOS, 2012).

A síntese do 6-metil-2(*E*)-hepten-4-ol, foi descrita por Freitas *et al* 2011, em escala laboratorial, sendo este, um dos principais constituintes dos feromônios de alguns insetos dos gêneros *Metamasius* e *Rhynchophorus*. A síntese consistiu na reação de Grignard entre um aldeído e um brometo de alquilmagnésio. As oxidações dos álcoois para obtenção das cetonas foram realizadas com hipoclorito de sódio.

O feromônio sintético tem sido utilizado como isca em armadilhas para capturar o inseto *R. palmarum*, que é em seguida eliminado. Essa técnica, denominada “atrai-e-mata”, propicia a redução de sua população em níveis aceitáveis, ocorrendo a diminuição dos prejuízos causados à produção agrícola nas culturas em que esta praga ocorre. Entretanto, técnicas que utilizam iscas baseadas em feromônio, sofrem influência das condições ambientais, tais como temperatura e velocidade do ar; e muitas vezes não permanecem em concentrações constantes e adequadas durante o período em que os insetos adultos estão presentes (VIANA, 2018).

### 3.3 Doença do Anel Vermelho

O anel-vermelho é causado pelo nematoide chamado *Bursaphelenchus cocophilus*, um parasita obrigatório que somente se reproduz em tecidos de palmeiras. Este nematoide possui o corpo alongado, com 775 µm a 1370 µm de comprimento e 15,5 µm de diâmetro, e é visível apenas em lupa ou em microscópio ótico (EMBRAPA, 2016).

A ocorrência da doença Anel Vermelho é mais frequente em coqueiros de 5 a 15 anos. Externamente, as folhas murcham, tornando-se amarelo-ouro, começando na ponta dos folíolos e avançando em direção à ráquis. Geralmente essas folhas quebram, permanecendo

por alguns dias somente um tufo central de 4 ou 5 folhas verde, Figura 4, ocorre a queda parcial de frutos, porém as inflorescências permanecem normais (WARWICK, 2005).

Figura 4. Sintoma externo de uma planta atacada



Fonte: EMBRAPA, 2005.

Internamente, o sintoma mais evidente é uma faixa avermelhada de 2 a 4 cm de largura no estipe do coqueiro, o qual é típico da doença, variando mais rapidamente que os sintomas externos, Figura 5. Estes, no entanto, podem mudar de acordo com a variedade, idade da planta e condições do plantio (WARWICK, 2005).

Figura 5. Sintoma interno no estipe, a região dos vasos fica avermelhada



Fonte: EMBRAPA, 2005.

Como não há cura para as plantas com anel-vermelho, o controle que existe é a eliminação de plantas infectadas pelo nematoide e redução da população do inseto-vetor, minimizando a disseminação do agente causal de plantas doentes para plantas sadias (EMBRAPA, 2016).

Nos estados da Bahia e do Pará, o anel-vermelho é considerado a doença mais importante da cultura da palma de óleo. No Estado do Pará, sua incidência tem variado com os surtos do vetor do nematoide causador da doença, o *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae). Entre os anos de 2012 e 2013, ocorreu alta incidência de plantas apresentando sintomas de anel-vermelho (EMBRAPA, 2016).

### **3.4 Liberação controlada**

Para utilização dos feromônios de maneira ideal, como controle da população de pragas na agricultura, estes precisam ser liberados no ambiente em quantidades suficientes para serem detectados pelo inseto-praga, sem desperdícios, sendo economicamente viável. Além disso, sua eficiência não deve ser influenciada, ou mesmo minimizada, por condições ambientais, sendo um dos fatores primordiais (VIANA, 2018).

Duarte e Lima, em 2001, estudaram a eficiência de diferentes taxas de liberação do rincoforol na captura do *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), acondicionados em cápsulas de plástico do tipo Eppendorf safe-lock contendo um orifício na tampa, por 60 dias. Durante as observações a temperatura mínima diária foi de  $18\pm 1^{\circ}\text{C}$  e a máxima de  $33\pm 2^{\circ}\text{C}$ , a umidade relativa do ar variou entre 62 e 92 % e a evaporação do rincoforol foi de  $5\mu\text{L}$ . A taxa de liberação diária de 4,3 mg foi considerada a mais econômica, quando comparada com as demais taxas estudadas (8,6 mg/dia; 17,2 mg/dia; 34,4 mg/dia; 68,8 mg/dia), uma vez que os índices de captura obtidos naquelas armadilhas, associadas ao atrante alimentar (cana-de-açúcar), não diferiram dos demais tratamentos. Os autores também compararam a eficiência de armadilhas iscadas com cápsulas perfuradas (4,3 mg/dia) e sem perfuração, as quais liberam no ambiente 2,2 mg/dia de rincoforol, observou-se que os índices de captura das armadilhas iscadas com cápsulas perfuradas foram significativamente superiores.

Navarro *et al.*, em 2002, comprovaram que testes de campo, realizados no Estado de Alagoas, demonstraram a eficiência e a qualidade do feromônio sintetizado em nossos laboratórios, além de estabelecer que apenas a utilização de uma cápsula de feromônio para uma área de três hectares é a opção mais eficiente e econômica para o controle do *R. palmarum*.

Ramos (2012) estudou o tempo de liberação prolongada do rincoforol em diferentes zeólitos que foram sintetizados, caracterizados e avaliados em relação à sua utilização como adsorvente para o rincoforol.

Estudos foram realizados por Viana em 2018, em relação a matrizes de liberação controlada do rincoforol, feromônio de agregação, e como resultado, as estruturas que apresentaram maior grau satisfatório para uso como dispositivo de liberação controlada do rincoforol foram: Na-Magadiíta; Zeólito-Y e Silicalita-1. Com os resultados obtidos, ele concluiu que as matrizes inorgânicas citadas, como também matriz orgânica amilose de batata são as matrizes mais promissora para uso como dispositivo de liberação controlada do feromônio de agregação rincoforol.

Bezerra e Domelas (2021) utilizaram de alginato de sódio com e sem associação de bentonita para a liberação controlada de rincoforol. Os autores avaliaram a cinética de liberação e a eficiência de encapsulação. Ao final dos experimentos notaram que os *beads* com a presença de bentonita liberaram 98,52 %, enquanto que os dispositivos com ausência liberaram 3,34 % do Rincoforol adsorvido. Sendo assim, a associação de alginato e bentonita apresenta-se como alternativa de dispositivo de liberação controlada do rincoforol.

Menezes *et al* (2021) estudaram a liberação do rincoforol adsorvido em carvão ativado do endocarpo do coco de dendê, realizando um planejamento experimental completo ( $2^3$ ) a fim de avaliar a influência do uso de estabilizante junto ao feromônio, da granulometria do carvão ativado e do número de furos do sachê no processo de liberação, obtendo como resposta a perda de massa. Os autores verificaram que a condição que favorece a liberação controlada do feromônio, ao comparar com a liberação realizada em eppendorf, foi o uso do rincoforol (com estabilizante) adsorvido em carvão com menor granulometria ( $35 < \phi < 28$  mesh) e sachê com 5 furos, apresentando um sistema com menor perda de massa.

O uso de materiais microporosos, que possuem elevada área superficial interna, com grande capacidade de adsorção é cada vez mais estudado para uso como suporte de liberação prolongada e controlado do feromônio. O uso destas matrizes permite uma liberação em concentrações adequadas do feromônio para identificação pelo inseto, além de promover sua proteção contra degradação por intempéries, oxigênio, umidade, luz ultravioleta entre outras (VIANA, 2018). A estrutura porosa do carvão ativado com suas redes de canais permite a passagem de massa através dos espaços intracristalinos, favorecendo seu uso associado ao rincoforol.

As características do carvão ativado são influenciadas, principalmente, pelo material precursor escolhido e pelo método utilizado na sua preparação. Além disso, a capacidade de adsorção do carvão é extremamente dependente da sua área superficial, distribuição de poros e a existência de grupos funcionais na superfície do material adsorvente (DURAL *et al*, 2011).

Na literatura são encontrados diversos modelos empíricos e semi-empíricos para descrever a cinética de decaimento de massa. O objetivo é buscar uma forma de representar a cinética que melhor se ajuste aos dados experimentais e assim, obter as equações de taxa de perda de massa. A Tabela 1 apresenta as equações de decaimento de massa mais utilizadas, Lewis e Page, respectivamente. Além de serem modelos de aplicação simplificada, são obtidos a partir de uma avaliação fenomenológica, possuindo parâmetros com significado físico, sendo de fácil aplicação e de uso em simulação que avaliem o decaimento de massa (MARQUES, 2008).

$K$  e  $n$  são parâmetros ajustáveis. O parâmetro  $k$ , denominado constante de secagem, está relacionado com a taxa de transferência de massa, sendo que quanto maiores forem os seus valores, mais rápida é a secagem (MARQUES, 2008).

Tabela 1. Equações utilizadas para descrever a perda de massa

Denominação do modelo	Modelo	Equação
Lewis	$XR = \exp(-k \cdot t)$	1
Page	$XR = \exp(-k \cdot t^n)$	2

Fonte: BATISTA, 2021.

Em que  $XR$  é a razão de perda de massa (adimensional);  $t$  é o tempo;  $k$  é a constante de cinética de transferência de massa; e  $n$  é o coeficiente de ajuste do modelo, para a Equação 2 (BATISTA, 2021).

A razão de perda de massa ( $XR$ ), grandeza adimensional, durante a dessecagem pode ser determinada por meio da Equação 3.

$$XR = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (3)$$

Em que  $X$  é o teor de massa “absoluto”;  $X_i$  é o teor de massa inicial do produto; e  $X_e$  é o teor de massa do produto no equilíbrio (SANTOS et al, 2012).

## 4. METODOLOGIA

O feromônio utilizado no estudo foi produzido pela empresa Interacta Química, localizada em Maceió/AL. E o carvão ativado de osso bovino foi sintetizado pela empresa Bonechar, de Maringá/PR. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), localizado na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em Maceió/AL. A metodologia foi definida a partir da revisão bibliográfica, replicando os experimentos de Menezes *et al* (2021), mudando apenas o tipo de carvão ativado.

### 4.1 Planejamento Fatorial Completo $2^3$

Para a avaliação e identificação das variáveis significativas do processo de dessorção foi aplicado um planejamento fatorial completo  $2^3$ , realizado em duplicata, onde os fatores foram: número de furos no sachê, granulometria e estabilizante. Para cada adsorbato, duas granulometrias de carvão foram estudadas: 35 mesh  $< \varnothing < 28$  mesh e  $\varnothing > 28$  mesh; sachês de polietileno, com 5 e 15 perfurações; e utilizou-se feromônio com e sem estabilizante, Tabela 2.

Tabela 2. Planejamento Fatorial Completo  $2^3$

Fatores	Nível inferior (-1)	Nível Superior (+1)
Granulometria do CA	35 mesh $< \varnothing < 28$ mesh	$\varnothing > 28$ mesh
Estabilizante	Sem	Com
Número de furos no sachê	5	15

Fonte: AUTORA, 2021.

O objetivo do planejamento foi determinar a influência dos fatores supracitados na liberação do rincoforol adsorvido no carvão e aplicado em campo.

### 4.2 Taxa de liberação do rincoforol

O rincoforol [ $C_8H_{16}O$ , massa molecular (MM) = 128,21 g mol<sup>-1</sup>] foi cedido pela empresa Interacta Química Ltda. e acondicionado sob refrigeração até o início do preparo das amostras.

Para a análise, adicionou-se um grama de carvão ativado de osso bovino no sachê, que foi perfurado com agulhas de mesma espessura. Acrescentou-se 700  $\mu$ L de feromônio, e em seguida a embalagem foi lacrada.

O experimento foi realizado entre os dias 24 de setembro de 2020 e finalizado no dia 01 de fevereiro de 2021, totalizando 139 coletas de dados. Os sachês foram suspensos em um suporte, mantendo 3 cm de distanciamento entre eles, Figura 6.

Figura 6. a) Sachês em suporte e b) Modelo de sachê do experimento



Fonte: AUTORA, 2021.

O estudo foi conduzido em uma casa de vegetação, simulando um teste de campo, sem interferências externas e aproximando às condições reais.

### 4.3 Tratamento e análise dos dados de cinética

A partir dos resultados experimentais, foram traçadas curvas do decaimento de massa em função do tempo. Realizou-se a análise da cinética das oito condições propostas no planejamento experimental fatorial completo ( $2^3$ ), bem como a cinética do rincoforol dispensado em microtubo de plástico tipo eppendorf, no qual é o atual método de comercialização do produto, pela empresa Interacta Química LTDA.

Para o tratamento dos dados e resultados, foram utilizados os *softwares* Microsoft Excel 2010, Origin 2021 e Statistica versão 8.0.

## 5. RESULTADOS

Após o levantamento da revisão bibliográfica citada neste trabalho, foi possível analisar os resultados a partir da utilização de carvão ativado para liberação controlada de rincoforol. Pretendendo avaliar a influência dos fatores como: granulometria do carvão ativado, presença/ausência de estabilizante e o número de orifícios no sachê, foi realizado um planejamento fatorial completo  $2^3$ , obtendo como resposta a perda de massa.

### 5.1 Planejamento fatorial completo

A partir do planejamento experimental completo  $2^3$  realizado para o estudo, foi possível avaliar a influência das variáveis investigadas no processo de liberação do rincoforol adsorvido em carvão ativado de osso bovino.

Com o objetivo de evitar erros sistemáticos, os testes foram realizados de forma estocástica, conforme apresentado na Tabela 5, na qual constam os fatores analisados e a distribuição dos níveis ao longo do planejamento, bem como a porcentagem de perda de massa para cada condição ao final dos experimentos, Tabela 5.

Tabela 5. Condições utilizadas no planejamento fatorial  $2^3$  e seus respectivos resultados

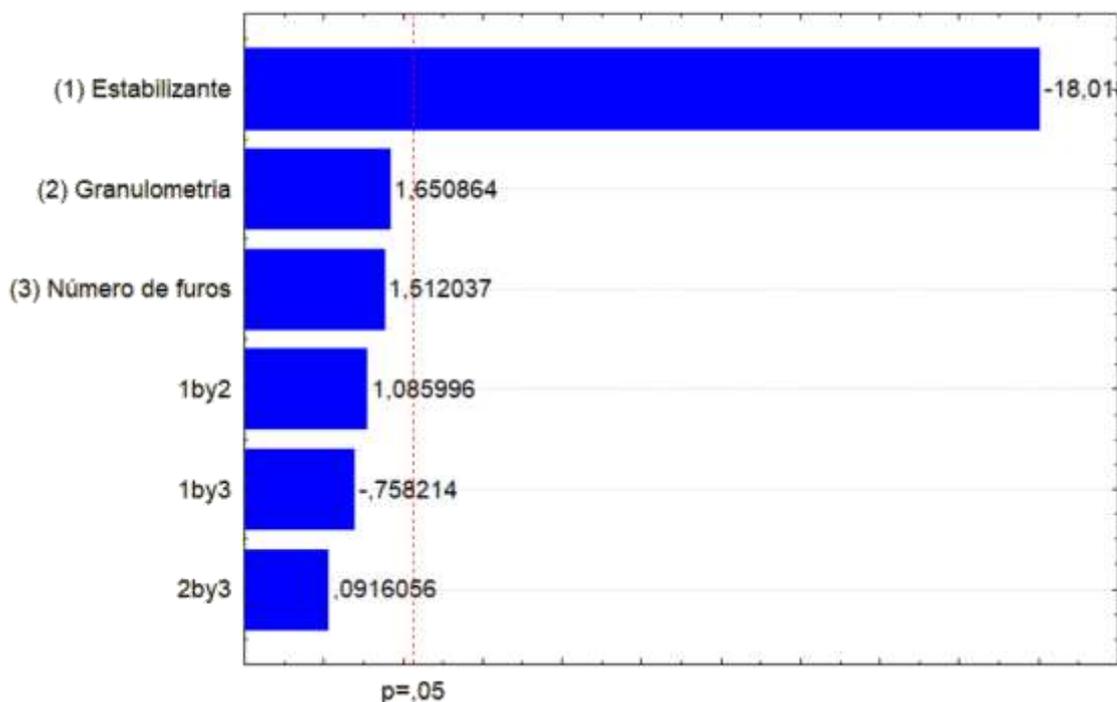
Ordem dos experimentos	Estabilizante	Granulometria	Nº de orifícios	% Perda de massa
1	(-) Sem	(-) 35 mesh < $\varnothing$ < 28 mesh	(-) 5	78,96 $\pm$ 0,76
3	(+) Com	(-) 35 mesh < $\varnothing$ < 28 mesh	(-) 5	67,00 $\pm$ 0,80
5	(-) Sem	(+) $\varnothing$ > 28 mesh	(-) 5	78,22 $\pm$ 0,07
7	(+) Com	(+) $\varnothing$ > 28 mesh	(-) 5	69,60 $\pm$ 0,64
8	(-) Sem	(-) 35 mesh < $\varnothing$ < 28 mesh	(+) 15	79,24 $\pm$ 0,04
6	(+) Com	(-) 35 mesh < $\varnothing$ < 28 mesh	(+) 15	68,42 $\pm$ 0,72
4	(-) Sem	(+) $\varnothing$ > 28 mesh	(+) 15	80,66 $\pm$ 2,54
2	(+) Com	(+) $\varnothing$ > 28 mesh	(+) 15	69,25 $\pm$ 0,24

Fonte: AUTORA, 2021.

A partir da análise do planejamento experimental, obteve-se o Diagrama de Pareto, Figura 7, sendo possível avaliar os efeitos das variáveis e suas interações. Neste diagrama, os efeitos que estiverem à direita da linha vermelha tracejada ( $p = 0,05$ ) são considerados significativos para o nível de confiança estudado, pois os experimentos foram realizados com 95 % de confiança, considerando apenas 5 % de erro associado aos mesmos. Portanto, mediante os cálculos dos efeitos dos fatores e das interações entre eles, podemos avaliar, para um nível de confiança de 95 %, que apenas o uso do estabilizante exerceu influência no

processo de dessorção do rincoforol. Os demais fatores e as interações entre eles não apresentaram influência significativa ao processo de liberação do rincoforol adsorvido no carvão ativado.

Figura 7. Diagrama de Pareto obtido a partir do planejamento experimental  $2^3$ .



Fonte: AUTORA, 2021.

Outro fator a ser levado em consideração é o sinal associado ao número da barra da variável significativa, o qual encontra-se negativo, indicando que, ao passar no nível inferior para o nível superior, a taxa de liberação do rincoforol diminui. Esse resultado já era previsto, uma vez que a adição do estabilizante tem um efeito controlador na liberação do feromônio, de modo que a dessorção seja mais lenta e aumente a durabilidade do produto no campo.

## 5.2 Tratamento e análise dos dados de cinética

Utilizando o *software* Statistica 8.0, foi obtida a taxa de liberação do rincoforol ( $XR$ ), de acordo com o tempo em que as massas dos sachês foram aferidas, ( $t$ ); bem como a constante de secagem,  $k$ ; utilizando as Equações 1 e 2, para os modelos de Lewis e Page, respectivamente. O critério de escolha do modelo para as generalizações foi com base nos maiores valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

A Tabela 6 descreve os níveis para melhor análise dos resultados descritos posteriormente, na Tabela 7.

Tabela 6. Descrição dos testes realizados no planejamento experimental completo ( $2^3$ )

Condições	Estabilizante	Granulometria	Nº de orifícios
1	-1	-1	-1
3	+1	-1	-1
5	-1	+1	-1
7	+1	+1	-1
8	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
4	-1	+1	+1
2	+1	+1	+1

Fonte: AUTORA, 2021.

A Tabela 7 apresenta os valores dos parâmetros dos modelos de Lewis e Page que foram ajustados aos dados experimentais da cinética de perda de massa para as diferentes condições.

Tabela 7. Parâmetros dos modelos de Lewis e Page com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Condição	Modelo	$k$	$n$	$R^2$
1	Lewis	0,0469	-	0,9236
	Page	0,1272	0,6942	0,9710
3	Lewis	0,0665	-	0,8989
	Page	0,1957	0,6411	0,9682
5	Lewis	0,0443	-	0,9010
	Page	0,1320	0,6714	0,9608
7	Lewis	0,0707	-	0,8791
	Page	0,2301	0,5990	0,9758
8	Lewis	0,1245	-	0,9140
	Page	0,3158	0,6090	0,9865
6	Lewis	0,1626	-	0,8900
	Page	0,4125	0,5595	0,9868
4	Lewis	0,1295	-	0,9135
	Page	0,3215	0,6139	0,9828
2	Lewis	0,1812	-	0,9010
	Page	0,4077	0,6034	0,9696

Fonte: AUTORA, 2021.

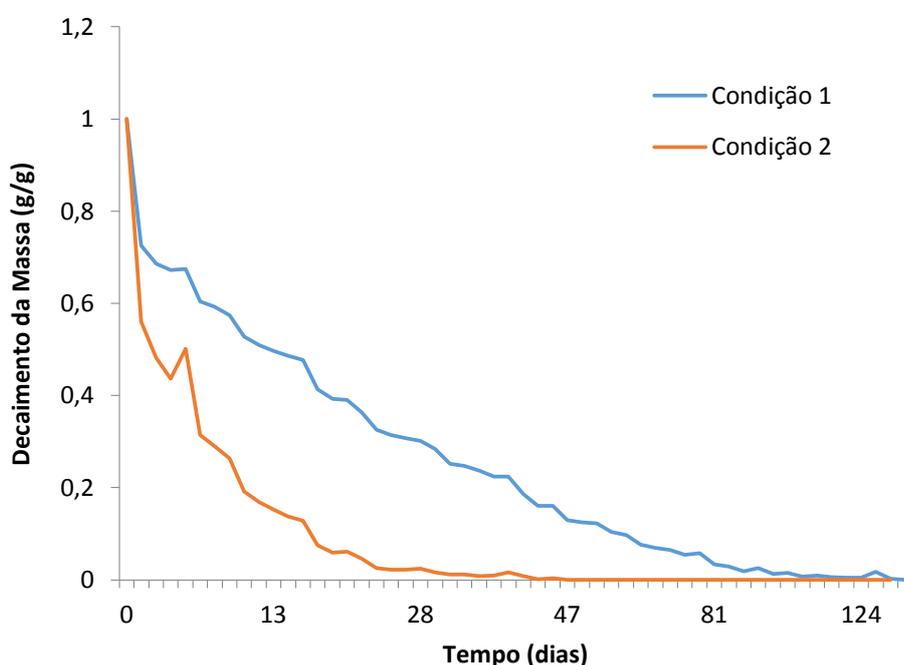
Analisando os dados descritos da Tabela 7, a partir da avaliação do coeficiente de correlação quadrática ( $R^2$ ) pode-se definir quais condições se ajustaram adequadamente aos modelos, oferecendo os coeficientes de correlação superiores a 0,95. Sendo assim, é preferível utilizar-se do modelo de Page ao estimar curvas de decaimento de massa para o rincoforol adsorvido em carvão ativado, quando comparado ao modelo de Lewis. Os valores de  $R^2$  foram superiores a 0,95 em todas as condições quando utilizado o modelo de Page, o que não

aconteceu para o modelo de Lewis. A condição 6 obteve o coeficiente de correlação quadrático mais próximo a 1, dentre as demais, com as seguintes características: uso de estabilizante, granulometria de 35 mesh  $< \varnothing < 28$  mesh e sachê com 15 furos.

Os parâmetros  $k$  e  $n$  representam o efeito das condições externas sobre o decaimento de massa. Tanto para o modelo de Lewis, quanto para Page, os valores de  $k$  foram crescentes ao passar no nível inferior para o nível superior, comprovando que os sachês com 5 furos (nível inferior) apresentaram um decaimento mais lento quando comparado os sachês com 15 furos (nível superior).

A Figura 8 compara o comportamento das curvas referentes às condições 1 e 2, onde a primeira tem o valor de  $k$  inferior à segunda, demonstrando pelo comportamento das curvas, que um valor menor deste parâmetro representa um lento decaimento de massa.

Figura 8. Gráfico de decaimento de massa de rincoforol para as condições 1 e 2



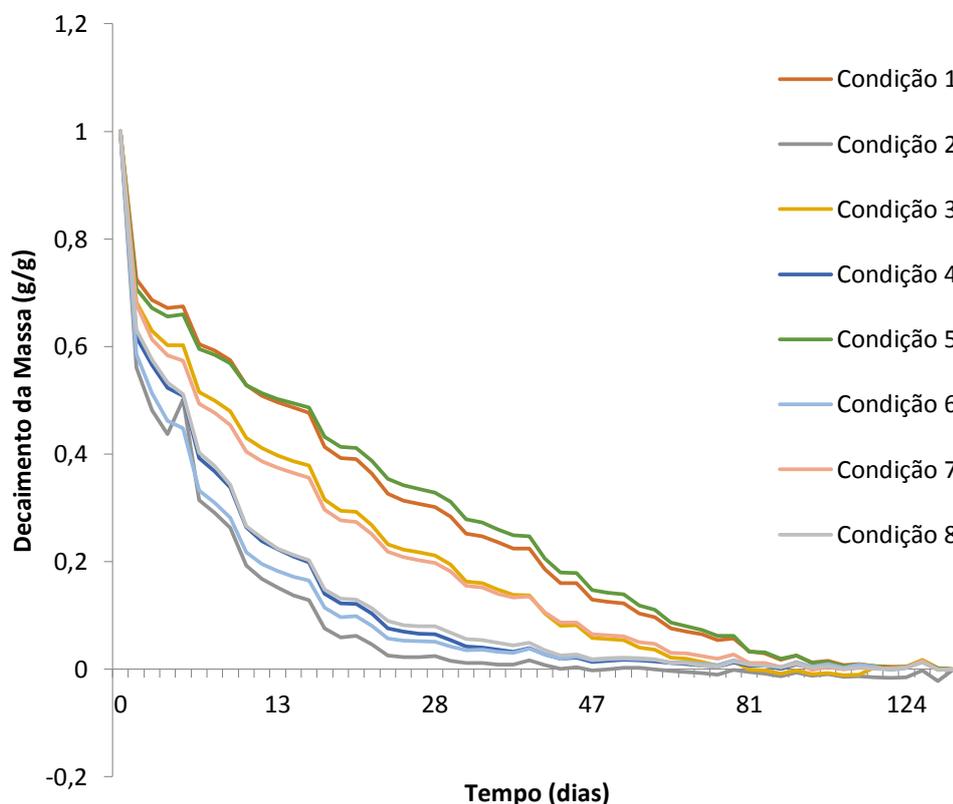
Fonte: AUTORA, 2021.

O parâmetro  $n$  é a extensão da resistência interna ao decaimento de massa do material analisado. Possui um efeito de moderação do tempo e corrige os prováveis erros resultantes da negligência da resistência interna para a transferência de massa (Guedes e Faria, 2000), tendo um comportamento semelhante ao valor do parâmetro  $k$ .

A Figura 9 ilustra o decaimento de massa do rincoforol, representando a sua cinética de perda de massa adimensional em função do tempo para o rincoforol adsorvido em carvão ativado de osso bovino. Com os valores obtidos, confeccionou-se o gráfico utilizando o

software Microsoft Excel 2010, para fins de verificação do comportamento do decaimento de massa em função do tempo.

Figura 9. Gráfico de decaimento de massa de rincoforol

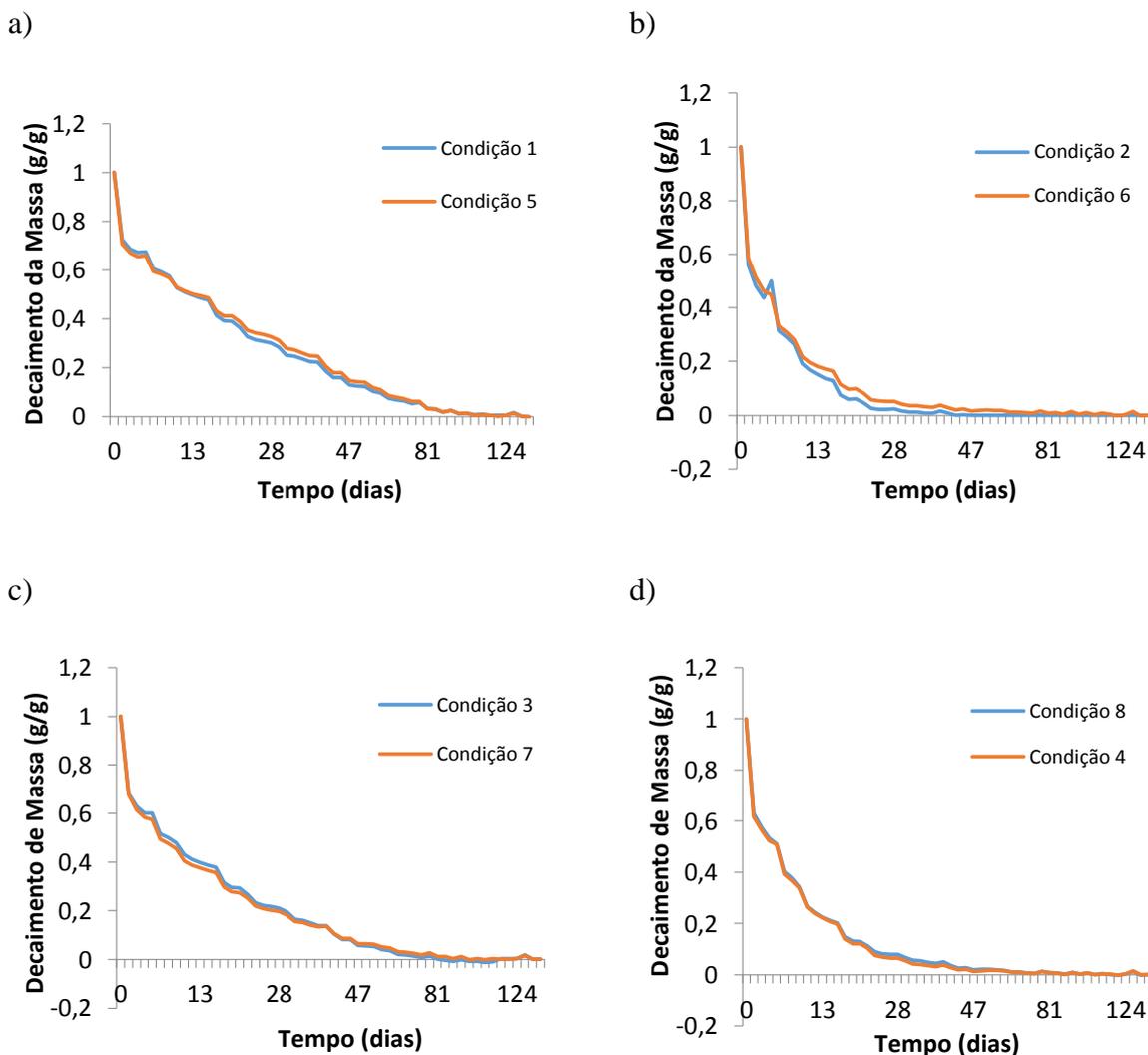


Fonte: AUTORA, 2021

Como o interesse desse trabalho é avaliar as condições que influenciam no processo de liberação do rincoforol a partir do sistema sachê+carvão, ao longo do tempo, ao analisar a Figura 9, observa-se que as condições apresentam os comportamentos esperados. Para as condições 1 e 5, por exemplo, e seus respectivos valores de  $k$ , 0,1272 e 0,1320, que são os menores de acordo com o modelo de Page, descritos na Tabela 7, justificando o comportamento da curva e indicando uma liberação lenta do rincoforol adsorvido para as suas respectivas variáveis.

Ao analisar a Figura 9, verificou-se ainda comportamentos semelhantes entre as condições avaliadas para o decaimento do rincoforol, conforme apresentada na Figura 10.

Figura 10. Decaimento de massa de rincoforol para condições: a) 1 e 5, b) 2 e 6, c) 3 e 7 e d) 8 e 4



Fonte: AUTORA, 2021.

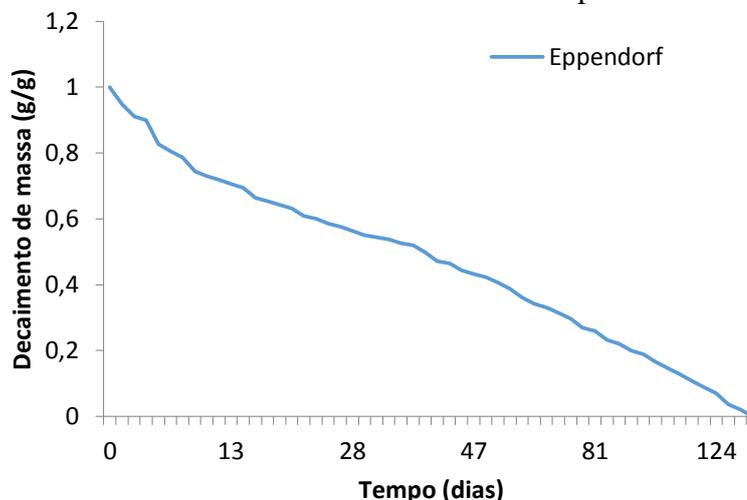
Analisando os gráficos apresentados na Figura 10, a única variável que diferencia as duas curvas de cada gráfico é a granulometria, comprovando mais uma vez que esse parâmetro não tem influência significativa sobre o processo, como afirmado anteriormente no tópico 5.1, pelo Diagrama de Pareto.

### 5.3 Método de liberação por eppendorf

Com o intuito de comparar o perfil de liberação do rincoforol utilizando eppendorf, método atualmente empregado para captura do *R. palmarum* em armadilhas de campo, com o método de liberação controlada utilizando carvão ativado de osso bovino, realizou-se o estudo do decaimento de massa do rincoforol no eppendorf nos mesmos dias das amostradas

supracitadas. A partir dos dados das massas aferidas, confeccionou-se o gráfico abaixo, Figura 11.

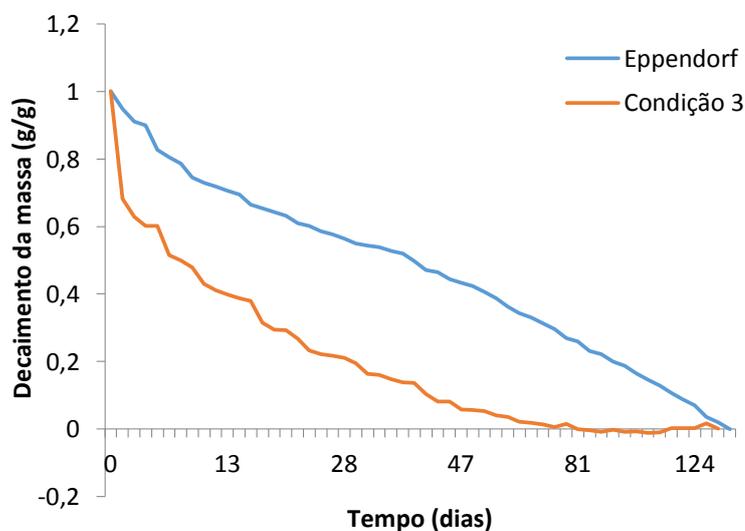
Figura 11. Decaimento de massa do rincoforol observado pelo método do eppendorf



Fonte: AUTORA, 2021.

A condição 3 (com estabilizante, granulometria de  $35 \text{ mesh} < \varnothing < 28 \text{ mesh}$  e 5 furos no sachê) apresentou uma menor perda de massa, de  $67,0 \pm 0,80 \%$ , no período avaliado, comparou-se o seu perfil de decaimento de massa com o do eppendorf, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12. Comparação entre o decaimento de massa do rincoforol utilizando o método experimental (condição 3) com o método do eppendorf



Fonte: AUTORA, 2021.

A condição 3 foi a que teve a maior aproximação com a liberação de rincoforol apresentada pelo eppendorff, cuja perda de massa foi de  $53,64 \%$ . Pode-se justificar esse

resultado pelo fato de ambos os experimentos utilizarem o estabilizante combinado ao feromônio, o que favorece a sua liberação lenta. Além disso, o carvão da condição 3 era de menor granulometria, apresentando maior área superficial, favorecendo uma maior eficiência de adsorção do rincoforol no carvão ativado; e de menor número de furos, o que ofereceu uma maior retenção do rincoforol no sistema.

A Tabela 8 relaciona os dados experimentais deste método, com seus valores de  $k$  e  $R^2$ , obtidos a partir dos modelos de Lewis e Page para a condição que apresentou menor porcentagem de perda de massa, condição 3.

Tabela 8. Parâmetros referentes ao método de liberação por eppendorf e à condição 3 (com estabilizante, granulometria de 35 mesh <  $\varnothing$  < 28 mesh e sachê com 5 furos), pelo modelo de Page

<b>Modelo</b>		<b><math>k</math></b>	<b><math>R^2</math></b>
<b>Lewis</b>	<b>Condição 3</b>	0,0665	0,8989
	<b>Eppendorf</b>	0,0191	0,9720
<b>Page</b>	<b>Condição 3</b>	0,1957	0,9682
	<b>Eppendorf</b>	0,0335	0,9827

Fonte: AUTORA, 2021.

Analisando os valores para o modelo de Lewis, verificou-se que o eppendorf apresentou menor valor de  $k$  e erro inferior a 5 %, diferentemente que a condição 3. Sendo assim, o método do eppendorf ajustou-se melhor ao modelo de Lewis e possui menor liberação do rincoforol ao longo do tempo.

Para o modelo de Page, o eppendorf também apresentou melhores resultados, visto que seu valor de  $k$  foi inferior ao valor desse parâmetro para a condição 3, e ajustou-se melhor ao modelo de Page, visto que seu valor de  $R^2$  está mais próximo a um.

Verifica-se que a liberação do feromônio armazenado em eppendorf é mais lenta do que no carvão ativado de osso bovino contido nos sachês, confirmado pelas curvas da Figura 11. Tal comportamento pode ser justificado pelo fato de que o eppendorf apresenta apenas um furo em sua tampa, por meio do qual o feromônio se propaga, enquanto nos sachês utilizou-se 5 e 15 furos, em cada unidade, facilitando a propagação do feromônio no ambiente.

Entende-se que mesmo utilizando um material microporoso, que possui elevada área superficial interna, grande capacidade de adsorção, como o carvão ativado, não houve menor liberação do rincoforol, quando comparado com o método do eppendorf, atualmente utilizado.

Observou-se pequenos picos no decaimento na condição 3, o que não aconteceu no eppendorf, ao longo dos dias analisados, podendo-se inferir que a umidade e temperatura influenciaram negativamente na dessorção do carvão ativado.

## 6. CONCLUSÃO

Através dos estudos realizados, pode-se afirmar que o carvão ativado de osso bovino apresenta alta capacidade de adsorção do rincoforol, graças a sua elevada área superficial interna, oferecendo um favorável meio para liberação controlada, do feromônio em estudo.

A análise da aplicação dos modelos matemáticos de Lewis e Page aos dados experimentais de perda de massa do rincoforol adsorvido no carvão ativado, comprovou que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos neste estudo.

Ao final do planejamento experimental deste trabalho, verificou-se que a granulometria e número de furos não são variáveis significativas, diferentemente da presença/ausência do estabilizante. Na faixa estudada a condição 3 (com estabilizante, granulometria de 35 mesh  $< \varnothing < 28$  mesh e sachê com 5 furos) apresentou menor perda de massa de rincoforol, tendo como variáveis: uso de estabilizante, 5 furos em cada sachê e carvão ativado de osso bovino com granulometria de 35 mesh  $< \varnothing < 28$  mesh.

Ao comparar o produto que apresentou melhores resultados (condição 3) com a metodologia de liberação por eppendorf, utilizada pela empresa Interacta Química, verifica-se que o produto comercializado atualmente apresenta menor taxa de liberação e sendo a melhor opção em relação às condições estudadas neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS - AGEITEC. **Broca-do-olho-do-coqueiro**. Aracaju, SE. Disponível em:  
<<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/arvore/CONT000gl5lpwbo02wx5ok0xkgyq5hp0186q.html>>.
- AMBROGI, B. G.; VIDAL, D. M.; ZARBIN, P. H. G.; ROSADO-NETO, G. H. **Feromônios de agregação em Curculionidae (Insecta: Coleoptera) e sua implicação taxonômica**. Química Nova, v. 32, p. 2151-2158, 2009.
- BATISTA, A. Í. S.; **Aplicação de um secador convectivo assistido por aquecimento infravermelho para a secagem de sementes de maracujá-amarelo**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe, 2021.
- BEZERRA, L. T. C. N.; DOMELAS, C. B. **Desenvolvimento de nanossistema para controle da liberação do feromônio de agregação rincoforol**. 73ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Juiz de Fora, 2021.
- CARVALHO, R. R. C.; WARWICK, D. R. N.; SOUZA, P. E.; FILHO, J. L. S. C. **Longevidade de *Thielaviopsis paradoxa*, agente causal da resinose do coqueiro em *Rhynchophorus palmarum***. Scientia Plena, v. 7, p. 4. 2011.
- CHINCHILLA, C. M.; OEHLISCHLAGER, A. C. **Capture of *Rhynchophorus palmarum* in traps baited with the male-produced aggregation pheromone**. ASD Oil Palm Papers, v. 5, p. 1-8, 1992.
- DUARTE, A. G.; LIMA, I. S. **Eficiência de diferentes taxas de liberação do feromônio de agregação na captura de *Rhynchophorus palmarum* L (Coleoptera: Curculionidae)**. Neotropical Entomology, v. 30, p. 217-221, 2001.
- DURAL, M. U.; CAVAS, L.; PAPAGEORGIOU, S. K.; KATSAROS, F. K. **Methylene blue adsorption on activated carbon prepared from *Posidonia oceanica* (L.) dead leaves: Kinetics and equilibrium studies**. Chemical Engineering Journal, v. 168, p. 77-85, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Anel-vermelho da Palma de Óleo**. Disponível em:  
<[http://www.abrapalma.org/pt/wp-content/uploads/2016/12/Anel\\_Vermelho\\_Embrapa.pdf](http://www.abrapalma.org/pt/wp-content/uploads/2016/12/Anel_Vermelho_Embrapa.pdf)>
- FALEIRO, J. R.; JAQUES, J. A.; CARRILLO, D.; GIBLIN-DAVIS, R.; MANNION, C. M.; PEÑA-ROJAS, E.; PEÑA, J. E. **Integrated pest management (IPM) of palm pests**. In: ABROL, D. P. Integrated pest management in the tropics. New Delhi: New India Publishing Agency, p. 439-497, 2016.
- FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS EM ACORDO COM A NBR-14725 – FIPQ. **Rincoforol**. Disponível em:  
<<http://www.interactaquimica.com.br/downloads/Ficha-de-Informacao-de-Seguranca-de-Produtos-Quimicos-em-acordo-com-a-NBR-14725.pdf>>
- FREITAS, J. D.; CAVALCANTE, S. K. M.; SANTOS, E. D.; ANTUNES, L. O.; FREITAS, A. J. D.; FREITAS, M. L.; GOULARD, H. F.; SANTANA, A. E. G. **Padronização da**

**síntese dos principais constituintes feromonais de insetos dos gêneros *Metamasius* e *Rhynchophorus*.** *Holos*, a. 27, v. 2, 2011.

GUEDES, A. M. M.; FARIA, L. J. G. **Determinação da constante de secagem de urucum (*Bixa orellana* L.) em secador convectivo de leito fixo.** *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 2, p. 73-86, 2000.

GOULART, H. F.; LIMA, M. R. F.; de MORAIS, R. K. S.; BERNARDO, V. B. **Feromônios: Uma Alternativa Verde para o Manejo Integrado de Pragas.** *Revista Virtual de Química*, p. 1205-1224, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola – Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano de 2017.** Rio de Janeiro v.30 n.1 p.1-81. 2017. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\_Agricola/Levantamento\_Sistematico\_da\_Producao\_Agricola\_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2017/lspa\_201712.pdf>.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais.** Tese de Doutorado em Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. São Paulo. 2008.

MARTINS, C. B. C. **Semioquímicos envolvidos nas interações intra e interespecíficas de *Oryzophagus oryzae* (Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) e *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Heteroptera: Thaumastocoridae).** Tese de Doutorado em Ciências, Universidade Federal do Paraná, 2013.

MENEZES, A. T.; SANTOS, M. A.; MELO, L. L. A.; BRANDÃO, R. J.; SOLETTI, J. I.; GOULART, H. F. **Estudo de liberação do Rincoforol adsorvido em carvão ativado do endocarpo do coco de dendê.** *Diversitas Journal*, v. 6, n. 2, p. 2421-2436, 2021.

MILOSAVLJEVIC, I.; EL-SHAFIE, H. A. F.; FALEIRO, J. R.; HODDLE, C. D.; LEWIS, M.; HODDLE, M. S. **Palmageddon: the wasting of ornamental palms by invasive palm weevils, *Rhynchophorus spp.*** *Journal of Pest Science*, p. 143-156, 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA – MAARA. **Anel Vermelho do Coqueiro: aspectos gerais e medidas de controle.** Aracaju, SE. 1995. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/358499/1/anelo0001.pdf>.

NAVARRO, D. M. A.; MURTA, M. M.; DUARTE, A. G.; LIMA, I. S.; NASCIMENTO, R. R.; SANT'ANA, A. E. G. **Aspectos Práticos Relacionados ao uso do Rincoforol, o Feromônio de Agregação da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) no controle de pragas do coqueiro. Análise de sua eficiência em campo.** *Química Nova*, v. 25, n. 1, p. 32-36, 2002.

RAMOS, I. G. **Zeólitos como Dispositivo de Liberação Prolongada de Rincoforol.** Tese de Doutorado em Química Analítica, Universidade Federal da Bahia, 2012.

ROCHAT, D.; MALOSSE, C.; LETTERE, M.; DUCROT, P.-H.; ZAGATTI, P.; RENOU, M.; DESCOINS, C. **Male-Produced Aggregation Pheromone of the American Palm Weevil, *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera, Curculionidae): Collection, Identification, Electrophysiological Activity, and laboratory Bioassay.** *Journal of Chemical Ecology*, v. 17, n. 11, p. 2127-2141, 1991.

SANTOS, D. C.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; OLIVEIRA, E. N. A. **Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 2, p. 223–231, 2013.

TIGLIA, E.A.; VILELA, E.F.; MOURA, J.I.L.; ANJOS, N. **Eficiência de armadilhas com feromônio de agregação e cana-de-açúcar na captura de *Rhynchophorus palmarum* (L.).** Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.27, p.177-183, 1998. DOI: 10.1590/S0301-80591998000200002

VIANA, A. C. **Matrizes para liberação controlada do feromônio de agregação rincoforol.** Tese de Doutorado em Biotecnologia, Universidade Federal da Bahia, 2018.

WARWICK, D. R. N. **Principais características do Anel Vermelho e da murcha-de-fitomonas.** Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado técnico, 38. Aracaju,SE. p. 8. 2005.

## TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIDADE DE DISSERTAÇÃO, TESE, TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, ESPECIALIZAÇÃO OU MEMORIAL ACADÊMICO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS (RIUFAL)

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo ao Repositório Institucional da Universidade Federal de Alagoas (RIUFAL) a disponibilizar, através do site <http://www.repositorio.ufal.br>, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei n. 9610/98, o texto integral da obra abaixo citada, conforme permissões assinaladas, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção de científica brasileira, a partir desta data.

### 1 Identificação do material bibliográfico

	Dissertação + Produto Educacional
	Dissertação
	Tese
x	Trabalho de Conclusão de Curso
	Especializações
	Memorial Acadêmico

### 2 Identificação da Dissertação, Tese, TCC, Especialização ou Memorial Acadêmico

Autor:	Bárbara de Carvalho Rodrigues Costa			
Lattes	<a href="http://lattes.cnpq.br/4828318642926371">http://lattes.cnpq.br/4828318642926371</a>			
Lattes Atualizado:	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Não
Orientador(a):	Prof. Dr. João Inácio Soletti			
Coorientador(a):	Prof. Dr. Rodolfo Junqueira Brandão			

#### Membros da Banca:

1º Membro	Sandra Helena Vieira de Carvalho
2º Membro	Livia Maria de Oliveira Ribeiro
3º Membro	
4º Membro	
5º Membro	

Data da Defesa:	28 de setembro de 2021
Titulação: Doutor / Mestre em:	

**Título da Dissertação, Tese, TCC, Especialização ou Memorial Acadêmico no idioma original:**

UTILIZAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO PARA LIBERAÇÃO CONTROLADA DE RINCOFOROL
--

**Palavras-chave no idioma original:**

broca-do-olho-do-coqueiro, rincoforol, liberação controlada

**Título da Dissertação, Tese, TCC, Especialização ou Memorial Acadêmico em outro idioma (especifique):**

USE OF ACTIVATED CARBON FOR CONTROLLED RELEASE OF RINCOPHOROL

**Palavras-chave em outro idioma (especifique):**

coconut eye borer, rhinchophorol, controlled release

**Programa de Defesa:**

-

**Área de conhecimento - CNPq:**

Engenharia Química

**3 Agência de Fomento:**

-

**4 Informação de acesso ao documento**

Liberação para publicação	<input checked="" type="checkbox"/>	Total	<input type="checkbox"/>	Parcial
---------------------------	-------------------------------------	-------	--------------------------	---------

**Em caso de liberação parcial, especifique os arquivos restritos:**

A restrição (parcial ou total) poderá ser mantida por até um ano a partir da data de autorização da publicação. A extensão deste prazo requer justificativa junto ao RIUFAL. O resumo e os metadados (elementos referenciais) ficarão sempre disponibilizados.

**5 Endereço do Autor para contato:**

<b>Logradouro:</b>	Rua Luiz Vieira dos Anjos, condomínio Ilhas Viverce	
<b>Nº:208</b>	<b>Compl.:Torre Sul, Apt 1404</b>	<b>CEP:57046-831</b>
<b>Cidade:Maceió</b>	<b>Estado:Alagoas</b>	
<b>Tel.(s):82 99126-6536</b>		
<b>E-mail:barbara.carrvalho@gmail.com</b>		
<b>Data:07 de outubro de 2021</b>		

*Barbara de Carvalho Rodrigues Costa*

**Assinatura do Autor**

RIUFAL  
Repositório Institucional da Ufal