

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA AUXÍLIO À TOMADA DE  
DECISÃO NO PLANTIO MECANIZADO DE CANA-DE-  
AÇÚCAR**

**Luiz Augusto de Souza Nardo**  
Cientista da Computação

**2015**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA O AUXÍLIO À TOMADA DE  
DECISÃO NO PLANTIO MECANIZADO DE CANA-DE-  
AÇÚCAR**

**Luiz Augusto de Souza Nardo**

**Orientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias –Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

**2015**

N224a Nardo, Luiz Augusto de Souza  
Análise de cenários para o auxílio à tomada de decisão no plantio  
mecanizado de cana-de-açúcar / Luiz Augusto de Souza Nardo. --  
Jaboticabal, 2015  
x, 36 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015  
Orientador: Rouverson Pereira da Silva  
Banca examinadora: Carlos Eduardo Angeli Furlani, Fábio  
Alexandre Cavichioli  
Bibliografia

1. *Saccharum officinarum* L.. 2. Agricultura de Precisão. 3.  
AgroCAD . 4. Planejamento agrícola. Título. II. Jaboticabal-  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.332:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da  
Informação Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de  
Jaboticabal.

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**LUIZ AUGUSTO DE SOUZA NARDO** – nascido em São José do Rio Preto, São Paulo, no dia 05 de agosto de 1988, filho de Antonio Roberto Nardo e Marlei Aparecida de Souza Nardo. cursou o Ensino Fundamental e Médio no Colégio Santo André, em São José do Rio Preto, tendo finalizado o Ensino Médio no ano de 2005. Ingressou no Ensino Superior no ano de 2007 no curso de Ciência da Computação, e recebeu o título de Cientista da Computação formado pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de São José do Rio Preto. Desenvolveu projeto de relacionado ao tema Implementação de filtros para processamento de imagens digitalizadas para análises foliares na cultura da soja. No ano de 2012 iniciou seu trabalho na empresa Itaeté Máquinas – concessionário John Deere, atuando na área de Agricultura de Precisão como especialista de campo. Atualmente continua seu trabalho como Coordenador de Soluções Integradas na mesma empresa, focado na disseminação da tecnologia para o campo. No ano de 2013, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, no Departamento de Engenharia Rural, desenvolvendo suas pesquisas e fazendo parte do LAMMA - Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola, com ênfase e experiência na área de Engenharia Agrícola, atuando nas áreas de máquinas e mecanização agrícola e agricultura de precisão. Em novembro de 2015 submeteu-se à banca examinadora para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Aos meus pais, Antonio Roberto Nardo e Marlei Aparecida de Souza Nardo por toda dedicação ao longo de todos esses anos me ensinando o verdadeiro valor da vida.

Obrigado por tudo! Amo vocês.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por tudo.

À minha família, em especial aos meus pais que sempre apoiaram minhas decisões, sempre me indicando o rumo certo e nunca desistiram de mim. Ao meu irmão e minhas avós, que são meus pilares da fé junto com minha mãe.

À minha amada Nayara, pela paciência ao longo desses anos todos de dedicação, sempre me apoiando e dando incentivo ao meu estudo e sempre ao meu lado em todas as horas.

Aos meus amigos que me proporcionaram alegria quando eu estava precisando, para poder continuar minha caminhada até o mestrado, em especial Lucas e Michel amigos guerreiros de viagem.

Aos professores Rouverson e Eduardo por darem a mim a chance que deram, pois sem eles não teria tido a oportunidade que tive, onde aprendi muitas coisas importantes tanto para minha formação acadêmica quanto pessoal. Quero agradecer também pela paciência que tiveram comigo ao longo desses anos e que vocês foram fundamentais para minha formação, e sou muito grato. Em especial ao Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva por aceitar o desafio de ser meu orientador e também à FFCAV/UNESP por me receber como mestrando.

Agradeço também aos meus avôs que lá de cima sempre estiveram comigo me apoiando e me ajudando. Enfim, a todos que sempre rezaram e acreditaram em mim, e agradeço aos que não acreditaram também, pois eles ajudaram a dar forças para continuar.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUÇÃO .....	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
1. <i>Agricultura de Precisão</i> .....	4
2. <i>Uso do piloto automático</i> .....	5
3. <i>Softwares e ferramentas para análise comparativa de cenário</i> .....	5
4. <i>Plantio Mecanizado</i> .....	6
III. MATERIAL E MÉTODOS .....	8
1. <i>Caracterização da Área</i> .....	8
2. <i>Equipamentos utilizados</i> .....	8
3. <i>Planejamento das fileiras de plantio</i> .....	9
3.1. <i>Levantamento em campo</i> .....	10
3.2. <i>Planejamento, verificação e análise das fileiras de campo</i> .....	11
4. <i>Comparativos entre as fileiras planejadas e executadas</i> .....	18
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
1. <i>Tempos de execução</i> .....	20
2. <i>Distância Percorrida</i> .....	25
3. <i>Verificação de comprimentos e manobras</i> .....	28
4. <i>Potencial Produtivo e consumo de combustível</i> .....	31
V. CONCLUSÃO .....	34
VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	35

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Talhões utilizados no experimento. ....	8
Figura 2. Caracterização do piloto automático John Deere. ....	9
Figura 3. Fluxograma do trabalho.....	10
Figura 4. Levantamento dos limites da área de plantio e dos terraços existentes.....	10
Figura 5. Fileiras planejadas x Fileiras de cana-de-açúcar.....	11
Figura 6. Tela do AgroCAD, com tabela da sistematização: (a) cenário A da área 1; (b) cenário B da área 1; (c) cenário C da área 1. ....	13
Figura 7. Tela do AgroCAD, com tabela da sistematização: (a) cenário A da área 2; (b) cenário B da área 2; (c) cenário C da área 2. ....	14
Figura 8. Estudo de cenários das fileiras (a) área 1 (b) área 2.....	15
Figura 9. Exemplo de otimização de manobra: a) Não Otimizado; b) Otimizado. ....	16
Figura 10. Cenários otimizados a) área 1 b) área 2. ....	17
Figura 11. Fileiras prontas para serem inseridas no monitor.....	18
Figura 12. Cenários planejados a) área 1 b) área 2. ....	19
Figura 13. Tempo total de execução e de percurso para: a) área 1; b) área 2.....	22
Figura 14. Tempo de manobra para: a) área 1; b) área 2. ....	24
Figura 15. Distância total percorrida e comprimento total das fileiras de plantio: .....	27
Figura 16. Comprimento médio das fileiras e quantificação de manobras: .....	30
Figura 17. Potencial produtivo linear e consumo de combustível:.....	33

## **ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA O AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO NO PLANTIO MECANIZADO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

### **RESUMO**

Com o avanço da mecanização no ciclo da agricultura de cana-de-açúcar, têm sido fundamentais os estudos para melhoria nos processos desde o preparo à colheita. A análise de melhores cenários de plantio para posteriores operações de cultivo e colheita, aliado ao uso do piloto automático requer conhecimento das áreas de sistematização e mão-de-obra qualificada para garantir a qualidade do processo e assim reduzir perdas e danos focando nas variáveis descritas abaixo. Diante disso, objetivou-se avaliar cenários de plantio, aliando o uso de software e piloto automático na cultura da cana-de-açúcar, utilizando como avaliação os tempos de percurso e de manobra, distância percorrida, quantidade de manobras e consumo de combustível entre outros, focando na otimização máxima destes fatores. O estudo foi conduzido no município de Tanabi, SP, durante o plantio de 2013. O estudo apresentou diminuição de até 25% na quantidade de manobras aumentando a disponibilidade da máquina e reduzindo custos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Saccharum officinarum* L., Agricultura de Precisão, AgroCAD, Planejamento agrícola.

## SCENARIO ANALYSIS AS AN AID TO DECISION-MAKING IN SUGARCANE MECHANIZED PLANTING

### ABSTRACT

With the mechanization advance in the sugarcane farming cycle, they have been instrumental studies for improvement in processes from the soil preparation to harvester. The analysis of best planting scenarios for later harvest coupled with the autopilot use requires knowledge of the areas of systematization and labor- skilled workers to ensure the quality of the process and reduce damages focusing on the variables described below. Therefore, the objective is to evaluate planting scenarios coupled with the use of software and autopilot in the culture of sugarcane, using as travel time assessment and maneuver, distance traveled , number of maneuvers , fuel consumption among others, focusing the maximum optimization of these factors. The study was conducted in the municipality of Tanabi , SP, during planting, 2013. The study showed a decrease of up to 25 % in the number of maneuvers increasing machine availability and reducing costs.

**KEYWORDS:** *Saccharum officinarum L.*, Precision Agriculture, AgroCAD, Agricultural planning.

## I. INTRODUÇÃO

Na evolução da cultura da cana de açúcar com o uso da mecanização teve um grande impulso nos últimos anos e hoje está presente em todas as etapas do processo. Exemplos desse impulso são as operações mecanizadas de plantio e colheita, que até poucos anos atrás eram conduzidas predominantemente de forma semimecanizada. Em função das restrições legais quanto à queima prévia da cana-de-açúcar, escassez de mão de obra, exigências quanto às condições de trabalho e investimentos em bioeletricidade, o aumento do índice de mecanização na etapa de colheita, com a utilização de colhedoras automotrizes, foi expressivo.

Assim, boas práticas de plantio são de extrema importância para se alcançar bons resultados no cultivo da cana-de-açúcar. Pode-se obter com isto, uma população de plantas adequada, diminuição do número de pragas ou até ausência delas na fase inicial da cultura, bom uso do solo, dentre outras características que permitam conduzir o canavial do plantio à colheita e assim verifica-se que o estudo de cenários de plantio antes mesmo da execução do plantio torna-se um aliado das boas práticas no início desta cultura.

O setor agrícola, como qualquer outra atividade, deve ajustar as receitas e os custos de modo a garantir a rentabilidade do negócio. Uma análise crítica dos custos envolvidos e a definição das prioridades para minimizá-los, sem que isso afete a sustentabilidade do negócio, são formas de se evitar a perda da rentabilidade. O sistema mecanizado agrícola, conjunto de equipamentos, máquinas e implementos que realizam os processos de implantação, condução e retirada das culturas comerciais, é um ponto estratégico para a melhoria da rentabilidade. Pensando em alguns destes pontos que entra a Agricultura de Precisão, uma filosofia de gerenciamento agrícola que parte de informações exatas, precisas e se completa com decisões exatas. Agricultura de precisão, também chamada de AP, é uma maneira de gerir um campo

produtivo metro a metro, levando em conta o fato de que cada pedaço da fazenda tem propriedades diferentes.

Na produção da cana-de-açúcar a Agricultura de Precisão é irreversível, o que trouxe alguns desafios para o setor. Na operação da sulcação, o espaçamento irregular entre sulcos gera dificuldades para todas as operações subsequentes, afetando todo o processo produtivo. As máquinas e implementos trabalham com espaçamento fixo, e se as fileiras estão desalinhadas e fora dos limites de tolerância especificados, as dificuldades nas operações ficam evidentes.

Novas tecnologias têm sido desenvolvidas no campo com o auxílio da mecanização agrícola. Dentre elas, destaca-se a utilização de sistemas de navegação global por satélite (Sistemas GNSS), que aliado a sistemas de direcionamento automático, permite maior controle das operações mecanizadas como tráfego, paralelismo e repetibilidade na semeadura, plantio, aplicação de insumos e colheita. Caso haja a necessidade da repetibilidade das linhas de plantio, como no caso da cultura de cana-de-açúcar, devido à colheita mecanizada, o método de posicionamento relativo cinemático em tempo real - RTK (*Real Time Kinematic*) aliado ao piloto automático é o mais indicado, devido à alta qualidade de posicionamento, que atinge a casa de centímetros (MONICO, 2008; MOLIN et al., 2008; HARBUCK et al., 2006).

É possível apontar vários fatores responsáveis pela recente adoção dos sistemas de piloto automático. Dentre eles está a diminuição do estresse do operador e, conseqüentemente, o aumento da capacidade de campo, além do aumento do número de horas trabalhadas, uma vez que é possível aumentar a jornada de trabalho pela facilidade de operação noturna com esse sistema. Segundo Maruyama et al. (2014) os softwares são grandes ferramentas que contribuem para agricultura como no caso da análise de sementes que é um campo extremamente importante para a agricultura, e atualmente existem sistemas de software específicos, que vem sendo

utilizados como ferramenta de apoio. As técnicas de processamento digital de imagens são uma, dentre várias outras da computação, que têm sido empregadas por estes aportes de software com excelentes resultados.

Assim como em todas as áreas, também na agricultura os softwares têm hoje ferramentas muito importantes para facilitar as análises e para que consigamos chegar a bons resultados, porém verificou-se poucos estudos com o auxílio de softwares focados na agricultura.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1. *Agricultura de Precisão*

A Agricultura de Precisão, também chamada de AP, é uma filosofia de gerenciamento agrícola que parte de informações exatas, precisas e se completa com decisões exatas. Pode-se afirmar que a AP é uma maneira de gerir um campo produtivo metro a metro, levando em conta o fato de que cada pedaço deste campo tenha propriedades diferentes (Roza, 2000).

Para Molin (1998), a Agricultura de Precisão é um conjunto de técnicas que propõem o tratamento localizado dos pontos do terreno com base na variabilidade espacial, procurando maximizar o uso da terra e dos insumos, aumentando a produtividade da propriedade e diminuindo os custos de insumos.

Na produção da cana-de-açúcar a Agricultura de Precisão é irreversível e tende a se acelerar por diversos motivos. Entretanto, apesar do avanço tecnológico proporcionado, a mecanização trouxe alguns desafios para o setor. Na operação da sulcação, o espaçamento irregular entre sulcos gera dificuldades para todas as operações subsequentes, afetando todo o processo produtivo. As máquinas e implementos trabalham com espaçamento fixo, e se as fileiras estão desalinhadas e fora dos limites de tolerância especificados, as dificuldades nas operações ficam evidentes, como por exemplo, o pisoteio das fileiras e as falhas na pulverização (Campos et al. 2008).

Essas ocorrências, segundo Molin (2008), resultaram na aplicação de sistemas de direcionamento mais eficientes que os sistemas utilizados tradicionalmente, como riscadores de solo e marcadores de espuma. Ultimamente, as usinas de açúcar e etanol têm investido no direcionamento via satélite, principalmente no piloto automático para as atividades que exigem algum tipo de orientação, como no plantio mecanizado e na colheita.

Novas tecnologias têm sido desenvolvidas no campo com o auxílio da mecanização agrícola. Dentre elas, destaca-se a utilização de Sistemas de Navegação Global por Satélite (Sistemas GNSS), que aliado a sistemas de direcionamento automático, permitem maior controle das operações mecanizadas como tráfego, paralelismo e repetibilidade na semeadura, plantio, aplicação de insumos e colheita. Caso haja a necessidade da repetibilidade das fileiras de plantio, como no caso da cultura de cana-de-açúcar, devido à colheita mecanizada, o método de posicionamento

relativo cinemático em tempo real - RTK (*Real Time Kinematic*) aliado ao piloto automático é o mais indicado, devido à alta qualidade de posicionamento, que atinge a casa de centímetros (MONICO, 2008; MOLIN et al., 2008; HARBUCK et al., 2006).

## **2. Uso do piloto automático**

De acordo com a John Deere (2014) o piloto automático é um sistema de direcionamento automático via satélite, que opera em reta ou em curva, e é extremamente preciso, pois não tem a interferência do operador. Direciona automaticamente o equipamento sobre uma fileira planejada de aplicação por meio do acionamento automático do comando da direção.

É possível apontar vários fatores responsáveis pela recente adoção dos sistemas de piloto automático. Dentre eles está a diminuição do estresse do operador e, conseqüentemente, o aumento da capacidade de campo, além do aumento do número de horas trabalhadas, uma vez que é possível aumentar a jornada de trabalho pela facilidade de operação noturna com esse sistema (OLIVEIRA, 2011). Segundo Silva et al. (2011) pesquisas apontavam que 39% das usinas de cana-de-açúcar instaladas no Brasil adotavam sistemas de auto direcionamento por satélites, também popularizados por pilotos automáticos.

O uso do piloto automático em pulverizadores, por exemplo, permite ao operador acompanhar a operação de pulverização de forma mais detalhada, trazendo menor fadiga ao trabalhador e diminuindo os erros com sobreposições de insumos, graças ao posicionamento GPS e mapeamento da área com aplicação a taxa variável, acarretando economia no consumo de insumos na ordem de 36,1%, quando comparado a uma aplicação sem o uso de piloto automático e taxa variável (BAIO, 2002).

De acordo com Oliveira (2011) na citricultura o piloto automático baseado em sinal de GNSS, na implantação de novos pomares, promove a correta disposição das mudas; além disso, oferece recursos para otimizar a operação com Potencial redução de custos.

## **3. Softwares e ferramentas para análise comparativa de cenário**

O gerenciamento de um banco de dados tão complexo como o utilizado pela AP é possível com a utilização de sistemas de informação geográfica (SIG). Um SIG pode ser definido como um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre,

integrando diversas tecnologias (Rosa Brito, 2004). O SIG possibilita estabelecer relações entre os atributos de solo e planta georeferenciados, permitindo desenvolver planos de manejo localizado do talhão.

Segundo Maruyama et al. (2014) os softwares são grandes ferramentas que contribuem para agricultura, como no caso de softwares que analisam a qualidade das sementes, um campo extremamente importante para a agricultura, e atualmente existem sistemas de software específicos, que vem sendo utilizados como ferramenta de apoio. As técnicas de processamento digital de imagens são uma, dentre várias outras da computação, que têm sido empregadas por estes aportes de software com excelentes resultados.

Assim como em todas as áreas, também na agricultura os softwares são hoje ferramentas muito importantes para facilitar análises e para que bons resultados sejam atingidos, porém se verificou poucos estudos envolvendo esta área.

#### **4. *Plantio Mecanizado***

O sistema de plantio mecanizado no Brasil é uma atividade agrícola iniciada no século XX em que todas as operações envolvidas no sistema de produção agrícola da cana-de-açúcar podem ser totalmente mecanizadas (Ripoli et al. 2007). Segundo Pinto e Moraes (1997), o sistema de plantio mecanizado elimina a mão-de-obra utilizada no corte manual da muda e parte do pessoal envolvido no plantio convencional, o que implica na redução de custos e maior facilidade de gerenciamento do sistema.

Para que este sistema tenha a produtividade esperada o plantio deve ser monitorado durante toda a sua execução. Porém deve-se observar que quanto maior a exigência em relação à qualidade, maior pode ser o custo da operação (Vicente e Fernandes, 2004). Quintela et al. (1997) observa que o canavial que não atender os requisitos básicos das exigências da cultura no momento do plantio, poderá apresentar menor produtividade e estará mais frágil ao ataque de pragas, redução da longevidade do canavial o sobretudo o aumento dos custos de produção.

O plantio mecanizado requer um planejamento, organização e execuções diferenciadas de todas as operações que o envolvem, diferentemente quando se compara ao método convencional, pois, o mesmo possui vantagens como: abertura dos sulcos, deposição das mudas nos sulcos, aplicação de fertilizantes, herbicidas, inseticidas ou fungicidas, cobertura ou fechamento dos sulcos e por fim a compactação do mesmo para eliminar os bolsões de ar, sendo que todas estas ocorrem simultaneamente (Coleti, 1987).

Boas práticas de plantio são de extrema importância para se alcançar satisfatórios resultados no cultivo da cana-de-açúcar. Dessa forma pode-se obter uma população de plantas adequada, diminuição do número de pragas ou até ausência delas na fase inicial da cultura, bom uso do solo, dentre outros benefícios (Carlin et al. 2004). Assim verifica-se que o estudo de cenários de plantio antes mesmo da execução do plantio torna-se um aliado das boas práticas no início da implantação da cultura.

### **5. Tempos e Movimentos**

O setor agrícola, como qualquer outra atividade, deve ajustar as receitas e os custos de modo a garantir a rentabilidade do negócio. Uma análise crítica dos custos envolvidos e a definição das prioridades para minimizá-los, sem que isso afete a sustentabilidade do negócio, são formas de se evitar a perda da rentabilidade. O sistema mecanizado agrícola, conjunto de equipamentos, máquinas e implementos que realizam os processos de implantação, condução e retirada das culturas comerciais, é um ponto estratégico para a melhoria da rentabilidade, pois ele pode representar, dependendo da cultura, de 20 a 40% dos custos de produção (MILAN, 2004).

No caso da cultura da cana-de-açúcar de açúcar, a mecanização teve um grande impulso nos últimos anos e hoje está presente em todas as etapas do processo. Exemplos desse impulso são as operações mecanizadas de plantio e colheita, que até poucos anos atrás eram conduzidas predominantemente de forma semimecanizada. Em função das restrições legais quanto à queima prévia da cana-de-açúcar, escassez de mão de obra, exigências quanto às condições de trabalho e investimentos em bioeletricidade, o aumento do índice de mecanização na etapa de colheita, com a utilização de colhedoras automotrizes, foi expressivo. Considerando o centro-sul canavieiro, que responde por 88% da produção de cana-de-açúcar, o percentual de colheita mecanizada passou de 28% em 2000 para 80% em 2011 (PAES, 2011).

### III. MATERIAL E MÉTODOS

#### 1. Caracterização da Área

Este trabalho foi conduzido em duas áreas agrícolas de 50,6 ha e 80,3 ha, localizadas no município de Tanabi - SP, nas proximidades das coordenadas geográficas 20°23'S, 49°35'O e 20°22'S, 49°36'O.

O plantio de cana-de-açúcar foi desenvolvido entre março e abril de 2013 e os talhões utilizados para a coleta de dados possuem declividade média de 3,5% e formatos irregulares (trapezoidais) (Figura 1), características comuns à maioria dos talhões de cana-de-açúcar, e estavam posicionados de forma adequada para a recepção do sinal de correção da base RTK, que se encontrava localizada nas coordenadas 20°23'27,66"S e 49°35'9,78"O localizada cerca de 1,3 Quilômetros de distância das áreas estudadas.

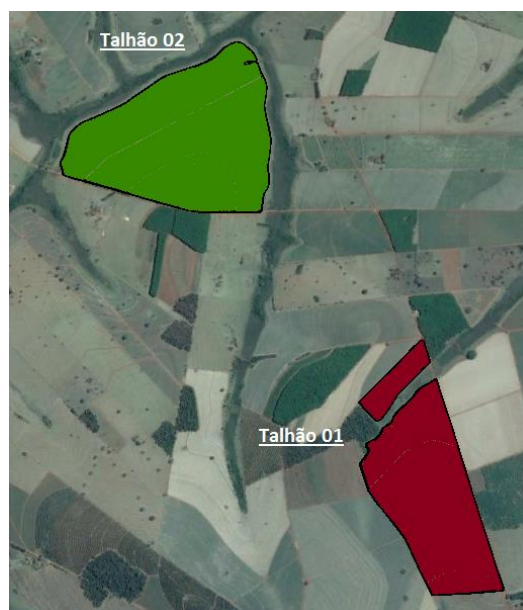


Figura 1. Talhões utilizados no experimento.

*Fonte: Adaptado de Google Earth*

#### 2. Equipamentos utilizados<sup>1</sup>

Na operação de plantio foi utilizado um sistema de navegação da marca John Deere, receptor GPS *StarFire SF3000* e monitor *GreenStar 3 2630* com sistema de correção RTK, com rádio de 900 MHz aliado a um sistema de direcionamento

---

<sup>1</sup> A citação de marcas comerciais não implica em recomendação de uso pelo autor.

automático (piloto automático) hidráulico, também John Deere, conforme caracterizado na Figura 2.

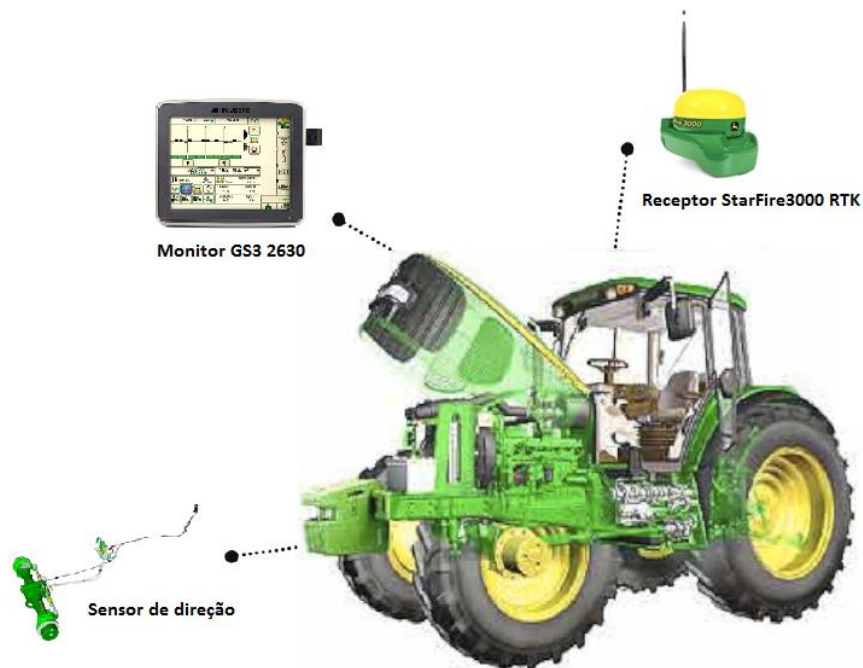


Figura 2. Caracterização do piloto automático John Deere.

*Fonte: John Deere*

O trator utilizado foi um John Deere modelo 7815, com 148 kW de potência no motor, ano de fabricação 2009, com aproximadamente 6000 h de trabalho quando iniciada a coleta de dados. A plantadora utilizada nas avaliações foi uma plantadora de cana-de-açúcar picada fabricada pela DMB, modelo PCP 6000, ano 2008. A operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar picada foi realizada com espaçamento de 1,5 m entre fileiras e velocidade média de  $1,5 \text{ m s}^{-1}$  ( $5,5 \text{ km h}^{-1}$ ).

### **3. Planejamento das fileiras de plantio**

No planejamento das fileiras do plantio utilizou-se o software AgroCAD® (AGROCAD, 2015), desenvolvido pela TecGraf, representante Autodesk®. O planejamento das fileiras foi feito obedecendo-se às etapas descritas na Figura 3

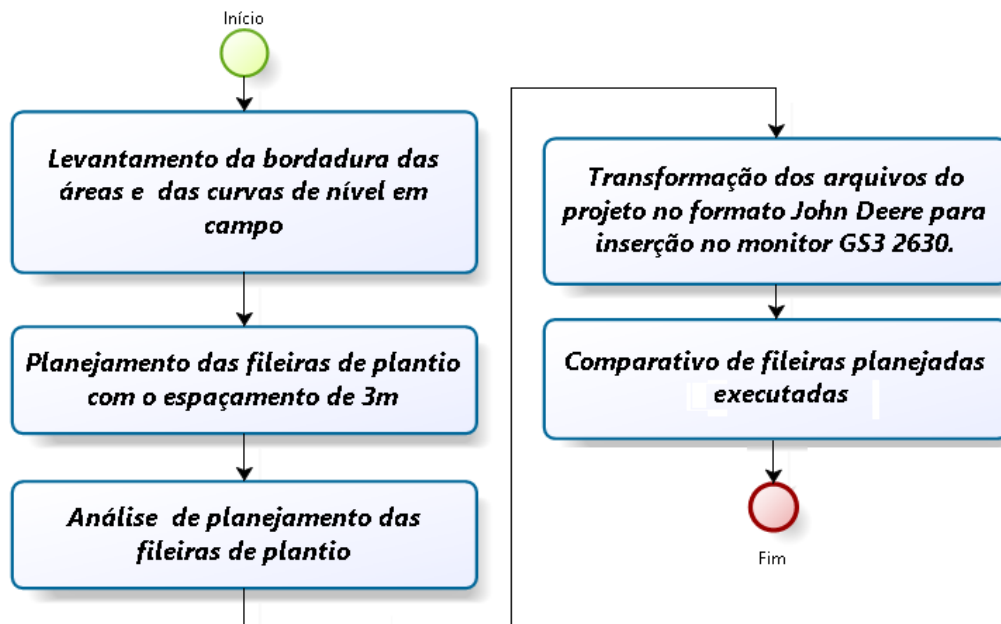


Figura 3. Fluxograma do trabalho.

### 3.1. Levantamento em campo

O levantamento no campo foi feito com o próprio sistema AMS RTK John Deere instalado em um trator. Primeiramente, realizou-se o levantamento da bordadura, percorrendo com o veículo o perímetro do talhão e, posteriormente, procedeu-se da mesma forma, ao levantamento dos terraços existentes na área (Figura 4).

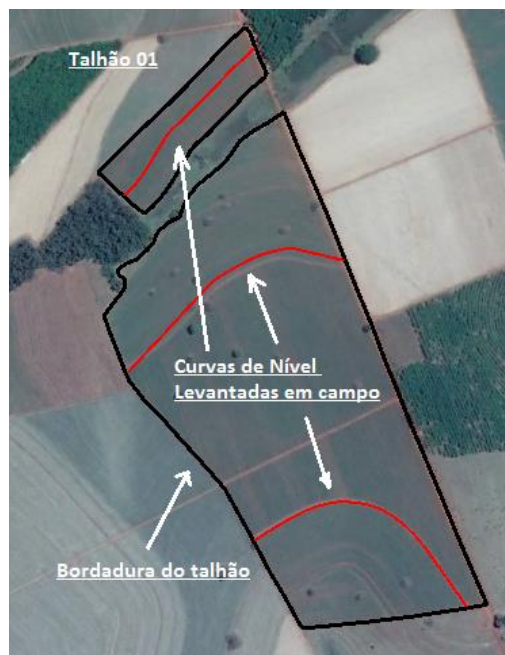


Figura 4. Levantamento dos limites da área de plantio e dos terraços existentes.

Fonte: Adaptado de Google Earth

Com o trabalho finalizado no campo, utilizou-se um dispositivo de armazenamento para retirada dos arquivos do monitor GS3 e importou-os no AgroCAD para início do uso das ferramentas e trabalhos do software.

### **3.2. Planejamento, verificação e análise das fileiras de campo**

Com os levantamentos prontos do campo levou-se os arquivos para o software AgroCAD e a partir dos terraços mapeados em campo, foram criadas fileiras paralelas, com espaçamento de 3 metros entre si, compatíveis com a configuração da plantadora, que possuía dois sulcadores com espaçamento de 1,5 m entre eles. Na Figura 5 podemos observar as fileiras paralelas criadas, bem como o posicionamento das fileiras de plantio.

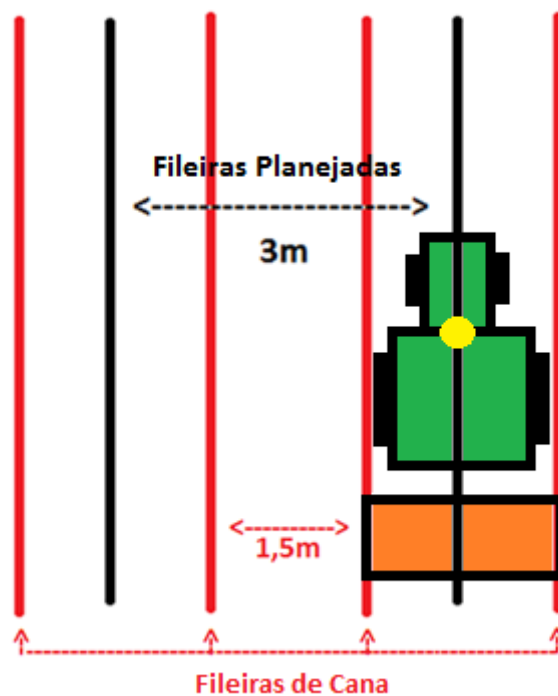


Figura 5. Fileiras planejadas x Fileiras de cana-de-açúcar.

Uma vez desenhadas as fileiras, iniciou-se o processo de análise de sulcação para verificar qual a melhor forma de distribuir as fileiras dentro do talhão, efetuando-se simulações que permitiram avaliar qual seria o projeto de plantio mais eficiente, utilizando como critério para seleção a análise de curvas de nível mortas (matação), economia de combustível, melhor capacidade de campo operacional e otimização de manobras.

Dessa forma foram elaborados para cada talhão, três cenários com as fileiras planejadas de formas distintas em cada um deles, de modo a permitir a verificação e a análise das variáveis citadas acima e, posteriormente, a partir das análises realizada com o software AgroCAD, buscar o melhor cenário para a execução do plantio. Com os cenários prontos, foram analisadas todas as variáveis utilizando-se de tabelas contendo os resultados de cada cenário, indicando o tempo e a quantidade de manobra, capacidade operacional, tempo de percurso, tempo total de execução, análise de matações e consumo de combustível, entre outros (Figuras 6 e 7).

<b><u>Resumo do estudo de Sistematização</u></b>							
<b>Análise dos tiros de Sulcação</b>				<b>Análise de manobras</b>			
<i>Cenário</i>	<i>Qtidade</i>	<i>Total (m)</i>	<i>Média (m)</i>	<i>Qtde de Manobras</i>	<i>Tempo de Manobras</i>	<i>Tempo Percurso</i>	<i>Tempo Total</i>
Sem Otimizar	542	159168,16	293,67	542	36h08min.	28h56min.	65h04min.
Otimizando	404	159768,00	395,47	404	26h56min.	29h03min.	55h59min.
Circulação Adicional para otimização (m): 599,84				Tempo/manobra (segundos): 120		Velocidade Média (Km/h): 5,5	
				Ha/h: 0,73	Consumo médio (L/h): 18	Consumo Total (L): 1171,31	
<b>Análise de Matação</b>				<b>Previsão de Rendimento</b>			
<i>Tipo</i>	<i>Qtidade</i>	<i>Total (m)</i>	<i>Média (m)</i>	Comprimento total das linhas de plantio (m)			318336,32
Sem Matação	208	74595,43	358,63	Produtividade por metro linear (Kg/m)			0,04
Com Matação	334	84572,73	253,21	Potencial produtivo linear (ton)			12733,50
Total Geral	542	159168,16	293,67	Produtividade por área (ton/ha)			80,00
Percentual de Matação: 61,6%				Previsão da produção pela área disponível (ton)			3819,85
<b>Resumo da área (ha)</b>				<b>Mudas</b>			
Tipo	Total	Média		Gemas por metro linear			0,30
Talhões	47,75	15,92		Número total de gemas			1061121
				Peso médio de uma gema (g)			200,00
				Peso total das gemas (ton)			212,22

(a)

<b><u>Resumo do estudo de Sistematização</u></b>							
<b>Análise dos tiros de Sulcação</b>				<b>Análise de manobras</b>			
<i>Cenário</i>	<i>Qtidade</i>	<i>Total (m)</i>	<i>Média (m)</i>	<i>Qtde de Manobras</i>	<i>Tempo de Manobras</i>	<i>Tempo Percurso</i>	<i>Tempo Total</i>
Sem Otimizar	461	159099,58	345,12	461	30h44min.	28h56min.	59h40min.
Otimizando	424	159443,75	376,05	424	28h16min.	28h59min.	57h15min.
Circulação Adicional para otimização (m): 344,17				Tempo/manobra (segundos): 120		Velocidade Média (Km/h): 5,5	
				Ha/h: 0,80	Consumo médio (L/h): 18	Consumo Total (L): 1073,89	
<b>Análise de Matação</b>				<b>Previsão de Rendimento</b>			
<i>Tipo</i>	<i>Qtidade</i>	<i>Total (m)</i>	<i>Média (m)</i>	Comprimento total das linhas de plantio (m)			318199,15
Sem Matação	385	140762,41	365,62	Produtividade por metro linear (Kg/m)			0,0400
Com Matação	76	18337,17	241,28	Potencial produtivo linear (ton)			12728,50
Total Geral	461	159099,58	345,12	Produtividade por área (ton/ha)			80,00
Percentual de Matação: 16,5%				Previsão da produção pela área disponível (ton)			3817,77
<b>Resumo da área (ha)</b>				<b>Mudas</b>			
Tipo	Total	Média		Gemas por metro linear			0,30
Talhões	47,75	15,92		Número total de gemas			1060664
				Peso médio de uma gema (g)			200,00
				Peso total das gemas (ton)			212,13

(b)

<b>Resumo do estudo de Sistematização</b>							
<b>Análise dos tiros de Sulcação</b>				<b>Análise de manobras</b>			
<b>Cenário</b>	<b>Qtidade</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Média (m)</b>	<b>Qtde de Manobras</b>	<b>Tempo de Manobras</b>	<b>Tempo Percurso</b>	<b>Tempo Total</b>
Sem Otimizar	489	159015,77	325,19	489	32h36min.	28h55min.	61h31min.
Otimizando	446	149576,69	335,37	446	29h44min.	27h12min.	56h56min.
Circulação Adicional para otimização (m): -9439,08				Tempo/manobra (segundos): 120		Velocidade Média (Km/h): 5,5	
				Ha/h: 0,78	Consumo médio (L/h): 18	Consumo Total (L): 1107,22	
<b>Análise de Matação</b>				<b>Previsão de Rendimento</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Qtidade</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Média (m)</b>	Comprimento total das linhas de plantio (m)			318031,54
Sem Matação	287	97841,34	340,91	Produtividade por metro linear (Kg/m)			0,0400
Com Matação	202	61174,43	302,84	Potencial produtivo linear (ton)			12721,30
Total Geral	489	159015,77	325,19	Produtividade por área (ton/ha)			80,00
Percentual de Matação: 41,3%				Previsão da produção pela área disponível (ton)			3819,85
<b>Resumo da área (ha)</b>				<b>Mudas</b>			
Tipo	Total	Média		Gemas por metro linear			0,30
Talhões	47,75	15,92		Número total de gemas			1060105
				Peso médio de uma gema (g)			200,00
				Peso total das gemas (ton)			212,02

(c)

Figura 6. Tela do AgroCAD, com tabela da sistematização: (a) cenário A da área 1; (b) cenário B da área 1; (c) cenário C da área 1.

<b>Resumo do estudo de Sistematização</b>							
<b>Análise dos tiros de Sulcação</b>				<b>Análise de manobras</b>			
<b>Cenário</b>	<b>Qtidade</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Média (m)</b>	<b>Qtde de Manobras</b>	<b>Tempo de Manobras</b>	<b>Tempo Percurso</b>	<b>Tempo Total</b>
Sem Otimizar	686	277647,67	404,73	686	45h44min.	50h29min.	96h13min.
Otimizando	509	278696,92	547,54	509	33h56min.	50h40min.	84h36min.
Circulação Adicional para otimização (m): 1049,25				Tempo/manobra (segundos): 120		Velocidade Média (Km/h): 5,5	
				Ha/h: 0,87	Consumo médio (L/h): 18	Consumo Total (L): 1731,87	
<b>Análise de Matação</b>				<b>Previsão de Rendimento</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Qtidade</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Média (m)</b>	Comprimento total das linhas de plantio (m)			555295,35
Sem Matação	606	252555,77	416,76	Produtividade por metro linear (Kg/m)			0,0400
Com Matação	80	25091,9	313,65	Potencial produtivo linear (ton)			22211,80
Total Geral	686	277647,67	404,73	Produtividade por área (ton/ha)			80,00
Percentual de Matação: 11,7%				Previsão da produção pela área disponível (ton)			6668,96
<b>Resumo da área (ha)</b>				<b>Mudas</b>			
Tipo	Total	Média		Gemas por metro linear			0,30
Talhões	83,36	20,84		Número total de gemas			1850984
				Peso médio de uma gema (g)			200,00
				Peso total das gemas (ton)			370,20

(a)

<b>Resumo do estudo de Sistematização</b>							
<b>Análise dos tiros de Sulcação</b>				<b>Análise de manobras</b>			
<b>Cenário</b>	<b>Qtidade</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Média (m)</b>	<b>Qtde de Manobras</b>	<b>Tempo de Manobras</b>	<b>Tempo Percurso</b>	<b>Tempo Total</b>
Sem Otimizar	755	277468,72	367,51	755	50h20min.	50h27min.	100h47min.
Otimizando	440	279456,49	635,13	440	29h20min.	50h49min.	80h09min.
Circulação Adicional para otimização (m): 1987,77				Tempo/manobra (segundos): 120		Velocidade Média (Km/h): 5,5	
				Ha/h: 0,83	Consumo médio (L/h): 18	Consumo Total (L): 1814,08	
<b>Análise de Matação</b>				<b>Previsão de Rendimento</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Qtidade</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Média (m)</b>	Comprimento total das linhas de plantio (m)			554937,44
Sem Matação	710	267148,77	376,27	Produtividade por metro linear (Kg/m)			0,0400
Com Matação	45	10319,95	229,33	Potencial produtivo linear (ton)			22197,50
Total Geral	755	277468,72	367,51	Produtividade por área (ton/ha)			80,00
Percentual de Matação: 6,0%				Previsão da produção pela área disponível (ton)			6668,96
<b>Resumo da área (ha)</b>				<b>Mudas</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>	Gemas por metro linear			0,30	
Talhões	83,36	20,84	Número total de gemas			1849791	
				Peso médio de uma gema (g)			200,00
				Peso total das gemas (ton)			369,96

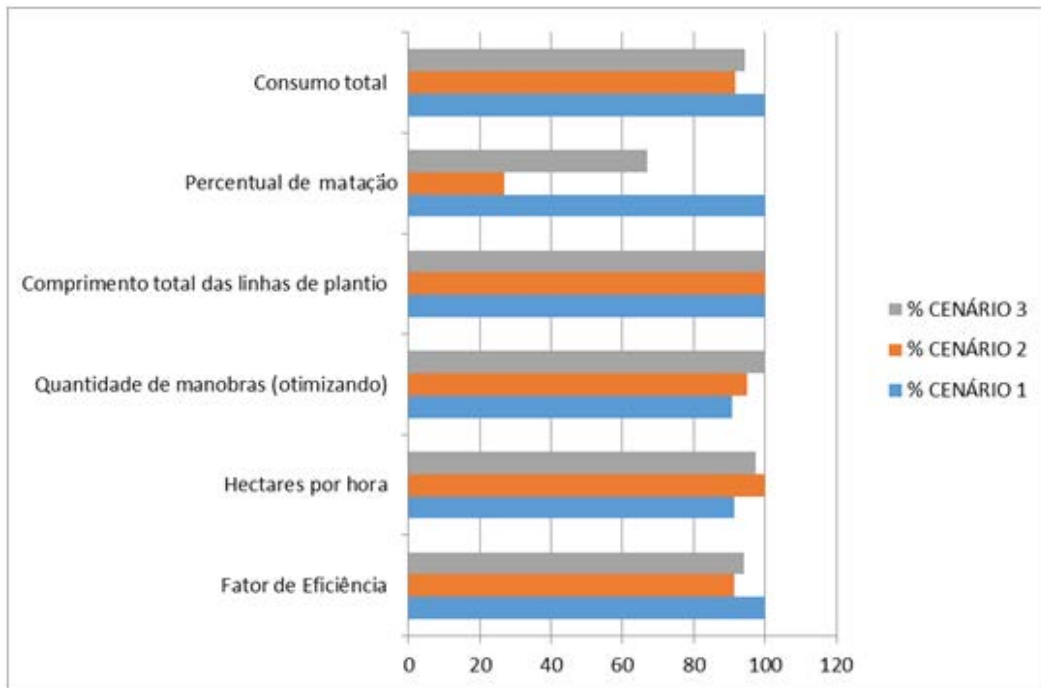
(b)

<b>Resumo do estudo de Sistematização</b>							
<b>Análise dos tiros de Sulcação</b>				<b>Análise de manobras</b>			
<b>Cenário</b>	<b>Qtidade</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Média (m)</b>	<b>Qtde de Manobras</b>	<b>Tempo de Manobras</b>	<b>Tempo Percurso</b>	<b>Tempo Total</b>
Sem Otimizar	731	277657,95	379,83	731	48h44min.	50h29min.	99h13min.
Otimizando	446	279286,27	626,2	446	29h44min.	50h47min.	80h31min.
Circulação Adicional para otimização (m): 1628,32				Tempo/manobra (segundos): 120		Velocidade Média (Km/h): 5,5	
				Ha/h: 0,84	Consumo médio (L/h): 18	Consumo Total (L): 1785,90	
<b>Análise de Matação</b>				<b>Previsão de Rendimento</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Qtidade</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Média (m)</b>	Comprimento total das linhas de plantio (m)			555315,91
Sem Matação	568	255924,11	450,57	Produtividade por metro linear (Kg/m)			0,0400
Com Matação	163	21733,84	133,34	Potencial produtivo linear (ton)			22212,60
Total Geral	731	277657,95	379,83	Produtividade por área (ton/ha)			80,00
Percentual de Matação: 22,3%				Previsão da produção pela área disponível (ton)			6668,96
<b>Resumo da área (ha)</b>				<b>Mudas</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>	Gemas por metro linear			0,30	
Talhões	83,36	20,84	Número total de gemas			1851053	
				Peso médio de uma gema (g)			200,00
				Peso total das gemas (ton)			370,21

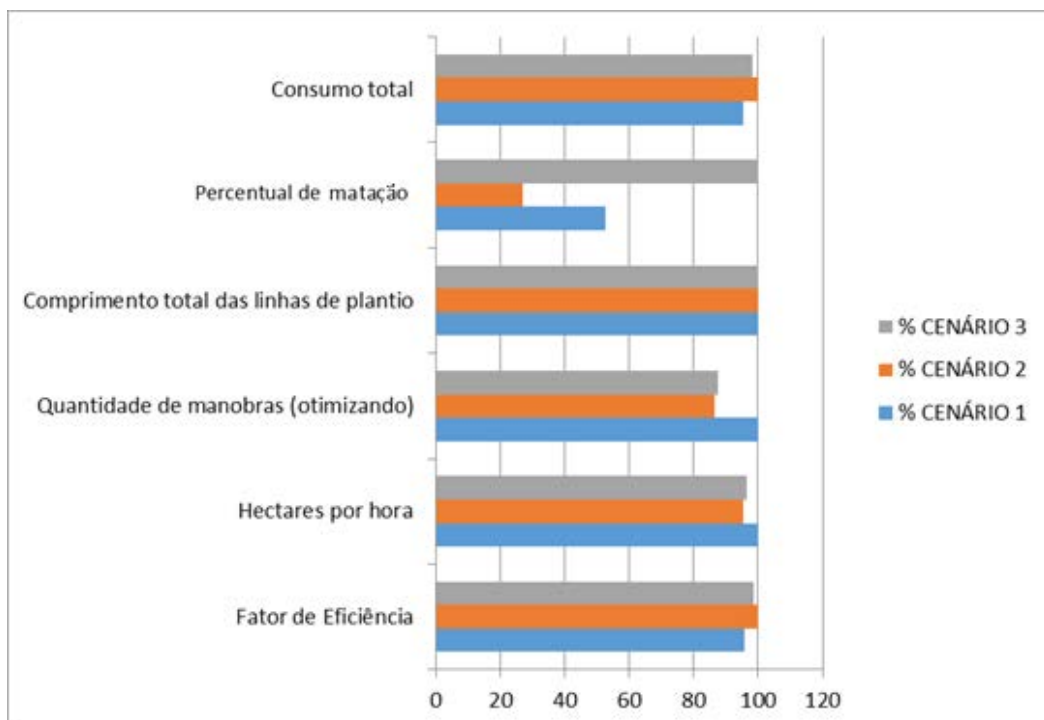
(c)

Figura 7. Tela do AgroCAD, com tabela da sistematização: (a) cenário A da área 2; (b) cenário B da área 2; (c) cenário C da área 2.

Após a análise das tabelas de cada a área e para cada cenário, foi gerado por meio do software AgroCAD os estudos de caso comparando-se os três cenários entre si (Figura 8). Os resultados foram inseridos em planilhas para possibilitar um comparativo de variáveis entre os cenários, para que, considerando-se os critérios verificados, fosse selecionada a melhor opção de plantio para cada área.



(a)



(b)

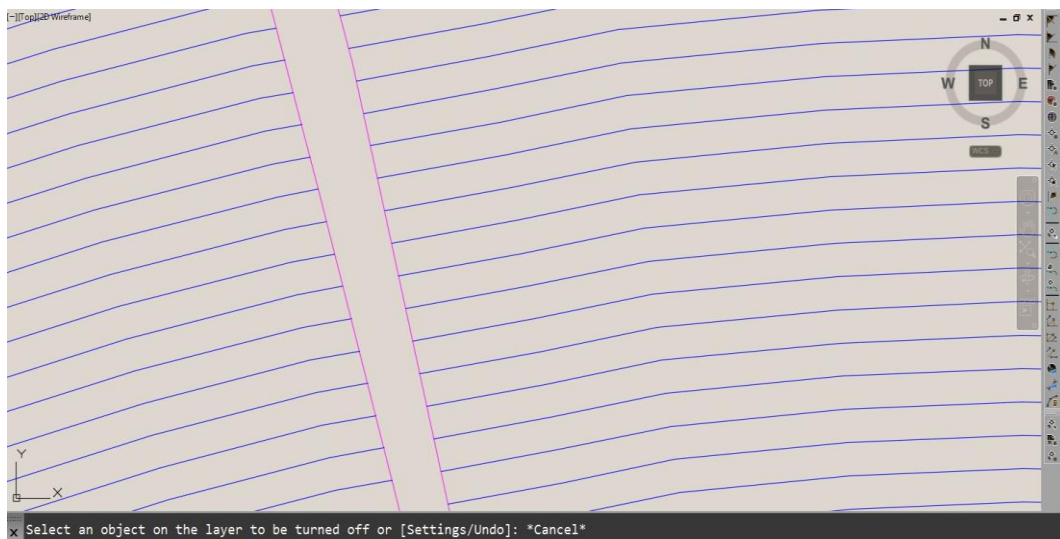
Figura 8. Estudo de cenários das fileiras (a) área 1 (b) área 2

Fonte: AgroCAD®

Para cada cenário, pôde-se ainda comparar também duas condições de planejamento: com e sem otimização. A condição “sem otimização” representa a

utilização das fileiras de sulcação, porém, sem a junção de fileiras próximas (Figura 9a).

Na otimização, com o uso do software, verificam-se as possibilidades de junção de fileiras de sulcação próximas, utilizando como critérios a máxima distância entre nós e o ângulo máximo permitido pelo piloto automático. Para esta análise foram considerados os valores de 25 metros de distância entre pontos e  $10^\circ$  para angulação máxima (Figura 9b). Na Figura 10 tem-se um exemplo da otimização de manobra de cada cenário, onde junta todas as fileiras possíveis entre cada talhão.



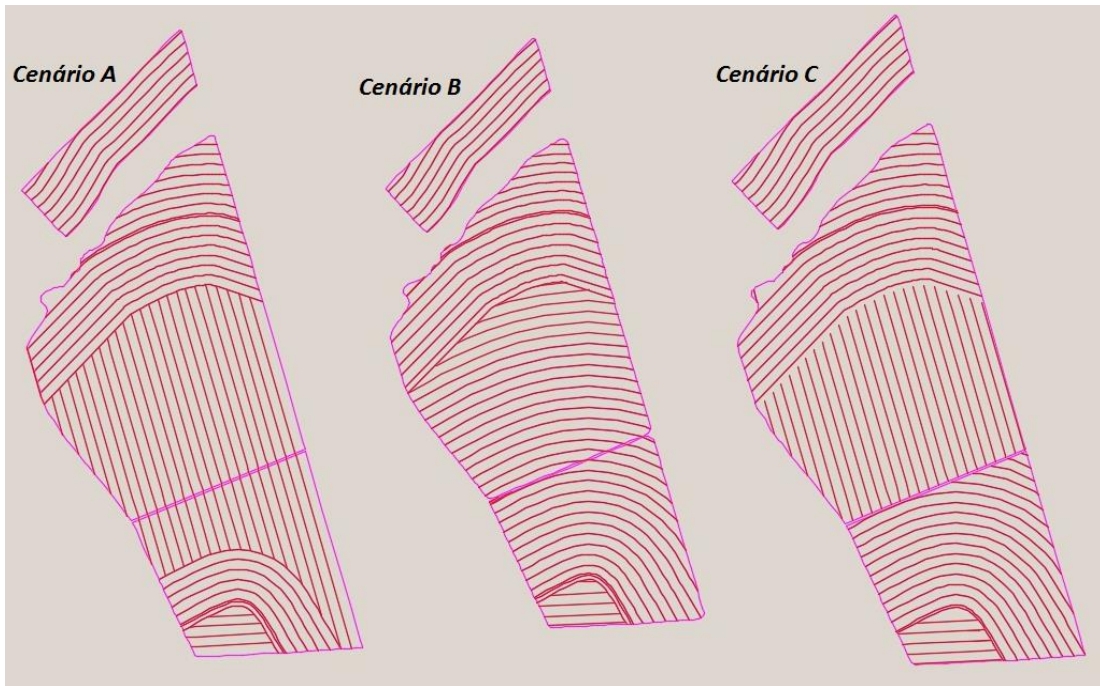
(a)



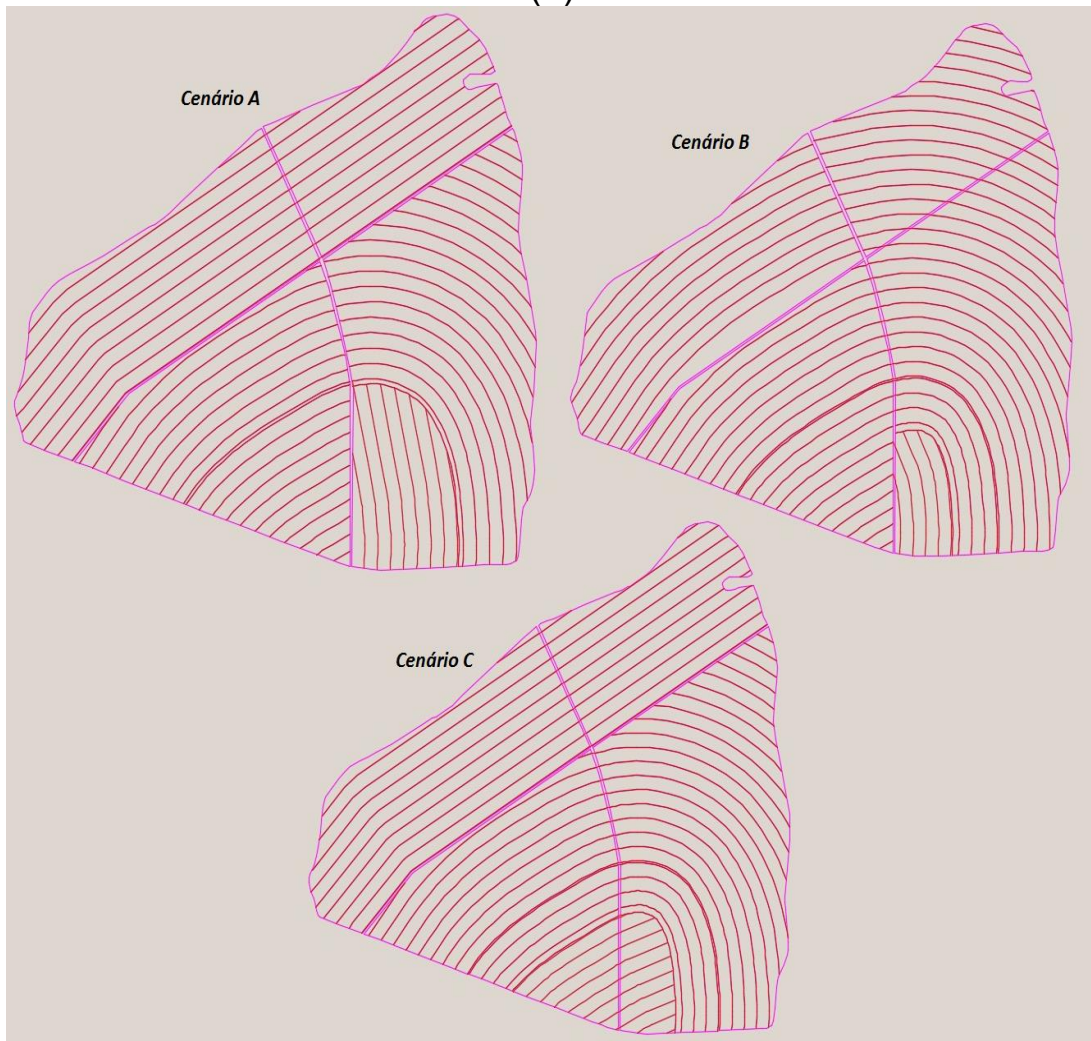
(b)

Figura 9. Exemplo de otimização de manobra: a) Não Otimizado; b) Otimizado.

Fonte: AgroCAD®



(a)



(b)

Figura 10. Cenários otimizados a) área 1 b) área 2.

Fonte: AgroCAD®

Após todas as fileiras serem criadas e analisadas (Figura 11) as fileiras de plantio foram transformadas pelo software AgroCAD no formato John Deere e gravadas em um dispositivo de armazenamento para inserção do projeto no monitor GS3 2630.



Figura 11. Fileiras prontas para serem inseridas no monitor

*Fonte: Adaptado de Google Earth*

O formato John Deere, diferentemente de outras marcas, resulta em arquivos que apenas o sistema John Deere consegue interpretar e, portanto não basta termos as linhas prontas em *shape file* (formato de arquivos universal) e inseri-las no monitor John deere, precisamos antes de um software, no caso o próprio AgroCAD para fazer esta conversão.

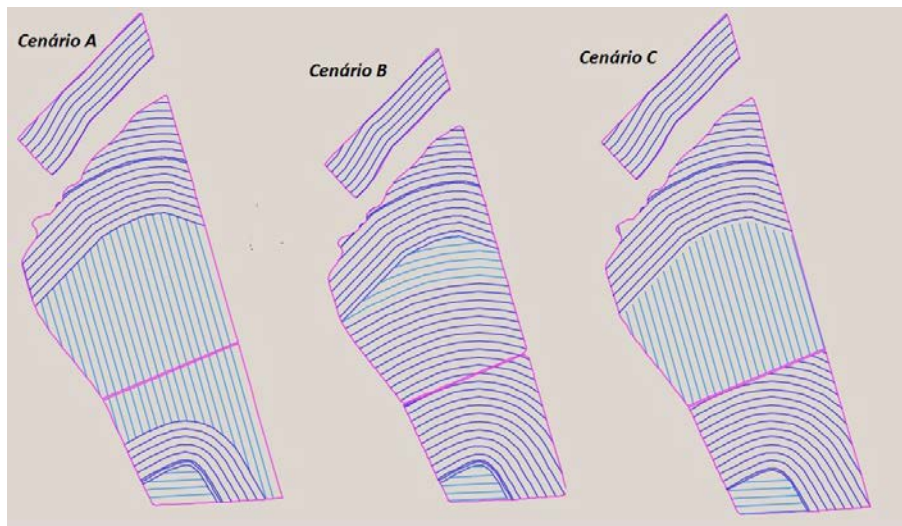
A execução do plantio com as fileiras projetadas acontece após a inserção dos dados gerados no AgroCAD em um pen-drive e inseridos no monitor GS3 2630. Após a inserção das fileiras planejadas no monitor o operador do trator apenas entra na fileira desejada e aciona o piloto automático.

#### **4. Comparativos entre as fileiras planejadas e executadas**

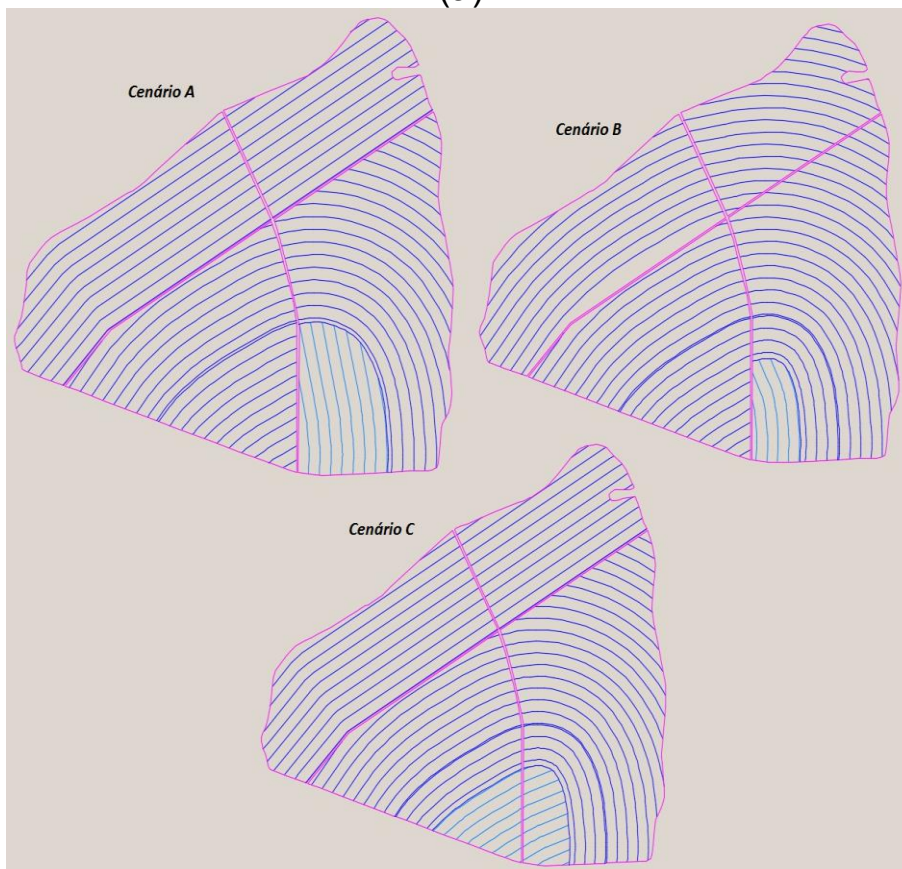
Após o final da execução do cenário escolhido para cada área, ou seja, após o termino do plantio, extraiu-se os dados das fileiras executadas e a partir daí fez-se o comparativo entre as fileiras planejadas e as fileiras executadas no campo. Por comandos do AgroCAD, analisou-se a confiabilidade da execução do projeto, possibilitando identificar os desvios realizados em campo, juntamente com a comparação de tempo executado de manobra, capacidade de campo operacional,

tempo efetivo de plantio entre outros da mesma maneira que fez-se com a análise dos três cenários: gerando a tabela com as informações conforme Figura 7.

Na Figura 12 tem-se a maneira como as fileiras foram projetadas para cada talhão e seus respectivos cenários, para as áreas 1 e 2. Observa-se que os cenários foram realizados considerando-se o alinhamento das curvas de nível existentes nas áreas.



(a)



(b)

Figura 12. Cenários planejados a) área 1 b) área 2. Fonte: AgroCAD®

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. *Tempos de execução*

Analisando-se os tempos envolvidos no planejamento da operação de plantio nos três cenários propostos (Figura 14a e 14b), verifica-se que para a área 1, como esperado, os tempos total de execução e de manobras foram maiores antes da otimização das fileiras de plantio. No que se refere ao tempo de percurso, constata-se que praticamente não ocorre diferença entre as situações com e sem otimização para os cenários A e B, enquanto que no cenário C, após a otimização há economia de 5,9% no tempo de percurso.

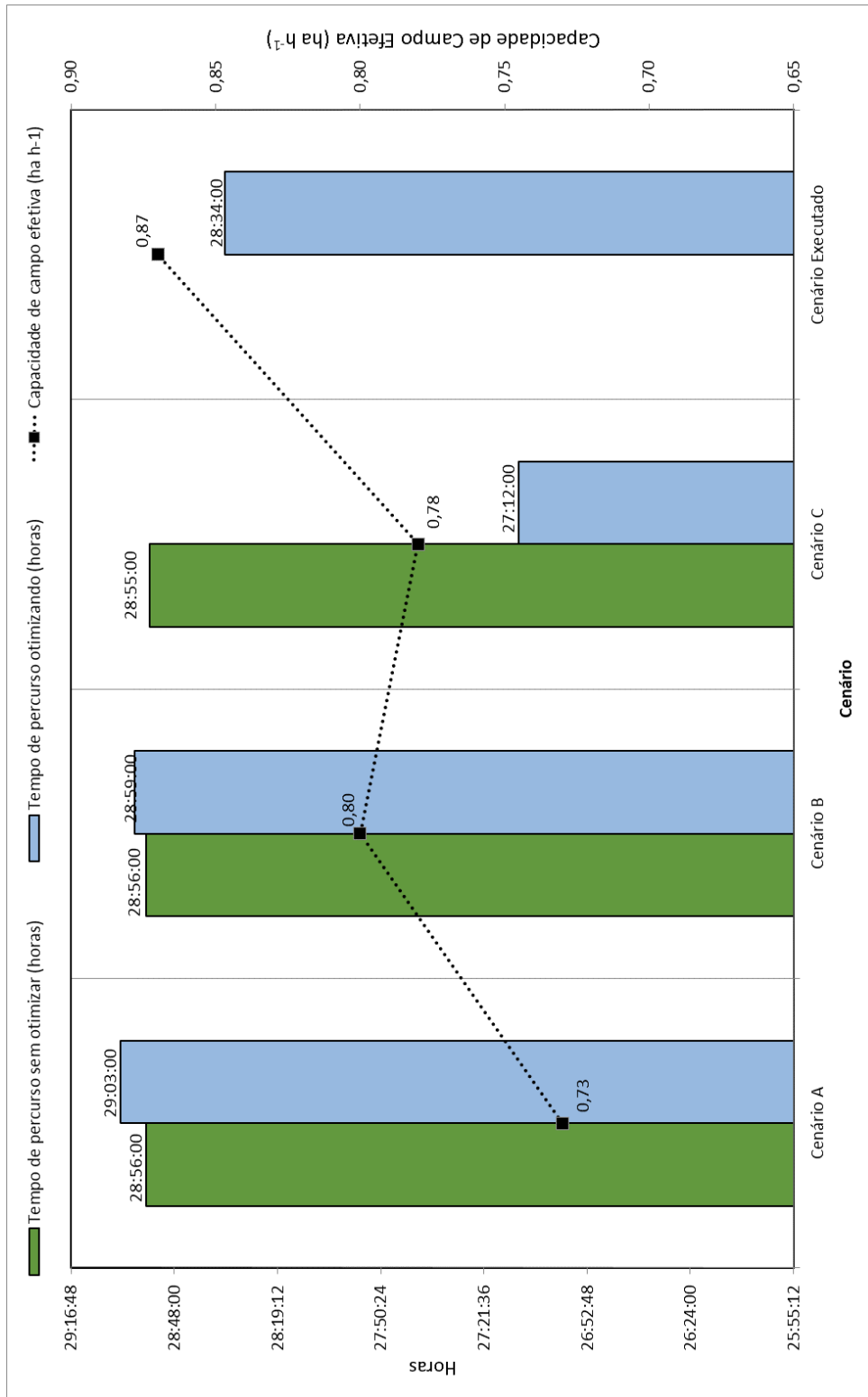
Com relação ao tempo total de execução previsto em cada cenário, observa-se que após a otimização irá ocorrer a diminuição de 14,0%, 4,1% e 7,5% para os cenários A, B e C, respectivamente. Esta maior variação se deu pelo fato de que, no cenário A ocorreu a diminuição de 25,5% no tempo de manobra, devido ao fato de que as junções de fileiras entre talhões contíguos foi favorecida, pois, neste cenário ocorreu maior número de nós dentro dos limites de ângulos e distâncias máximos, previamente estabelecidos (Figura 13). Já para os cenários B e C, apesar de ambos terem apresentado tempos de manobras iguais (8,0 e 8,8%, respectivamente) (Figura 14), observa-se que o cenário C proporcionou maior redução do tempo total de execução (7,5%) uma vez que neste cenário ocorreu a redução de, aproximadamente duas horas no tempo de percurso.

Neste caso, optou-se pela execução do cenário A e observou-se que para os valores de tempo de manobra e de percurso houve diferença entre o que havia sido planejado e o que realmente aconteceu no campo em cerca de 50 minutos a menos na execução total ocasionado pela maior agilidade na manobra e velocidades de plantio constante.

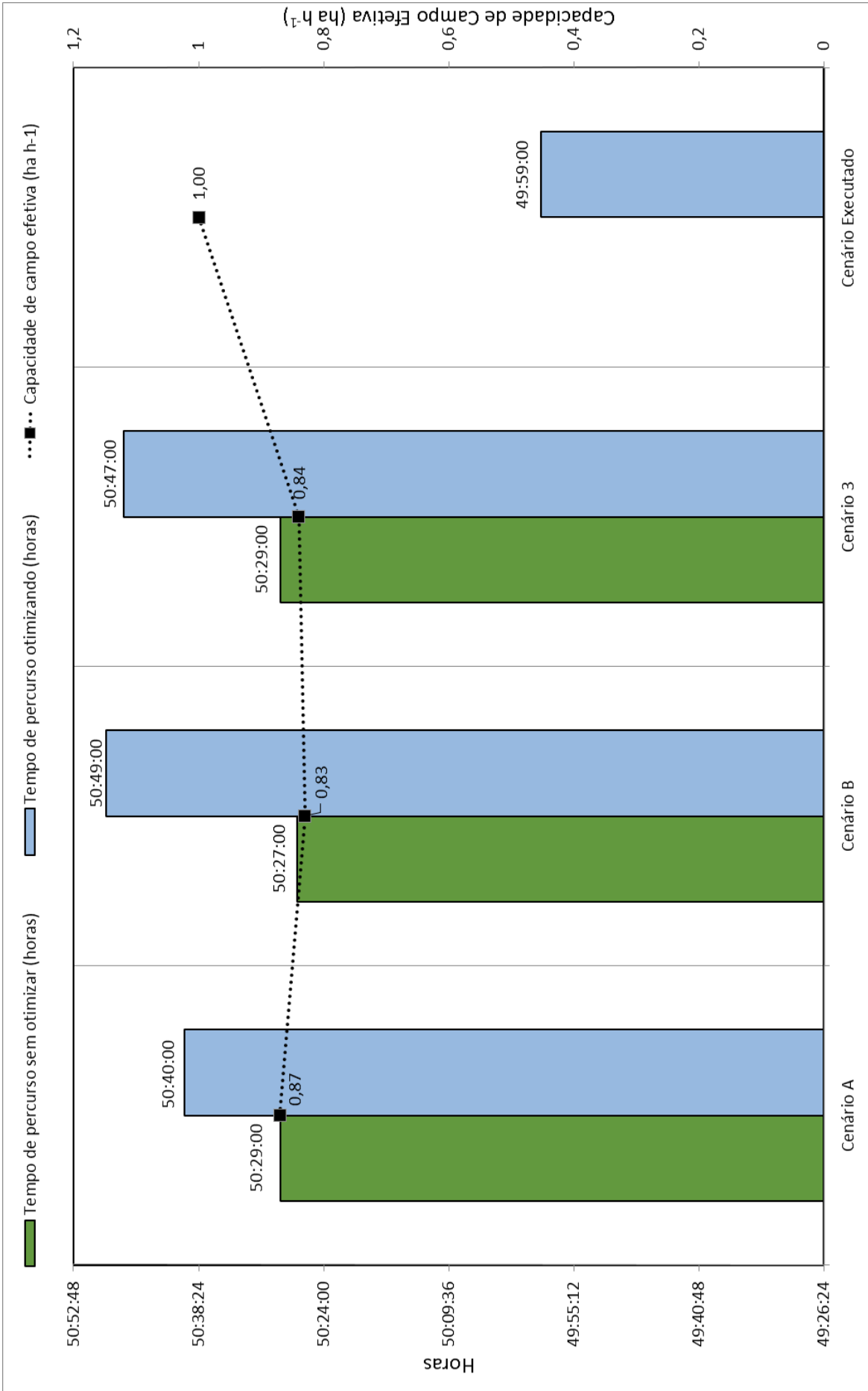
Verificando-se os tempos envolvidos no planejamento da operação de plantio nos três cenários propostos da área 2 (Figura 14c e d), analisa-se que, de modo geral, os tempos total de execução, e de manobras foram maiores antes da otimização das fileiras de plantio no cenário B. No que se refere ao tempo de percurso, constata-se que praticamente não haverá diferença entre as situações com e sem otimização para ambos os cenários.

Com relação ao tempo total de execução previsto em cada cenário, observa-se que após a otimização irá ocorrer a diminuição de 12,0%, 20,4% e 18,8% para os cenários A, B e C, respectivamente.

Neste caso, preferiu-se pela execução do cenário A e observou-se que os valores de tempo de manobra e de percurso sofreram diferenças entre o que havia sido planejado e o que realmente aconteceu no campo pelo mesmo motivo que na área 1 e o tempo de economia no total foi de aproximadamente 50 minutos a menos de tempo de execução total.

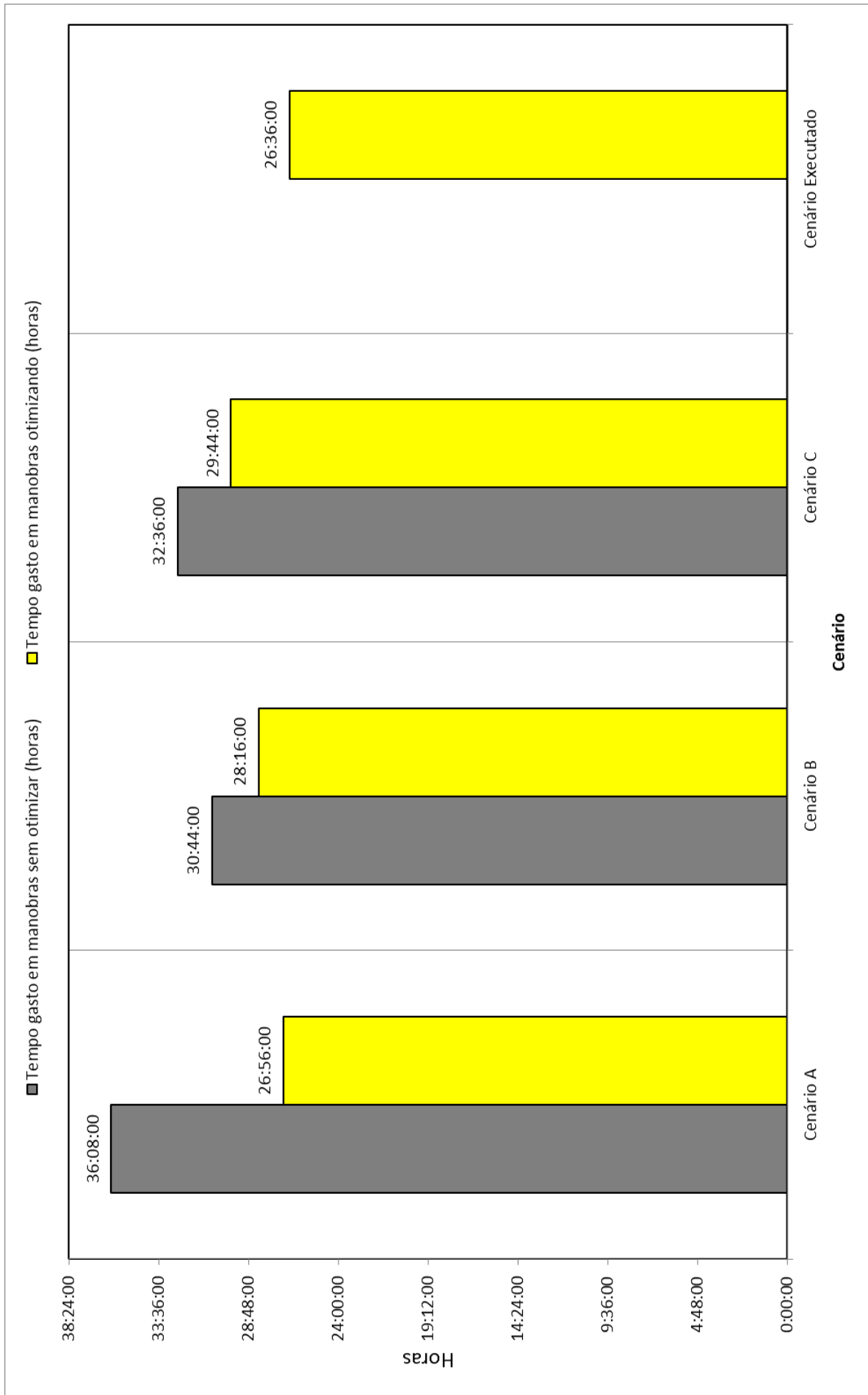


(a)



(b)

Figura 13. Tempo total de execução e de percurso para: a) área 1; b) área 2.



(a)

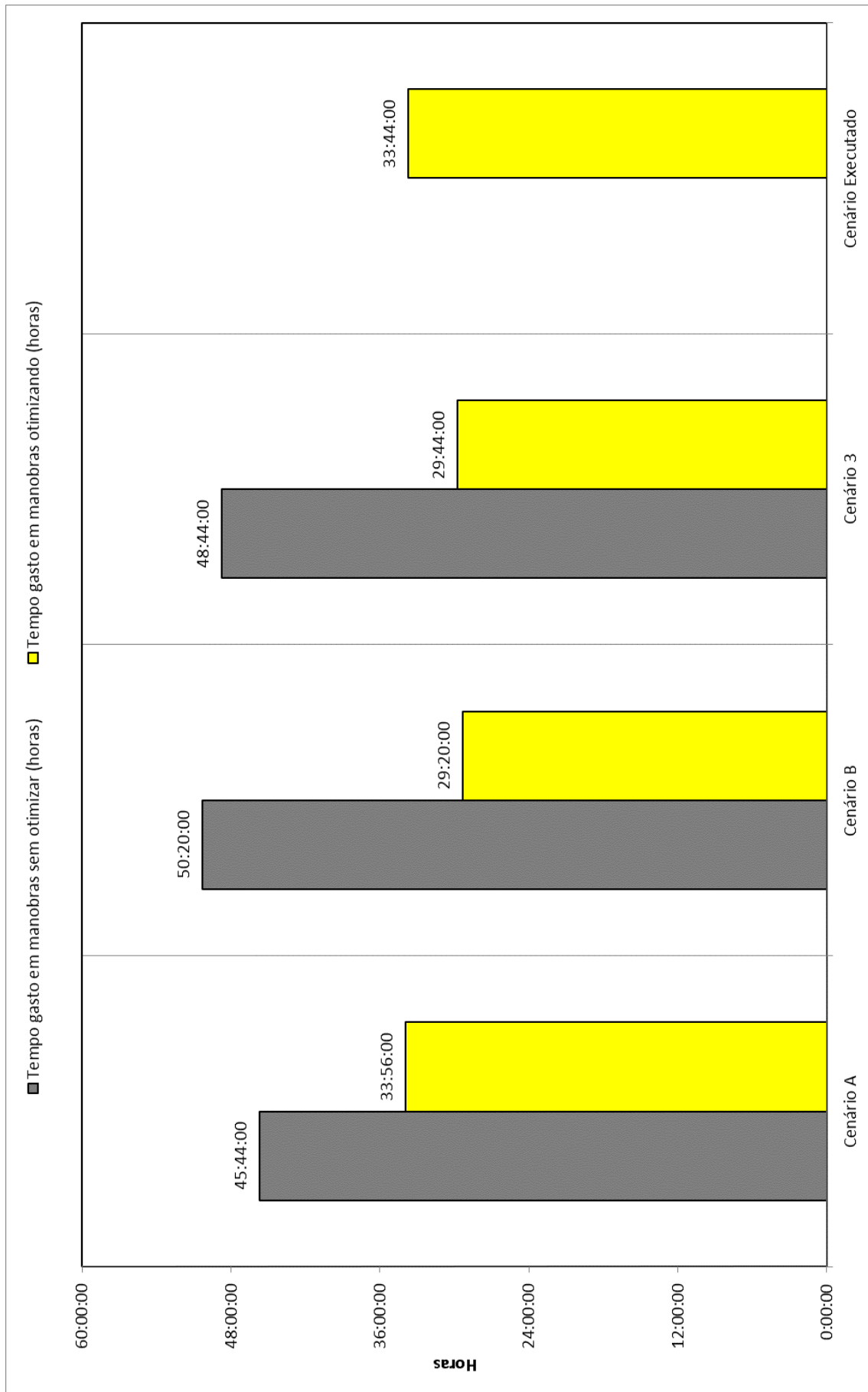


Figura 14. Tempo de manobra para: a) área 1; b) área 2.

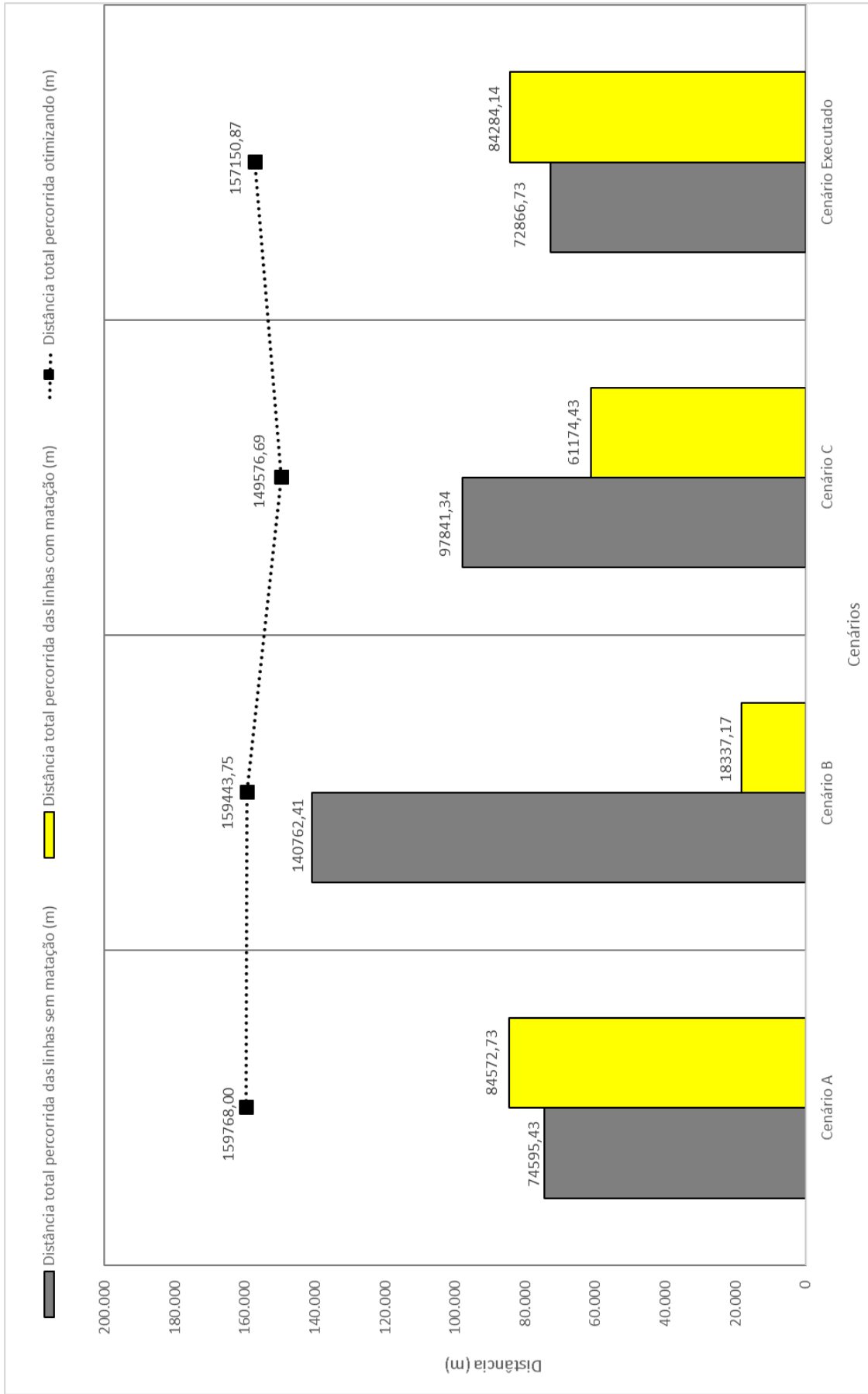
(b)

## **2. Distância Percorrida**

Comparando-se as distâncias percorridas na otimização de cenários, (Figura 15) observa-se que há aumento destas distâncias para os cenários A e B nas áreas 1 e 2, enquanto que no cenário C a distância aumenta para a área 2 e diminui na área 1. O aumento nas distâncias nas áreas 1 e 2 para os cenários A e B, e C da área 2 se deve ao fato de que com a otimização dos cenários, o software busca uma melhor junção das fileiras de plantio para que se possa ter o maior comprimento de cana-de-açúcar plantada. Porém nem todas as áreas e sistematizações fazem com o que o software melhore estes valores como no caso do cenário C da área 1 em que houve uma diminuição da distância percorrida.

Observa-se também que o cenário B apresenta maior distância percorrida em fileiras sem matação, tanto na área 1 quanto na área 2, embora este aumento seja mais acentuado para a área 1. Isto ocorre devido ao fato do talhão proporcionar menor número de matações, juntamente com o menor número de curvas de nível fazendo com que se tenha maior número de fileiras de plantio, evitando o encontro em fileiras que geram matação.

Quando se compara o cenário executado com o cenário A constata-se que houve diminuição da distância percorrida em 1,64% e 1,33% para as áreas 1 e 2, respectivamente. Isto ocorre porque durante a execução são detectadas limitações físicas, tais como presença de terraços, árvores ou outros obstáculos, que obstruem a passagem do conjunto trator-plantadora. Na área 1 os principais obstáculos foram árvores e algumas pedras. Na área 2 foram detectadas alguns problemas na largura dos carregadores.



(a)

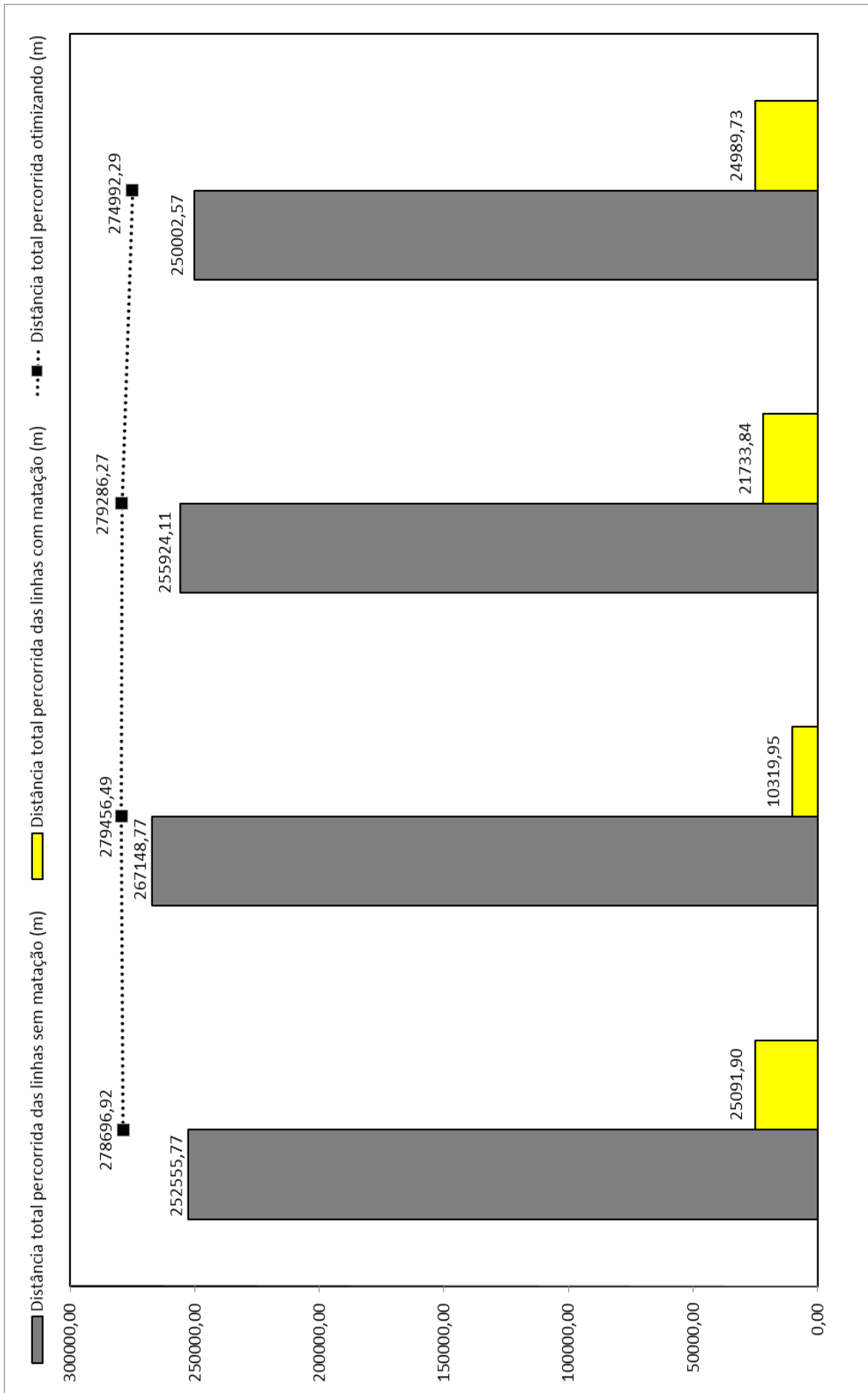


Figura 15. Distância total percorrida e comprimento total das fileiras de plantio:  
a) área 1; b) área 2.

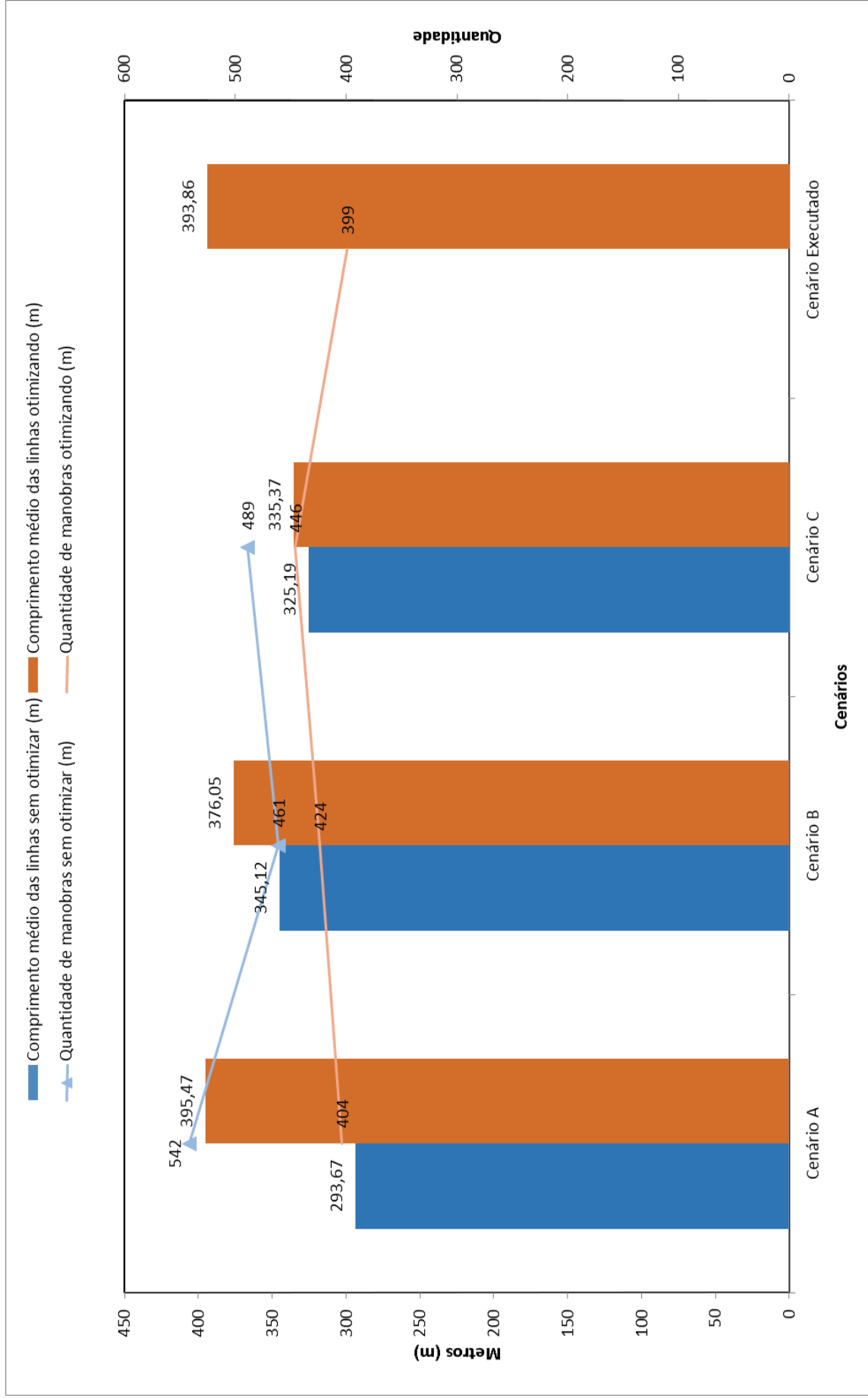
(b)

### **3. Verificação de comprimentos e manobras**

Constatando-se as áreas 1 e 2 (Figura 16) em relação ao comprimento médio das fileiras, houve acréscimo do comprimento médio das fileiras para todos os cenários, porém o cenário B da área 2 foi o mais acentuado (43%), e na área 1 o cenário A (26%). Observa-se também que a quantidade de manobras diminuiu em todos os cenários quando utiliza-se otimização. O maior aumento observado foi do cenário B e C da área 2 (42% e 39% respectivamente).

O aumento no número médio do comprimento das fileiras já era esperado, pois como avaliado antes, com a otimização dos cenários, o software busca alternativa de junção de fileiras de plantio para diminuição das manobras consequentemente aumentando o número médio do comprimento das fileiras. Os valores de diminuição das manobras, principalmente dos cenários B e C da área 1 são consequências da distribuição física favorável do talhão, juntamente com a melhor distribuição das fileiras em relação aos outros cenários e também pelo fato da área 2 possuir maior número de talhões que a área 1 contribuindo para maiores junções de fileiras entre talhões, diminuindo consideravelmente o número de manobras.

Comparando os cenários executados com o planejado de cada área (cenário A), obteve praticamente os mesmos valores de manobra e comprimento médio das fileiras de plantio (cerca de 1% de diferença), isto ocorre pois quando as fileiras planejadas são executadas, dificilmente haverá discrepância entre manobras planejadas e executadas pois o operador seguirá as fileiras que estão no monitor e o comprimento médio não será afetado independente das fileiras planejadas serem executadas ou não.



(a)

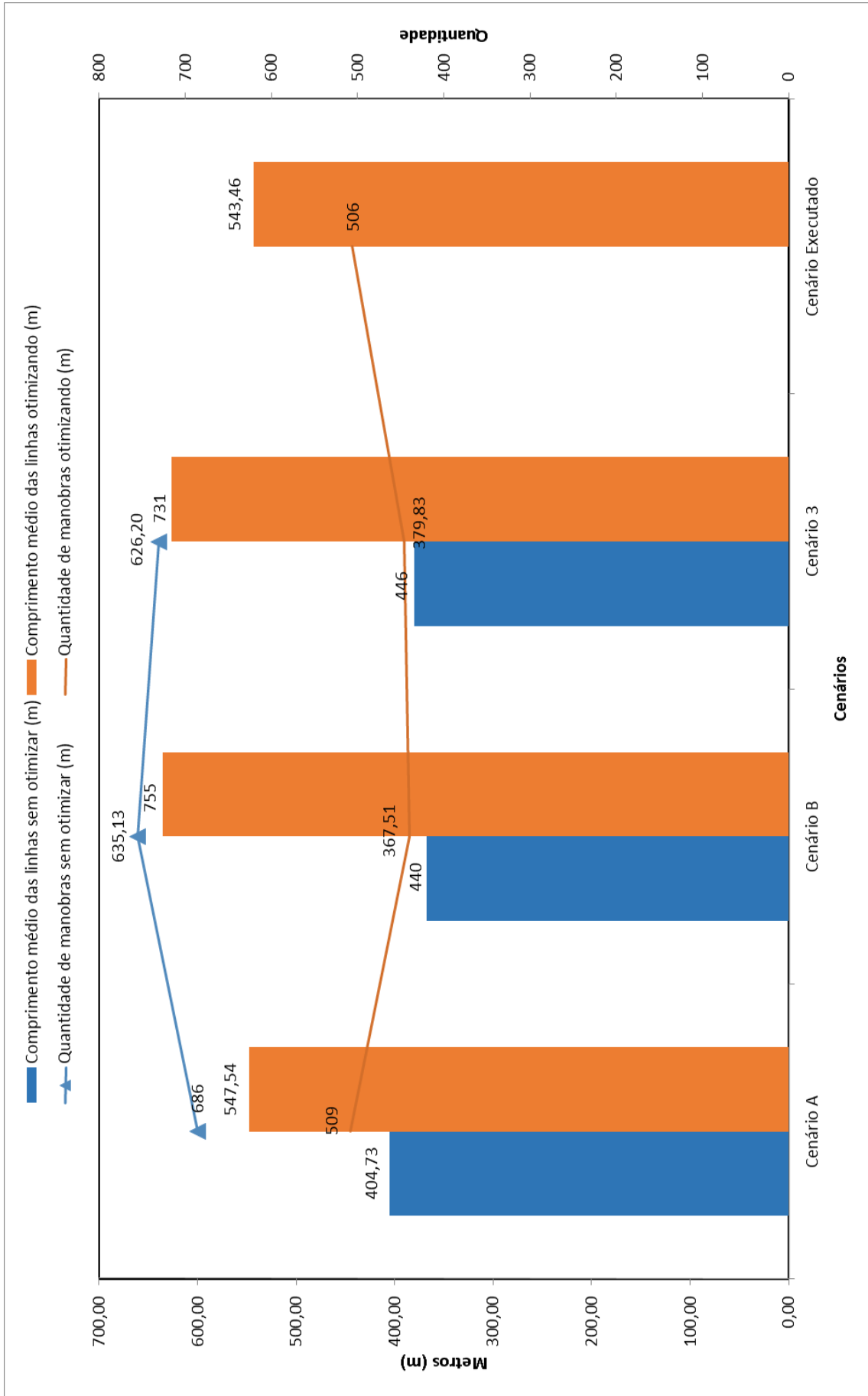


Figura 16. Comprimento médio das fileiras e quantificação de manobras: a) área 1; b) área 2.

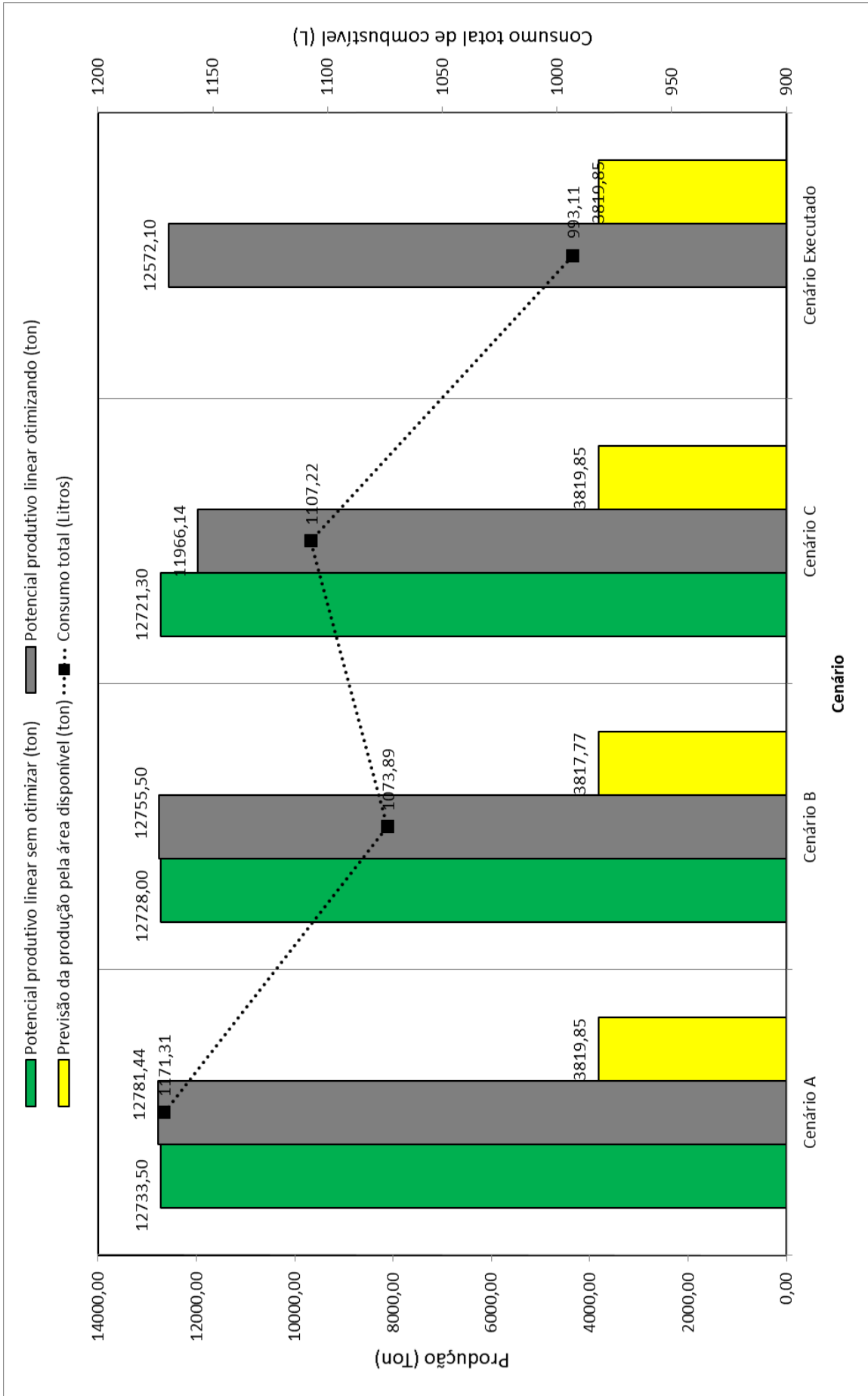
(b)

#### **4. *Potencial Produtivo e consumo de combustível***

O Potencial produtivo analisado (Figura 17) é praticamente o mesmo para ambos os cenários e áreas, pois este quesito depende muito do tamanho da área, portanto dificilmente aumentará o Potencial produtivo da área. O fator responsável pelo aumento do Potencial produtivo de uma mesma área por si só é próprio uso do piloto automático no plantio (Baio e Moratelli, 2011).

Correlacionando os cenários projetados em relação ao consumo de diesel, o cenário B da área 1 apresentou a menor estimativa de consumo (cerca de 8% mais econômico que o cenário A), porém o usou-se o cenário A devido ao menor número de manobras e, conseqüentemente, maior comprimento médio nas fileiras de plantio. Aliado ao fato dos problemas físicos do talhão descritos anteriormente, diminuindo o número de fileiras de plantio, e a menor quantidade de manobras obteve-se um resultado melhor que o esperado para o consumo de diesel para a área 1.

Na área 2 observa-se que o próprio cenário A escolhido para execução, seria o mais econômico e aliado aos mesmos fatores do talhão obteve-se também um melhor resultado no consumo de combustível.



(a)

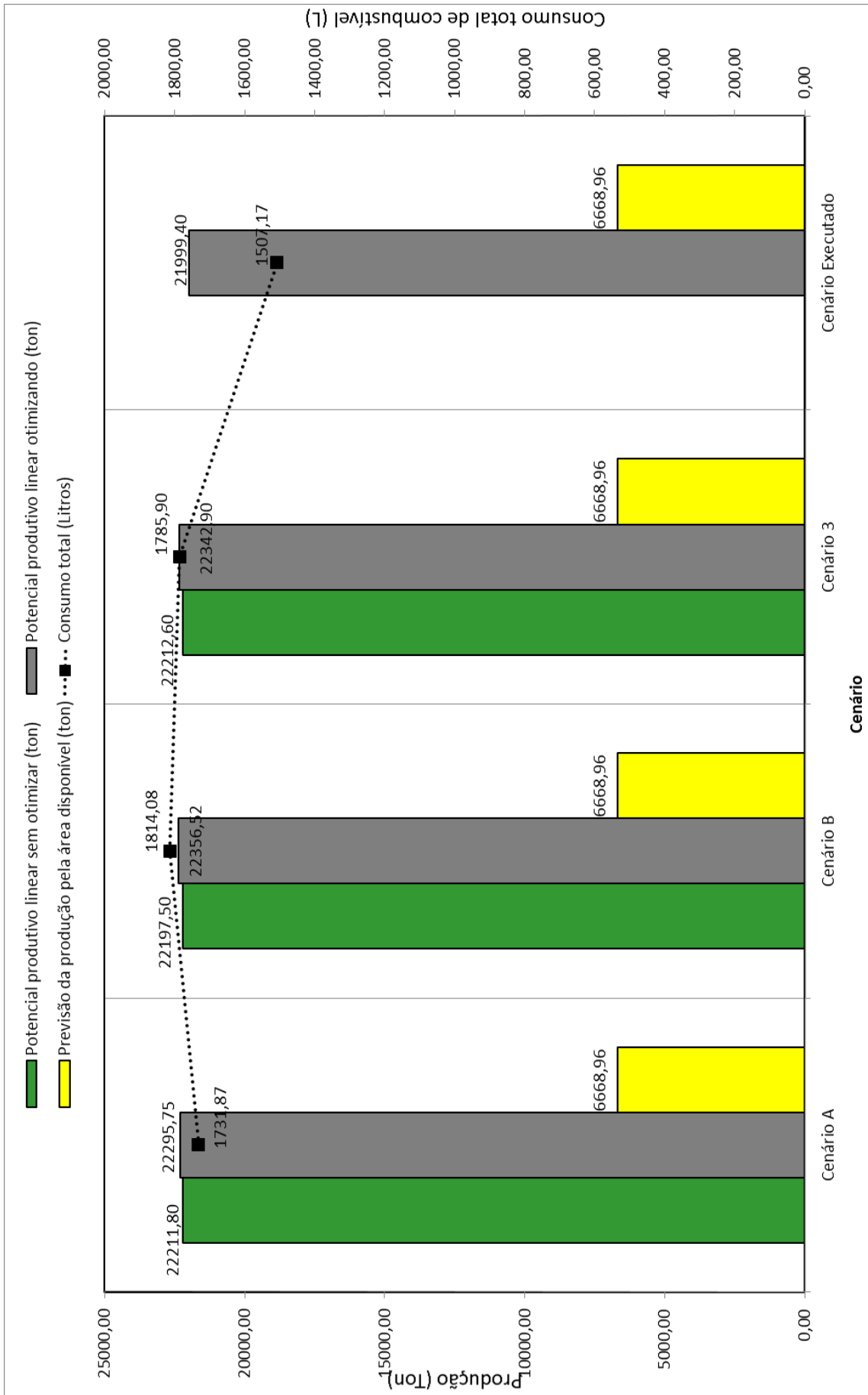


Figura 17. Potencial produtivo linear e consumo de combustível:  
a) área 1; b) área 2.

(b)

## V. CONCLUSÃO

Nos cenários escolhidos houve uma significativa diminuição no tempo de manobra de 25,4% na área 1 e 25,8% na área 2 diminuindo conseqüentemente o consumo de combustível em valores gerais, e também um aumento no comprimento médio das linhas de plantio de 34,6% na área 1 e 35,3% na área 2, aumentando a eficiência operacional de campo.

No caso do potencial produtivo linear não houve um aumento significativo perante estes cenários e análises, pois a eficiência do piloto automático em si nos traz este benefício.

Concluiu-se por fim que a análise de cenários de plantio antes mesmo de executá-los é uma ferramenta muito importante de auxílio para o agricultor, pois traz para ele uma melhor visão de como executar o plantio de maneira eficaz, reduzindo custos e aumentando o desempenho.

## VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

AgroCAD - Solução completa em projetos para Agricultura de Precisão. Disponível em: <[https:// http://www.agrocad.com.br/](https://http://www.agrocad.com.br/), acesso em 02/01/2015.

BAIO F. H. R. Aplicação localizada de defensivos baseada na variabilidade espacial das plantas daninhas, Piracicaba 2002.

BAIO, F. H. R., e MORATELLI R. F.; "Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado da cana-de-açúcar." *Engenharia Agrícola, Jaboticabal* 31.2 (2011): 367-375.

CAMPOS, M.C.; MILAN, M.; SIQUEIRA, L.F.F.; **Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar.** Engenharia Rural, Jaboticabal, v.28, n.3, p. 554-564, set. 2008.

CARLIN, S.D.; SILVA, M.A.; PERECIN, D. **Fatores que afetam a brotação inicial da cana-de-açúcar .** Revista Ceres, Viçosa, v. 51, n. 296, p. 457-466, 2004.

COLETI, J. T. Técnica cultural de plantio. In: PARANHOS, S. B. Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap. 3, p. 284-328

HARBUCK, T.L.; FULTON, J.P.; MCDONALD, T.P.; BRODBECK, C.J. **Evaluation of GPS autoguidance systems over varying time periods.** St Joseph: 2006. Disponível em: <<http://www.asabe.org>> Acesso em: 18 out. 2014.

JOHN DEERE. *AMS - Soluções em Gerenciamento Agrícola.* Disponível em: <[https://www.deere.com.br/wps/dcom/pt\\_BR/products/equipment/agriculture\\_management\\_solutions/guidance\\_system/guidance\\_system.page?](https://www.deere.com.br/wps/dcom/pt_BR/products/equipment/agriculture_management_solutions/guidance_system/guidance_system.page?)>., acesso em 18/10/2014.

MARUYAMA, T.M.; RIBEIRO, S.S.; GUIMARÃES, A.M. **Estudo Comparativo de Opções de Software de Processamento Digital de Imagens para Análise de Sementes.** Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) Ponta Grossa – PR – Brasil

MILAN, M. **Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas.** 2004. 100 p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MOLIN, J. P. **Utilização de GPS em agricultura de precisão.** Engenharia Agrícola, v. 17, n. 3, p. 121-132, 1998.

MOLIN, J. P; SALVI, J.V; POVH, F.P; MACHADO, T.M; MENEGATTI, L. A. **Avaliação do paralelismo, alinhamento e espaçamento entre fileiras de cana-de-açúcar em plantio mecanizado realizado com piloto automático.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2008, Piracicaba: ESALQ – USP,2008. 1 CD-ROM.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações.** 2 ed. São Paulo:Unesp, 2008. 476p.

OLIVEIRA, T. C. A. **Estudos sobre desempenho de sistemas de piloto automático em tratores**. 2009. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz.

OLIVEIRA, T. C.; MOLIN, J. P. **Uso de piloto automático na implantação de pomares de citros**. Engenharia Agrícola, v.31, n.2, p.334-342, mar./abr. 2011

PAES, L.A.D. **Levantamento dos níveis de impurezas nas últimas safras**. In: IMPUREZAS E QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2011, Sertãozinho. Anais... Sertãozinho, 2011.

PINTO, A.C.P.; MORAES, E.E. **Equipamento distribuidor de toletes para plantio de cana-de-açúcar**. In: Seminário Coopersucar de Tecnologia Agronomica, 7., 1997, Piracicaba. Anais ... Piracicaba COOPERSUCAR, 1997. P. 213-231.

QUINTELA, A.C.R.; ANDRADE, L.A.B; CARVALHO, G.J.; BOCARDO, M.R. **Efeito do plantio de cana-de-açúcar inteira, com e sem desponte, e da compactação pós cobertura, em duas variedades de cana-de-açúcar**. STAB. Açúcar, Alcool e subprodutos, Piracicaba, v. 15, n. 3, p, 22-24. Jan-fev 1997.

RIPOLLI, M.L.C.; TORREZAN, H.F.; RIPOLLI, T.C.C. **Plantio Mecanizado do canavial**, In: SEGATO, S.V.; FERNANDES, C.; PINTO, A.S. (Org). Expansão e renovação do canavial. Piracicaba: CP2, 2007. Cap. 16, p. 257-280.

ROSA, R.; BRITO J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento: Sistema de informação geográfica**. Uberlândia: Edufu, 2004. 104 p.

ROZA, D. **Novidade no campo: Geotecnologias renovam a agricultura**. Revista InfoGEO, n 11 - jan/fev, 2000. Disponível na Internet. [http://www.infogeo.com.br/Revista/materia\\_11.htm](http://www.infogeo.com.br/Revista/materia_11.htm) em 21 Mai. 2000.

SILVA, C.B.; MORAES, M.A.F.D.; MOLIN, J.P. Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. *Precision Agriculture*, v.12, n.1., p.67-81, 2011

VICENTE, E. F. R.; FERNANDES, V. **Mensuração do custo de cana-de-açúcar para médios produtores**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 11., 2004, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: ABC, FEA/USP, 2004. 1 CD-ROM.