



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA



**IRRIGAÇÃO, CORTE, CARREGAMENTO E TRANSPORTE DA CANA-DE-
AÇÚCAR PRODUZIDA NA USINA SÃO JOSÉ – IGARASSU/PE**



GUILHERME DUARTE DE OLIVEIRA SOUZA

Recife, Janeiro de 2019

GUILHERME DUARTE DE OLIVEIRA SOUZA

**IRRIGAÇÃO, CORTE, CARREGAMENTO E TRANSPORTE DA CANA-DE-
AÇÚCAR PRODUZIDA NA USINA SÃO JOSÉ – IGARASSU/PE**

Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório, apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia da UFRPE/SEDE pelo discente Guilherme Duarte de Oliveira Souza, sob orientação do Professor Manassés Mesquita da Silva sob a supervisão do Antonio José Barros de Lima, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Recife, Janeiro de 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S729i Souza, Guilherme Duarte de Oliveira
Irrigação, corte, carregamento e transporte da cana-de-açúcar
produzida na Usina São José – Igarassu/PE / Guilherme Duarte de
Oliveira Souza. – Recife, 2019.
63 f.: il.

Orientador(a): Manassés Mesquita da Silva.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife,
BR-PE, 2019.

Inclui referências e anexo(s).

1. Irrigação agrícola 2. Cana-de-açúcar 3. Mecanização agrícola
4. Agroindústria I. Silva, Manassés Mesquita da, orient. II. Título

CDD 630

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA - DEPA
CURSO DE AGRONOMIA

Discente: Guilherme Duarte de Oliveira Souza

Matrícula: 081.617.074-64

Curso: Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Manassés Mesquita da Silva

Supervisor: Eng. Agrônomo Antonio José Barros de Lima

Local: São José Agroindustrial - Rodovia Estadual PE-41, Km 10,7 Distrito de Três Ladeiras, Igarassu-PE, Brasil, CEP: 53610-970.

Período: 08/10/2018 a 29/11/2018

Carga horária: 210 horas

Recife, janeiro de 2019

AVALIAÇÃO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO - ESO

Nota _____

Guilherme Duarte de Oliveira Souza
Discente do curso de Agronomia - UFRPE

Prof. Dr. Manassés Mesquita da Silva - UFRPE
Orientador - UFRPE

Eng.º Agrônomo Antonio José Barros de Lima – São José Agroindustrial
Supervisor – São José Agroindustrial

Recife, janeiro de 2019

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, não poderia ser diferente e dedicar toda a minha vitória a eles, meus pais. Gilberto e Isabel jamais se omitiram quando o assunto era me ajudar a alcançar meus sonhos, mesmo que fosse um caminho longo e pedregoso, sempre ao meu lado. Obrigado por tudo. Amo vocês.

Minha futura esposa e conselheira que me fez enxergar a vida de um modo diferente. Me fez enxergar os objetivos da minha vida como etapas e não como barreiras. Nossas metas de vida se confundiam com meus objetivos profissionais e agora, quase Engenheiro Agrônomo, só tenho a agradecer por todo o teu amor, paciência e dedicação.

Meus queridos irmão, André e Milena, que agregaram à família pitadas de alegria com meus sobrinhos Benjamim e Vicente. Brenda e Saul, do outro lado da família não ficaram por baixo, muito carinho e felicidade envolvidos.

Meus sogros e amigos Roseanne e Rafael, que tanto me inspiraram nessa jornada, também devo muito a vocês. Obrigado por tudo.

Meus amigos de jornada, que por cinco anos dividimos conhecimento dentro de uma sala de aula e assim será ao longo do nosso sucesso profissional. Obrigado Marcone e Maryana.

Aos Professores que tivemos durante o curso, que se empenharam em passar sua sabedoria e suas experiências para quem está galgando sucesso profissional, especialmente Manassés Mesquita, Dimas Menezes, Inaldo Galdino, Rosimar Musser e Fernando Freire.

Obrigado também à instituição UFRPE, que me deu todas as condições de me desenvolver como pessoa e como profissional.

Sumário

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 8 |
| 2. SETORES DE UMA USINA..... | 9 |
| 2.1 Agrícola..... | 9 |
| 2.2 Indústria | 10 |
| 2.3 Manutenção | 12 |
| 3. REALIDADE DO SETOR SUCROALCOOLEIRO NO NORDESTE..... | 13 |
| 4. ATIVIDADES ACOMPANHADAS..... | 14 |
| 4.1 Irrigação..... | 14 |
| 4.1.1 Projetos de irrigação | 15 |
| 4.1.1.1 Gotejamento/fertirrigação | 16 |
| a. Injeção | 40 |
| b. Limpeza | 44 |
| 4.1.1.2 Aspersão convencional | 44 |
| 4.1.1.3 Aspersão com água de lavagem e vinhaça | 46 |
| 4.2 Corte, carregamento e transporte | 48 |
| 4.2.1 Corte manual:..... | 49 |
| 4.2.2 Corte semi-mecanizado..... | 51 |
| 4.2.3 Corte mecanizado | 52 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 55 |
| 6. ANEXOS | 57 |
| Anexo A | 57 |
| Anexo B | 58 |
| Anexo C | 59 |
| Anexo D | 60 |
| Anexo E..... | 61 |
| Anexo F..... | 62 |
| Anexo G | 63 |
| Anexo H | 64 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 65 |

1. INTRODUÇÃO

A cana-de açúcar é um cultivo que se confunde com o histórico do período colonial brasileiro. Antes da coroa portuguesa chegar ao país já havia o domínio, mesmo que rudimentar, do cultivo da mesma. Os colonos, inicialmente ligados ao extrativismo, descobriram métodos mais eficazes de cultivo do solo, intensificando as técnicas de agricultura do local e descobrindo a rentabilidade do seu processamento (ARAÚJO; SANTOS, 2018). A evolução da economia nacional também acompanhou a evolução da cana de açúcar. O início das negociações internacionais com subprodutos da cana alavancou uma tendência de transformações na sua cadeia produtiva, tornando-se, em pouco tempo, o principal produto nacional, conhecido como ouro branco (GODOY, 2008). Entre altos e baixos, depois de seu estabelecimento na economia, o mercado canavieiro viveu (e vive) numa senóide, oscilando em questões de preço, já que hoje o açúcar é uma commodity. A altíssima demanda, aliás, sempre crescente, é um dos fatores para a solidificação desses subprodutos no mercado. A demanda dos subprodutos da cana-de-açúcar é consequência do planejamento demográfico mundial. Altos índices de adensamento populacional indicam aumentos sucessivos no número de habitantes da terra, podendo causar um colapso no abastecimento alimentar. Sendo assim, torna-se necessário o aumento da produção de alimentar e sua distribuição (já que outro grande gargalo é a logística de transporte e distribuição desde alimento). Dessa forma, a produção agrícola precisa suprir essa demanda, que cresce não só para produtos de consumo direto, como frutas e hortaliças, mas também para produtos industrializados, como o álcool e o etanol, subprodutos do processamento da cana-de-açúcar. O Brasil é um grande consumidor de açúcar e consome 11,5 milhões de toneladas por ano, e aumentando à medida que cresce o número de habitantes. O consumo do etanol também é crescente, segundo a FIESP (2013) a região sudeste teve um aumento de 147% desde os anos 2000. Já a CONAB (2016) indica um aumento na produção mundial em 4,3%, alcançando 98,3 bilhões de litros em 2015. Além disso, o mesmo órgão afirma ainda que o Brasil é o maior produtor da cultura, seguido por Índia e China, e também é o maior produtor de açúcar e etanol de cana-de-açúcar. Mais de 50% do açúcar comercializado no mundo é produzido no Brasil. Focando

no aumento da produção, existe um grande problema: áreas agricultáveis já estão quase completamente ocupadas com algum cultivo agrícola, sendo assim, existe a necessidade de buscar meios para o aumento da produção na mesma área cultivada antes, isso se chama aumento de produtividade. A solução imediata para obter esse tipo de resultado é o investimento em tecnologia. Esse tipo de investimento tem também outro propósito, diminuir os custos de produção a longo prazo. O sucesso da fazenda rentável está bastante vinculado ao quanto se gasta no processo produtivo, com a alta tecnologia, esse custo seria diluído em, ainda mais, produção (CIRANI; MORAES, 2010). Tecnologia essa que pode estar em diversos setores, mas principalmente nos tratos culturais, irrigação, genética das plantas e mecanização. Dessa forma, observa-se que, além de ser um setor que trás lucros diretos para a economia nacional através da comercialização da produção, o setor canavieiro trás consigo um importante “pano de fundo” com subsetores que empregam, investem, e geram muita receita. Nesse tocante, é possível constatar a importância da agricultura canavieira para o país como um todo, porém, especialmente à região Nordeste, que já foi um grande expoente da atividade e hoje encontra-se numa situação dificultosa por diversos fatores. A estabilidade de uma empresa do porte das usinas trazem desenvolvimento local e segurança à microeconomia local.

2. SETORES DE UMA USINA

Uma usina é, na verdade, um conglomerado de atividades meios que culminam com a produção, principalmente, de dois produtos finais: açúcar e álcool (se houver destilaria). Porém, outros subprodutos fazem parte do processo industrial, o mais importante deles é a energia elétrica. Uma empresa do ramo sucroalcooleiro, normalmente, se subdivide em três grandes áreas que coordenam o processo, desde a matéria prima até o produto final: área agrícola, área industrial e a área de manutenção.

2.1 Agrícola

O setor agrícola, cujo nome é autoexplicativo, tem por objetivo o cuidado da matéria prima. É o responsável pela escolha de variedades adequadas à sua realidade, o plantio da mesma, todos os tratos culturais necessários ao desenvolvimento da cana-de-açúcar, a colheita da mesma e o transporte até à unidade industrial. Dessa forma, pode-se

desmembrar o setor agrícola em outros subsectores: tratos culturais, topografia, CCT (corte/carregamento/transporte) e irrigação. O setor agrícola é responsável por manejar a área total da empresa, ou seja: 29000 ha. Do total dessa área, aproximadamente 15000 ha de cana para moagem, 5000 ha em processo de renovação (plantio) e 9000 ha de reserva florestal.

2.2 Indústria

A indústria é a responsável pela recepção da matéria prima que vem do campo, prepará-la e dar início ao processamento da mesma até a produção final, seja ele álcool ou açúcar. A indústria funciona de acordo com a programação de moagem da empresa, tendo em vista que a mesma só ocorre num período específico do ano que gira em torno de 5 a 6 meses por ano, podendo variar a época e duração em função das condições bioedafoclimáticas. A indústria possui uma capacidade nominal de moagem de 1400000t por safra, podendo chegar a uma média de moagem de 8000t de cana/dia, resultando na extração de aproximadamente 140000t de açúcar e 44000000m³ de etanol. A moagem 2018/19 iniciou em 17/08/2018 e tem previsão para processar 950000t de cana própria até aproximadamente 20/01/2019, quando está previsto o final da moagem. A Usina São José, emprega conhecimento e alta tecnologia para o melhor aproveitamento do colmo da cana-de-açúcar, sem desperdício, de forma que até o resíduo gerado pela produção, sirva como matéria prima em outro processo. Assim é a geração de energia elétrica, que aproveita o bagaço da cana da moagem para aquecer as caldeiras, gerando um jato de vapor que, por sua vez, gira as hélices de uma turbina interligada a um gerador, produzindo a energia elétrica que alimenta toda a usina durante a safra e o seu excedente ainda é vendido para a concessionária de energia. Dessa forma, pode-se dizer que é uma matriz energética renovável e das mais limpas que existem. Três produtos açucareiros são fabricados para comercialização:

- Açúcar VHP:

É conhecido como açúcar de alta polarização. Para a sua produção o caldo, extraído da cana-de-açúcar através das moendas, é submetido a procedimentos físico-químicos para clarificação. Clarificado, ainda passa por um tratamento que o torna mais concentrado e é colocado em tachos, onde ocorrem as etapas de cristalização e cozimento, resultando num

produto formado por cristais de sacarose e mel. Esses cristais passam pelo processo de centrifugação, separando o mel dos cristais de açúcar, que, secos em um secador, reduzem a sua umidade e, então, são armazenados em silos.

- Açúcar cristal

É um açúcar de cor clara, mais elaborado, branco e apropriado para o consumo direto. O processo de produção é semelhante ao do açúcar VHP, entretanto, com uma etapa de clarificação mais elaborada. Após o processo de secagem, o açúcar cristal segue para as etapas de ensacamento e/ou empacotamento, em seguida, é armazenado ou expedido.

- Açúcar refinado

É um açúcar de alta pureza, baixa umidade e baixíssima granulometria. Por ser uma matéria-prima que não interfere na cor dos produtos que o adotam, é utilizado na indústria de alimentos, principalmente nos que exigem transparência quando acabados, sendo largamente utilizado em misturas lácteas, achocolatados, sorvetes, biscoitos, refrescos em pó, xaropes farmacêuticos, entre outros, e também é consumido in natura. A sua produção provém do açúcar VHP. O processo inicial de produção é o mesmo adotado pelo açúcar cristal. Após o cozimento, o mel se transforma na matéria-prima para o açúcar refinado.

O mel, separado nas centrífugas, chamado de mel refinado, retorna ao processo de clarificação, dando origem aos cristais de açúcar refinado, que são enviados para o secador com a finalidade de reduzir a umidade contida nos cristais. Finalizada a produção, o açúcar passa para as etapas de ensacamento e, em seguida, é armazenado ou expedido.

Quanto aos produtos destilados:

- Álcool anidro

O álcool anidro é composto por 99,6% de etanol e 0,4% de água. É produzido a partir da desidratação do álcool hidratado, que se dá pela introdução de um composto orgânico que altera a sua composição original. Dessa mistura, formam-se três zonas distintas: o ternário álcool-água-ciclohexano, o binário álcool-ciclohexano e o álcool desidratado, respectivamente, do topo à base da coluna. O álcool anidro é então retirado como produto

de base da coluna e resfriado no trocador de calor. O ternário água-álcool-ciclohexano sai como produto de topo da coluna e retorna ao processo, até se esgotar a geração do álcool desidratado, de onde é retirado o álcool anidro.

- **Álcool hidratado**

O álcool hidratado é composto por 95% de etanol e 5% de água. O mosto, solução açucarada proveniente do caldo de cana ou de uma solução feita a partir do melaço, é transferido para as dornas³, onde é adicionada a levedura, responsável pela fermentação, resultando no vinho, que é enviado para destilação após passar pelo processo de sedimentação, no qual são eliminadas as células de levedura. Ocorre, assim, a separação do álcool dos outros componentes em colunas de destilação. Se o etanol for produzido a partir do caldo, o processo se inicia pela etapa de clarificação para reduzir as impurezas, evitando-se infecções e diminuindo riscos de perda de eficiência. Se for produzido a partir do melaço, é enviado a um reservatório misturador para ser diluído com água para a preparação do mosto.

2.3 Manutenção

Dentro das instalações da usina existe uma unidade de manutenção centralizada voltada ao cuidado das máquinas e da frota da usina e outra voltada à manutenção industrial. O controle das atividades de cada um dos citados acima é uma atividade de extrema importância, visto que existe um alto investimento em peças e máquinas que causam prejuízos ainda maiores se estiverem parados, por motivos de falta de manutenção, no momento de sua necessidade de uso. Usinas são empresas que, na moagem, trabalham 24 horas por dia durante um período que pode variar de 5 a 7 meses. Essa incidência de funcionamento gera um alto índice de desgaste e paradas por quebra. Sendo assim, uma boa medida para isso são as pausas programadas, que garantem a revisão rápida de peças e setores com alto índice de quebra. Sem falar nas pausas programadas e na manutenção emergencial, a usina se programa para fazer a manutenção de todo o maquinário quando a mesma não está no período de moagem (normalmente de fevereiro à agosto), já que a utilização dessas máquinas não são tão necessárias quanto no período de moagem. Sendo assim, quanto menor o tempo de manutenção, menor a precisão dessa operação, o que

sujeita a empresa a ter mais ocorrências de parada de moagem por quebra. Usinas mais antigas, com parques industriais mais antigos, naturalmente exigem paradas mais frequentes e períodos de entressafra mais duradouros, além de uma boa equipe de manutenção. Já as mais modernas tendem a prolongar o período de moagem, focando em qualidade de matéria prima, podendo trabalhar com mais tranquilidade. Uma usina de 29000ha exige uma frota funcional que cumpra a tarefa de deslocamento de funcionários, matérias primas e insumos com perfeição. Para isso a manutenção de veículos e máquinas deve estar sempre afrente dos problemas, onde as palavras de ordem são precaução e prevenção. Sem a frota, não são feitos os tratos culturais, os trabalhadores não chegam no campo e nem a cana chega à usina para ser moída, daí a importância de manutenção da frota.

3. REALIDADE DO SETOR SUCROALCOOLEIRO NO NORDESTE

A realidade é que o setor canavieiro está em crise profunda desde o fim da década de 90, muito em função da extinção de políticas públicas que guiavam e regulavam o mercado do açúcar na época. Pode-se citar como exemplo o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) e o Programa de Melhoramento da Cana-de-açúcar, que contribuíam desde a matéria prima até a comercialização da produção. Com seu fim de forma repentina, o setor entrou em colapso (a nível nacional) durante um bom tempo, tentando adaptar-se à nova realidade, exigindo uma reestruturação na gestão de produção e na relação patrão/empregado, que, muitas vezes, era um tanto abusiva (MACHADO, 2018). Segundo Vidal, Santos e Santos (2006), um fator fundamental para a região Nordeste ter sofrido mais que as demais regiões com esta crise foi o fato que o custo de produção é mais elevado. Isso é justificado pela localização espacial onde estão inseridos os cultivos, quase sempre sobre solos de média a baixa fertilidade e de regime hídrico bem escasso. Sendo assim, a baixa rentabilidade do negócio, associada a dificuldades de gestão, fizeram com que muitas empresas, antes consolidadas, fechassem as portas. Para se ter uma ideia, no intervalo de sete anos (2008 à 2015), foram noticiadas o fechamento de 83 unidades produtoras no Brasil, correspondendo ao processamento de quase 76 milhões de toneladas de cana. Dessas, 19

unidades localizadas na região Nordeste, principalmente nos estados de Pernambuco, Paraíba e Alagoas, sendo esse último, o estado mais afetado pela crise (ANDRIANA LOPES, 2015). É evidente a dificuldade de manutenção e/ou evolução do setor no momento. Porém, algumas empresas, em meio à crise, conseguiram se desenvolver e crescer na oportunidade. Empresas com seus administrativamente organizadas, que modernizaram seus processos, acompanharam as evoluções legislativas e souberam tratar bem os seu colaboradores, conseguiram se destacar no meio, deixando a crise para empresas que ainda mantinham a ideia do trabalho “à ferro e fogo”, onde o coronelismo (muito comum nas épocas passadas) ainda se fazia presente.

4. ATIVIDADES ACOMPANHADAS

O presente trabalho tem como finalidade o acompanhamento das atividades na São José Agroindustrial, visando principalmente à irrigação, o corte, carregamento e transporte e à mecanização agrícola.

4.1 Irrigação

O Brasil irriga o correspondente a apenas 2% da sua área de cana, correspondendo a apenas 9,5 milhões de hectares. A grande dificuldade, normalmente, é a infraestrutura que não permite um deslocamento da água captada por grandes distâncias, ou mesmo simplesmente por que não existe água à ser captada. Existe uma infinidade de fatores que justificam esse baixo percentual (ROBERTO; PAIVA, 2014). Usualmente a irrigação é feita com canhões de montagem direta ou carretel enrolador (autopropelido), que se deslocam no campo da empresa à medida da necessidade, atendendo as áreas planejadas. Outros métodos mais sofisticados também se fazem presentes, são eles: pivot central, linear e gotejamento. O Nordeste, tem por particularidade um método muito usual de irrigação, cuja finalidade é, antes de mais nada, impedir a morte da planta no campo. Isso acontece devido ao regime hídrico pouco generoso do Nordeste, com baixas precipitações e a má distribuição das chuvas durante o ciclo da planta. Dessa forma, lâminas de irrigação são aplicadas para salvar a produção, e não para aumentar a produtividade (VIEIRA, 2012). O processo de irrigar grandes áreas pode ser pouquíssimo eficiente, a depender dos instrumentos disponíveis e do objetivo da rega. Sendo assim, uma realidade comum nas empresas do ramo sucroenergético na região Nordeste é aplicar lâminas mínimas de

irrigação, de forma que diminua o dano que a planta sofre frente à escassez hídrica. Tais lâminas, nem de longe, atingem a demanda hídrica da planta a longo prazo, mas permitem o seu desenvolvimento de forma mais lenta, até o momento das estações chuvosas. A logística de um sistema de irrigação é difícil e deve ser muito bem planejada, tendo em vista que muitas áreas somente irão receber uma única lâmina durante todo o seu ciclo. Dessa forma, é posto em prática um sistema de prioridades de áreas, onde o grande alvo das operações de irrigação são as áreas de renovação de plantio. Ou seja, onde houver plantio, a irrigação deve entrar logo em seguida. Porém, como a meta de plantio de uma empresa desse porte é de 2000ha/safra em média, lança-se mão da irrigação de salvação. Onde lâminas de 30mm são aplicadas imediatamente após o plantio, logo em seguida já passa à outras áreas. Caso ocorra de o sistema logístico funcionar com perfeição e sobrar algum tempo, novas lâminas podem ser aplicadas em áreas já irrigadas. É importante observar que a irrigação é de salvação, e não plena, sendo assim, de fato ocorrerá um déficit hídrico para a planta. A irrigação plena, além de aumentar a produtividade também é capaz de aumentar a vida útil do canavial. Em comparação com ocasião de salvação, que tem um média de 5 a 7 anos até a renovação do plantio, enquanto que na irrigação plena, números na região centro-oeste indicam renovação de plantio com 13 anos de idade. Esses são alguns poucos benefícios na irrigação, que trás consigo tantos outros (ROBERTO; PAIVA, 2014). A região Nordeste, porém está se adaptando à novas tecnologias que auxiliem no convívio com o seu regime hídrico pouco colaborativo. Novos investimentos estão sendo feitos em várias áreas da região, no sentido da implantação de sistemas mais precisos, economicamente viáveis e muito produtivos, como a fertirrigação. São muitas as empresas do ramo que estão recorrendo à essa novidade na região, a maior parte já vêm obtendo sucesso, o que dá ainda mais credibilidade à esse tipo de investimento.

4.1.1 Projetos de irrigação

A Usina São José é uma das empresas pioneiras em investimento de irrigação no estado de Pernambuco. São projetos que visam atender a demanda hídrica da empresa, não só do campo como também da indústria, que, ao contrário do que muitos pensam, possui uma demanda hídrica altíssima. Dentre os projetos, destacam-se três: malha hidráulica para o aporte de água captada em barragens, rios e açudes; malha hidráulica para aproveitamento da água de lavagem e da vinhaça que saem da usina e o projeto de gotejamento, cujas obras

estão em andamento. O setor da irrigação tem a sua disposição 32 conjuntos de irrigação. Entende-se por conjunto de irrigação uma unidade composta por alguns equipamentos e pessoas capazes de irrigar uma determinada área num determinado tempo. Esses conjuntos se dividem em diversas técnicas de rega, dentre elas a aspersão (com diversos diâmetros e espaçamentos), carretéis autopropelidos, pivot central e lineares, sendo, a sua maioria de aspersores e carretéis. Desses 32 conjuntos, 5 conjuntos se dedicam exclusivamente à aplicação de vinhaça, o restante atende as demandas de água bruta captada nos mananciais

4.1.1.1 Gotejamento/fertirrigação:

O projeto consiste na implantação de um sistema de fertirrigação por gotejamento nos Engenhos Santa Helena e Piedade. A área de abrangência totaliza 627,61 ha, divididos em quatro módulos operando cada um deles individualmente em seis operações, ou seja, cada operação é uma aplicação simultânea em talhões distintos (de dois a quatro, por operação), porém dentro de um mesmo módulo (conforme se verifica nos anexos “A”, “B”, “C”, “D”, “E”, “F”, “G” e “H”).

Antes de entrar no mérito do funcionamento do sistema de gotejamento, é necessário falar da fonte de água, sua captação e distribuição da mesma ao longo do projeto. A captação é feita em outro engenho, chamado de Pasmado, onde passa o Rio Botafogo, possuindo o mesmo uma vazão aproximada de 3100 m³/h. A outorga de água adquirida pela empresa, permite a mesma fazer a captação de 2000 m³/h. Essa captação é feita através de uma estação de bombeamento (figura 1 e 2) que possui três bombas de 250cv, capazes de succionar uma vazão equivalente à outorgada.

Figura 1 - Detalhes da obra civil na captação



Fonte:O autor (2018).

Figura 2 - Detalhes da estação de bombeamento (mostrando os motores seguidos por um registro e uma válvula de retenção) e sua sucção num poço de captação



Fonte: O autor (2018).

Por estar num local de topografia baixa, é salutar proteger o sistema contra possíveis danos do sistema causados pela coluna de água que já está dentro da tubulação. O principal risco de um sistema desses é o golpe de aríete, que, em sistemas de irrigação, consiste basicamente na pancada que a coluna de água confere a alguma retenção da malha hidráulica. Essa ação, geralmente, resulta em danos na tubulação, seja através de desacoplamentos ou, até mesmo do rompimento da mesma. Para a prevenção desse tipo de acontecimento é lançado mão de uma peça muito importante na condução de fluidos dentro de tubulações, a válvula antecipadora de ondas (figura 3). A válvula é capaz antecipar um aumento súbito de pressão na tubulação, ao constatar isso, a mesma abre a válvula através de um êmbolo interno que libera a passagem de água pela mesma aliviando a pressão na tubulação principal. Após passar pela válvula, a água é reconduzida ao poço de sucção. Esse ato de liberar a passagem de água por meio da válvula não permite o aumento excessivo da pressão interna da tubulação e também não permite um golpe na tubulação capaz de prejudicá-la.

Figura 3 - Válvula antecipadora de ondas, quando em funcionamento, previne o golpe de aríete.



Fonte: O autor (2018).

Outra forma de proteger a tubulação consiste na construção de blocos de ancoragem (figura 4), ou seja, blocos de concreto que protegem regiões passíveis de desacoplamento ou que possam ter alguma instabilidade devido ao desenho da malha. São blocos grandes que envolvem as tubulações, estabilizando-as.

Figura 4 - Bloco de ancoragem com concreto.



Fonte: O autor (2018).

A tubulação segue por 1300m até o primeiro reservatório (R1). Esse reservatório está 69m acima do nível da captação, consistindo em 2 tanques de 8000m³ cada um,

totalizando 16000m³, são tanque de terra cobertos por uma manda geotérmica impermeável (figura 5). O primeiro tanque é o que recebe a água da adutora e tem a função de limpeza e decantação da água. A recepção da água é feita através de um cogumelo aerador (figura 6), que nada mais é do que a porção final da adutora direcionada para cima, gerando a oxigenação da água. Isso é fator importante no combate ao entupimento dos gotejadores e da tubulação por íons de ferro, que em contato com o oxigênio precipitam e não são succionados para o sistema.

Figura 5 - Reservatório em construção, detalhamento da geomanta.



Fonte: O autor (2018).

Figura 6 - Formação de "cogumelo aerador" na entrada do tanque.



Fonte: O autor (2018).

O segundo tanque do R1 se comunica com o primeiro apenas por uma pequena lâmina que passa do primeiro ao segundo tanque, semelhante a um vertedouro. A água que

chega ao segundo tanque já passou pelo lento processo de decantação, ou seja, está limpa. A sucção no segundo tanque se divide em 2 processos: o primeiro é a sucção que vai alimentar os 128ha do primeiro módulo de gotejamento; a segunda parte é a sucção que vai levar água pela adutora para os módulos dois e três, ou reservatório dois e três (R2 e R3).

Na sucção do R1, mais três bombas são responsáveis pelo transporte das mesmas para o R2 e R3. Do R1 ao R2 são 3200m, tendo a água que vencer uma altura de 30m. Do R2 ao R3 são mais 3200m, porém como o R3 é mais baixo três metros que o R2, esse transporte é facilitado. O controle de vazão que entra no R2 ou que seque para o R3 é feito manualmente por intermédio de registros que podem regular a vazão que entra no R2. Quando mais fechado o registro, mais água vai para o R3; quanto mais aberto, mais água chega ao R2. A tubulação que sai do R1 em direção aos demais reservatórios são de 400mm (figura 7), lembrando sempre que os tubos da adutora são feitos de PRFV (polímero revestido de fibra de vidro), material bastante resistente que tem um bom custo-benefício.

Figura 7 - Adutora 400 mm.



Fonte: O autor (2018).

Os tanques do R2 e do R3 possuem um volume de 5760m^3 cada um, porém não possuem um tanque de decantação antes. Sendo assim, o único pondo de limpeza e decantação da água é no R1. O tanque do R2 alimenta o módulo dois do projeto de gotejamento, enquanto o R3 alimenta o módulo três que se subdivide em dois módulos: 3A e 3B. Cada reservatório desses possui um funcionário 24 horas ao dia, responsável pela verificação dos níveis dos tanques. É uma atividade simples, porém exige bastante comunicação entre os três reservatórios e a captação, pois se faz necessário manter o nível

de água para a irrigação e para a distribuição entre os demais tanques. A etapa de bombeamento de água até os reservatórios para disponibilizar água para os projetos já foi detalhada do início ao fim. Daí em diante inicia-se o projeto do gotejamento propriamente dito, onde a água será succionada pelas estações de bombeamento, será filtrada e receberá os fertilizantes, em seguida será enviada ao campo. Os quatro módulos seguem o mesmo padrão de montagem, no que se diz respeito à estação de bombeamento, a única mudança entre eles é o dimensionamento das bombas e dos filtros, todo o resto é basicamente a mesma coisa. Seguindo uma ordem de passagem de água pelo sistema, a primeira etapa do sistema é a sucção, que é feita diretamente nos tanques dos reservatórios. A água é succionada através de uma válvula de pé e crivo, cuja montagem é bastante delicada e exige mão-de-obra tecnicizada à sua realização (figura 8).

Figura 8 - Montagem da sucção, detalhe da presença de muitos homens, inclusive um mergulhador.



Fonte: O autor (2018).

A água que é succionada empurra a válvula de pé, que permite a passagem da água para a tubulação, ao mesmo tempo que impediria a sua saída, fechando a válvula, caso o sistema fosse desligado, mantendo a sucção cheia de água, permitindo o correto funcionamento de partida da bomba. Aliás, por falar em manter a sucção cheia, antes da bomba existe um dispositivo, conhecido como válvula de escorva, cujo nome já explica sua função. Caso a sucção esteja com ar (o que impede que se tenha uma pressão negativa suficiente para succionar a água) utiliza-se esse dispositivo para eliminar o mesmo e deixá-la completamente preenchida com água. Com a tubulação pronta para o seu funcionamento, é dada a partida da bomba, o motor gira e junto consigo o impelidor (ou impulsor), que gera a pressão negativa para a sua sucção, a água chega através do olho e é impulsiona através

de forças centrífugas pelas pás e segue para a voluta que sairá no início do recalque. Logo após o recalque existe um registro de gaveta, que funciona como um dispositivo de segurança na hora que a bomba é ligada ou desligada. A bomba deve partir com o registro fechado e ser aberto vagarosamente. No caso de desligar, fechar o registro vagarosamente e depois desligar a bomba. Essa configuração de montagem só será utilizada até a automatização completa do sistema, tendo em vista que a válvula hidráulica fará esse papel de abrir e fechar vagarosamente a passagem da água para que a bomba trabalhe corretamente.

A água que segue para o sistema pode conter partículas que são capazes de entupir o gotejador (o entupimento de gotejador é um dos principais “inimigos” desse tipo de sistema de irrigação). Após o recalque, a água chega até a bateria de filtros. Os filtros estarão preenchidos com areia na sua porção superior, que funcionam como elemento filtrante. A sua qualidade e granulometria é importantíssima para a perfeita filtragem da água, que é forçada a passar pelos grânulos de areia, deixando partículas, impurezas e matéria orgânica agregada à areia. Ainda sobre a areia, são grânulos muito pequenos que possuem arestas que formam uma espécie de malha, permitindo que somente a água passe por ela, retendo elementos sólidos, com o tempo, tais arestas vão ficando abaloadas, o que diminui a eficiência de filtragem, tendo que serem substituídas. Esse é um processo custoso, portanto só deverá ser feito numa real necessidade (existem relatos de produtores fizeram a sua troca num período de 5 anos). A água segue o processo de limpeza dentro do filtro, até chegar numa divisória que possui orifícios protegidos por um elemento importantíssimo no sistema de filtragem, as crepinas (figura 9). São elas as responsáveis por deixar passar para o fundo “oco” do filtro somente a água, e não a areia, o que causaria entupimento severo do sistema caso não existisse.

Figura 9 - A crepina impede a passagem da areia e permite a passagem da água filtrada.



Fonte: O autor (2018).

É importante lembrar que o sistema de filtragem não impede por completo a passagem de partículas para o sistema. Na verdade, o que acontece é que as partículas que passam não podem entupir a serpentina do gotejador (figura 10). Dessa forma, somente partículas cujo tamanho corresponde a oito vezes menos o diâmetro da serpentina devem passar, se maiores que isso, o sistema está sujeito à entupimentos.

Figura 10 - Ilustração do formato de um gotejador, evidenciando a serpentina interna.



Fonte: Netafim (2018)

Os filtros de areia, à medida que o sistema vai funcionando, vão acumulando sujidades e impurezas que fazem o sistema não funcionar de forma correta e precisa. Essa sujeira, invariavelmente, se resume à matéria orgânica e partículas mais grosseiras succionadas pela bomba. Tendo isso em vista, para que o conjunto de filtros de areia volte a funcionar com excelência, se faz necessária uma lavagem da areia filtrante. Porém existe um problema, não é uma opção desligar o sistema para lavar-se manualmente filtro a filtro.

Então, nesse caso, lança-se mão de uma técnica de limpeza dos filtros aproveitando toda a sua pressão de funcionamento e o próprio fluxo de água, porém de sentido invertido, faz-se a retrolavagem do filtro.

A retrolavagem é uma operação muito importante para o sistema, por isso possui um sistema controlador automático somente para o seu funcionamento. A sua inicialização se dá por duas formas, por tempo e por diferencial de pressão. Quanto mais sujeira houver dentro do filtro, maior será a dificuldade em filtrar a água e, conseqüentemente, mais difícil será a sua passagem para prosseguir no processo de fertirrigação; sendo assim, ocorre uma perda de pressão na passagem do filtro, que aumenta gradativamente à medida que o filtro fica mais sujo. Dessa forma, pode-se utilizar como parâmetro para dar início à retrolavagem o diferencial de pressão de entrada da água nos filtros e a sua saída. O ideal é que a retrolavagem seja sempre acionada pelo tempo (o que significa que o sistema não está trabalhando muito sujo, e a lavagem está sendo mais preventiva do que corretiva). Porém a pressão funciona como um dispositivo emergencial que inicia todo o processo. Para a realidade encontrada na Usina São José, o diferencial de pressão ideal para o início da retrolavagem é de 8mca (figura 11).

Figura 11 - Manômetro que controla o diferencial de pressão para acionar a retrolavagem.



Fonte: O autor (2018).

Já quando a retrolavagem é feita pelo tempo, deverá ser estabelecido um tempo em que, através de testes, constata-se que a água que sai do sistema de filtragem esteja saindo suja. A partir desse tempo, se não houver acionamento da retrolavagem via diferencial de pressão, inicia-se a limpeza pelo tempo. No caso da Usina São José, a cada duas horas o sistema é acionado.

O sistema de retrolavagem é acionado através de um conjunto de solenóides e um controlador (acionados pelo tempo ou diferencial de pressão) que dão um comando elétrico/hidráulico para o início da operação, ou seja, ao detectar a necessidade do início do processo, o controlador manda um impulso elétrico ao solenoide, que, por sua vez, recebe o impulso elétrico e o transforma num impulso hidráulico, permitindo a passagem da água através de microtubos. Esses pequenos tubos levam água até a válvula do comando de cada filtro, como essa água chega sob alta pressão, ela desloca a membrana interna da válvula, funcionando como um êmbolo, o que permite a mudança da direção do fluxo da água. Dessa forma, em vez de ser filtrada, a água entra num fluxo diferente e auxilia na lavagem da areia dos filtros.

Como o sistema é utilizado muitas horas ao dia, uma parada do mesmo para fazer a sua limpeza seria muito prejudicial à empresa, sendo assim, a fertirrigação pode ser feita durante o período de retrolavagem, tendo em vista que somente um filtro estará no processo de retrolavagem. Após o seu término, ele volta a funcionar como um elemento filtrante e dá prosseguimento ao processo em outro filtro, assim por diante, até que toda a bateria de filtros esteja completamente limpa.

A água usada no processo mencionado não volta mais à tubulação destinada ao gotejamento, a mesma segue para uma tubulação menor, de descarga. Porém, é uma etapa em que se perde muita água, onde, por processo de retrolavagem, calcula-se uma média de $10\text{m}^3/\text{h}$ de água a depender do tamanho que o projeto atende, da quantidade de filtros e do tempo de retrolavagem. Sendo assim, seria importante reaproveitar a água que sai no dreno de retrolavagem para uma possível aspersão convencional. Porém, para isso, seria necessária a construção de uma caixa de armazenamento para o acúmulo dessa água e posterior aproveitamento, fato esse que a empresa ainda não tinha previsto, descartando a água, nesse momento inicial de projeto, na mata estabelecida dentro da área do projeto (figura 12), o que, devido a falta de planejamento causou alguns danos, como erosão do solo e deslizamento de terra, prejudicando a área de mata. A água armazenada na caixa poderia ser, por exemplo, utilizada por um sistema simples de aspersão, “devolvendo” a mesma para o ciclo hidrológico, sem desperdiçar.

Figura 12 - Descarte inadequado da água de retrolavagem..



Fonte: O autor (2018).

O tempo de retrolavagem de cada filtro varia de acordo com a qualidade da água usada no sistema, por isso mesmo cada empresa possui o seu padrão. A limpeza deve ser feita até que a água esteja chegando limpa no dreno da mesma, o que significa que a areia dentro dos filtros já está limpa. O padrão de tempo adotado dentro da empresa para a limpeza dos filtros foi de 1,5 minutos.

A água limpa, que passou pela areia, passa pelas crepinas, segue para o fundo do filtro e é forçada a entrar numa tubulação, onde converge todo o volume de água que passa por todos os filtros de areia. Em seguida, toda essa água passa por mais um elemento filtrante, porém com caráter de segurança, tanto que sua nomenclatura usual é filtro de segurança, cujo material filtrante é uma tela (figura 13). A sua presença no sistema não é consequência de uma necessidade de purificação da água, e sim como um dispositivo que garante a segurança do sistema caso uma crepina seja danificada e permita a passagem da areia filtrante para o sistema, ou seja, ele protege o sistema contra uma possível falha no isolamento da bateria de filtros. Caso a areia consiga passar para a malha, causará entupimento dos gotejadores.

Figura 13 - Filtro de segurança: impede a passagem de areia para os gotejadores.



Fonte: O autor (2018).

Dando prosseguimento ao sistema, é necessário que se tenha segurança do volume de toda a água que passa pela bateria de filtros e o filtro de segurança e segue para o campo. Essa aferição de vazão e, conseqüentemente, volume de água é uma informação crucial no sucesso do gotejamento, tendo em vista que cálculos são feitos para a correta diluição do adubo e também para suprir a demanda hídrica da planta. Sem essa precisão, a super ou subdosagem de adubo afetaria o desenvolvimento do canavial. Para resolver esse problema, um hidrômetro (figura 14) é instalado no prosseguimento da tubulação, ainda dentro da estrutura do cabeçal de controle do sistema. Sua utilização é muito simples, basta cronometrar um tempo e verificar o quanto de água o marcador informou, se dividir o volume de água pelo tempo marcado, sabe-se, então, a vazão do sistema.

Logo após o hidrômetro, encontram-se dois registros, um para entrada de água outro para a saída de água da tubulação. A saída de água corresponde à alimentação dos reservatórios de diluição e injeção de fertilizantes, ou seja, a água sairá da tubulação principal (alimentado pela bomba) e será ramificado até um reservatório de 2000L onde será feita a diluição dos fertilizantes. Já a entrada de água corresponde à injeção da calda de fertilizante já pronta no sistema, sendo diluída, ainda mais, pela água que a bomba está recalcando.

Figura 14 - hidrômetro: peça fundamental na verificação da vazão que sai do cabeçal de controle.



Fonte: O autor (2018).

Logo em seguida encontra-se mais um dispositivo, já mencionado anteriormente, a válvula hidráulica (figura 15). A função principal da mesma é abrir ou fechar a passagem de água, pela tubulação de acordo com a pressão do sistema. É bastante utilizada na automação do sistema, de forma a descartar a utilização de registros de gaveta na saída da bomba, onde ela, automaticamente, abre e fecha vagarosamente a válvula, permitindo a passagem da água ou a sua retenção.

Figura 15 - Válvula hidráulica.



Fonte: O autor (2018).

Como mencionado anteriormente, a entrada de sujeira no sistema é um dos principais inimigos da fertirrigação, a curto prazo, por causa do entupimento direto dos gotejadores e à longo prazo por conta de encrustamento dessas partículas na parede da tubulação da malha hidráulica. A diminuição do diâmetro do tubo (figura 16) está

diretamente associada com a qualidade da água utilizada no sistema, e pode ocasionar problemas graves, comprometendo a longevidade de um projeto de irrigação.

Figura 16 - Sujeira encrustada na tubulação.



Fonte: International Testing Pipelines do Brasil (2015).

Os procedimentos para a limpeza da malha iniciam-se por uma etapa de limpeza química. Neste podem ser utilizados duas substâncias químicas: cloro ou peróxido de hidrogênio. Esse momento consiste basicamente de, notando a necessidade, preparar uma solução com os produtos acima, injetar no sistema, porém deixa-la repousando na mesmo por 24 horas, quando ocorrerão os processos de desencrustamento da matéria depositada. Nesse processo, o peróxido de hidrogênio demonstra-se mais eficaz, porém a difícil disponibilidade para compra e o processo logístico (tendo em vista que é um produto que não pode ser vendido em grandes quantidades) fazem com que o cloro torne-se uma opção mais viável para essa etapa.

O sistema prevê essa limpeza química desde a sua concepção, portanto existe uma caixa d'água responsável pela mistura e diluição desses produtos químicos. A dosagem utilizada não é aleatória e deve obedecer a seguinte equação:

$$\frac{\text{Concentração desejada do produto na água (ppm)} \times \text{Vazão do sistema } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right) \times \text{Tempo de injeção (h)}}{\text{Concentração do produto (\%)} \times \text{Constante (10)}} = (\text{Kg})$$

A injeção da diluição se dá por meio do venturi , com a ajuda de uma bomba auxiliar. Depois de injetada, a solução repousa na malha por aproximadamente 24 horas,

quando serão abertos os tampões finais de linha ou o registro dos tubos coletores (como acontece na empresa em questão) para, efetivamente, limpar o sistema e retirar todas as impurezas que estavam aderidas aos tubos.

Em muitas ocasiões, a limpeza química não é suficiente para a limpeza efetiva do sistema. Quando o encrustamento é maciço entra em cena outro método de limpeza que exige bastante cuidado e atenção, e só deve ser usado em caso de real necessidade: a limpeza mecânica. A limpeza mecânica é um evento bastante intuitivo, consistindo em inserir na malha hidráulica uma espuma de aspecto cilíndrico, cujo diâmetro deve ser grande o suficiente para atritar a parede do tubo, ao mesmo tempo que se desloca ao longo do mesmo, sem ficar retido ao longo de seu percurso. Esse dispositivo é popularmente conhecido como “*pig*” (figura 17).

Figura 17 - Pig sendo inserido na tubulação



Fonte: José Augusto Danielides de Faria (2015).

A manobra da limpeza mecânica se inicia com a abertura da tubulação (no caso da Usina São José, ainda no cabeçal de controle - figura 18), num ponto específico e estratégico para que o *pig* entre na malha e percorra o caminho desejado até um único ponto de saída, onde o mesmo será ejetado do sistema. Sendo assim, é preciso um controle fino sobre as válvulas que estarão abertas e fechadas em toda a malha, para que, no caminho, a

espuma não seja perdida no meio da tubulação, o que ocasionaria um transtorno muito grande para localizá-lo e retirá-lo.

Para a sua inserção no sistema, instala-se uma peça própria para esse finalidade. Assemelha-se à um “tê”, onde a espuma é inserida. Já dentro da tubulação, com a mesma devidamente vedada, liga-se a bomba e a malha inicia o processo de pressurização. Dessa forma, a espuma, junto com o fluxo de água, ganha força para abrir a válvula de retenção que está logo à frente e inicia a sua trajetória dentro do caminho pré-determinado até a sua saída.

Figura 18 - À direita, adaptador de entrada no Pig, à esquerda uma válvula de retenção



Fonte: O autor (2018).

Um grande problema da utilização do *pig* é o desacoplamento de fitas gotejadoras. Isso ocorre na situação, não programada, em que a espuma passa pela válvula de um cavalete que alimenta as fitas. Como a inserção das fitas no ramal se dá através de chicotes, que, por sua vez, utilizam pequenos adaptadores para o seu acoplamento, as chulas; a passagem do *pig* pela saliência da chula interna ao tubo causa o seu desprendimento, causando vazamentos em série. Como a tubulação é enterrada, a visualização e, conseqüentemente, constatação de um vazamento em curto prazo é quase impossível, por isso é uma metodologia de limpeza utilizada somente em casos de necessidade.

Antes de seguir pela tubulação primária a água passa por mais um dispositivo de segurança, a válvula de alívio (figura 19). A válvula de alívio previne o rompimento e desacoplamento da tubulação pela pressão interna da mesma. O funcionamento dela é muito simples, porém eficaz. Ao detectar uma sobrepressão que pode ser danosa ao sistema, a válvula abre seu êmbolo automaticamente, permitindo o descarte da água e retomando a pressão até um patamar seguro. Ao retornar a essa pressão de trabalho, a válvula se fecha e o sistema continua irrigando normalmente, sem paradas. As válvulas de alívio dos projetos de gotejamento da Usina São José são programadas para atuarem quando houver um aumento de pressão na casa de 5mca.

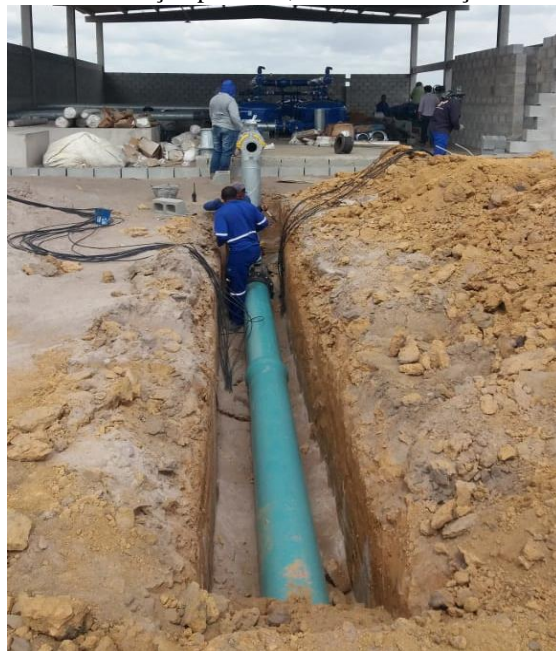
Figura 19 - Válvula de alívio atuando.



Fonte: O autor (2018).

Saindo do cabeçal de controle, a tubulação primária segue enterrada por toda a extensão do projeto para alimentar os cavaletes. Em função do projeto, ela pode variar de diâmetro, mas está sempre entre os diâmetros de 250mm à 125mm. Sua constituição é basicamente PVC (policloreto de vinil) e o acoplamento (Figura 20) é feito por encaixe (ponta e bolsa) com a utilização de cola nas juntas. Os diâmetros das tubulações podem sofrer variações em função da perda de carga e da velocidade da água que ocorrem no trajeto até o destino.

Figura 20 - Tubulação primária, saindo do cabeçal de controle.



Fonte: O autor (2018).

Os cavaletes (figura 21) são estruturas que derivam da linha primária e alimentam as linhas secundárias. A derivação é feita de tal forma que a estrutura do cavalete sobe até a superfície, expondo seus componentes, que, basicamente são uma válvula hidráulica automática, reguladores de pressão e uma ventosa. O comando da válvula é feito automaticamente através de microtubos que são originados do controlador no cabeçal de controle. Esse microtubos interligam todas as válvulas ao controlador e, sob o seu comando, levam água até a parte superior das válvulas, que, por sua vez abre a membrana que controla o fluxo de água, liberando a passagem da mesma.

Figura 21 - Montagem do cavalete derivando da linha primária e sendo acoplado na linha secundária.



Fonte: O autor (2018).

Essa tubulação do cavalete, normalmente, possui diâmetro de 110mm, sendo reduzida ao chegar nas linhas secundárias para tubulações de 100 a 50mm. Essas tubulações percorrem o talhão praticamente de uma extremidade à outra, tendo em vista que as fitas gotejadoras estarão acopladas a ela e a utilizarão como suprimento de água.

Para acoplar a fita gotejadora na secundária é preciso fazer orifícios no PVC da secundária com uma máquina furadeira. Nesses orifícios são acoplados as chulas, o conector de início de linha e nesse adaptador é que se liga o chicote, que é uma peça de mangueira que não possui gotejadores. A função do chicote é levar a água da linha secundária até o início do acoplamento com a fita gotejadora. O chicote utilizado no projeto possui 60cm de comprimento. Dessa forma (figura 22), o aporte de água já estava na superfície, aguardando a instalação das linhas laterais e o seu acoplamento através de conectores simples.

Figura 22 - Derivação das linhas laterais.



Fonte: O autor (2018).

Quando chegar nesse patamar da instalação do sistema a equipe depende de outro setor da usina, a mecanização agrícola. A mecanização é responsável, dentre outras coisas, pelo preparo de solo e renovação de plantio. Desta feita, esse momento é o limite (se possível com antecedência) para a série de ações que devem ser postas em prática para o preparo de solo, são elas: gradagem profunda, subsolagem, quebra de torrões (enxadas rotativas), gradagem niveladora, correção do pH do solo, aplicação de matéria orgânica (caso necessário) e sulcagem. Essa é a sequência básica para as operações de plantio nas condições do projeto de gotejamento em implantação.

Quando todas as ações mencionadas, excetuando a sulcagem, forem realizadas, pode-se dar prosseguimento às últimas etapas do projeto. O processo de sulcagem é um pouco diferente, nesse caso, pois, o implemento (figura 23) utilizado é um sulcador com adubadeira (ou não, depende do manejo dado) que enterra a mangueira gotejadora enquanto sulca, numa única operação. É um equipamento desenvolvido especialmente para esse fim, diminuindo bastante o tempo de instalação e a utilização de mão de obra.

A mangueira gotejadora utilizada em todo o projeto é a Dripnet PC/AS 16150, que são mangueiras com gotejadores autocompensador específicos para irrigação subsuperficial de gotejamento. Os gotejadores possuem uma vazão de 1L/h e estão espaçados entre si a uma distância de 40cm, enquanto que as mangueiras estão a dois metros uma da outra, tendo em vista que a cana será plantada em fileira dupla de espaçamento combinado de 0,50x1,50cm, ou seja, a mangueira estará alocada no centro do espaçamento de 50cm (figura 24). Dessa forma, uma única mangueira irá fertirrigar duas linhas de cana, só sendo possível devido à formação do bulbo, previamente testado.

É importante falar que a escolha desse tipo de fita gotejadora não foi escolhida ao mero acaso, e sim sob cálculos rigorosos durante a concepção do projeto. Um dos principais parâmetros para essas escolhas é o tipo de solo que o projeto abrange. O solo é peça fundamental no quesito eficiência, tendo em vista que é ele quem determina o quanto o solo irá reter a água aplicada, formação de bulbos, fertilidade natural do mesmo, dentre outras coisas. Esse parâmetros dizem respeito diretamente também ao manejo da irrigação e seus ajustes finos.

Dessa forma, uma das primeiras atitudes a serem tomadas num projeto dessa dimensão é classificar o solo existente no local. Desta feita, uma equipe é destacada para tal função. De forma simplificada, o Engenho Santa Helena (local de implantação do projeto) abarca solos do tipo: Argissolos, Latossolos e Espodossolos.

É uma região, no geral, com solos de baixa fertilidade, também conhecidos como solos distróficos. Os argissolos abrangem a maior área do projeto, possuem drenagem de moderada a imperfeita, podendo apresentar alguma camada inferior que funcionem como uma barreira para a drenagem, possuindo poros em boa quantidade. Os Espodossolos estão presentes em algumas manchas de solo, são normalmente solos mais porosos de drenagem moderada devido a sua estrutura solta e textura arenosa. Quanto aos latossolos são solos bem drenados com presença de muitos poros, a textura normalmente franco-argilosa, permitindo a formação de poucas e frágeis estruturas.

Figura 23 - Implemento sulcando ao mesmo tempo que instala a mangueira.



Fonte: O autor (2018).

Figura 24 - Detalhe do trabalho das mangueiras desenterradas propositamente. Detalhe da sua instalação entre a fileira dupla de cana.



Fonte: O autor (2018).

Voltando à implantação do projeto, ao terminar a sulcagem, as mangueiras estarão já postas no seu local de funcionamento, bastando conectá-las aos chicotes. Dessa forma a água já chegará até as fitas gotejadoras, porém, de nada adiantará se essas fitas estiverem abertas no seu final de linha, pois o sistema não irá pressurizar e a água vai escapar toda no fim dos talhões. Usualmente, nesse tipo de sistema, se utilizam tampões no final de cada mangueira gotejadora. Essa prática, durante os períodos de limpeza de sistema se torna bastante dificultosa, tendo em vista que é necessário que um funcionário vá até cada tampão final de linha e abra o mesmo, um a um. Após o tempo de lavagem, o responsável deve voltar fechando todos os tampões que retirou e partir para outra seção de mangueiras

para dar prosseguimento ao processo de limpeza. Portanto, subentende-se que fazer essa ação em 630ha, com essa metodologia torna-se bastante dispendiosa e sujeita a erros.

Pensando nisso, a Usina São José apostou num conceito diferente de final de linha, o tubo coletor. Esse dispositivo nada mais é do que um tudo de 50mm que passa no final de todo talhão que recebe toda a água que vem das mangueiras desse talhão e aflora no solo num único ponto, sob o controle de abrir e fechar através de um único registro para um conjunto grande de mangueiras. Dessa forma, em vez do funcionário abrir e fechar todas as válvulas fim de linha de um talhão basta ele abrir um único registro e fechá-lo após a limpeza. Esse método exige um investimento maior no processo de instalação, é óbvio, tendo em vista a compra de tubulações e registros para o coletor. Porém, a longo prazo, é um investimento que se paga em poucos anos, em detrimento da economia de mão de obra, já que nesse sistema, um único funcionário consegue cobrir uma área aproximada de 25ha/dia se possuir um meio de locomoção que agilize o procedimento de deslocamento (moto ou bicicleta).

Uma observação importante feita foi que, a implantação de um sistema como esse e com tais proporções exige uma coordenação perfeita entre várias equipes, dentre elas: equipe de gestão da obra de implantação do projeto, equipe de mecanização agrícola e preparo de solo, equipe de plantio e a equipe de irrigação. Existe essa necessidade pelo fato de que uma etapa depende do andamento da outra. Esse foi um dos grandes problemas identificados na Usina São José. Devido à uma universidade de fatores, as obras de implantação do projeto estavam bem atrasadas (cerca de 70 dias), o que ocasionou o “atropelamento” de algumas fases. Uma situação muito comum que podia ser visto eram áreas com a cana já plantada e fitas gotejadoras enterradas que não possuíam aporte de água pelas tubulações secundárias e/ou tubos coletores. Esse tipo de ocorrência prejudica, e muito, o desenvolvimento da planta, que, na maior parte dos casos, estava sobrevivendo no sequeiro enquanto o sistema não estava pronto. Quando possível, essas áreas já plantadas recebiam uma irrigação de salvação por aspersão de 30mm, para que houvesse condições mínimas para o seu desenvolvimento até a ocorrência da fertirrigação.

a. Injeção

No cabeçal de controle, diversos dispositivos instalados só entram em ação quando a fertirrigação é acionada. A propósito, o planejamento é que cada área receba uma adubação por semana.

Para se ter uma ideia, o módulo 1 do projeto alimenta uma área de 128,88ha. Para a fertirrigação estão disponíveis, uma caixa d'água de 2000L, uma caixa d'água de 1000L, duas caixas d'água de 10000L, duas bombas, um venturi, dois filtros de disco e toda a tubulação que interliga essas caixas entre si e com o sistema de irrigação.

Todo esse material possui funções muito simples, preparo da calda de fertilizantes e de limpeza e a injeção dos mesmos no sistema. Para os fertilizantes é utilizada a caixa de 2000L, onde são depositados os fertilizantes e diluídos com a quantidade de água suficiente para diluir por completo os grânulos de adubo, tendo em vista que cada substância possui um grau de solubilidade em particular, exigindo uma quantidade determinada de água para diluir a quantidade de adubo desejada. Sendo assim, para evitar problemas, são utilizados normalmente fontes de alta solubilidade, com a finalidade de diminuir o tempo de solubilização do adubo e impedir que entrem no sistema grânulos de adubo, que podem entupir os gotejadores.

Adubos diferentes podem ser misturados numa única calda, desde que se tenha o cuidado de não misturar aqueles que possuem algum grau de incompatibilidade (figura 25), o que levaria a precipitação de partículas, tornando-as insolúveis, prejudicando o sistema e alterando a quantidade de adubo que chegaria às plantas.

Figura 25 - Tabela de incompatibilidade de adubos

| Adubos Orgânicos | | | | | | | | | | | | | | | C COMPATÍVEIS (Podem ser Misturados) L COMPATIBILIDADE LIMITADA (Devem ser misturados pouco antes da aplicação) I INCOMPATÍVEIS (Não podem ser Misturados) | |
|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| I | C | L | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | | |
| I | C | L | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| I | C | L | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | | |
| I | C | L | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | | |

Obs.: Dependendo de certas características da Uréia, do Nitrato de Amônio e do teor de Cloreto de Sódio no Cloreto de Potássio, as misturas desses produtos podem apresentar certo grau de incompatibilidade.

Fonte: Braga (2009).

A calda deve ser preparada na caixa 2000L, ou caixa de mistura. Uma quantidade de aproximadamente 400L de água é adicionada à caixa, o adubo é inserido aos poucos na caixa, a medida que for diluindo, adiciona-se mais água e mais adubo, até que a dosagem esteja toda preparada. Para auxiliar a diluição do adubo, um mecanismo de agitação da água através de um jogo de registros e uma bomba (figura 26), permitindo que a água seja succionada pela bomba e retorna a própria caixa com energia suficiente para causar uma pequena correnteza dentro do recipiente, auxiliando na agitação da mesma. Futuramente, existe um planejamento para a confecção de um agitador mecânico, mais eficiente para essa finalidade.

Figura 26 - Jogo de registros da caixa de diluição. De cima para baixo: alimentação de água, agitador, dupla sucção e dreno de limpeza.



Fonte: O autor (2018).

Com a calda pronta, a mesma é deslocada e armazenada nas caixas grandes de 10000L aguardando a sua hora de aplicação. Esse deslocamento também é feito através do jogo de registros e bomba, permitindo a movimentação da calda entre as caixas. Dessa forma, a caixa de mistura e diluição já está livre para o preparo da outra calda que atuará em outras válvulas, tornando o processo mais prático e eficaz.

As caldas prontas para serem injetadas aguardam a bomba injetora disparar. Quando ela inicia o seu trabalho, succiona água já filtrada e limpa da tubulação afrente da bateria de filtros de areia, essa água é forçada a passar por um dispositivo, chamado venturi, que diminui o diâmetro da passagem de água até certo ponto e depois aumenta esse diâmetro, causando uma pressão negativa no ponto de constrição. Nesse ponto de pressão negativa existe uma derivação, que liga o venturi à caixa de armazenamento da calda, causando a sucção da mesma. O venturi instalado é de 1", fornecendo uma vazão de sucção de 1000L/h de acordo com a concepção do projeto.

Dessa forma, o venturi retira a solução da caixa, que é obrigada a passar por mais um filtro, dessa vez de disco. Esse filtro tem a função de impedir que qualquer partícula

(principalmente de adubo) precipitada chegue ao sistema. É de suma importância que esse filtro esteja trabalhando de maneira correta e que sua limpeza (figura 27) seja feita sempre que ocorrer uma fertirrigação. Esse filtro pode alterar a sucção que o venturi causa, alterando a quantidade de fertilizante que entra no sistema, comprometendo toda a fertirrigação. Após passar pelo filtro, ocorre a injeção na tubulação, antes da válvula hidráulica, sendo diluída aos poucos, a medida que penetra no sistema. Quando chega nos gotejadores a solução já está completamente diluída, sem que haja pontos de maior e menor concentração.

Figura 27 - Filtro sujo após a aplicação da fertirrigação. Ao lado sua limpeza de manutenção sob água corrente.



Fonte: O autor (2018).

Durante o plantio da cana, foi feita uma aplicação de adubo de fundação somente com fósforo. Quanto o sistema de gotejamento foi liberado ao uso, as primeiras adubações consistiram basicamente na aplicação de macronutrientes: nitrogênio (uréia) e potássio (cloreto de potássio). Alguns micronutrientes também entraram nessas primeiras dosagens, são eles: manganês e boro.

A quantidade de adubo a ser aplicada é determinada pela análise de solo feita nos talhões do módulo, quando é definida, de fato, uma média para aplicação nos módulos. Essa média ocorre em decorrência da praticidade do preparo da calda. Como as condições bioedafoclimáticas são bem semelhantes entre as áreas, as formulações, se fossem particularizadas, não iriam fugir muito do estipulado pela média.

b. Limpeza

Uma outra funcionalidade do sistema de injeção diz respeito à limpeza da malha hidráulica. A cloração ou a limpeza com peróxido de hidrogênio deve ser utilizada sempre que necessário, se possível estipular limpezas periódicas. Essa ação acontece de maneira bem semelhante à fertirrigação. A solução com os agentes sanitizantes deve ser preparada na caixa d'água de 1000L. Da mesma forma do adubo, pode ser manejada para as outras caixas, que, em seguida serão injetadas no sistema através de uma bomba auxiliar e do venturi, passando antes pelo filtro de disco.

A solução de limpeza precisa permanecer por 24 horas, de preferência, repousando na malha hidráulica, dessa forma, ela precisa chegar a todos os pontos da malha que necessitam da limpeza. Para isso, deve-se injetar a solução no sistema com duração igual ao seu tempo de avanço, ou seja, tempo em que uma partícula levaria para percorrer toda a tubulação e chegaria ao seu ponto final.

Após o seu tempo de repouso, é hora de retirar todas as impurezas que se desprenderam das paredes dos tubos e as demais partículas em suspensão. Para isso, abre-se as válvulas finais dos tubos coletores e liga-se a bomba. Essa etapa chama-se limpeza por arraste e indica-se realizar a mesma a cada 15 a 20 dias, podendo ser adaptável à medida que se percebe a necessidade de aumentar ou encurtar esse período sem a higienização.

4.1.1.2 Aspersão convencional:

A água captada em rios e mananciais podem chegar ao campo de duas formas: através de adutoras ou captação direta no campo. As adutoras são tubulações que captam a água através de motobombas ou eletrobombas e a podendo transportá-la por longas distâncias. Ao longo dessa tubulação, hidrantes possibilitam a alimentação de ramais cuja função levar água até os aspersores, carretéis autopropelidos, lineares e pivot central.

Já no caso da captação direta no campo, motobombas ou eletrobombas captados adaptados a carrinhos (figura 28) que podem ser rebocados por todo o campo são utilizados

para deslocar água do seu ponto de captação até os emissores através de tubulações que vão dar origem aos ramais de irrigação.

Figura 28- Motobomba móvel sendo preparado para captar a água.



Fonte: O autor (2018).

As tubulações que levam a água até os emissores são móveis e de fácil montagem, isso permite uma troca rápida de linha (tombamento da linha lateral), diminuindo o tempo de espera e diminuindo também o número de funcionários precisos para irrigar uma determinada área. Além disso, esse tipo de tubo e conexão permite configurações de montagem diferente, o que leva a uma equipe, desde que bem treinada, a driblar as adversidades e procurar soluções rápidas para possíveis problemas.

As tubulações obedecem dois padrões de diâmetro: 6” ou 8”, com seis metros cada tubo. Os encaixes são feitos a partir de duas formas, podem ser tubos AP ou de engate rápido. Os tubos AP são conectados através de abraçadeiras com anéis de borracha por dentro, enquanto que os de engate rápido mais se assemelham à uma presilha. Ambos possuem boa eficiência para o seu papel dentro da irrigação.

Quanto aos padrões adotados de emissores para a aspersão existem:

- 1 – Aspersor 4” com espaçamento 60 x 60m
- 2 - Aspersor 3” com espaçamento 48 x 48m
- 3 - Aspersor 2,5” com espaçamento 30 x 30m
- 4 - Aspersor 3” com espaçamento 36 x 36m

5 – Carretel 90/110 com espaçamento 48 x 270m

6 – Carretel 75 com espaçamento 36 x 270m

Essas são as operações designadas aos operadores, que já sabem o padrão de montagem de cada um deles dentro de um talhão de cultivo.

O conjunto não traz uma boa precisão de vazão e pressão para alimentar os emissores, muito disso em função justamente da maleabilidade da montagem da irrigação, já que a sua formatação pode mudar no tamanho, na altura manométrica total e demais fatores. Dessa forma, diminui, e muito a eficiência desse modelo de irrigação, porém é a alternativa mais viável para a empresa em grande parte de sua área. Mesmo com todo esse processo de imprecisão, é um mecanismo que funciona para a realidade local e atende, mesmo que com falhas, a demanda da empresa.

4.1.1.3 Aspersão com água de lavagem e vinhaça

A água de lavagem é oriunda da limpeza da cana na mesa de alimentação da indústria, onde os colmos (sujos e cheios de partículas sólidas devido ao processo de colheita) recebem jatos de água para diminuir o percentual de impureza da matéria prima. É um gasto de água expressivo e reaproveitar essa água é uma alternativa aos gastos excessivos de água. Essa água segue para lagoas de decantação para o seu tratamento, quando poderá ter dois possíveis caminhos: retornar à sua utilização na lavagem da cana ou seguir para irrigação.

Caso siga para a irrigação, a água é encaminhada à poços, onde são armazenadas e se juntam à vinhaça para prosseguir à irrigação.

A vinhaça é um subproduto da destilação da cana, ou seja, enquanto a usina produz álcool, há a produção de vinhaça. O que antes era um problema sério e danoso ao meio ambiente, a vinhaça tornou-se sinônimo de aproveitamento correto de resíduos. A vinhaça é rica em potássio e matéria orgânica, com isso descobriu-se que ao depositá-la sobre o campo, funcionaria não só como irrigação, mas como uma adubação. Sendo assim, não mais seria feito o despejo desse produto em mananciais e em matas, deliberadamente.

Para cada tonelada de cana são produzidos em média 85L de álcool e para cada litro de álcool, 15L de vinhaça são produzidos, então existe um volume muito grande disponível para toda a safra. Sendo assim, necessita-se de um sistema eficiente de transporte da vinhaça para levá-la ao campo. Além do transporte, exige aplicação e manejo eficientes, tendo em vista o seu alto teor potássico, sua aplicação deve ser controlada, pois se irrigada em excesso ou muito concentrada, a vinhaça, em vez de auxiliar o desenvolvimento da planta, pode mata-la. Sendo assim, amostras são retiradas com frequência, para saber o seu teor de potássio, calculando-se a correta dosagem de aplicação (de acordo com a análise de solo) e o seu fator de diluição. A diluição é feita em poços que recebem água e vinhaça ao mesmo tempo. A proporção de trabalho usual na empresa é três partes de água para uma de vinhaça, com isso calcula-se a lâmina de aplicação para uma média de 150kg de potássio/ha.

Para o processo de diluição e transporte da vinhaça, a Usina possui 5 poços de vinhaça, auxiliados por 2 poços de água residuária que se comunicam para chegarem à uma correta diluição.

A aplicação da vinhaça em cana-planta é mais delicada e pode matar a cana se não for dada atenção a um importante detalha, evitar o empoçamento. Caso haja local onde o fluido se acumule, muito provavelmente irá impedir o desenvolvimento daquela cana plantada naquele espaço. Por isso é importante que ocorra a sistematização do terreno e que os emissores trabalhem com alta pressão, dessa forma ocorrerá a formação de gotículas menores, facilitando a sua distribuição espacial da mesma. Esse é um dos motivos que não se trabalha com vinhaça em áreas de encosta, pois ocasionaria o seu escorrimento e posteriormente acumulação em algum lugar.

Para áreas onde a topografia, mesmo que suave, permita o acúmulo de água, deve ser realizado um trabalho de drenagem, fazendo com que a vinhaça possua uma alternativa de escoamento para outras áreas. O mesmo acontece na irrigação com água. A técnica de drenagem mais utilizada na usina é a drenagem com canal de bambu, onde é cavado um canal com a profundidade necessária ao escoamento e sobre ele é posto uma camada de bambu cortado, sobre ele uma camada de lona plástica e acima da lona é depositado o solo. O bambu, oco, permite que o líquido escoe para o local cuja cota seja mais baixa enquanto

que a camada de lona impede que o solo obstrua o dreno. É uma alternativa muito rudimentar, porém bastante eficiente e barata, muito utilizada em empresas do ramo sucroalcooleiro.

Tanto para água de lavagem quanto para a vinhaça a aplicação é via aspersão, preferencialmente por carretel enrolador autopropelido (Figura 29).

Figura 29 - Carretel autopropelido na aplicação de vinhaça.



Fonte: O autor (2018).

4.2 Corte, carregamento e transporte

O chamado CCT, ou corte, carregamento e transporte é o conjunto de ações que vão desde a retirada da cana do campo e se encerra com a deposição da matéria prima no estoque da indústria.. Nesse processo estão inseridos homens e máquinas num universo de atividades.

Dentro da realidade de uma usina, devem existir diversos métodos que se adaptem as necessidades da empresa num determinado momento. O corte da cana é uma das áreas que mais pode oferecer opções para o gerenciamento desta etapa, tudo depende do grau de investimento, principalmente, em tecnologia. Essa é o caso da Usina São José que, para a realização do corte da cana-de-açúcar pode utilizar três métodos: corte manual, semi-mecanizado ou mecanizado.

4.2.1 Corte manual:

O corte da cana se inicia bem antes do que de fato acontece. Os talhões são analisados com antecedência para saber se atendem as expectativas quanto ao porte da cana, produtividade, ponto de maturação, distância da usina, disponibilidade de mão de obra e equipamentos. Caso a avaliação seja positiva, a primeira decisão a ser feita é se haverá queima do canavial. Se for um talhão afastado de centro urbano, sem rede elétrica passando por ele, longe de áreas de mata e reserva, então se decide por botar fogo, tomando os devidos cuidados de aceiros e a presença ostensiva de um caminhão pipa.

O fogo “limpa” a cana, deixando praticamente a parte de interesse, o colmo e um pouco de palha que será retirada durante o corte. Outra função do fogo também é afugentar animais peçonhentos que possam ocasionar algum acidente com o trabalhador rural. Sendo assim, a produtividade do cortador aumenta consideravelmente, tanto é que a cana queimada é preferência por essa classe de trabalhadores.

A cana depois de queimada entra num processo de consumo da sacarose por ela produzida e concentrada nos colmos, sendo assim, deve ser levada para o processamento o quanto antes. A meta da empresa é que, depois de queimada, a cana chegue à indústria com, no máximo, 36 horas.

A queima normalmente acontece na madrugada anterior ao corte para que quando os trabalhadores cheguem ao campo, já esteja tudo certo para o início do seu trabalho. No campo, o líder de turma designa a área de corte de cada trabalhador, que normalmente consiste em sete fileiras de cana, denominadas de oito de corte. Os trabalhadores recebem por produtividade e precisam atingir a meta (3100kg/dia) para fazer jus ao recebimento da sua diária trabalhada (R\$32,00). Normalmente os cortadores cortam mais de uma diária por dia.

O corte é feito na base da planta, destacando-a do solo, em seguida vem o desponte, cortando as folhas remanescente no ápice da planta, em seguida a cana é depositada na entrelinha, formando uma esteira de cana. Essa organização é fundamental para o prosseguimento das atividades do CCT.

A próxima etapa, o carregamento, é feito basicamente por máquinas. As máquinas entram em ação quando uma carregadeira ou carregadeira Bell (figura 30) vai rastelar e pinçar a esteira de cana com suas garras, formando um amontoado que será então é transportada ao reboque. Cada reboque carrega em média 15t de cana, dependendo da arrumação da carga e da densidade da mesma. Quando o “kit de carregamento” (3 reboques completos) está pronto a cana é encaminhada à usina, onde será pesada, lavada e moída, tornando-se apta ao processamento.

Figura 30 - Carregadeira Bell tombando cana.



Fonte: O autor (2018).

Durante a operação de carregamento, invariavelmente as máquinas deixam alguns colmos caírem. Por isso, existe a necessidade de colaboradores auxiliando nesse ajuste fino do carregamento, eles são chamados de lambaieiros ou bituqueiros. Sua função é catar os colmos que as carregadeiras não conseguem apanhar e juntar com os demais. Normalmente, para cada carregadeira, existem dois lambaieiros fazendo esse tipo de serviço.

O transporte é outro ponto de gargalo dentro do processo do CCT. É uma etapa que exige um grande aporte de maquinário e equipamentos. Basicamente a etapa de transporte depende de caminhões e reboques, porém com um número bastante elevado. É preciso lembrar que é necessário que o setor de transporte leve até a usina, no mínimo, 8000t de cana diariamente para suprir a demanda que a indústria tem de matéria prima.

O raio médio de transporte de cana está em torno de 32km, o que é uma boa numeração nesse quesito. Isso é um dado importante, pois é preciso fazer um manejo adequado das áreas que se encontram mais perto e das áreas mais longe. O ideal é que haja

frentes de corte numa área mais longe, outra frente de corte em áreas mais próximas e outra em áreas de média distância. A equidistância é muito importante para que a usina tenha matéria prima chegando de forma intermitente durante toda a moagem, impedindo a parada da moagem por conta de falta de cana. Isso acontece porque se as operações se concentrarem em uma área mais perto, por exemplo, toda a cana chegará rapidamente à usina, porém num segundo momento a colheita será toda feita numa área mais afastada, o que atrasará o transporte, por conta da distância, e conseqüentemente, um dado momento, a usina não terá mais cana para moer momentaneamente. Esse é o tipo de situação que todo encarregado de transporte tem que evitar.

4.2.2 Corte semi-mecanizado

No CCT semi-mecanizado, o corte é feito por uma máquina adaptada de alta produtividade, chama-se cortadeira. A cortadeira é um trator com um implemento de corte de base e desponte adaptado à ele. É uma máquina que rende bastante o trabalho, principalmente por conta da alta produtividade de corte, podendo trabalhar em áreas planas ou com relevo suave. Sua produtividade chega à 40t/h, a depender do porte da cana em que ela está trabalhando.

A cortadeira, quando lançada no mercado foi tida como uma grande solução para o corte de cana, principalmente pela sua versatilidade, agilidade e preço (quando comparado com um colhedora). Porém, alguns problemas foram detectados após a sua adaptação no mercado. O primeiro problema é o abalo da socaria que é causado pelo corte de base; em virtude da baixa velocidade de rotação do eixo que faz o corte de base, quando as faquinhas encontram-se com o colmo, não ocorre um corte limpo, abalando a estrutura da soqueira, o que ocasiona uma rebrota bastante falha na próxima safra. Outro ponto, quando a cana é cortada, também devido à baixa velocidade de rotação ocorre o estilhaçamento da cana (figura 31), fato que quando somado as perdas tornam-se significativos. O último ponto negativo é que após o corte, a cana é depositada no chão, porém no transversalmente ao que seria ao sentido da esteira de cana e, por conseqüência, transversalmente ao sentido de trabalho das carregadeiras Bell que tombam a cana. Isso causa duas conseqüências negativas: a cana chega à indústria com muita impureza (pois a mesma está sobre o chão e

a máquina precisa “manusear” mais a cana para conseguir apanhá-la) e pelo fato das máquinas trabalharem fora do seu sentido de trânsito ideal, ocorre muito esmagamento da socaria, o que também prejudica a rebrota.

Após o corte, segue-se com o carregamento e o transporte, de forma semelhante ao que acontece no corte manual, com as devidas adaptações.

Figura 31- Cortadeira adaptada e uma de suas consequências, o estilhaçamento da cana



Fonte: O autor (2018).

4.2.3 Corte mecanizado:

No corte mecanizado, os únicos homens que trabalham no campo são os lambaieiros, todos os demais somente operam máquinas. A propósito, a principal máquina da operação é a colhedora. Uma máquina que emprega no campo tecnologia de altíssima qualidade e que exige um investimento muito grande por parte da empresa, investimento esse que não só corresponde à aquisição da máquina, mas também na sua manutenção e treinamento operacional dos colaboradores.

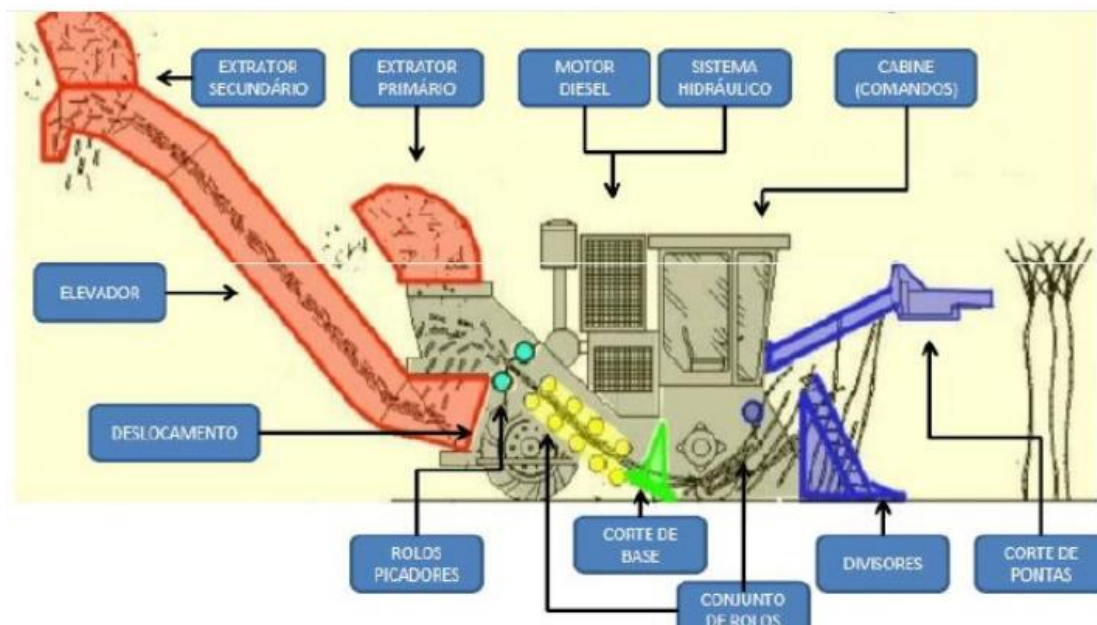
A colhedora é um equipamento completo, ou seja, ela corta, limpa, pica a cana em rebolos e deposita numa outra máquina, o transbordo. O mecanismo inicial do corte é muito semelhante ao da cortadeira, porém o corte de base é mais preciso e rápido, evitando perdas por estilhaçamento do colmo. A máquina, porém, é muito maior que a cortadeira, o que atrapalha na sua mobilidade, mesmo estando sobre esteiras e não pneus.

Os discos coletores, localizados em cada lado do cortador de pontas, coletam as ponteiros da cana e as direcionam para o disco de corte, localizado no centro do cortador de pontas. Então os divisores de linhas separam as linhas da cana deitadas ou embaraçadas. Os

rolos tombadores de força empurram a cana para frente e para baixo em um ângulo adequado para a alimentação da colhedora. Os cortadores de base cortam a parte inferior do caule. O rolo levantador envia a cana para os rolos alimentadores que regulam a velocidade da cana, o que determina o comprimento do corte do tolete pelos picadores. Os picadores cortam toletes limpos e constantes ao fatiar a cana entre duas lâminas opostas e lança-os no cesto do elevador. A partir dali, os toletes são entregues ao elevador. Enquanto isso, o ventilador do extrator primário extrai os resíduos, as folhas e a sujeira da cana e os direciona para o solo atrás da colhedora. O sistema do elevador fornece cana para um transbordo na parte traseira, direita ou esquerda da colhedora (figura 32).

Transbordos são caçambas adaptadas à colheita mecanizada da cana. Elas são guiadas por tratores que acompanham as colhedoras de perto e recebem a cana picada que sai da máquina através dos elevadores. Antes de a cana chegar ao transbordo, na subida do elevador, ela ainda passa por outro processo de limpeza, o extrator secundário, que retira o que restou de impureza (palha e demais sujidades).

Figura 32- Partes principais de uma colhedora



Fonte: Cunali (2014).

Dando prosseguimento, quando o transbordo carregar ao máximo possível, o tratorista segue para o lado de um reboque e tomba toda a cana do transbordo para recipiente acoplado à um caminhão que leva a cana à usina. É importante salientar que, pelo fato do colmo estar partido em pequenos pedaços, a arrumação da carga é mais adensada, tornando o peso do Kit de carregamento maior, em torno de 20t por reboque, o que exige caminhões que tenham uma potência mais elevada para o transporte da carga (mais um investimento do corte mecanizado).

As vantagens de um sistema de corte completamente mecanizado são muitos, dentre elas pode-se citar: altíssima produtividade (cerca de 250 a 300t/dia, a depender da produtividade do canavial), baixa dependência de mão de obra, padronização do corte, possibilidade de colheita de cana sem queimada, dentre outros. Porém existem também as desvantagens: Equipe de mecânicos especializada na manutenção dessas máquinas (tendo em vista que a manutenção é feita com frequência, já que a máquina ainda quebra bastante), a máquina trabalha somente no plano ou em topografias pouquíssimo acidentadas, alto risco de incêndio (a máquina trabalha sob alta temperatura, tendo que, por segurança, destacar um caminhão pipa para o acompanhamento da atividade da máquina), risco de pisoteio da socaria, alto investimento na máquina e seus acessórios (kit de tratores e transbordos).

É importante salientar que a qualidade da matéria prima do corte mecanizado é muito superior aos demais métodos, tornando-se preferência para o processamento industrial devido, principalmente, ao seu baixo teor de impureza.

A Usina São José possui duas máquinas colhedoras (Figura 30) e seus respectivos Kit's de colheita (2 tratores e 6 transbordos para cada máquina). Os operadores se revezam nas máquinas em turnos de 12 horas, 24 horas por dia.

Durante a operação, atividades de auditoria interna para levantamento de falhas e má operação são feitas. Nessa etapa homens amostram uma área do campo já colhida pelas máquinas e nelas buscam por corte de base alto (falta de regulagem de altura do corte), cana picada que caiu no campo (sinal de falta de sincronia entre o operador da colhedora e o transbordo) e cana estilhaçada (falta de troca e manutenção das faquinhas - figura 33).

Todas essas análises são contabilizadas e servem de apoio no controle de qualidade das operações em questão.

Figura 33 - Colhedora na linha de cana e manutenção com troca de faquinhas (corte de base).



Fonte: O autor (2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grande mercado consumidor de mão de obra agrônômica no Nordeste ainda é uma grande potência. Apesar de viver um momento delicado, a história cita passagens de reinvenções do setor. Adaptações à nova realidade não são fáceis, porém seleciona e separa as empresas sérias daquelas com dificuldades administrativas.

Mesmo na crise, é importante investir e atender às demandas que o mercado, o ambiente e a própria planta exigem. Investir numa boa equipe, dar condições de trabalho e, principalmente, trazer tecnologia ao cultivo da cana-de-açúcar. Tecnologia essa que abarca desde genes favoráveis, máquinas eficientes, e sistemas eficientes de aplicação da irrigação.

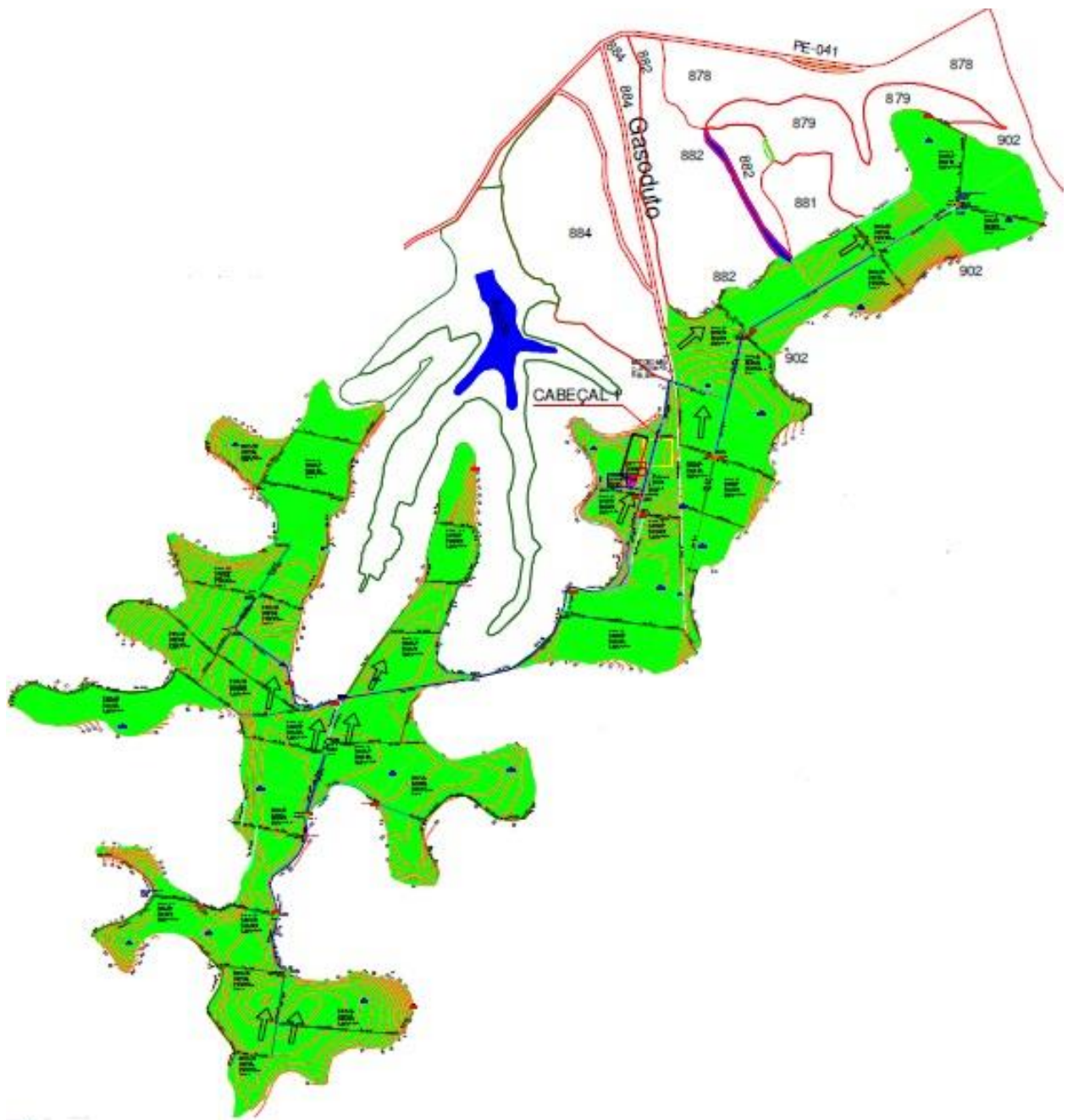
A irrigação, por sinal, é um grande seleiro contemporâneo de investimento na região. A descoberta que o Nordeste, mesmo na escassez de chuva e água, poderia propor uma irrigação plena, foi um divisor de águas. Quem diria que, em pleno sertão nordestino, em meio ao semiárido castigante a planta jamais iria sofrer por falta de água? O uso de água consciente e eficiente chegou para todos, porém somente alguns arriscaram entrar nessa nova etapa do desenvolvimento da agricultura canavieira no Nordeste. Quem arriscou e fez bem feito, se deu bem. Agora existe uma corrida enorme pela aquisição dessa tecnologia, provocando um “boom” no mercado, alimentando a esperança da saída dessa crise que está aniquilando do setor aqueles que não possuem flexibilidade.

A mecanização é outro setor de importância que vem recebendo uma boa perspectiva para ajudar o agricultor. As dificuldades com mão de obra e regras trabalhistas, induzem, cada vez mais, à substituição do homem no campo por motores e implementos. Porém, como a vida no campo é tradicionalmente dura com o nordestino, a dualidade topografia acidentada/mecanização é outro desafio a ser vivido.

Essas são somente alguns dos dilemas enfrentados pelo setor canavieiro no Nordeste. É uma busca diária pelas soluções que atingem o bolso de agricultores e empresários, que tentam, a todo custo, manter a tradição do cultivo e processamento da cana-de-açúcar.

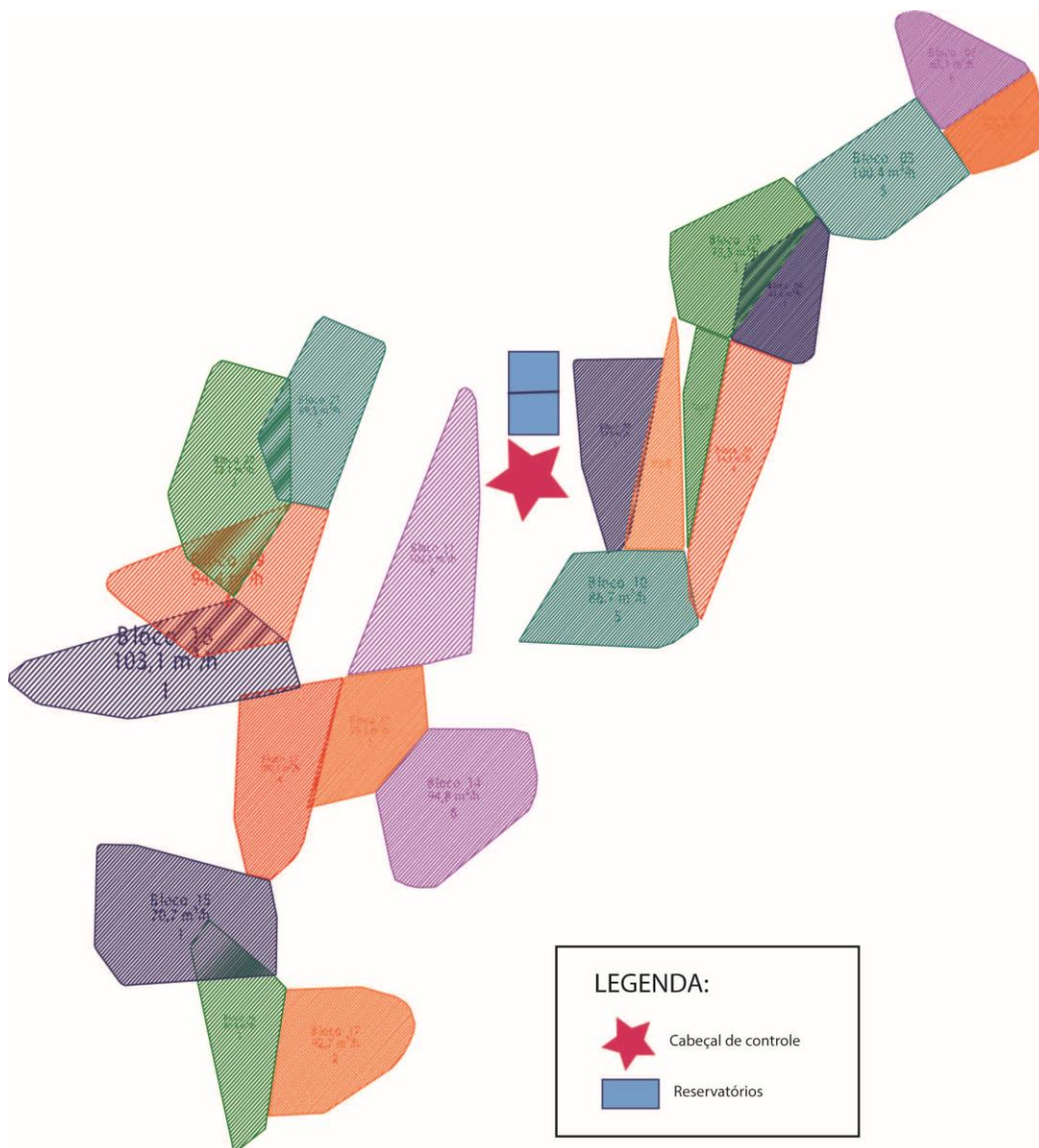
6. ANEXOS

Anexo A – Mapa correspondente à área de abrangência do módulo 1.



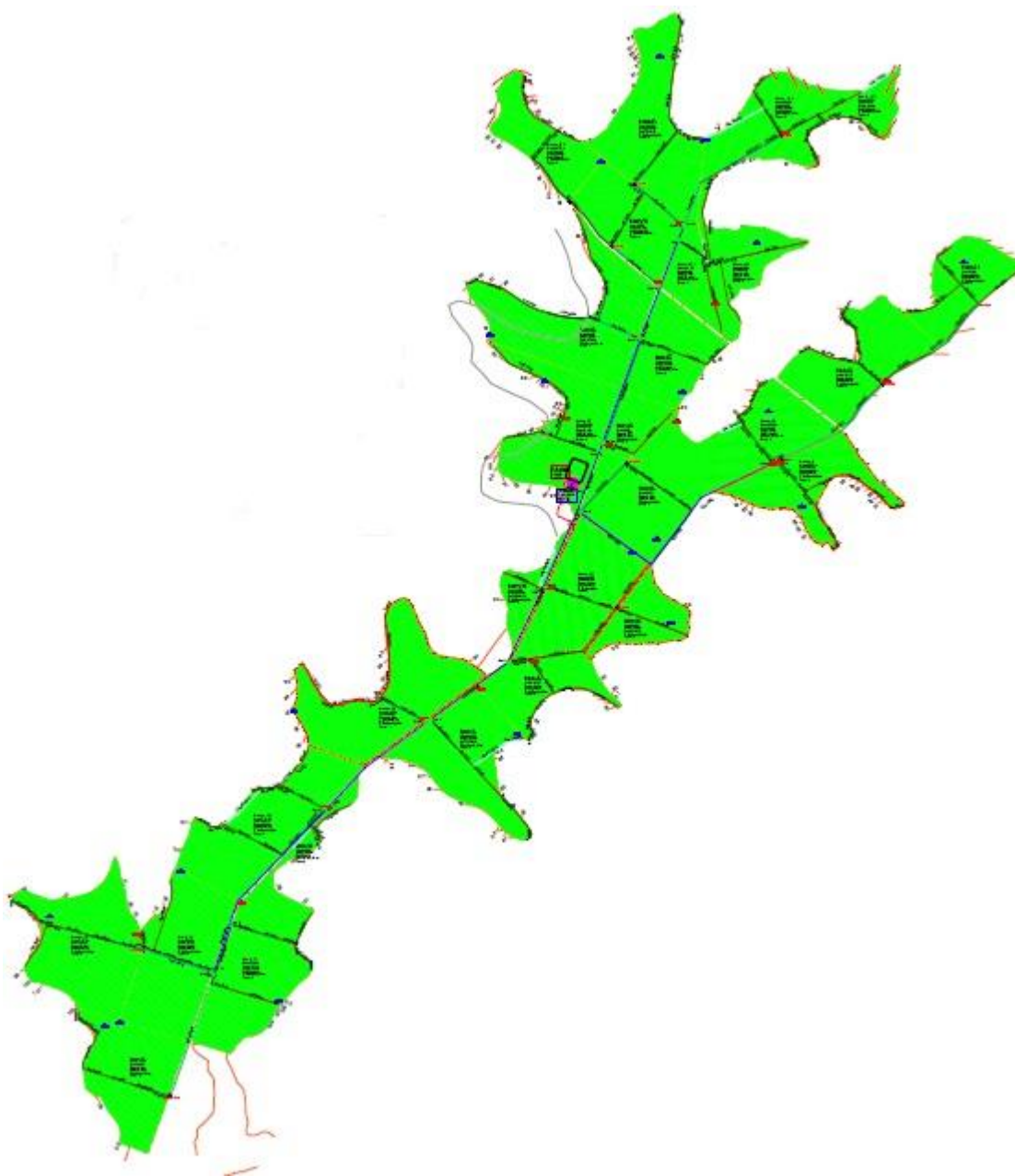
Fonte: Netafim (2018).

Anexo B – Croqui módulo 1 com suas respectivas operações, representadas individualmente por cores diferentes.



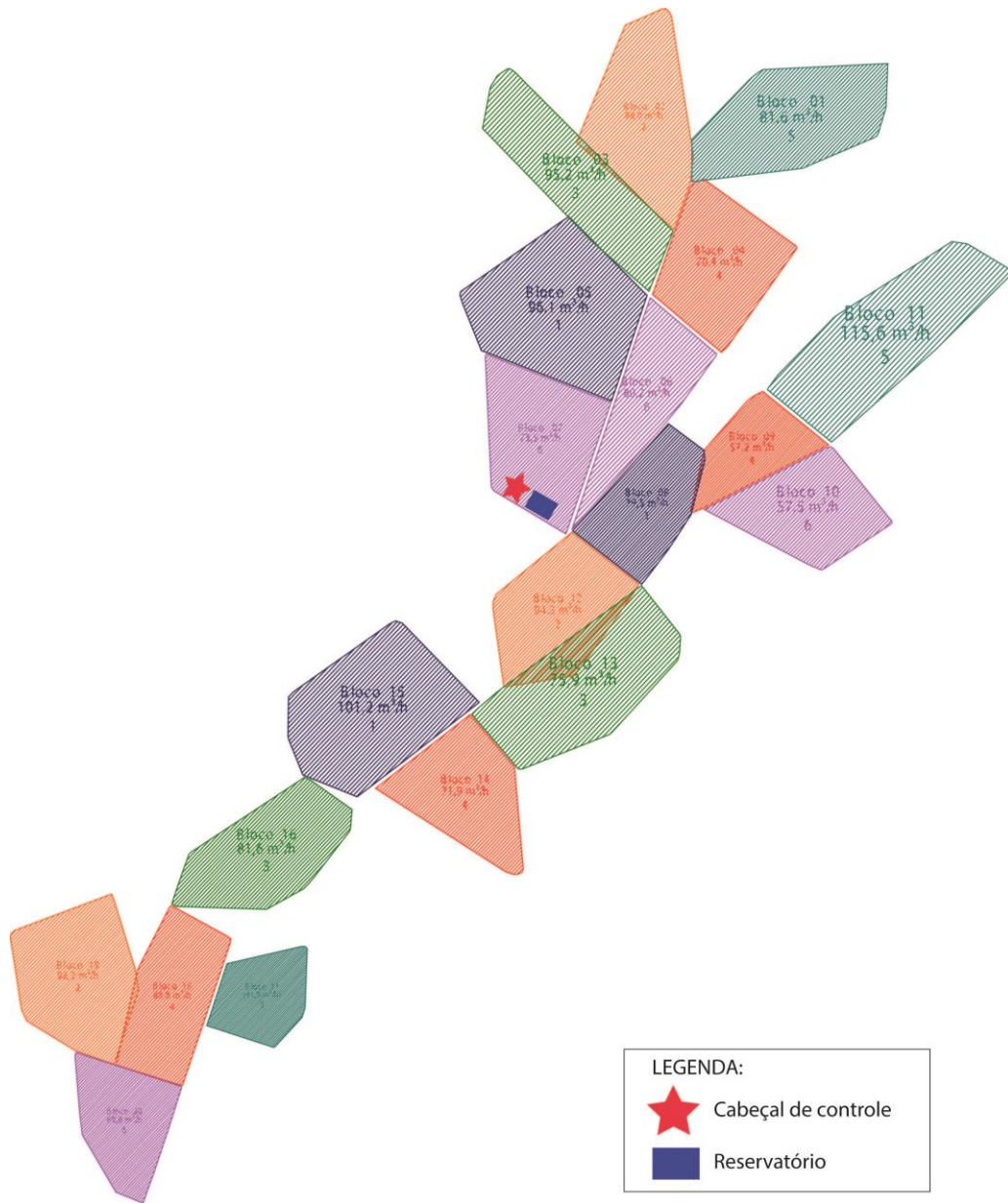
Fonte: Netafim (2018).

Anexo C – Mapa correspondente à área de abrangência do módulo 2.



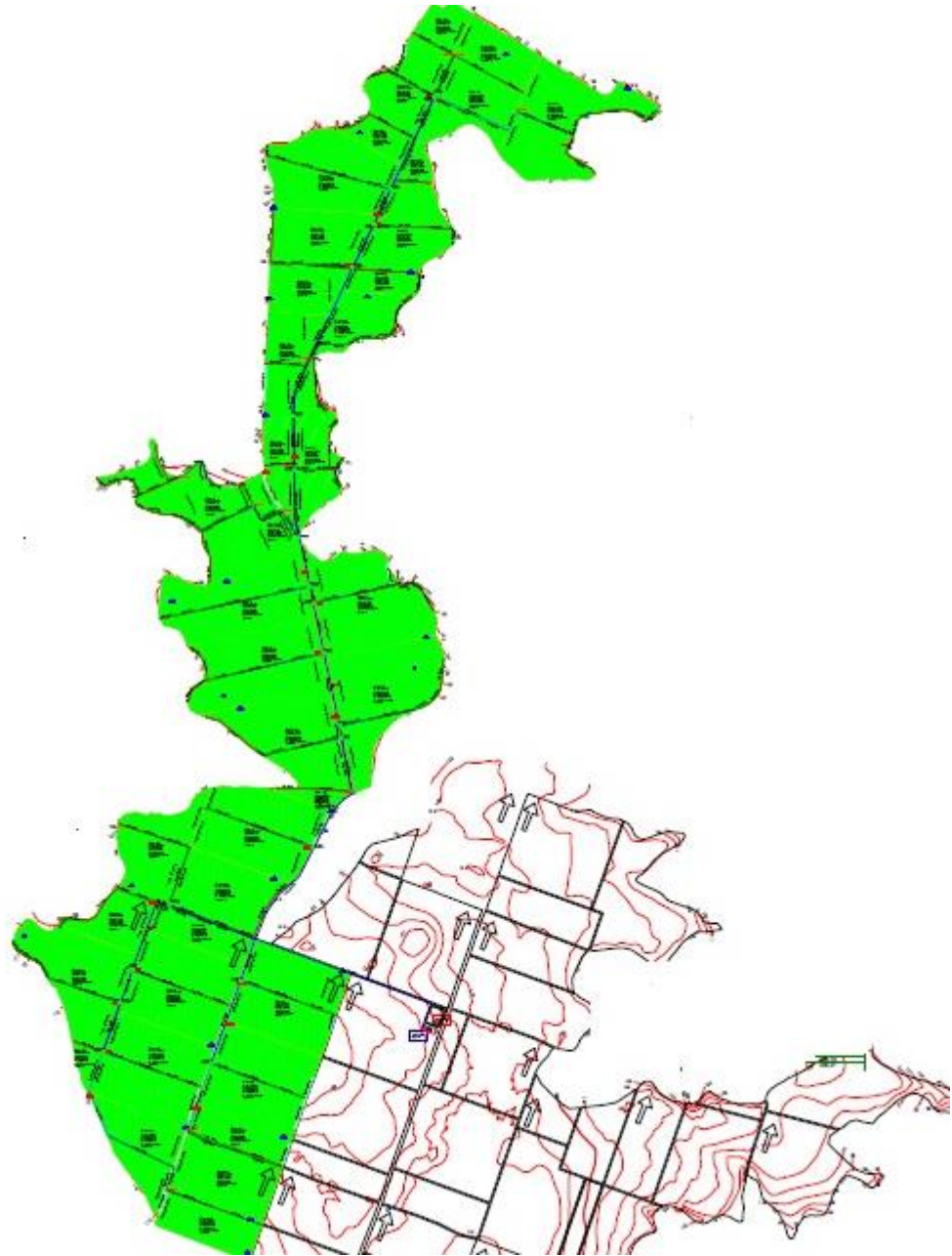
Fonte: Netafim (2018).

Anexo D - Croqui módulo 2 com suas respectivas operações representadas individualmente por cores diferentes.



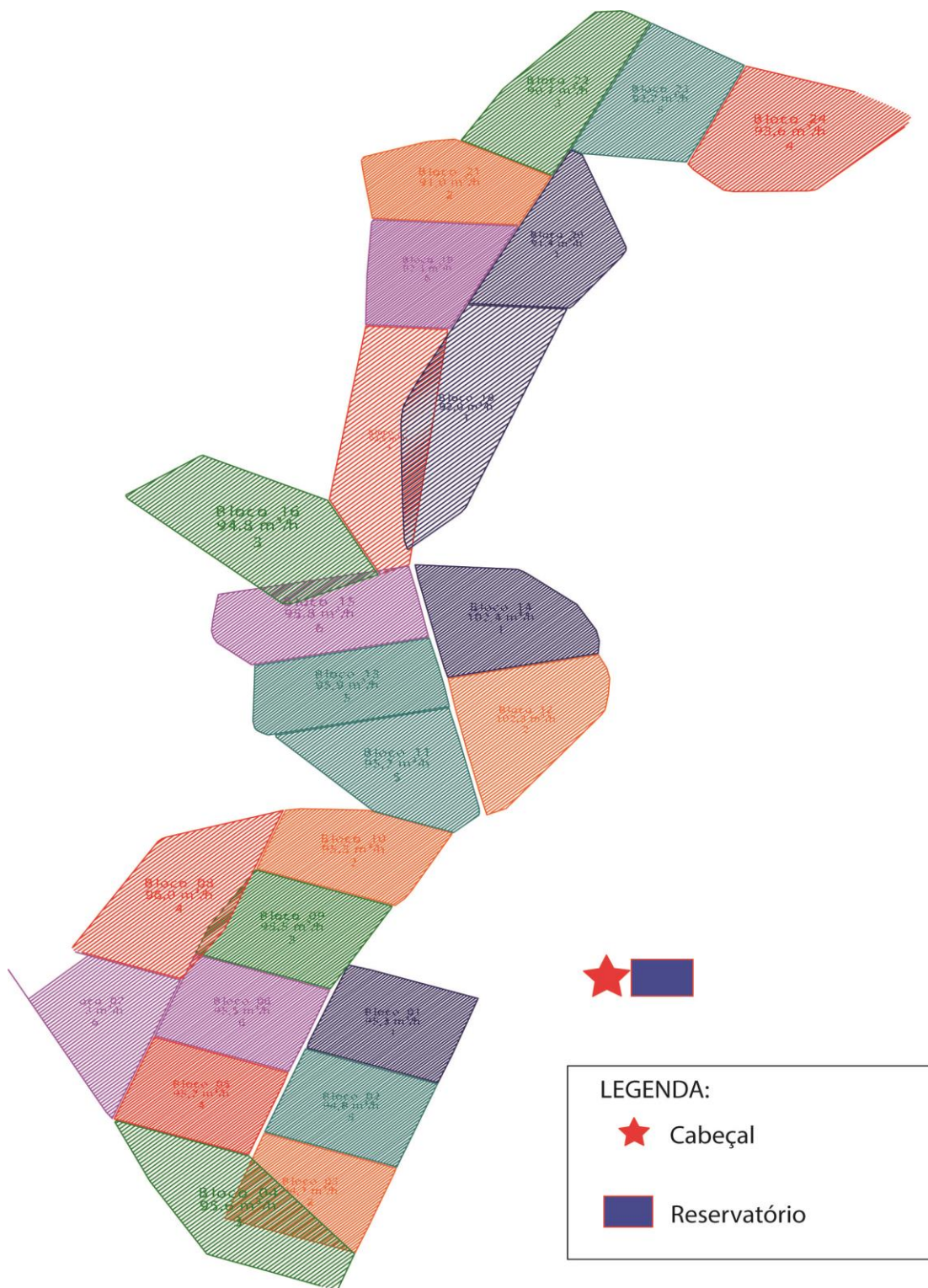
Fonte: Netafim (2018).

Anexo E – Mapa correspondente à área de abrangência do módulo 3A.



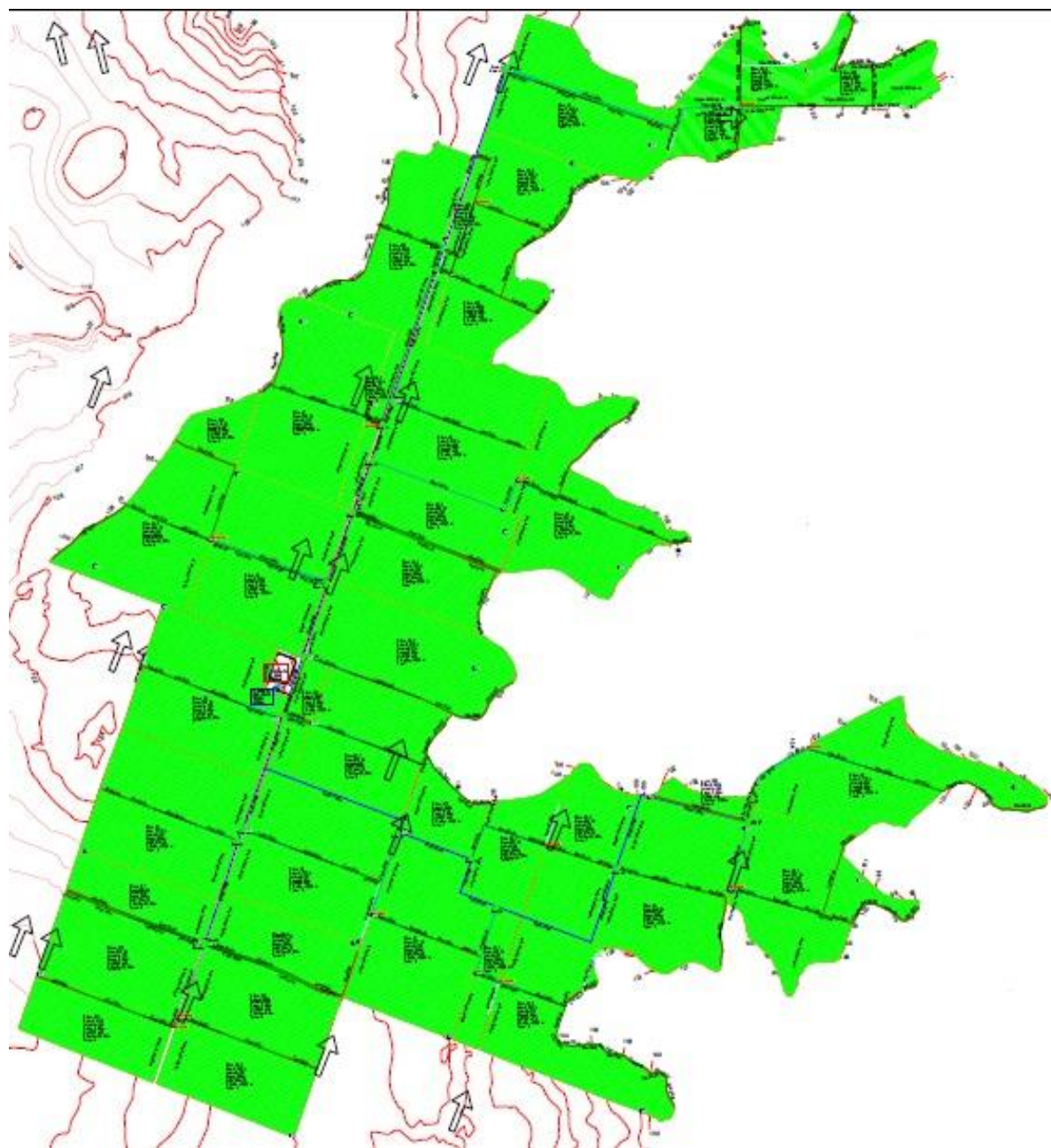
Fonte: Netafim (2018).

Anexo F - Croqui módulo 3A com suas respectivas operações representadas individualmente por cores diferentes.



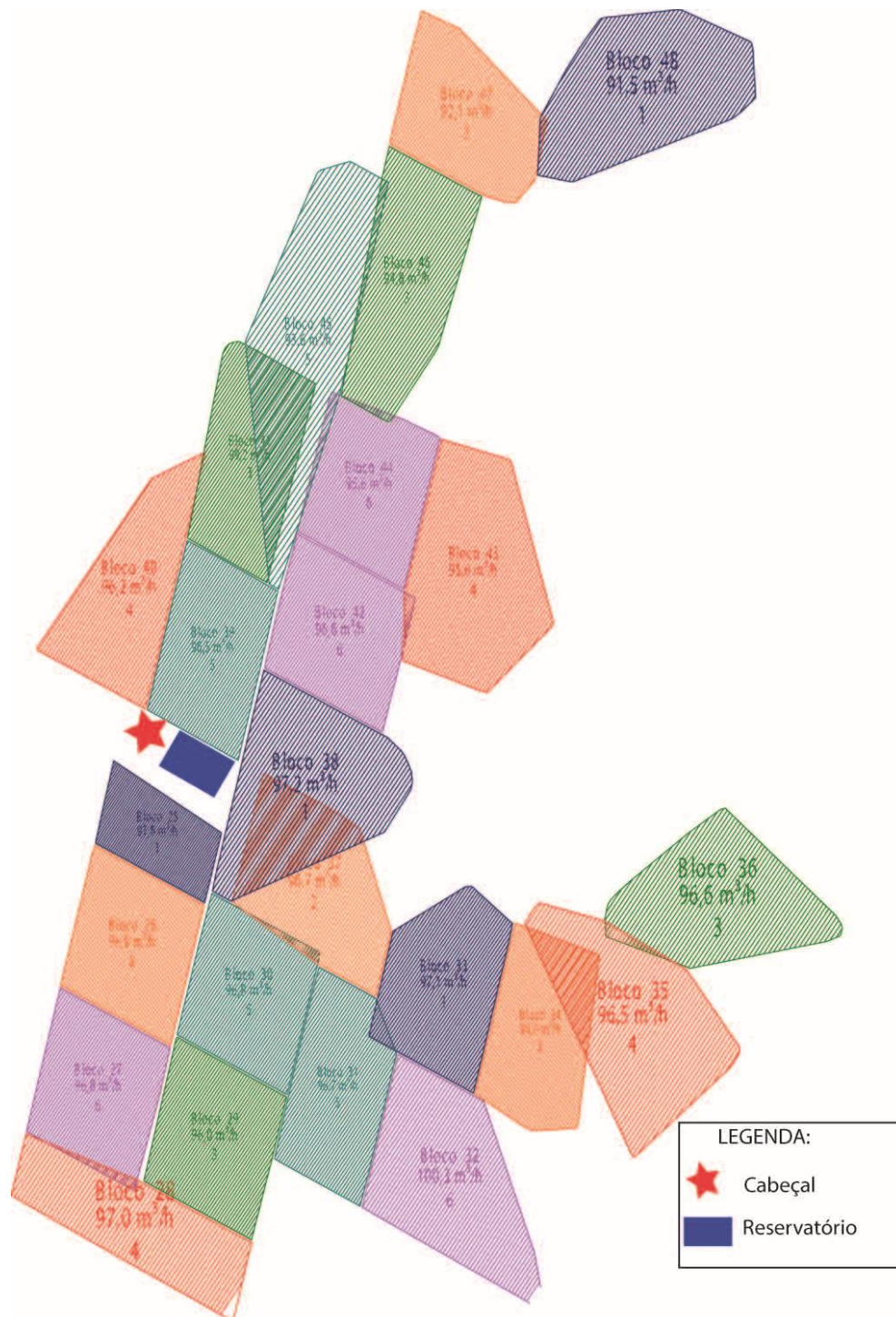
Fonte: Netafim (2018).

Anexo G – Mapa correspondente à área de abrangência do módulo 3B.



Fonte: Netafim (2018).

Anexo H - Croqui módulo 3B com suas respectivas operações representadas individualmente por cores diferentes.



Fonte: Netafim (2018).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIANA LOPES. Veja. **Em seis anos, 83 usinas de cana encerraram atividades:** Fechamento equivale a perda de capacidade de processamento de 75,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, cerca de 10% da instalada hoje no Brasil. 2015. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/economia/em-seis-anos-83-usinas-de-cana-encerraram-atividades/>>. Acesso em: 09 dez. 2018.

ARAÚJO, Edilaine da Silva; SANTOS, Juliana Agustineli Pereira. **O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL E SUA RELEVÂNCIA NA ECONOMIA NACIONAL.** Disponível em: <<http://seicesucol.edu.br/revista/index.php/facider/article/download/37/87>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

CIRANI, Claudia Brito Silva; MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias de. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 48, n. 4, p.22-23, dez. 2010.

CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, V.3 - SAFRA 2016/17 - N.2 - Segundo levantamento, Brasília, ago. 2016.

CUNALI, Eduardo. Colhedora JD3510 & Performance em canaviais de alta produtividade. In: II SIMPÓSIO SUL-MINEIRO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2014.

FIESP. Outlook Fiesp 2023 projeções para o agronegócio brasileiro / Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. – São Paulo: FIESP, 2013.

GODOY, Marcelo Magalhães. **Cana-de-açúcar e tradição breve ensaio sobre o evolover histórico do setor agroaçucareiro de minas gerais.** 2008. Disponível em: <http://www.mao.org.br/wp-content/uploads/godoy_01.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2018

INTERNATIONAL TESTING PIPELINES DO BRASIL (Vila Velha). **Serviços de limpeza.** 2015. Disponível em: <www.itpbrasil.com>. Acesso em: 19 dez. 2018.

JOSÉ AUGUSTO DANIELIDES DE FARIA (São Paulo). Opertec Engenharia. **Pig**. 2015. Disponível em: <www.opertec.com.br/>. Acesso em: 22 dez. 2018.

MACHADO, Fulvio de Barros Pinheiro. **Brasil a doce terra**: A história do setor. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/historia_da_cana_000fhc62u4b02wyiv80efhb2attuk4ec.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2018.

NETAFIM (São Paulo). Irrigação inteligente. 2018. Disponível em: <<https://www.netafim.com.br/produtos-e-solucoes/>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

ROBERTO, Clivonei; PAIVA, Luciano. Cana irrigada: Irrigação não é só para salvar a lavoura, mas também para engordar o caixa. **Canaonline**, Ribeirão Preto, v. 1, n. 8, p.64-75, mar. 2014.

VIDAL, Fátima; SANTOS, José Ailton Nogueira dos; SANTOS, Marcos Antônio dos. SITUAÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO NO NORDESTE: ESTRUTURAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA, PRODUÇÃO E MERCADO. In: CONGRESSO DA SOBER, 44., 2006, Fortaleza.

VIEIRA, Gustavo Haddad Souva. **Uso racional da água na cultura da cana-de-açúcar irrigada no norte de Minas Gerais**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.