



FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

JOSÉ MOREIRA DE VASCONCELOS JÚNIOR

CUSTOS DO PREPARO DE SOLO PARA O PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum spp.*)

JOÃO PESSOA-PB
2022

JOSÉ MOREIRA DE VASCONCELOS JÚNIOR

CUSTOS DO PREPARO DE SOLO PARA O PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum spp.*)

Monografia apresentada à Faculdade Nova Esperança, como parte dos requisitos exigidos para a conclusão do Curso de Bacharelado em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira

JOÃO PESSOA-PB

2022

V447c

Vasconcelos Júnior, José Moreira de

Custo do preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar *saccharum spp.* / José Moreira de Vasconcelos Júnior. – João Pessoa, 2022.

24f.; il.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Augusto Medeiros Lira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Custos Operacionais. 2. Gradeamento do Solo. 3. Mecanização Agrícola. 4. Planejamento Agrícola. 5. Subsolagem
I. Título.

CDU: 631

JOSÉ MOREIRA DE VASCONCELOS JÚNIOR

CUSTOS DO PREPARO DE SOLO PARA O PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum spp.*)

Monografia (no formato artigo científico), apresentada à Faculdade Nova Esperança como parte dos requisitos exigidos para a conclusão do Curso de Bacharelado em Agronomia.

João Pessoa, _____ de _____ de 2022.

Aprovado em _____ de _____ de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira
(Facene-Agronomia)

Profa. Dr^a. Mileny dos Santos Souza
(Facene-Agronomia)

Profa. Ma. Josiane Silva de Oliveira
(Facene-Agronomia)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 Trator Massey Ferguson - modelo 4299. Fonte: Massey ferguson (2016)	11
FIGURA 2 Trator Massey Ferguson - modelo 4292. Fonte: Massey ferguson (2016)	11
FIGURA 3 Subsolador montado, marca Dria – modelo 3H. Fonte: Dria (2012)	12
FIGURA 4 Grade intermediária de dupla ação do tipo off set,Baldan, modelo CRI-E. Fonte: Baldan (2020)	12
FIGURA 5 Percentuais de todos os itens dos custos totais. Fazenda Pau Brasil, Santa Rita- PB-Brasil. Dados: Ano agrícola 2021/2022	19

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Custo fixo total para a variável depreciação de máquinas e implementos agrícolas utilizados no preparo do solo e para o plantio da cana-de-açúcar. Fazenda Pau Brasil, Santa Rita-PB- Brasil. Dados: ano agrícola 2021/2022.....	15
TABELA 2 Custo variável total no preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar. Fazenda Pau Brasil, Santa Rita-PB- Brasil. Dados Ano agrícola 2021/2022	16
TABELA 3 Custo total no preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar. Fazenda Pau Brasil, Santa Rita-PB, Brasil. Dados: Ano agrícola 2021/2022	18

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	08
MATERIAL E MÉTODOS	10
Caracterização da área de estudo	10
Tipo de estudo utilizado	10
Máquinas e implementos utilizados no preparo do solo	10
Custo de preparo de solo mecanizado da cana-de-açúcar e análise de dados	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
AGRADECIMENTOS	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

CUSTOS DO PREPARO DE SOLO PARA O PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)

COSTS OF SOIL PREPARATION FOR SUGAR CANE PLANTING (*Saccharum* spp.)

RESUMO. O preparo do solo para o cultivo da cana-de-açúcar é uma atividade importante, que visa proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura. Visto que, o preparo do solo apresenta participação considerável no custo para o cultivo da cana-de-açúcar. Pesquisas vêm sendo realizadas no levantamento de custos operacionais do preparo de solo, sendo uma importante ferramenta para a gestão operacional da empresa ou propriedade agrícola. É importante ressaltar, que a fim de minimizar os custos da operação mais onerosa da cultura, o produtor precisa ter opções de utilizar a tecnologia a seu favor, diminuindo os custos iniciais de maneira econômica, buscando alternativas para a redução de custos para o preparo de solo. Portanto, o trabalho teve como objetivo realizar uma análise dos custos operacionais envolvidos no sistema de preparo do solo no plantio da cana-de-açúcar. O estudo foi realizado na Fazenda Pau Brasil, ano agrícola de 2021, localizada no município de Santa Rita, Paraíba. A pesquisa foi caracterizada quanto aos seus objetivos como exploratória, e quanto aos procedimentos técnicos adotados e a forma de dados é delimitada como um estudo de caso. O estudo de caso realizado nesse trabalho mostrou que o custo total do preparo de solo foi R\$ 232,17 h⁻¹ e R\$ 812,61 ha⁻¹. Conforme a análise descritiva e comparativa, a depreciação foi um custo mais oneroso com representação de 13,76%, e o combustível nos custos variáveis em 66,70%, sob o custo total.

PALAVRAS-CHAVE: Custos operacionais. Gradeamento do solo. Mecanização agrícola. Planejamento agrícola. Subsolação.

ABSTRACT. Soil preparation for sugarcane cultivation is an important activity, which aims to provide favorable conditions for the development of the crop. Since soil preparation has a considerable share in the cost of sugarcane cultivation, research has been carrying out a survey of operational costs in soil preparation, being an important tool for the operational management of the company or agricultural property. It is important to emphasize that in order to minimize the costs of the most expensive operation of the culture, the producer needs to have options to use the technology in his favor, reducing the initial costs in an economical way, looking for alternatives to reduce costs for soil preparation. Therefore, the objective of this work was to carry out an analysis of the operational costs involved in the soil preparation system in the planting of sugarcane. The study was carried out at Fazenda Pau Brasil, agricultural year 2021, located in the municipality of Santa Rita, Paraíba. The research was characterized, in terms of its

objectives, as exploratory, and in terms of the technical procedures adopted and the form of data, it is defined as a case study. The case study carried out in this work showed that the total cost of soil preparation was R\$ 232.17 h⁻¹ and R\$ 812.61 ha⁻¹. According to the descriptive and comparative analysis, depreciation was the most onerous cost, representing 13.76% and fuel in variable costs at 66.70%, under the total cost.

Keywords: operational costs. soil grading. agricultural mechanization. agricultural planning. subsoiling.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), é uma das principais fontes de energia do mundo.¹ Atualmente, o Brasil é eleito o maior produtor e exportador mundial dessa cultura, sendo o segundo maior produtor de etanol do mundo.² Caracterizada por ser a principal fonte geradora de açúcar no mundo³, a cana-de-açúcar tem participação superior a 70% da produção dessa matéria-prima⁴, apresentando produção anual acima de 300 milhões de toneladas.⁵ As projeções para a safra 2021/22, estimam uma produção brasileira em 628,1 milhões de toneladas, com 8,4 milhões de hectares plantados, produção de 27 bilhões de litros de álcool e 39 milhões de toneladas de açúcar, participando na geração de 3,8% da energia elétrica nacional, firmando o Brasil como o maior domínio mundial deste agronegócio.⁶

Destaca-se que para obter uma produtividade da cana-de-açúcar satisfatória, deve-se ter um planejamento adequado no processo de implantação da cana-de-açúcar. Sendo primordial o preparo do solo adequado no local de cultivo, afim de favorecer o crescimento radicular da planta e evitar competição com ervas daninhas. Este processo é essencial para que a cultura possa se desenvolver durante o seu ciclo, sem bloqueios, com bom aproveitamento dos recursos naturais e aumento da produtividade do canavial.⁷ Tendo em vistas esses aspectos, o conjunto de atividades e operações agrícolas que compõe um sistema de produção confere uma identidade tecnológica ao sistema de cultivo que, no caso da cana-de-açúcar, pode ser resumido em três etapas principais: preparo do solo e plantio; tratos culturais da cana planta e da cana soca; a colheita.⁸ Vale ressaltar, que no caso da cana-de-açúcar, na média de cada cinco anos tem-se a prática de renovação dos canaviais uma vez que, a fertilidade do solo, compactação, encharcamento e nematoides tendem a prejudicar os índices de produção da cultura.⁹

O preparo do solo é uma atividade de alta relevância para o canavial podendo representar sob os custos de produção da cana-de-açúcar um percentual de R\$ 2.715,00 por hectares, aproximadamente, sendo uma etapa importante por tornar o solo apto ao desenvolvimento do sistema radicular e apresenta efeitos de longa data para a condução da cultura ao longo do ciclo e em safras subsequentes.¹⁰ Apesar de existirem diversas opções para realizar o preparo do solo, a subsolagem se consolidou no setor canavieiro pelos seus efeitos benéficos para o desenvolvimento das plantas, sendo uma operação de preparo reduzido do solo¹¹, além de apresentar vantagens operacionais com seu uso em maior capacidade de trabalho.¹²

Além disso, a operação de subsolagem é utilizada para romper camadas compactadas em profundidades maiores, acarretando em uma rápida drenagem do solo e maior retenção de água, no entanto, apresenta alto custo operacional por ser um procedimento pesado, acarretando em um maior consumo de combustível.¹³ Outra importante operação agrícola para preparo de solo é o gradeamento, que ocasiona a aeração das camadas e permite uma maior entrada de oxigênio e expulsão de gás carbônico, facilitando os processos químicos e biológicos da oxigenação.¹⁴

Nesse sentido, sabendo que para o preparo de solo é necessário a utilização de máquinas e implementos agrícolas, se torna essencial o acompanhamento do desempenho das máquinas agrícolas e o levantamento de custos operacionais, sendo importantes para a tomada de decisão na sua escolha correta.¹⁵ VIEIRA³² ao estudar os custos de produção da cana-de-açúcar no preparo de solo, constatou que as operações com maquinários representaram 67,31% do custo total, representando um gasto de R\$ 603,89 ha⁻¹, o que mostra ser uma etapa de alto custo operacional. Não obstante, DUARTE& JÚNIOR¹⁶, ao avaliarem a viabilidade referentes aos métodos de plantio de cana-de-açúcar, observaram uma redução do tempo de implantação da cultura e dos custos operacionais.

Dessa forma, se torna notório que o levantamento de custos de produção no planejamento agrícola assume importância crescente para a análise de eficiência de produção e de processos específicos. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise dos custos operacionais envolvidos no sistema de preparo do solo no plantio da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Pau Brasil, no ano agrícola de 2021/2022, localizada no município de Santa Rita, Paraíba, possuindo latitude de 8° 59' 16" S, longitude 35° 4' 37" W e uma altitude de 16 m, estando situada à 15 km da capital João Pessoa.¹⁷ O clima predominante da região é o As'- tropical chuvoso e quente segundo KÖPPEN, sendo o bioclima classificado como Mediterrâneo ou Nordeste quente¹⁸, temperatura média anual variando de 22 a 32°C, com uma pluviosidade média anual de 1634.2 mm.

Caracterização da área de estudo

Na atual safra (2021/22), a propriedade possui uma área plantada de 10 mil hectares sob dois tipos de variedades de cana-de-açúcar (RB92579 e RB867515), com plantio realizado no espaçamento entrelinhas de 0,90 x 1,50 metros. A idade das mudas de cana utilizadas pela empresa varia de oito a dez meses, com densidade de plantio oscilando de 15 a 18 gemas por metro linear, com um gasto em torno de 12 a 15 toneladas de sementes por hectare. Para tanto, o solo predominante da propriedade, é o Latossolo amarelo estrófico.

Tipo de estudo utilizado

A pesquisa foi caracterizada, quanto aos seus objetivos como exploratória, e quanto aos procedimentos técnicos adotados e a forma de dados, é delimitada como um estudo de caso.¹⁹ Considerou-se os custos totais envolvidos no sistema de preparo mecanizado do solo na produção da cultura da cana-de-açúcar.²⁰

Máquinas e implementos utilizados no preparo do solo

Visando o preparo mecanizado do solo, a empresa utilizou para tracionar um subsolador montado, um trator da marca Massey Ferguson, modelo 4299, 4 X 2 TDA, com potência de 130 cv, equipado com turbo compressor e intercooler, massa total de 7.150 kg, distribuídos 40 e 60% nos eixos dianteiro e traseiro, respectivamente, relação massa/potência de 55 kg/cv. Já para tracionar uma grade intermediária de dupla ação, tipo off-set, foi utilizado um trator da marca Massey Ferguson, modelo 4292 4 X 2 TDA, com potência de

110 cv, equipado com turbo compressor e Inter cooler, massa total de 7150 kg, distribuídos 40 e 60% nos eixos dianteiro e traseiro, respectivamente, relação massa/potência de 65 kg/cv (Figura 1 e 2).



FIGURA 1. Trator Massey Ferguson - modelo 4299. Fonte: Massey ferguson (2016).



FIGURA 2. Trator Massey Ferguson - modelo 4292. Fonte: Massey ferguson (2016).

Os equipamentos que a empresa agrícola utilizou para o preparo do solo no plantio da cana-de-açúcar são caracterizados por um subsolador montado da marca Dria, modelo 3H e uma grade intermediária da marca Baldan modelo CRI-E. O subsolador é constituído por

chassi de estrutura quadrada e cabeçalho com três pontos para o acoplamento ao SHTP do trator. O equipamento apresenta três hastes com espaçadas de 45 cm entre si, ponteira com asa com 8 cm de largura. A regulagem foi estabelecida para trabalhar a uma profundidade média de 50 cm e em relação espaçamento/profundidade de 1,5 cm (Figura 3).



FIGURA 3. Subsolador montado, marca Dria – modelo 3H. Fonte: Dria (2012).

A Grade utilizada no preparo do solo, é caracterizada como intermediária de dupla ação do tipo off set, marca Baldan, modelo CRI-E. Com duas seções contendo 20 discos recortados com 20” de diâmetro cada e o distância entre discos de 270 mm. A regulagem foi estabelecida para trabalhar com uma profundidade média de 15 a 25 cm (Figura 4).



FIGURA 4. Grade intermediária de dupla ação do tipo off set, baldan, modelo CRI-E. Fonte: Baldan (2020).

Custo de preparo de solo mecanizado da cana-de-açúcar e análise de dados

O trabalho foi dividido em três etapas:

- A primeira foi direcionada no levantamento dos custos operacionais referentes ao preparo mecanizado do solo na produção da cana-de-açúcar na safra 2021/22, em que foi organizado todos os registros da propriedade para mensurar os custos específicos da operação de preparo de solo;

- A segunda etapa estimou-se o custo da operação, sendo esses valores expressos em reais, por hora efetiva de trabalho (R\$ h⁻¹) por hectare (R\$ ha⁻¹). O custo horário foi obtido pela soma dos custos fixos e variáveis, detalhados a seguir.

Considerou-se como custos fixos a depreciação que foi calculado, utilizando-se o método da depreciação linear (R\$ h⁻¹ e R\$ ha⁻¹) seguindo a equação 01.

$$Dp = \frac{Vi - Vr}{Vu} \quad \text{Equação 01.}$$

Em que,

Dp = depreciação linear da máquina (R\$ h⁻¹)

Vi = valor inicial da máquina (R\$)

Vr = valor residual (R\$)

Vu = vida útil (h)

Para o cálculo, foi considerado o valor de aquisição do trator Massey Ferguson 4299 de R\$145.000,00 e para o trator Massey Ferguson 4292, o valor de aquisição de R\$155.000,00, ambos com valor residual de 10% do valor inicial, após 10.000 h de uso. Para o implemento agrícola subsolador montado, utilizou-se o valor de aquisição em R\$10.000,00 e para a grade intermediária de dupla ação o valor de aquisição em R\$45.000,00, ambos com valor residual de 10% do valor inicial.²²

Os custos variáveis foram:

Combustível (R\$ h⁻¹ e R\$ ha⁻¹): Calculado de acordo com a potência do motor²¹ com base na Equação 02.

$$CC = 0,151 \times Ptdp \times Vc \quad \text{Equação 02.}$$

Em que,

CC = custo de combustível (R\$ h⁻¹)

$Ptdp$ = potência máxima disponível na tomada de potência (cv)

Vc = valor do combustível (R\$ L⁻¹)

O valor de combustível Diesel, utilizado foi o praticado nos postos de combustível da região, à época de realização do trabalho, ou seja R\$ 4,99 L⁻¹.

Manutenção de máquinas e implementos (R\$ h⁻¹ e R\$ ha⁻¹): Incluindo preventiva e corretiva, além da mão de obra necessária para realizá-la²¹ seguindo a equação 03.

$$CM = \frac{Pi}{Vu} \quad \text{Equação 03.}$$

Em que,

CM = custo de manutenção (R\$ h⁻¹)

Pi = valor inicial (R\$)

Vu = vida útil (h)

A taxa de manutenção varia de 10 a 30% para implementos e de 70 a 100% para máquinas.²²

O salário do operador foi atribuído em R\$ 2.336,60 já com os encargos e demais gastos.²³ Foram considerados 30 dias trabalhados e 8 h de trabalho para cada dia. Portanto, o custo por hora trabalhada foi apresentado em R\$ h⁻¹ e R\$ ha⁻¹.

O Equipamento de Proteção Individual – EPI, foi avaliado com base nos dados e planilhas fornecidas pela a propriedade, em que foi apresentado o custo para esses itens em R\$ h⁻¹ e R\$ ha⁻¹.

A terceira etapa, por fim, foi realizado um levantamento bibliográfico de caráter exploratório, investigativo e comparativo com estudos que apontaram os custos no preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar. Assim, foi feito a análise descritiva e comparativa referente ao custo operacional em (R\$ h⁻¹ e R\$ ha⁻¹) para a preparação mecanizada do solo na produção da cana-de-açúcar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que o custo fixo total de depreciação dos tratores Massey Ferguson 4299 e 4292, juntamente com os implementos (Subsolador montado de três hastes e Grade intermediária de dupla ação) utilizados no preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar na propriedade em estudo, foi de R\$ 31,95 h⁻¹. Como o tempo total de preparo do solo por hectare, com todas operações (Subsolagem e gradeamento), foi de 3,5 h, o custo foi de R\$ 111,83 ha⁻¹ (Tabela 1).

TABELA 1: Custo fixo total, para a variável depreciação de máquinas e implementos agrícolas utilizados no preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar. Fazenda Pau Brasil, Santa Rita-PB, Brasil. Dados Ano agrícola 2021/2022.

Item	Valores considerados no cálculo			Depreciação	
	Valor inicial (R\$)	Valor final (R\$)	Tempo de vida útil (h)	R\$ h ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
Trator Massey Ferguson MF 4299 (Ano 2015)	145.000,00	14.500,00	10.000	13,05	45,68
Trator Massey Ferguson MF 4292 (Ano 2017)	155.000,00	15.500,00	10.000	13,95	48,83
Subsolador de três hastes	10.000,00	1.000,00	10.000	0,90	3,15
Grade intermediária de dupla ação	45.000,00	4.500,00	10.000	4,05	14,18
CUSTO FIXO TOTAL	-	-	-	31,95	111,84

*Conforme levantado na propriedade o tempo total utilizado para o preparo do solo foi de 3,5 horas.

Analisando os valores dos custos de depreciação (R\$ h⁻¹ e R\$ ha⁻¹) obtidos, verifica-se que o item de maior custo foi para os tratores (Massey Ferguson 4292 e 4299), o qual tiveram representatividade sob o custo total de depreciação de 43,66% e 40,84%, respectivamente. Esses resultados ocorreram devido ao cálculo de depreciação levar em conta o valor inicial da máquina/implemento quando novos, que no caso dos Tratores, apresentam custo de aquisição superior ao dos implementos. Ressalta-se, que os valores utilizados para os cálculos de depreciação dizem respeito ao valor da máquina nova quando a empresa adquiriu os bens.

É importante mencionar, que a depreciação é uma variável de alta importância a ser estudada, quando se trata de custos de produção, referindo-se à perda de valor ou eficiência produtiva, ocasionada pelo desgaste no uso, ação da natureza ou obsolescência tecnológica.²⁴ Segundo a Conab ²⁴, os indicadores de vida útil em anos e horas são essenciais faces a implicação desses dados para a realização do cálculo da depreciação da hora/máquina e

manutenção desses bens, sendo observada como função linear da idade do bem, de modo a variar de maneira uniforme ao longo da vida útil.

Para os custos variáveis na operação de preparo do solo no plantio da cana-de-açúcar, foi verificado que o custo total em reais por hora foi de R\$ 200,22 h⁻¹. Como o tempo total de preparo do solo por hectare, com todas operações (Subsolagem e gradeamento), foi de 3,5 h, o custo para o hectare ficou em R\$ 700,77 ha⁻¹ (Tabela 2).

TABELA 2: Custo variável total no preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar. Fazenda Pau Brasil, Santa Rita-PB, Brasil. Dados Ano agrícola 2021/2022.

Item	Custos fixos	
	R\$ h ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
Combustível – Subsolagem	89,99	314,965
Combustível – Gradeamento	64,87	227,045
Manutenção trator MF 4299	14,50	50,75
Manutenção trator MF 4292	15,50	54,25
Manutenção – Subsolador de três hastes	1,00	3,50
Manutenção – Grade intermediária	4,50	15,75
Salário do operador	9,74	34,09
Equipamento de proteção individual – EPI	0,12	0,42
CUSTO VARIÁVEL TOTAL	200,22	700,77

*Conforme levantado na propriedade o tempo total utilizado para o preparo do solo foi de 3,5 horas.

Analisando a Tabela 2, em que apresenta os valores obtidos dos custos variáveis, mostrou que o custo do combustível foi o que mais implicou nos custos operacionais, tendo percentual participativo no custo total variável de 44,94% para o custo de combustível na operação de subsolagem e de 32,39% para o consumo de combustível na operação de gradeamento. Para os outros itens, o salário do operador apresentou (4,86%), EPI (0,05%) e manutenção (17,73%), sob o custo variável total. Com isso, é indispensável esses conhecimentos para que os custos envolvidos sejam compatíveis com a realização da operação.

Na operação de subsolagem, o consumo de combustível se torna maior devido ser uma operação pesada, que serve para romper e, ou quebrar camadas compactadas formadas nas camadas inferiores do solo, ocasionadas pelo intenso cultivo das culturas, utilizando cada

vez máquinas mais pesadas e maiores, de maneira a minimizar o tempo gasto nas operações agrícolas.²⁵ Por ser utilizado na descompactação do solo, a subsolagem que requer alto desempenho do motor do trator, acarretando em um maior consumo de combustível, podendo conseguir redução nesse consumo trabalhando com profundidades variáveis de acordo com a camada do solo a ser descompactada.³³

Em seus estudos, Simões²⁶, verificou que o combustível é o principal componente dentro os demais que compõem o custo operacional das máquinas agrícolas durante a operação de subsolagem, o que impacta de maneira direta nos custos finais de produção. Isso pode ser justificado devido ao subsolador apresentar maior exigência de potência por haste, devido à resistência que é causada ao implemento da realização do rompimento de camadas do solo, o que conseqüentemente, ocasiona maior consumo de combustível.

O gradeamento por sua vez, é utilizado com maior frequência para o preparo secundário do solo, que promove o nivelamento do terreno e destorroamento dos agregados que são formados na operação anterior, sendo importante o controle dessa operação no preparo de solo²⁷. Em estudo realizado por Salvador²⁸, foi constatado que o gradeamento obteve menor consumo de combustível quando realizado antes da subsolagem, mostrando ser um implemento com operação mais leve.

Realizar manutenção dos implementos e máquinas é essencial para oferecer uma maior vida útil dos equipamentos, bem como operar de maneira mais eficiente possível, além da importância de utilizar equipamentos eficientes que reduzam o consumo de biocombustíveis¹¹, visto ser um item de elevado custo nas operações de preparo do solo.

O custo total do preparo de solo para o plantio da cana-de-açúcar, da propriedade em estudo, apresentou o valor de R\$ 232,17 h⁻¹. Como o tempo total de preparo do solo por hectare, com todas operações (Subsolagem e gradeamento), foi de 3,5 h, o custo foi de R\$ 812,61 ha⁻¹ (Tabela 3).

TABELA 3: Custo total no preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar. Fazenda Pau Brasil, Santa Rita-PB, Brasil. Dados Ano agrícola 2021/2022.

Item	Valores		
	R\$ h ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	
CUSTO FIXO	Trator Massey Ferguson MF 4299 (Ano 2015)	13,05	45,68
	Trator Massey Ferguson MF 4292 (Ano 2017)	13,95	48,83
	Subsolador de três hastes	0,90	3,15
	Grade intermediária de dupla ação	4,05	14,18
CUSTO VARIÁVEL	Combustível - Subsolagem	89,99	314,965
	Combustível - Gradeamento	64,87	227,045
	Manutenção trator MF 4299	14,50	50,75
	Manutenção trator MF 4292	15,50	54,25
	Manutenção – Subsolador de três hastes	1,00	3,50
	Manutenção – Grade intermediária	4,50	15,75
	Salário do operador	9,74	34,09
	Equipamento de proteção individual – EPI	0,12	0,42
CUSTO TOTAL (Custo fixo + Custo variável)		232,17	812,61

*Conforme levantado na propriedade o tempo total utilizado para o preparo do solo foi de 3,5 horas.

Podemos observar na Tabela 3, que o custo total (custo fixo + custo variável), obteve um valor de R\$ 232,17 h⁻¹ e de R\$ 812,61 ha⁻¹, no qual o combustível (subsolagem + gradeamento), tiveram representatividade sob o custo total de 66,69%, a depreciação dos tratores e implementos (Tratores Massey Ferguson 4292, 4299, Subsolador de três hastes e Grade intermediária de dupla ação) 13,76%, a manutenção dos tratores e implementos (15,29%), salário do operador (4,19%) e o EPI de 0,05%.

Na figura 5 estão apresentados os percentuais participativos de cada item que foi levado em consideração para a obtenção dos custos operacionais do preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar da Fazenda Pau Brasil, Santa Rita-PB, Brasil. Dados Ano agrícola 2021/2022.

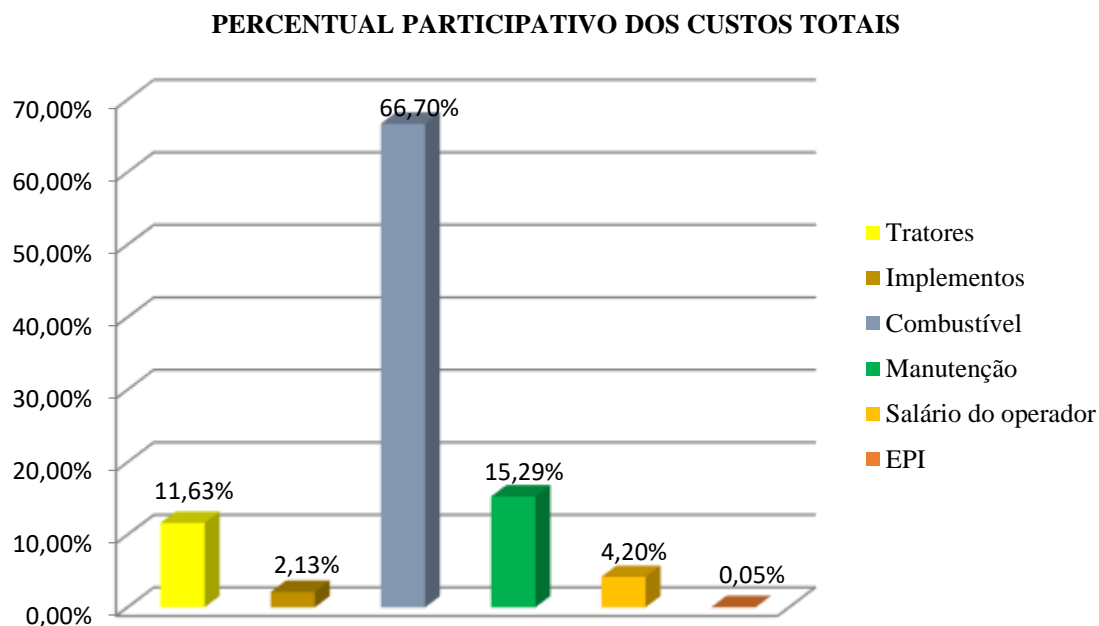


FIGURA 5. Percentuais de todos os itens dos custos totais. Fazenda Pau Brasil, Santa Rita-PB, Brasil. Dados Ano agrícola 2021/2022.

Na agricultura brasileira, a mecanização agrícola é considerada como o principal fator para a redução dos custos de produção, além de seus insumos como combustíveis e lubrificantes, os quais por meio de um planejamento operacional adequado, podem resultar em uma melhoria da eficiência²⁴. Oliveira²⁹ em seu estudo referente a viabilidade econômica do preparo do solo para o cultivo da cana-de-açúcar, observou que o consumo de combustível foi o item de dispêndio de maior valor nesta operação, apresentando resultados semelhantes ao encontrado neste estudo.

Em trabalho realizado por Silva³⁰, ao analisar os custos operacionais e eficiência para conjuntos de trator-implemento em operações agrícolas, ao utilizar apenas o gradeamento com grades leves, médias e pesadas, obteve um custo total horário em R\$375,24 h⁻¹, apresentando custo superior de preparo de solo quando comparado ao desse estudo. Granja³¹, utilizando um trator New Holland (TL75E, 75 cv), com escarificador acoplado, encontrou o valor de 12,54 L.h⁻¹ referente ao consumo horário de combustível, sendo um valor superior ao encontrado no gradeamento utilizado nesse estudo, visto ser um implemento que realiza cerca de 12 L.h⁻¹, o que dá uma diferença de 4,32 L por dia, ao considerar 8 h/dia e 129,6 L ao mês.

É importante ressaltar que a fim de minimizar os custos da operação mais onerosa da cultura, o produtor precisa ter opções de utilizar a tecnologia a seu favor, diminuindo os custos iniciais de maneira econômica, buscando alternativas para a redução de custos para a preparação do solo. Caso o produtor faça parte de uma cooperativa ou uma determinada associação de agricultores, este pode haver numa compra conjunta com outros produtores diretamente da distribuidora, o qual poderá obter o combustível com o valor atrativo em comparação ao praticado dos postos de combustíveis. Além disso, o produtor pode utilizar determinadas plantas como a *Crotalaria juncea* em reforma de canaviais, na qual possuem elevado crescimento radicular, o que permite a descompactação biológica do solo.³⁴

As plantas de coberturas conhecidas como crotalárias (*Crotalaria* spp.) têm sido adotadas por parte dos produtores rurais, por reduzirem a multiplicações de fitonematóides no solo, por proporcionar significativo acúmulo de fitomassa e nutrientes na parte aérea, apresenta capacidade de incorporar nitrogênio ao sistema agrícola, por meio da fixação biológica e promover a descompactação biológica do solo, podendo melhorar o desempenho dos sistemas agrícolas.^{35,36}

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso realizado mostrou que o custo total do preparo do solo (Custo fixo + Custo variável) foi de R\$ 232,17 h⁻¹ e 812,61 ha⁻¹.

Dentre os componentes envolvidos na determinação dos custos dos conjuntos trator-equipamento, a depreciação foi o item mais oneroso nos custos fixos sob o custo total, com percentual de 13,76%, e o combustível nos custos variáveis em 66,70%.

O subsolador artesanal foi o implemento que apresentou maior custo de combustível por hora trabalhada, sob a grade agrícola.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por nunca me abandonar em todos os momentos da minha vida.

A Faculdade de Enfermagem Nova Esperança e aos professores pelo comprometimento.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira, pela pessoa e profissional, sempre dedicado em me orientar e ter depositado sua confiança nesse estudo.

Ao proprietário da Fazenda Pau Brasil, pelo compromisso e apoio para a realização deste trabalho.

A todos que de maneira direta ou indireta participaram na realização deste sonho, meu muito obrigado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rodrigues M, Cezar E, Oliveira RB, Reis AS, Oliveira KM, Nanni MR. Predição de produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) utilizando espectroscopia vis-nir-swir, 2021, Maringá. Anais...Maringá, PR: UNICESUMAR, 2021; 1-5.
2. Vidal MF. Produção e mercado de etanol: Banco do Nordeste do Brasil. 2020. 25p.
3. Kaab A, Sharifi M, Mobli H, Nabavi-pelesaraei A, Chau KW. Use of optimization techniques for energy use efficiency and environmental life cycle assessment modification in sugarcane production. *Energy*. 2019; 181: 1298-1320.
4. Sathish D, Vasudevan V, Theboral J, Elayaraja D, Appunu C, Siva R, Manickavasagam M. Efficient direct plant regeneration from immature leaf roll explants of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) using polyamines and assessment of genetic fidelity by SCoT markers. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 2018; 54(4): 399-412.
5. Parida S, Gochhayat S, Mahalik G. Varietal Susceptibility and Major Diseases of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in Seven Villages of Bhubaneswar, Odisha. *International Journal of Natural Sciences*. 2020; 10(1): 8-12.
6. Gravina OS, Santos GG, Correchel V, Silva GCD, Medrado LDC, Flores RA, Mesquita M, Severiano EC. Physical Attributes of Ferralsol in Fertigated Sugarcane Production Environments for Bioethanol in the Midwest of Brazil. *Agronomy*. 2021; 11(8): 1641.
7. Pilan PH, Cervi RG, Rodrigues SA, Oliveira PA, Rossi ALD. Caracterização de Variedades de Cana-de-Açúcar Submetidas à Processo Mecanizados de Colheita em Diferentes Estágios de Corte. *Tekhne e Logos*. 2017; 8(3): 167-182.
8. Eckardt M, Abreu YV. Gestão para mecanização da colheita da cana-de-açúcar utilizando-se de coeficientes técnicos. *Custos e @gronegocio on line*. 2017; 13(2): 18-34.
9. Chbagro. Cana-de-açúcar: plantio, colheita e gestão. 2020. Disponível em: <https://blog.chbagro.com.br/cana-de-acucar-plantio-colheita-e-gestao#preparo-emanejod-solo>. Acessado em: 18 mar 2022.

10. Martins MB. Desempenho operacional e econômico de sistema de preparo profundo do solo em faixa no plantio mecanizado da cana-de-açúcar. 2018. 68 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.
11. Gonçalves SB, Lopes ES, Fiedler NC, Cavalieri-Polizeli KMV, Stahl J. Resistência do solo a penetração em diferentes profundidades de subsolagem. *Nativa*. 2017; 5(3): 224-229.
12. Salvador N, Benez SH, Mion RL. Consumo de combustível na operação de subsolagem realizada antes e depois de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. *Engenharia Agrícola*. 2008; 28(2): 256-262.
13. Guerra AS, Vignatti R, Bonomo R, Souza JM. Condutividade hidráulica do solo em área de cultivo de café conilon submetida a subsolagem. 44º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. *Anais...*2018; 1-2.
14. Teixeira S. Por que arar o solo? Qual a vantagem desse método? Cursos CP. 2022. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/por-que-arar-o-solo-qual-avantagem-desse-metodo>. Acessado em: 28 mar de 2022.
15. Bassani R. Análise econômica da operação de preparo de solo para a cultura do arroz usando dois conjuntos trator-grade. 2021. 1p. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.
16. Duarte Júnior JB, Garcia RF, Coelho FC, Amim RT. Desempenho de trator-implemento na cana-de-açúcar em sistemas de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2008; 12: 653-658.
17. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. 2012, Brasília. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>. Acessado em: 20 mar de 2022.
18. Costa AC. Mamanguape a Fênix paraibana. Campina Grande: Grafset LTDA. 1986.
19. Gil AC. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas. 2007. 171p.
20. Bornia AC. Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas. 2. ed. São Paulo: Atlas. 2009.
21. American Society of Agricultural Engineerig. ASAE standards: agricultural management data ASAE D497.4. Saint Joseph. 1998. 367p.
22. Mialhe LG. Manual de mecanização agrícola. São Paulo: Agronômica Ceres. 1974. 297 p.
23. Dieese. Encargos sociais no Brasil. *Pesquisa Dieese*, Brasília. 2014;12: 1-36.
24. Conab. Companhia Nacional de Abastecimento. Custos de produção agrícola: A metodologia da Conab. Brasília. 2010. Disponível em: https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes_agricolas/metodologia_custo_producao.pdf. Acessado em: 05 abr 2022.

25. Salvador N, Benez SH, Mion RL. Consumo de combustível na operação de subsolagem realizada antes e depois de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. *Engenharia Agrícola*. 2008; 28(2): 256-262.
26. Simões D, Silva MR, Fenner PT. Desempenho operacional e custos da operação de subsolagem em área de implantação de eucalipto. *Bioscience Journal*, Uberlândia. 2011; 27(5): 692-700.
27. Brito Filho AL, Souza JBC, Silva RP. Preparo do solo para a cultura do amendoim. *Novas tecnologias da engenharia para aproveitamento*. 2019. 20p.
28. Salvador N, Mion RL, Benez SH. Consumo de combustível em diferentes sistemas de preparo periódico realizados antes e depois da operação de subsolagem. *Ciência e Agrotecnologia*. 2019; 33(3): 870-874.
29. Oliveira DC. Viabilidade econômica e energética do preparo profundo de solo no cultivo da cana-de-açúcar. 2017. 55 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
30. Silva GF. Análise de custos operacionais e eficiência gerencial para conjuntos trator-implemento em operações agrícolas. *Estágio Profissionalizante em Engenharia Agrônoma*. 2009. 27p. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
31. Granja GP. Demanda energética de diferentes conjuntos mecanizados para implantação de modelos de recuperação de áreas degradadas. 2018. 74f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro.
32. Vieira G. Avaliação energética e custo de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum*) do preparo de solo ao 5º corte. 2007. 46p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu.
33. Raper RL, Reeves DW, Shaw JN, Van Santen E, Mask PL. Benefícios de Subsolagem Específicos do Local para a Produção de Algodão. In: *Reunião Anual da ASAE. Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos*. 2005: 1.
34. Gonçalves WG, Jimenez RL, Araújo Filho JVD, Assis RLD, Silva GP, Pires FR. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal. 2006; 26(1): 67-75.
35. Foloni JSS, Lima SL, Bull LT. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2006; 30(1): 49-57.
36. Pacheco LP, São Miguel ASDC, Bonfim-Silva EM, Souza ED, Silva FD. Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2015; 45(4): 464-472.