



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA – DOIS IRMÃOS (SEDE)

BACHARELADO EM AGRONOMIA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO - ESO

**ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OPERAÇÕES AGRÍCOLAS COM ÊNFASE  
EM MATO-COMPETIÇÃO E TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NA USINA UNIÃO  
E INDÚSTRIA S/A.**

**JULIANNY ALMEIDA DA ASSUNÇÃO**

RECIFE-PE  
2026

JULIANNY ALMEIDA DA ASSUNÇÃO

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO**  
**ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OPERAÇÕES AGRÍCOLAS**  
**COM ÊNFASE EM MATO-COMPETIÇÃO E TECNOLOGIA DE**  
**APLICAÇÃO NA USINA UNIÃO E INDÚSTRIA S/A.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica – Dois Irmãos (Sede), como parte das exigências do curso de graduação em Agronomia para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Professor orientador: Frederico Inácio  
Costa de Oliveira.

Supervisor: Eng. Agrônomo Carlos  
Henrique Alves

## IDENTIFICAÇÃO

Nome da aluna: Julianny Almeida da Assunção

Curso: Bacharelado em Agronomia Matrícula: 200680399

Tipo de Estágio: Supervisionado Obrigatório - ESO

Área de conhecimento: Cultura da Cana-de-Açúcar

Empresa/Instituição: Usina União e Indústria S/A

Supervisor: Eng. Agrônomo Carlos Henrique - Superintendente Agrícola

Professor Orientador: Frederico Inácio Costa de Oliveira

Período de realização: 01/10/2025 à 18/11/2025

Total de Horas: 210 h

---

Prof. Dr. Frederico Inácio Costa de Oliveira

Orientador

---

Eng. Agrônomo Carlos Henrique Alves

Supervisor

---

Julianny Almeida da Assunção

Discente

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, com todo o amor que me habita, à minha mãe, Lucicleide Maria de Almeida, presença constante, força serena e cuidado infinito. Foi no seu olhar atento, nas suas palavras de encorajamento e no seu amor incondicional que encontrei abrigo nos momentos de cansaço e dúvida. Sua sensibilidade, sua coragem diária e sua capacidade de acreditar em mim mesmo quando eu hesitava foram essenciais para que este sonho se tornasse realidade. Cada página escrita carrega um pouco da sua dedicação e do seu coração.

Dedico também ao meu pai, Silvanildo Flor de Assunção, exemplo de perseverança e apoio inabalável. Seu incentivo, sua confiança e sua presença ao longo da minha trajetória foram fundamentais para que eu seguisse adiante. Você me ensinou que a constância e a coragem silenciosa são forças capazes de transformar sonhos em conquistas.

Às minhas irmãs, Viviane Almeida, Silvany Almeida, Michelli Almeida, Stefany Almeida, Gleiciely Almeida e Natália Almeida, dedico minha profunda gratidão. Cada uma, à sua maneira, foi parte essencial dessa caminhada, oferecendo apoio, carinho, compreensão e força. Vocês foram abrigo nos dias difíceis e alegria nos dias de vitória, lembrando-me de que a família é o lugar onde o amor se multiplica

*“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.*

*Josué 1:9*



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Jeová Deus, por ser um Deus ouvinte de oração, que atendeu aos meus pedidos por sabedoria, discernimento e forças nos momentos mais desafiadores. Sou grata pelo dom da vida que me foi concedido e pela capacidade de aprender, persistir e concluir esta jornada acadêmica. Sua presença constante guiou meus passos e sustentou minha fé ao longo de todo esse percurso.

Um agradecimento especial ao meu avô paterno, José Luiz da Assunção, homem de sabedoria simples e amor imensurável. Aquele que sempre soube esperar, com paciência e fé, por este diploma. Seu apoio incondicional, seus gestos de cuidado e seus sacrifícios silenciosos foram alicerces fundamentais da minha caminhada. Você acreditou em mim mesmo quando o tempo parecia longo e os passos incertos. Este trabalho não é apenas uma conquista acadêmica, mas também o reflexo da esperança que você cultivou e do amor que sempre me impulsionou a seguir em frente.

Agradeço à minha família, que sempre foi meu alicerce e minha maior fonte de força. O apoio incondicional, o incentivo constante e o amor oferecido em cada etapa dessa caminhada foram essenciais para que eu chegasse até aqui. Nos momentos de cansaço, dúvida e incerteza, foi na família que encontrei abrigo, compreensão e coragem para continuar.

Aos meus amigos, que compartilharam comigo a vivência universitária e dividiram o peso da rotina acadêmica, deixo meu sincero agradecimento. Em especial, à Keyla Lopes, cuja amizade, apoio, incentivo e presença foram fundamentais nos momentos mais difíceis, tornando essa caminhada mais leve e fortalecendo minhas estruturas emocionais.

Registro um agradecimento especial às minhas irmãs, Viviane Almeida e Michelli Almeida, que acreditaram na minha capacidade e não me deixaram desistir diante dos desafios. O incentivo, a confiança e o apoio de vocês foram determinantes para a conclusão desta etapa.

Agradeço de forma especial ao meu grande amigo José Edson Tavares, pela contribuição significativa para minha formação prática, especialmente pelos ensinamentos relacionados ao corte e peso da cana-de-açúcar, os quais enriqueceram de maneira expressiva minha experiência acadêmica e profissional.

Agradeço ao meu orientador Professor Frederico Inácio Costa, pelo acompanhamento e orientação durante o desenvolvimento das atividades, contribuindo de forma essencial para meu crescimento profissional.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica, expresso meu profundo reconhecimento e gratidão. Cada ensinamento, orientação e desafio proposto foi fundamental para a construção do conhecimento e para a formação da profissional que hoje me

torno.

À Usina União e Indústria, agradeço pela oportunidade de vivenciar, na prática, os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação. Em especial, agradeço ao meu supervisor de estágio e superintendente agrícola Carlos Henrique, pela receptividade, confiança e por disponibilizar toda a estrutura necessária para que eu pudesse acompanhar de forma plena as operações e a dinâmica da usina.

Aos técnicos agrícolas, fiscais e administradores de campo da Usina União e Indústria, agradeço pela disposição em sanar dúvidas, compartilhar conhecimento e dedicar tempo e recursos durante o período de estágio. Da mesma forma, agradeço aos trabalhadores rurais: cortadores de cana, aplicadores de herbicidas e líderes de equipe, pelo acolhimento, respeito e suporte diário.

Um agradecimento especial à Engenheira Agrônoma Luana Lima e ao Supervisor de Irrigação e Técnico Agrícola José Wilson, pelo suporte técnico e orientação, pela dedicação e pelo acompanhamento ao longo do estágio, fatores essenciais para que essa experiência fosse plenamente realizada.

Por fim, agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco, instituição à qual me dediquei ao longo desses anos, e que contribuiu de forma significativa para minha formação acadêmica, profissional e humana, preparando-me para os desafios futuros da vida profissional.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>12</b>
<b>3. PERFIL INSTITUCIONAL E ESTRUTURA OPERACIONAL.....</b>	<b>13</b>
<b>4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E VIVÊNCIA OPERACIONAL .....</b>	<b>13</b>
<b>5. IMPLANTAÇÃO DA CULTURA E ESTRATÉGIA DE MANEJO .....</b>	<b>14</b>
<b>5.1 MANEJO VARIETAL E CENSO VARIETAL DA UNIDADE.....</b>	<b>14</b>
<b>5.2 PREPARO DO SOLO E DESAFIOS TOPOGRÁFICOS .....</b>	<b>14</b>
<b>5.3 IMPLANTAÇÃO DO CANAVIAL: DO CORTE DE MUDAS AO FECHAMENTO DO SULCO .....</b>	<b>16</b>
<b>6. MANEJO NUTRICIONAL E ESTRATÉGIAS HÍDRICAS.....</b>	<b>19</b>
<b>6.1 PROGRAMAS DE ADUBAÇÃO (FUNDAÇÃO E SOCARIA).....</b>	<b>19</b>
<b>6.2 INOVAÇÃO EM CORREÇÃO: APLICAÇÃO DE FERTICORRETIVO (OXIFLUX/CALTEC) .....</b>	<b>20</b>
<b>6.3 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E FERTIRRIGAÇÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>6.4 SISTEMA DE DRENAGEM EM VÁRZEAS .....</b>	<b>23</b>
<b>7 MANEJO FITOSSANITÁRIO: PRAGAS E DOENÇAS .....</b>	<b>23</b>
<b>8 MANEJO DA MATOCOMPETIÇÃO E TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>8.1 DINÂMICA DE INTERFERÊNCIA E PCPI.....</b>	<b>28</b>
<b>8.2 ESTRATÉGIAS DE CONTROLE QUÍMICO E POSICIONAMENTO TÉCNICO ...</b>	<b>28</b>
<b>8.3 MATRIZ DE RECOMENDAÇÃO: INSUMOS E PRINCÍPIOS ATIVOS .....</b>	<b>29</b>
<b>8.4 MANEJO EM CANA-PLANTA (FUNDO DE SULCO E PRÉ-EMERGÊNCIA).....</b>	<b>29</b>
<b>8.5 MANEJO DE SOCARIA E ÉPOCA SECA.....</b>	<b>30</b>
<b>8.6 PÓS-EMERGÊNCIA E CATAÇÃO QUÍMICA.....</b>	<b>30</b>
<b>8.7 DESSECAÇÃO E MATURAÇÃO (MANEJO AÉREO) .....</b>	<b>30</b>
<b>8.8 DINÂMICA SOLO-PLANTA-ATMOSFERA E SELETIVIDADE .....</b>	<b>30</b>

<b>8.9 GESTÃO ESTRATÉGICA: PREVENÇÃO À RESISTÊNCIA.....</b>	<b>31</b>
<b>9. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO E EFICIÊNCIA OPERACIONAL .....</b>	<b>31</b>
<b>9.1 APLICAÇÃO MECANIZADA .....</b>	<b>31</b>
<b>9.2 APLICAÇÃO MANUAL E CATAÇÃO QUÍMICA .....</b>	<b>34</b>
<b>9.3 SELEÇÃO DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO (BICOS) .....</b>	<b>34</b>
<b>9.4 MONITORAMENTO CLIMÁTICO E JANELAS DE APLICAÇÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>9.5 ANÁLISE ECONÔMICA E OPERACIONAL: COMPARATIVO TERRESTRE VS. AÉREO (DRONE).....</b>	<b>35</b>
<b>9.6 SEGURANÇA DO TRABALHO, AMBIENTAL E MANEJO DOS DEFENSIVOS - (NR-31) .....</b>	<b>36</b>
<b>10 COLHEITA E LOGÍSTICA DE TRANSPORTE .....</b>	<b>37</b>
<b>10 GESTÃO OPERACIONAL: A ORDEM DE SERVIÇO (OS) .....</b>	<b>38</b>
<b>11 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>38</b>
<b>11.1 ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA PRODUTIVO.....</b>	<b>38</b>
<b>11.2 CONTRIBUIÇÕES DO ESTÁGIO PARA A FORMAÇÃO PROFISSIONAL .....</b>	<b>38</b>
<b>11.3 CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) consolida-se como um dos pilares estratégicos do agronegócio brasileiro. O Brasil é o maior produtor mundial, com uma estimativa de produção para a safra 2024/25 superior a 680 milhões de toneladas, abrangendo uma área de aproximadamente 8,6 milhões de hectares (CONAB, 2024). A relevância do setor sucroenergético transcende a produção de açúcar, posicionando o país como protagonista da transição energética global por meio da produção de bioetanol e bioeletricidade (HERRERA et al., 2021).

Para manter a competitividade e os altos índices de produtividade, expressos pela Tonelada de Cana por Hectare (TCH) e Açúcar Total Recuperável (ATR), o manejo fitossanitário rigoroso é indispensável. Dentre os fatores bióticos que limitam o potencial produtivo, a mato-competição destaca-se como um dos mais críticos. De acordo com Monteiro e Santos (2022), a presença de plantas daninhas nas fases iniciais do ciclo da cultura pode reduzir a produtividade, devido à competição por recursos essenciais como água, luz e nutrientes, além de hospedar pragas e dificultar a operação de colheita mecanizada.

Nesse contexto, a eficiência no controle de plantas invasoras não depende apenas da escolha do princípio ativo, mas da excelência na Tecnologia de Aplicação. De acordo com Matthews (2016), a correta calibração de equipamentos, a seleção criteriosa de pontas de pulverização e o monitoramento rigoroso das variáveis meteorológicas (temperatura, umidade relativa e vento) são fundamentais para garantir que o herbicida atinja o alvo biológico com o mínimo de perdas por deriva ou evaporação.

Portanto, o acompanhamento técnico das operações agrícolas em unidades agroindustriais permite a integração entre os conceitos acadêmicos e a dinâmica do campo, focando na otimização de recursos e na sustentabilidade do ecossistema canavieiro.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este relatório tem como objetivo descrever as atividades desenvolvidas durante o período de estágio supervisionado, focando no acompanhamento das operações agrícolas de campo. O foco principal consistiu na análise de mato-competição e na supervisão da tecnologia de aplicação de herbicidas, visando a otimização da eficiência operacional, a seletividade da cultura e o controle eficaz do banco de sementes no sistema produtivo da cana-de-açúcar.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar as principais espécies de plantas daninhas incidentes nas áreas acompanhadas e avaliar seu impacto na mato-competição com a cultura da cana-de-açúcar.
- Acompanhar a calibração e regulagem de pulverizadores, observando a escolha de pontas (bicos), pressão de trabalho e volume de calda para garantir a cobertura ideal.
- Monitorar as condições meteorológicas (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento) durante as aplicações, visando a redução de perdas por deriva ou evaporação.
- Avaliar a seletividade dos herbicidas utilizados, observando o desenvolvimento fitotécnico da cana-de-açúcar e a ausência de sintomas de fitotoxicidade severa após a aplicação.
- Analisar a logística e eficiência operacional das frentes de aplicação, observando o rendimento das máquinas (ha/h) e a organização do abastecimento de calda no campo.
- Relacionar o conhecimento acadêmico com a vivência prática no setor sucroenergético, desenvolvendo uma visão crítica sobre o manejo de plantas invasoras em larga escala.

### **3. PERFIL INSTITUCIONAL E ESTRUTURA OPERACIONAL**

A Usina União e Indústria S/A, situada no Engenho Bonfim, em Primavera - PE, é uma unidade centenária de extrema relevância para o setor sucroenergético da Zona da Mata Sul de Pernambuco. Fundada em 1895, a empresa concilia a tradição histórica na qual é preservada em sua antiga malha ferroviária, com uma estrutura industrial moderna e autossuficiente.

A unidade destaca-se pela autonomia energética, gerando eletricidade através das PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas) Pé-de-Serra e Mariquita, além de um gerador a vapor com capacidade de 10 MW/dia. Essa matriz energética robusta sustenta uma linha de produção diversificada, que inclui açúcar cristal, amorfo e demerara, além de álcool anidro e hidratado.

Sob a ótica operacional, a usina gerencia um complexo logístico de estradas vicinais e pontes para o transporte de matéria-prima proveniente de áreas próprias e de fornecedores parceiros, conforme diretrizes operacionais descritas pela União e Indústria S/A (UNIÃO, 2022). A integração entre o campo e a indústria é assegurada por um rigoroso controle de qualidade e gestão avançada em todas as etapas, desde o manejo fitossanitário no canavial até o empacotamento final para os mercados nacional e internacional.

### **4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E VIVÊNCIA OPERACIONAL**

Durante o período de Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO), foi possível acompanhar de forma integrada o ciclo produtivo da cana-de-açúcar, com participação direta nas principais operações agrícolas. As atividades envolveram o acompanhamento do planejamento e da implantação da cultura, com observação das etapas de preparo do solo e das práticas de correção física e química, especialmente a aplicação de calcário e gesso agrícola, visando à melhoria das condições edáficas e à otimização do desenvolvimento do sistema radicular.

Também foi realizada vivência no sistema de plantio convencional, abrangendo a logística de colheita e manejo da cana-muda (cana-semente), bem como a adequada distribuição das gemas, fator essencial para garantir a uniformidade de brotação e o adequado estabelecimento da lavoura.

O foco principal das atividades esteve relacionado aos tratos culturais e ao manejo fitossanitário da cultura, com acompanhamento sistemático das práticas de adubação, irrigação e controle de pragas. Destacou-se, especialmente, o manejo de plantas daninhas, no qual houve participação na escolha de moléculas herbicidas, na calibração de equipamentos de aplicação e

na condução de ensaios com novos produtos, com o objetivo de avaliar a eficácia, a seletividade e a segurança agrônômica dos herbicidas aplicados à cultura da cana-de-açúcar.

## **5. IMPLANTAÇÃO DA CULTURA E ESTRATÉGIA DE MANEJO**

### **5.1 Manejo Varietal e Censo Varietal da Unidade**

O sucesso do canavial inicia-se com o planejamento do censo varietal, visando a estabilidade da oferta de matéria-prima ao longo da safra. A escolha da cultivar deve considerar não apenas o potencial de acúmulo de biomassa e Açúcar Total Recuperável (ATR), mas também a resistência a estresses bióticos e abióticos (KAPAZOGLU et al., 2023).

Na Usina União e Indústria S/A, observou-se a utilização de um portfólio diversificado, com destaque para a variedade SP78-4764, principal cultivar da unidade devido à sua rusticidade e excelente brotação de soca. O censo varietal contempla ainda materiais de alta produtividade e adaptação regional, como a RB92579, reconhecida pelo alto teor de sacarose, e a RB041443, estratégica pela sua resistência ao estresse hídrico e à ferrugem marrom.

As variedades acompanhadas, como a RB943365 e a RB872552, apresentam características morfológicas distintas (hábito de crescimento, perfilhamento e fechamento de entrelinhas) que influenciam diretamente no manejo de plantas daninhas. Variedades de fechamento rápido, como a RB872552, são fundamentais para auxiliar no controle cultural, reduzindo a incidência de luz no solo e, conseqüentemente, a germinação do banco de sementes.

### **5.2 Preparo do Solo e Desafios Topográficos**

O preparo do solo visa a descompactação e o favorecimento do ambiente radicular para garantir a longevidade do ciclo (VITTI et al., 2016). Na unidade acompanhada, as operações de preparo são adaptadas às condições de relevo, fator determinante na região da Zona da Mata.

Em áreas mecanizáveis, o preparo convencional é adotado, iniciando-se pela subsolagem, operação fundamental para a ruptura de camadas compactadas formadas pelo tráfego intenso de máquinas durante a colheita (Figura 1). Em seguida, realiza-se a gradagem pesada e a gradagem intermediária com grade de discos, visando o destorroamento do solo e a incorporação de resíduos culturais e plantas daninhas remanescentes (Figura 2).

Nas áreas de encosta e relevo mais acidentado, o manejo do solo assume caráter conservacionista. Nessas condições, as operações mecanizadas pesadas são suprimidas ou

reduzidas, com o objetivo de minimizar riscos de erosão hídrica, preservar a estrutura do solo e garantir a segurança operacional das atividades agrícolas.

A escolha e a intensidade das operações mecanizadas variam conforme a textura do solo e a declividade das glebas. Após a subsolagem, procede-se à gradagem utilizando grades de discos ou de dentes, geralmente configuradas com 12 discos e espaçamento médio de 25 cm. Essa etapa promove a desagregação dos torrões e a homogeneização da camada superficial do solo.

Em solos de textura arenosa, uma única passada de grade leve, com atuação aproximada de 20 cm de profundidade, mostra-se suficiente para o preparo adequado. Em solos argilosos, devido ao maior grau de coesão entre as partículas, são necessárias duas passadas, permitindo atingir profundidades de até 30 cm e proporcionando um destorroamento mais eficiente e uniforme.

A etapa final do preparo do solo é realizada com o uso da grade niveladora, responsável por fragmentar os torrões remanescentes, eliminar irregularidades superficiais e promover o adequado nivelamento do terreno (Figura 3). Como resultado dessas operações, obtém-se um solo bem estruturado e homogêneo, condição essencial para a implantação do canavial (Figura 4).

Posteriormente, procede-se à sulcagem, realizada por meio de sulcadores de três hastes, com espaçamento de 1,0 m entre linhas (Figura 5). Essa operação é executada a uma profundidade média de 30 a 35 cm até o lombo, considerada estratégica para garantir o adequado contato do colmo-semente com a umidade do solo, favorecendo a brotação inicial e o estabelecimento uniforme da cultura.

**Figura 1 – Subsolador**



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

**Figura 2 – Grade de discos**



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

**Figura 3 – Grade niveladora**



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

**Figura 4 – Solo pós-preparo**



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

**Figura 5- Sulcador**



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

### **5.3 Implantação do Canavial: Do Corte de Mudas ao Fechamento do Sulco**

A implantação do canavial na unidade é conduzida de forma criteriosa, com o objetivo de garantir a longevidade da lavoura, a uniformidade de estande e a adaptação às condições edafoclimáticas e topográficas da área. Todo o processo de plantio é planejado com ênfase na qualidade da cana-semente, na preservação das gemas e na adequada conformação do sulco.

Para o plantio, são utilizados colmos-semente com idade média entre seis e oito meses, selecionados com base em critérios de sanidade, vigor vegetativo e ausência de danos mecânicos ou fitossanitários (Figura 6). O corte da cana-semente é manual, prática adotada para minimizar injúrias às gemas e preservar o potencial de brotação. Após o corte, os colmos são transportados em carretas até as frentes de plantio, onde ocorre a distribuição manual no interior dos sulcos e o fracionamento em rebolos contendo, em média, de três a quatro gemas viáveis.

**Figura 6-** Cana semente para plantio



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

O sistema de plantio adotado varia conforme as características topográficas das áreas. Em regiões declivosas e de várzea, utiliza-se predominantemente o espaçamento de 1,0 m entre linhas, estratégia que contribui para o melhor controle de processos erosivos e para a adequada densidade populacional da cultura. Já nas áreas de baixa declividade, em torno de 10 a 12%, observa-se a adoção gradativa do espaçamento de 1,30 m, visando a adequação futura à colheita mecanizada e à melhoria da eficiência operacional.

Quanto à densidade de plantio, a unidade utiliza o sistema de plantio duplo acorrentado, caracterizado pela deposição contínua e uniforme dos rebolos ao longo do sulco (Figura 7), com consumo médio de aproximadamente 12 toneladas de mudas por hectare. No fundo do sulco, além da adubação de plantio, é realizado o tratamento fitossanitário preventivo, com a aplicação de cupinídeos, fungicidas e do inseticida Altacor®, direcionado principalmente ao controle da broca-gigante da cana-de-açúcar (*Telchin licus*), praga de elevada importância econômica na região.

**Figura 7 - Plantio duplo acorrentado**



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

Após a distribuição da cana-semente e dos insumos, procede-se ao fechamento do sulco, etapa fundamental para assegurar o adequado contato do material propagativo com o solo e a manutenção da umidade necessária à brotação (Figura 8). Em áreas de encosta, essa operação é realizada manualmente, em função das restrições de mecanização e da necessidade de preservação do solo. Em áreas planas, o fechamento é mecanizado, com a deposição de uma camada de aproximadamente 7 a 10 cm de solo sobre os rebolos. Quando necessário, realiza-se ainda a retificação dos sulcos de plantio, corrigindo desalinhamentos e irregularidades formadas durante as operações anteriores, garantindo maior uniformidade do estande e facilitando os tratos culturais subsequentes (Figura 9).

**Figura 8-** Fechamento do sulco



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

**Figura 9 -** Retificação de sulco de plantio



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

## 6. MANEJO NUTRICIONAL E ESTRATÉGIAS HÍDRICAS

### 6.1 Programas de Adubação (Fundação e Socaria)

A estratégia de adubação adotada pela usina caracteriza-se pela elevada precisão técnica e pelo rigor no cuidado operacional, fatores que contribuem diretamente para a eficiência do uso de nutrientes e para a sustentabilidade do sistema produtivo. No momento da implantação do canavial, a adubação de fundação é realizada diretamente no sulco de plantio, com a aplicação de aproximadamente 600 kg ha<sup>-1</sup> da formulação NPK 14-00-18 (Figura 10).

**Figura 10** – Adulbo NPK para fundação



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

Nas áreas em fase de socaria, a adubação é ajustada às exigências nutricionais da soqueira e às práticas de manejo adotadas, utilizando-se a formulação NPK 14-00-18 na dosagem média de 500 kg ha<sup>-1</sup>. Em talhões que recebem aplicação de vinhaça, a estratégia nutricional é otimizada por meio da aplicação exclusiva de fontes nitrogenadas, como a formulação 21-00-00, aproveitando-se o elevado aporte de potássio fornecido pelo resíduo orgânico, o que reduz custos e aumenta a eficiência do manejo de nutrientes (Figura 11).

**Figura 11** – Adubação em socaria (14-00-18)



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

Um aspecto relevante observado durante a execução das adubações refere-se ao fator humano envolvido na operação. A adubação manual é realizada, prioritariamente, por equipes compostas por mulheres, em função do maior cuidado e precisão na deposição do fertilizante próximo às touceiras. Essa prática contribui para a redução de perdas por distribuição inadequada e favorece a maximização da eficiência de absorção dos nutrientes pelas plantas, refletindo positivamente no desempenho agrônomo do canavial.

## **6.2 Inovação em Correção: Aplicação de Ferticorretivo (Oxiflux/Caltec)**

Como estratégia de manejo voltada à alta performance agrônomo, foi acompanhada a aplicação do Oxiflux® (Caltec), um ferticorretivo refinado à base de óxidos de cálcio (CaO) e magnésio (MgO) de elevada pureza. Diferentemente dos corretivos convencionais formulados a partir de carbonatos, esse insumo apresenta alta solubilidade e reatividade imediata no solo, promovendo correção mais rápida da acidez e maior disponibilidade de cálcio e magnésio na solução do solo. Além disso, o produto é enriquecido com enxofre e micronutrientes essenciais, como boro e zinco, contribuindo para o equilíbrio nutricional da cultura e para a melhoria das condições químicas do ambiente radicular.

Na Usina União e Indústria S/A, a aplicação do Oxiflux® foi realizada por meio de diferentes estratégias operacionais, ajustadas às condições topográficas e à dimensão das áreas tratadas. Em grandes extensões e em situações que demandavam elevada eficiência em janelas

operacionais reduzidas, utilizou-se a aplicação via helicóptero. Esse método se destaca pelo alto rendimento operacional e pela capacidade de promover distribuição uniforme do produto, uma vez que a turbulência gerada pelas pás da aeronave favorece a deposição do material sobre o solo, inclusive em áreas de relevo mais complexo.

Em talhões específicos, áreas de bordadura ou locais de difícil acesso, a aplicação foi realizada por meio de drones do tipo RPAS, permitindo uma distribuição extremamente precisa e localizada, sem provocar amassamento da cultura e assegurando elevados padrões de segurança operacional. Complementarmente, em situações pontuais nas quais as tecnologias aéreas apresentavam limitações logísticas relacionadas ao balizamento ou à segurança, a aplicação manual foi adotada de forma direcionada, possibilitando o ajuste fino da fertilidade do solo e garantindo maior uniformidade na correção química das áreas manejadas.

### **6.3 Gestão de Recursos Hídricos e Fertirrigação**

O manejo hídrico adotado na unidade caracteriza-se por uma elevada complexidade operacional, integrando estratégias de mitigação dos efeitos de períodos de estiagem com o aproveitamento racional de subprodutos industriais, de forma a assegurar a manutenção do potencial produtivo do canavial.

Em áreas de relevo mais acidentado, é amplamente utilizado o sistema de irrigação por aspersão, por meio de canhões hidráulicos e minicanhões equipados com bocais variando entre 12 e 26 mm. Esse método apresenta boa eficiência de distribuição da lâmina de água em terrenos irregulares; entretanto, seu manejo é realizado de forma criteriosa, considerando-se as perdas por deriva e o risco de lavagem de defensivos agrícolas quando a aplicação coincide com horários críticos, especialmente sob condições de vento ou elevada radiação solar.

Paralelamente à irrigação convencional, a unidade dispõe de um sistema estruturado para o manejo da vinhaça, integrando o reaproveitamento desse subproduto ao manejo hídrico e nutricional do canavial.

A vinhaça é armazenada e conduzida por meio de uma rede composta por cinco açudes interligados a aproximadamente 21 km de canais, possibilitando sua distribuição de forma eficiente entre os diferentes engenhos da usina, como Recreio, Mussu e Frexeiras. A chamada Estação de Recebimento de Vinhaça desempenha papel central nesse processo, permitindo tanto a distribuição por gravidade quanto o recalque, otimizando o uso desse ferticorretivo rico em potássio e contribuindo para a sustentabilidade do sistema produtivo (Figura 12).

**Figura 12** - Tubulação para escoamento de vinhaça



**Fonte:** Aatoria própria, 2026.

A infraestrutura operacional que sustenta esse manejo hídrico é composta por nove eletrobombas, destinadas principalmente ao bombeamento de água para irrigação e suporte às operações agrícolas (Figura 13). Em situações de redução significativa do volume dos reservatórios, a unidade adota estratégias emergenciais, como o sistema de tapagem, que consiste na construção de barramentos manuais com o uso de sacos de areia e bambu. Essa prática permite elevar temporariamente o nível da lâmina d'água, viabilizando o funcionamento das motobombas e assegurando a continuidade das operações de irrigação e fertirrigação, mesmo sob condições hídricas adversas.

**Figura 13** – Motobomba a diesel



**Fonte:** Aatoria própria, 2026.

#### 6.4 Sistema de Drenagem em Várzeas

Para mitigar o excesso de umidade nas áreas de várzea, que compromete a oxigenação radicular, a usina utiliza uma técnica de drenagem subterrânea com bambus seccionados e manta, como pode ser visualizado na Figura 14, garantindo o escoamento do excesso de água e mantendo o alto potencial produtivo destas áreas.

**Figura 14** – Drenagem subterrânea



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

### 7 MANEJO FITOSSANITÁRIO: PRAGAS E DOENÇAS

O manejo fitossanitário adotado na Usina União e Indústria S/A é fundamentado nos princípios do Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIP e MID), com enfoque no monitoramento contínuo das áreas cultivadas e na tomada de decisão baseada em critérios técnicos e econômicos. Essa abordagem visa manter elevados níveis de produtividade, ao mesmo tempo em que racionaliza o uso de defensivos agrícolas e reduz os custos operacionais, promovendo maior sustentabilidade ao sistema de produção.

No que se refere ao manejo integrado de pragas, as populações associadas à cultura da cana-de-açúcar são acompanhadas de forma sistemática para a definição do momento adequado de intervenção, evitando aplicações desnecessárias. A broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), (Figura 15) considerada a principal praga da cultura, é monitorada por meio do levantamento da intensidade de infestação, indicador utilizado para subsidiar as decisões de controle.

**Figura 15** - Análise de infestação de Broca-da-cana



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

A cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) (Figura 16) é outra praga de relevância, especialmente em áreas conduzidas sob colheita mecanizada, em razão da maior permanência de palhada sobre o solo. Em situações que demandam intervenção, recorre-se ao controle químico, com a utilização de produtos como o Regente Duo®, aplicado no sulco de plantio ou em cobertura, conforme o estágio da cultura e o nível de infestação observado.

**Figura 16** - Infestação de cigarrinha-das-raízes



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

O controle de cupins e formigas também integra o manejo fitossanitário da unidade, sendo realizado de forma preventiva durante o plantio, com o objetivo de proteger o material propagativo, e de forma corretiva nas áreas de socaria, por meio do uso de iscas formicidas e

inseticidas sistêmicos aplicados de maneira localizada, na Figura 17 pode-se observar formigueiro encontrado.

**Figura 17** - Formigueiro



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

No âmbito do manejo integrado de doenças, a estratégia adotada pela unidade prioriza a resistência varietal, uma vez que o controle químico de doenças na cultura da cana-de-açúcar é tecnicamente complexo e economicamente oneroso. Doenças como a ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) Figura 18.a e a ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) Figura 18.b são manejadas, principalmente, pela escolha de variedades resistentes, com destaque para materiais do grupo RB, amplamente utilizados pela usina.

O carvão da cana-de-açúcar (*Sporisorium scitamineum*), caracterizado pela formação do “chicote”, é controlado por meio do roguing, que consiste na eliminação de plantas doentes, evitando a disseminação dos esporos na área. Já as doenças sistêmicas, como a escaldadura das folhas e o raquitismo-da-soqueira, são prevenidas por meio do tratamento térmico das mudas nos viveiros de primeiro ano, assegurando a sanidade do material propagativo utilizado na implantação e renovação dos canaviais.

**Figura 18** – a) Ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) e b) Ferrugem Alaranjada (*Puccinia kuehnii*)



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

## **8 MANEJO DA MATOCOMPETIÇÃO E TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO**

O manejo da matocompetição na Usina União e Indústria S/A é tratado como uma etapa estratégica para a manutenção da longevidade do canavial e para a maximização da produtividade agrícola. A interferência exercida pelas plantas daninhas sobre a cultura da cana-de-açúcar pode ocasionar reduções de produtividade da ordem de 20 a 30%, além de comprometer a eficiência das operações de colheita e afetar negativamente a qualidade industrial da matéria-prima. Dessa forma, o controle é conduzido de maneira criteriosa, aliado ao uso de tecnologias de aplicação que asseguram maior eficiência e racionalidade no uso de herbicidas.

O sucesso do manejo químico inicia-se com o levantamento das áreas, etapa fundamental para a correta identificação das espécies infestantes e para a definição das estratégias de controle mais adequadas. Durante o período de estágio, foi possível constatar que a comunidade infestante da usina é composta por espécies de elevada agressividade, pertencentes a diferentes grupos botânicos, com destaque para gramíneas, folhas largas e ciperáceas. Entre as gramíneas, observa-se a presença do capim-camalote (*Rottboellia cochinchinensis*), espécie anual de rápido crescimento e elevada produção de sementes, cuja morfologia, caracterizada por base recoberta por pelos silicosos e baixa massa foliar, dificulta o controle químico. Trata-se de uma infestação relativamente recente na unidade, com rápida disseminação, principalmente em margens de estradas, competindo de forma intensa por luz e nitrogênio; por essa razão, seu manejo é realizado preferencialmente em pré-emergência, com o uso de herbicidas como a clomazona. Também são frequentes o capim-colonião (*Panicum*

*maximum*), de grande porte e formação de touceiras (Figura 19) que competem por luz e dificultam a colheita mecanizada, a grama-seda (*Cynodon dactylon*), espécie perene com propagação por rizomas e elevada exigência de herbicidas sistêmicos de alta translocação, e o capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), que apresenta elevada capacidade de cobertura do solo e competição precoce com a cana-planta.

**Figura 19 – a)** Capim-camalote (*Rottboellia cochinchinensis*)



**Figura 19 – b)** Capim-colonião (*Panicum maximum*)



**Figura 19 – c)** Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*)



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

No grupo das plantas daninhas de folhas largas, destacam-se espécies como a corda-de-viola (*Ipomoea spp.*) (Figura 20) de hábito trepador, que se enrosca no dossel da cana, provocando tombamento e causando perdas significativas durante a colheita mecanizada, e o melão-de-são-caetano (*Momordica charantia*), competidor agressivo, especialmente em áreas de reforma de canavial. Entre as ciperáceas, a tiririca (*Cyperus rotundus*) merece atenção especial por ser considerada uma das plantas daninhas mais problemáticas em escala mundial, em função de seu extenso sistema de bulbos subterrâneos, o que demanda estratégias específicas de manejo, com ênfase no controle em pré-emergência por meio do uso de herbicidas como a sulfentrazone.

**Figura 20 –** Planta daninha enrolada no melão



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

## **8.1 Dinâmica de Interferência e PCPI**

A presença dessas espécies interfere diretamente no perfilhamento da cana. O objetivo do manejo na usina é manter o canavial limpo durante o Período Crítico de Prevenção à Interferência (PCPI). Caso o controle não seja eficiente nessa fase, a matocompetição reduz o diâmetro dos colmos e a quantidade de açúcar (ATR), impactando a rentabilidade industrial.

## **8.2 Estratégias de Controle Químico e Posicionamento Técnico**

O controle químico de plantas daninhas na Usina União e Indústria S/A é conduzido com base no princípio da seletividade, buscando eliminar a matocompetição sem provocar efeitos fitotóxicos à cultura da cana-de-açúcar. Essa estratégia permite a manutenção do estande, a preservação do potencial produtivo e a racionalização do uso de herbicidas, aliando eficiência agrônômica e sustentabilidade operacional.

A aplicação em pré-emergência constitui o pilar do manejo adotado na unidade, tendo como principal objetivo a formação de uma barreira química no solo com efeito residual prolongado, capaz de impedir a emergência das plantas daninhas oriundas do banco de sementes. Essa abordagem apresenta vantagem estratégica por eliminar a competição inicial, assegurando que a cana-de-açúcar se estabeleça sem interferência por luz, água e nutrientes. O sucesso dessa prática depende diretamente do conhecimento detalhado do histórico de infestação de cada talhão e da adequada umidade do solo, condição essencial para a ativação de moléculas como a sulfentrazone e a flumioxazina. Durante o estágio, foi possível observar que, em grandes áreas, as aplicações em pré-emergência são operacionalmente favorecidas pelo uso de tecnologia aérea, especialmente helicópteros, em função da necessidade de rápida cobertura logo após o plantio ou o corte da soca.

A aplicação em pós-emergência é utilizada de forma complementar ou corretiva, direcionada ao controle de plantas daninhas já estabelecidas na área. Nessa modalidade, o momento da intervenção é um fator crítico, uma vez que a aplicação deve ocorrer antes que as invasoras atinjam o Período Crítico de Prevenção à Interferência, sob pena de ocasionar perdas irreversíveis de produtividade, conforme descrito por Vargas e Roman (2006). O manejo em pós-emergência baseia-se na seletividade fisiológica da cultura, empregando-se herbicidas como a mesotriona, que atuam eficientemente sobre as plantas daninhas, mas são rapidamente metabolizados pela cana-de-açúcar. Observou-se ainda que essa modalidade de controle se beneficia significativamente do uso de drones, os quais permitem aplicações localizadas em

reboleiras de infestação, reduzindo o volume de calda aplicado, minimizando o desperdício de insumos e aumentando a eficiência operacional do manejo.

### 8.3 Matriz de Recomendação: Insumos e Princípios Ativos

Tabela 1 apresenta os protocolos fitossanitários observados durante o período de estágio, relacionando os produtos comerciais utilizados no controle de plantas daninhas, seus respectivos ingredientes ativos, as épocas de aplicação e as doses recomendadas. Observa-se a adoção de estratégias diferenciadas conforme o estágio da cultura e as condições edafoclimáticas, incluindo aplicações em pré-emergência, pós-emergência, soca úmida e soca seca, bem como operações específicas de dessecação e controle localizado.

**Tabela 1** – Protocolos observados, relacionando nomes comerciais e seus respectivos ingredientes ativos.

Alvo / Época	Produto Comercial	Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose
<b>Pré-emergência Planta</b>	Reator + Boral	Clomazona + Sulfentrazone	3,0 L/ha + 2,0 L/ha
<b>Soca Úmida</b>	Velpar + Reator + Sumyzin	Diuron/Hexazinona + Clomazona + Flumioxazina	3,0 kg + 3,0 L + 0,3 L/ha
<b>Soca Seca</b>	Plateau + Provence Total	Imazapique + Indaziflam/Isoxaflutole	0,140 g + 0,2 a 0,3 L/ha
<b>Pós-emergência</b>	Velpar + Lumica + Disperse	Diuron/Hexazinona + Mesotriona + Adjuvante	2,5 kg + 0,3 L + 0,015 L/ha
<b>Catção de Colômbia</b>	Broker 750 WG	Hexazinona	0,800 g/ha
<b>Catção de Arbustos</b>	Plenum ou Padron	Picloram (Padron)	3,0 L/ha ou 0,20 L/ha
<b>Tiririca</b>	Boral 500 SC	Sulfentrazone	1,0 a 2,2 L/ha
<b>Dessecação Aérea</b>	Crucial + 2,4 D + Disperse	Glifosato + 2,4-D + Adjuvante	3,0 L + 1,0 L + 0,03 L/ha

### 8.4 Manejo em Cana-Planta (Fundo de Sulco e Pré-emergência)

Nesta fase, o foco é a proteção inicial das gemas e o controle do banco de sementes.

- **Tratamento de Fundo de Sulco:** Além da nutrição, utiliza-se Altacor na dose de 0,300 kg/ha,

visando o controle de pragas de solo e broca.

- **Pré-emergência de verão (Planta):** Aplica-se a mistura de Reator (Clomazona) a 3 L/ha com Boral (Sulfentrazone) a 2 L/ha. Outra opção robusta é o uso do Alion (Indaziflam) a 0,150 L/ha em conjunto com Diuron a 3 L/ha.

### **8.5 Manejo de Socaria e Época Seca**

A estratégia de socaria diferencia-se pela umidade disponível e pela presença de palhada.

- **Início de Safra (úmido):** Utiliza-se a associação tripla de Velpar (Diuron + Hexazinona) a 3,0 kg/ha, Reator (Clomazona) a 3,0 L/ha e Sumyzin (Flumioxazina) a 0,300 ml/ha.
- **Soca Seca:** Recomenda-se o uso de Plateau (Imazapique) a 0,140 g/ha e Provance Total (Indaziflam + Isoxaflutole) entre 200 e 300 ml/ha.
- **Áreas de Vinhaça:** Nestes ambientes, o controle é reforçado com Dinamic (Amicarbazona) a 1,5 L/ha ou Boral (Sulfentrazone) a 1,6 L/ha.

### **8.6 Pós-emergência e Catação Química**

Para o controle de escapes foliares e reboleiras:

- **Pós-emergência Geral:** Mistura de Velpar (Diuron + Hexazinona) a 2,5 kg/ha e Lumica (Mesotriona) a 0,300 ml/ha. Em condições de infestação severa de folhas largas, adiciona-se 2,4 D a 1,5 L/ha e MSMA a 2 L/ha
- **Catação de Colônias:** Utiliza-se Broker (Hexazinona) na forma granulada a 0,800 g/ha ou aplicação dirigida de Tebutiuron a 2 L/ha.

### **8.7 Dessecação e Maturação (Manejo Aéreo)**

Operações focadas na colheita, realizadas via drone ou helicóptero:

- **Dessecação:** Uso de Crucial (Glifosato – Sais de Isoopropilamina e Potássio) na dose de 3 L/ha associado a 2,4 D a 1 L/ha.
- **Maturação:** Aplicação de Glifosato a 0,30 L/ha com adjuvante Disperse Ultra a 0,03 ml/ha.

### **8.8 Dinâmica Solo-Planta-Atmosfera e Seletividade**

A eficácia do controle químico de plantas daninhas está diretamente associada à dinâmica de interação entre solo, planta e atmosfera, a qual condiciona o comportamento das moléculas herbicidas no ambiente. Na região de atuação da usina, a variação nos teores de argila e de matéria orgânica dos solos exerce influência significativa sobre os processos de adsorção

dos herbicidas, afetando sua disponibilidade na solução do solo. Em solos com maior teor de argila, por exemplo, torna-se necessário o ajuste criterioso das doses de produtos como a sulfentrazone, de modo a assegurar que a fração biodisponível seja suficiente para o controle eficiente das plantas daninhas, sem comprometer a seletividade e causar danos à cultura da cana-de-açúcar.

A seletividade observada nas áreas da unidade resulta, principalmente, da combinação de mecanismos fisiológicos e posicionais. No primeiro caso, a cana-de-açúcar apresenta a capacidade de metabolizar determinadas moléculas antes que estas atinjam o sítio de ação, como ocorre com a mesotriona, garantindo o controle das invasoras com mínima interferência sobre a cultura. Paralelamente, a seletividade posicional é assegurada pelo correto posicionamento do herbicida no solo ou pela aplicação direcionada, o que reduz o contato direto do produto com gemas e tecidos jovens da planta, preservando o desenvolvimento inicial e a sanidade do canavial.

## **8.9 Gestão Estratégica: Prevenção à Resistência**

A gestão do manejo de plantas daninhas na unidade é conduzida de forma estratégica, com foco na prevenção da seleção de biótipos resistentes e na manutenção da cultura livre da matocompetição durante o Período Crítico de Prevenção à Interferência, que se estende até o fechamento completo do dossel da cana-de-açúcar. Essa abordagem garante o estabelecimento adequado da cultura e a preservação do seu potencial produtivo.

Para mitigar o risco de resistência, a usina adota a rotação sistemática de mecanismos de ação, conforme a classificação do HRAC, alternando ingredientes ativos pertencentes a diferentes grupos. Nesse contexto, são utilizados inibidores do Fotossistema II, como hexazinona, diuron e tebuthiuron, inibidores da Protox (PPO), como sulfentrazone e flumioxazina, e inibidores da HPPD, como a mesotriona, reduzindo a pressão de seleção sobre as populações de plantas daninhas.

Paralelamente, é conferida elevada atenção à qualidade da calda de pulverização, sendo rigorosamente respeitada a ordem correta de mistura dos produtos no tanque misturador automático, como a solubilização prévia de formulações WG antes da adição de produtos SL. O monitoramento da qualidade da água utilizada nas aplicações é igualmente essencial, uma vez que evita a inativação de ingredientes ativos sensíveis, como o glifosato, assegurando maior eficiência e segurança ao manejo químico.

## **9. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO E EFICIÊNCIA OPERACIONAL**

### **9.1 Aplicação mecanizada**

A tecnologia de aplicação constitui o fator decisivo para transformar o potencial químico dos produtos em eficácia biológica no campo, assegurando controle eficiente e uso racional dos insumos. Na Usina União e Indústria S/A, as estratégias de aplicação são definidas em função das condições topográficas, do alvo biológico e da janela operacional disponível.

Nas áreas de várzea e em encostas com declividade moderada, o controle é realizado predominantemente por meio de aplicação mecanizada terrestre, utilizando pulverizadores de barras tratorizados John Deere 6100 (Figura 21). Esses equipamentos possuem tanque com capacidade de 900 litros e barra de 10,5 metros, operando com vazão média de 150 L ha<sup>-1</sup>. A versatilidade do sistema permite sua utilização em aplicações de pré-emergência, pós-emergência e dessecação, proporcionando elevada capacidade de cobertura em grandes extensões e boa uniformidade de distribuição da calda.

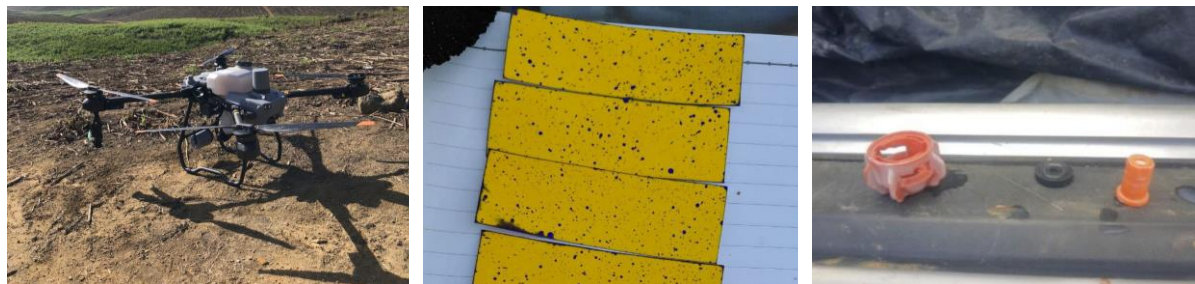
**Figura 21** – Sistema de pulverização utilizando pulverizadores de barras tratorizados John Deere 6100



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

A aplicação aérea assume papel estratégico na unidade, especialmente em função dos desafios impostos pelo relevo da região da Zona da Mata, destacando-se o uso combinado de drones e helicópteros. A aplicação com drones do tipo RPAS é realizada com modelos DJI Agras T10, T20 e T30 (Figura 22.a), que operam em sistema de ultra baixo volume, com vazão aproximada de 10 L ha<sup>-1</sup>. Esses equipamentos contam com sensores de micro-ondas que permitem o acompanhamento preciso do relevo, garantindo altura e deposição adequadas da calda. A logística operacional é otimizada pela preparação prévia da calda no depósito central da usina, localizado no Engenho Aurora, o que assegura maior agilidade e segurança durante as recargas em campo.

**Figura 22.** a) Drone T30; b) Papel hidrossensível, para fins de avaliação da cobertura, penetração e distribuição de gotas na cultura, evitando desperdícios ou subdosagem; c) Ponta de pulverização cônica TXA 4800 1VK



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

Os helicópteros são utilizados como plataformas móveis de alto rendimento, principalmente para a aplicação de herbicidas e maturadores (Figura 23). Equipados com tanques de 250 litros, operam com vazões ajustadas conforme o objetivo da aplicação, utilizando cerca de 25 L ha<sup>-1</sup> em pré-emergência, 12 L ha<sup>-1</sup> em aplicações foliares e 30 L ha<sup>-1</sup> na aplicação de maturadores. Entre as principais vantagens desse sistema destacam-se o elevado rendimento operacional, que pode alcançar até 17 hectares por voo em aplicações foliares, e o aproveitamento da pressão aerodinâmica gerada pelas pás, favorecendo a deposição da calda no alvo. O preparo da calda é realizado diretamente no campo por meio de tanque misturador automático, garantindo homogeneidade da mistura e rapidez no abastecimento, fatores essenciais para a eficiência das operações aéreas.

**Figura 23** – a) Helicóptero acompanhado de apoio com carro pipa para abastecimento de água e prevenção a acidentes; b) Atomizador rotativo (bico de hélice) para fins de padronização do tamanho das gotas.



**Fonte:** Autoria própria, 2026.

## 9.2 Aplicação Manual e Catação Química

Em áreas de difícil acesso ou para o controle de escapes (reboleiras), utiliza-se o manejo manual:

- **Costal Pressurizado (14 L):** Elimina a necessidade de bombeamento manual, garantindo pressão constante e uniformidade na aplicação (ideal para catação de capim-colonião).
- **Costal Manual (20 L):** Equipamento robusto utilizado tanto em pré quanto pós-emergência, onde a vazão é determinada pela seleção da ponta de pulverização (bico) adequado ao alvo.

## 9.3 Seleção de Pontas de Pulverização (Bicos)

As pontas de pulverização constituem os componentes mais críticos do sistema de aplicação, sendo responsáveis diretas pela definição do espectro de gotas. Na unidade, sua seleção é realizada de forma estratégica, de acordo com o tipo de aplicação e o alvo agrônomo.

Em aplicações em pós-emergência, priorizam-se pontas que produzam gotas médias a finas, assegurando elevada cobertura foliar e maior eficiência de contato, com destaque para as pontas de jato plano (leque). Já nas aplicações em pré-emergência e nas pulverizações aéreas, adota-se o uso de pontas que geram gotas maiores ou com indução de ar, com o objetivo de minimizar o risco de deriva e garantir a deposição uniforme do produto sobre o solo.

A calibração do sistema é realizada de forma prática e criteriosa, por meio da coleta volumétrica individual de cada bico, assegurando coeficiente de variação inferior a 10%. Esse procedimento garante a distribuição homogênea das taxas de aplicação, correspondentes a 150 L ha<sup>-1</sup> em aplicações terrestres e 10 L ha<sup>-1</sup> em aplicações via drone.

Adicionalmente, a calda de pulverização é formulada com o uso estratégico de adjuvantes, como surfactantes e óleos, que reduzem a tensão superficial das gotas. Essa prática é fundamental para o controle de plantas daninhas com folhas cerosas, pois favorece o espalhamento da gota, reduz o efeito de rebote e aumenta a retenção e a absorção cuticular do ingrediente ativo.

## 9.4 Monitoramento Climático e Janelas de Aplicação

A usina utiliza o Delta T (diferença entre a temperatura do bulbo seco e úmido) como indicador de segurança.

- **Logística Aérea:** Para aplicações com Helicóptero e Drone, o monitoramento via termi-higro-anemômetro é constante. Interrompe-se as atividades caso a umidade relativa do ar fique abaixo de 55% ou a temperatura ultrapasse os 30 ° C, condições que favorecem a evaporação da gota antes que ela atinja o alvo biológico.

## 9.5 Análise Econômica e Operacional: Comparativo Terrestre vs. Aéreo (Drone)

A escolha da modalidade de aplicação na unidade não se restringe apenas à topografia, mas passa por uma análise criteriosa de custo-benefício e rendimento operacional.

O pulverizador tratorizado John Deere 6100 apresenta elevada autonomia de tanque, com capacidade de 900 L; contudo, seu rendimento operacional é condicionado pela velocidade de deslocamento no solo e pelas limitações impostas pelo relevo acidentado de determinadas áreas da usina. Em contraste, os drones agrícolas T10, T20 e T30, apesar da menor capacidade de tanque, operam em regime de ultrabaixo volume, com taxa de aplicação de 10 L ha<sup>-1</sup>, o que amplia significativamente a autonomia da calda e reduz o tempo improdutivo destinado ao reabastecimento.

Na análise econômica por hectare aplicado, observa-se que o sistema tratorizado demanda custos mais elevados de implantação e manutenção, principalmente em função do consumo de combustível diesel, da manutenção mecânica pesada e da substituição frequente de pneus, intensificada em áreas de encosta. Por sua vez, os drones, por utilizarem propulsão elétrica, apresentam custo energético substancialmente inferior por hectare. Outro aspecto econômico relevante refere-se ao amassamento e às perdas de produtividade: enquanto o tráfego de máquinas terrestres pode ocasionar perdas médias estimadas entre 2% e 5% da produtividade da cana-de-açúcar, os drones eliminam esse impacto, uma vez que não promovem compactação do solo nem dano às linhas de cultivo.

Em relação à mão de obra e à logística, o pulverizador tratorizado exige a atuação de um operador e de uma equipe de apoio para o abastecimento de grandes volumes de água, na ordem de 150 L ha<sup>-1</sup>. Já o sistema com drones requer uma equipe técnica especializada, composta por piloto e auxiliar, porém com uma logística hídrica consideravelmente mais enxuta, o que resulta em maior agilidade e eficiência operacional. A Tabela 2 apresenta uma matriz relacionando o processo econômico-operacional.

**Tabela 2 - Matriz de Decisão Econômico-Operacional**

Componente de Custo	Aplicação Terrestre (Frota Própria)	Aplicação com Drone (Terceirizada)	Diferencial Técnico
<b>Custo Direto da Operação</b>	R\$ 85,00/ha	R\$ 120,00/ha	Drone é 41% mais caro no custo direto.
<b>Amassamento (Custo</b>	R\$ 144,00/ha	R\$ 0,00/ha	Perda estimada de 3% de TCH no terrestre.

<b>Oportunidade)</b>			
<b>Rendimento de Campo</b>	5,0 ha/h	12,0 ha/h	Drone libera a área 2.4x mais rápido.
<b>Custo Total por Hectare</b>	R\$ 229,00/ha	R\$ 120,00/ha	O Drone economiza R\$ 109,00/ha.

A integração dessas modalidades permite que a Usina União e Indústria S/A otimize seus recursos, direcionando o trator para áreas de várzea plana e os drones/helicópteros para áreas de relevo complexo e janelas climáticas curtas. A Tabela 3 apresenta a comparação das modalidades e logística.

**Tabela 3 - Comparativo de Modalidades e Logística**

<b>Modalidade</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Vazão (L/ha)</b>	<b>Vantagem Logística</b>
<b>Terrestre</b>	JD 6100	150	Autonomia em várzeas e encostas
<b>Helicóptero</b>	250 L Tank	12 - 30	Alto rendimento operacional
<b>Drone</b>	T10/T20/T30	10	Precisão em todos os relevos
<b>Manual</b>	Costal	Variável	Áreas de difícil acesso e catação

## **9.6 Segurança do Trabalho, Ambiental e Manejo dos Defensivos - (NR-31)**

A aplicação de herbicidas na Usina União e Indústria S/A é conduzida em conformidade com normas rigorosas de segurança, visando à proteção dos trabalhadores e à mitigação de impactos ambientais. Após o preparo da calda, realiza-se a tríplice lavagem das embalagens ainda no campo, seguida de sua inutilização e encaminhamento à Central de Recebimento localizada em Carpina-PE. O uso de equipamentos de proteção individual é obrigatório para operadores de pulverizadores costais e auxiliares de pista do helicóptero, incluindo macacão impermeável, luvas de nitrilo, botas de borracha, máscara com filtro de carvão ativado, viseira e capuz, garantindo a redução da exposição ocupacional aos produtos aplicados.

Ao término das atividades, os EPIs passam por procedimentos de higienização em lavanderias específicas da usina, assegurando que resíduos químicos não sejam levados para fora do ambiente industrial. As embalagens, além de submetidas à tríplice lavagem, são armazenadas temporariamente em local seco, ventilado e com piso impermeável, até o

transporte adequado para a central de recebimento. Complementarmente ao controle químico, a unidade adota práticas de manejo integrado, como o arranquio manual de plantas de colônio com o uso de enxadas e a exposição do sistema radicular ao sol, visando ao controle localizado de touceiras e à redução da dependência exclusiva de herbicidas.

## **10 COLHEITA E LOGÍSTICA DE TRANSPORTE**

A colheita na Usina União e Indústria S/A constitui a etapa final do manejo agrícola e fitossanitário, sendo conduzida de forma a compatibilizar as limitações topográficas das áreas produtivas com a necessidade de suprimento contínuo de matéria-prima para a indústria. A unidade adota um sistema misto de colheita, combinando métodos manuais e mecanizados conforme o relevo e as condições operacionais.

A colheita manual, precedida de queima controlada e devidamente autorizada, é empregada em áreas de encosta com declividade superior a 12%, onde a mecanização é inviável devido ao risco de tombamento das colhedoras. A queima tem como objetivo a remoção da palhada, facilitando o corte pelos trabalhadores rurais. O rendimento operacional depende da capacidade individual de corte e da eficiência da logística de carregamento, realizada com carregadeiras frontais que transferem a cana para os caminhões. Nessas áreas, a matocompetição assume papel crítico, exigindo controle rigoroso de espécies como capim-camalote e corda-de-viola, cujas estruturas vegetativas dificultam o corte manual, reduzem a produtividade e aumentam o risco de acidentes ocupacionais.

A colheita mecanizada é priorizada em áreas de várzea e tabuleiros planos, sendo realizada com colhedoras de uma ou duas linhas no sistema de cana crua. Esse método apresenta maior rendimento operacional por hora e mantém a palhada sobre o solo, a qual atua como controle cultural ao reduzir a emergência de plantas daninhas fotoblásticas positivas.

Entretanto, a presença de plantas trepadeiras, especialmente a corda-de-viola, representa um entrave operacional, pois provoca o enrolamento nos divisores de linha e no elevador das colhedoras, demandando paradas frequentes para limpeza e comprometendo a eficiência do processo. Durante o acompanhamento em campo, foi realizado o monitoramento das perdas de colheita, incluindo tocos, pedaços e cana inteira, evidenciando que o ajuste adequado da velocidade de deslocamento e da rotação do extrator primário é determinante para minimizar perdas e reduzir o índice de impurezas vegetais na matéria-prima entregue à usina.

O transporte da cana é efetuado por composições do tipo treminhão ou por caminhões de carga direta, sendo a sincronização entre a colheita e o transporte um fator crítico de eficiência. A redução do tempo de espera da cana no campo é essencial para evitar a inversão

da sacarose e, conseqüentemente, a perda de ATR, assegurando a qualidade industrial da matéria-prima processada.

## **10 GESTÃO OPERACIONAL: A ORDEM DE SERVIÇO (OS)**

A Ordem de Serviço constitui o principal instrumento de planejamento, controle e rastreabilidade das operações agrícolas na Usina União e Indústria S/A, estabelecendo a conexão direta entre o setor técnico-administrativo e as atividades executadas em campo. Trata-se do documento oficial que autoriza, orienta e registra cada intervenção agrícola, garantindo padronização, segurança operacional e conformidade técnica.

O fluxo de emissão tem início a partir do levantamento de campo realizado por fiscais e engenheiros agrônomos, que identificam a necessidade de intervenção em áreas específicas, como o controle de capim-camalote em determinado talhão. A partir desse diagnóstico, a Ordem de Serviço é gerada no sistema de gestão agrícola da unidade, contemplando informações essenciais para a execução da atividade, incluindo a identificação do lote, a área a ser tratada, a operação programada e os insumos requeridos. No caso das aplicações de herbicidas, a OS apresenta o detalhamento técnico da recomendação agrônômica, especificando a dose por hectare, o volume total de calda e a modalidade de aplicação a ser empregada, seja tratorizada, por drone ou por helicóptero, assegurando que a operação seja realizada de forma precisa, eficiente e em conformidade com os critérios agrônômicos estabelecidos.

## **11 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **11.1 Análise Crítica do Sistema Produtivo**

Durante o período de estágio na Usina União e Indústria S/A, foi possível observar que a eficiência do setor sucroenergético em regiões de relevo acidentado, como a Zona da Mata, depende diretamente da integração tecnológica. A transição da dependência exclusiva do manejo tratorizado para a adoção estratégica de Drones e Helicópteros não representa apenas um avanço operacional, mas uma necessidade logística para garantir o controle da matocompetição dentro da janela ideal (PCPI). Um ponto de destaque é o rigor no manejo de herbicidas. A compreensão de que a seletividade e a adsorção do produto no solo são tão importantes quanto a dose aplicada demonstra um amadurecimento técnico da unidade. A utilização de adjuvantes de alta performance e o monitoramento rigoroso do Delta T para evitar deriva são práticas que elevam o padrão de sustentabilidade econômica e ambiental da usina.

### **11.2 Contribuições do Estágio para a Formação Profissional**

A vivência prática e análise crítica me permitiu consolidar os conhecimentos acadêmicos em Fitossanidade e Tecnologia de Aplicação. Mais do que identificar plantas daninhas como o Capim-camalote ou a Tiririca, o estágio proporcionou a visão crítica necessária para gerir recursos: escolher a ponta de pulverização correta, calcular a vazão real no campo e entender o impacto do amassamento no custo por tonelada de cana. Como futura Engenheira Agrônoma, a experiência na Usina União e Indústria S/A foi fundamental para desenvolver a resiliência e a capacidade de tomada de decisão, competências essenciais para a otimização da produção agrícola.

### **11.3 Conclusão**

O estágio supervisionado atingiu plenamente seus objetivos ao integrar a prática operacional com a gestão técnica. Conclui-se que o sucesso do manejo da matocompetição reside no detalhamento, desde a calibração precisa do bico até a escolha da molécula com o residual adequado para cada época do ano. Sinto-me tecnicamente preparada para aplicar esses conhecimentos ao longo da minha trajetória profissional, visando contribuir para uma agricultura de precisão, eficiente e orientada por dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. F. S. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2018.

ANDEF. **Manual de tecnologia de aplicação**. São Paulo: Associação Nacional de Defesa Vegetal, 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v. 10 - Safra 2023/24, n. 3 - Terceiro levantamento, Brasília, 2023.

HERRERA, S; WILKINSON, J. **Sugar-cane bioelectricity in Brazil: reinforcing the meta-discourses of bioeconomy and energy transition**. In: Bioeconomy and Global Inequalities: Socio-Ecological Perspectives on Biomass Sourcing and Production. Cham: Springer International Publishing, p. 151-171, 2021.

KAPAZOGLU, A. et al. **Crop wild relatives: A valuable source of tolerance to various abiotic stresses**. Plants, v. 12, n. 2, p. 328, 2023.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agrofit: sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2026.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide Application Methods**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2016.

MONTEIRO, A; SANTOS, S. **Sustainable approach to weed management: The role of precision weed management**. Agronomy, v. 12, n. 1, pág. 118, 2022.

OLIVEIRA, JR., R. S. Interação Herbicida-Solo. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Ompix, 2011. p. 209-240.

RIDESA - REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROENERGÉTICO. **Catálogo de variedades RB de cana-de-açúcar**. Curitiba: UFPR, 2015.

SILVA, M. M. de L. et al. **Comparative study of sugar cane production in the microregion of Vitória de Santo Antão/PE, Brazil**. Research, Society and Development, v. 9, n. 11, p. e44591110034, 2020.

SIMÕES NETO, D. E. **Variedades de cana-de-açúcar no estado de Pernambuco: contribuição do melhoramento clássico da RIDESA – UFRPE**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife, v. 5 e 6, p. 125-146, 2023. SOUZA, C. M. P. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Viçosa: Ed. UFV, 2011.

























