



Universidade Federal da Paraíba
Campus IV – Litoral Norte
Centro de Ciências Aplicadas e Educação
Departamento de Ciências Exatas
Licenciatura em Matemática

LUCIANO ALVES DE ARAÚJO

**A Modelagem Matemática no Planejamento da Agricultura Irrigada e no
Desenvolvimento da Agricultura Familiar**

RIO TINTO/PB

2023

LUCIANO ALVES DE ARAÚJO

**A Modelagem Matemática no Planejamento da Agricultura Irrigada e no
Desenvolvimento da Agricultura Familiar**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Matemática.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Juliana Aragão de Araújo

RIO TINTO/PB

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A663m Araujo, Luciano Alves de.

A Modelagem Matemática no Planejamento da
Agricultura Irrigada e no Desenvolvimento da
Agricultura familiar / Luciano Alves de Araujo. - Rio
Tinto, 2023.

36 f. : il.

Orientação: Juliana Araújo.
TCC (Graduação) - UFPB/CCAE.

1. agricultura familiar. 2. Modelagem Matemática. 3.
metodo. I. Araújo, Juliana. II. Título.

UFPB/CCAE

CDU 510

LUCIANO ALVES DE ARAÚJO

**A Modelagem Matemática no Planejamento da Agricultura Irrigada e no
Desenvolvimento da Agricultura Familiar**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
coordenação do curso de Licenciatura em Matemática da
Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial à
obtenção do título de Licenciado em Matemática.

Aprovado em: 08/11/2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 JULIANA ARAGÃO DE ARAÚJO
Data: 12/11/2023 20:45:19-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof^ª. DR^ª. Juliana Aragão de Araújo
Orientadora – UFPB Campus IV

Documento assinado digitalmente
 CARLOS ALBERTO GOMES DE ALMEIDA
Data: 12/11/2023 19:59:26-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Alberto Gomes de Almeida
Avaliador –

Documento assinado digitalmente
 JOSE LAUDELINO DE MENEZES NETO
Data: 11/11/2023 19:08:02-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. José Laudelino de Menezes Neto
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao nosso bondoso Deus pelas bênçãos alcançadas no decorrer desta formação, dificuldades não me faltaram, mas o desejo de vencer superava todos os obstáculos, o que me motivou durante todo o curso.

Aos meus pais, Francisco Alves de Araújo “em memória” e Terezinha Rogério de Santos que tanto se orgulha de mim, apesar de não serem alfabetizados, mas nos trouxe o incentivo para ver seus filhos em busca de dias melhores.

Aos meus familiares, minha irmã Luciana Alves de Araújo, que me abrigou por varias noites em sua casa, ao meu cunhado Kelson de Oliveira Santiago que por tantas vezes foi me buscar na Universidade.

A minha esposa, Jacqueline de Souza Pequeno, onde me deu todo apoio nos momentos difíceis, trazendo-me conforto e motivações para enfrentar os desafios do dia a dia.

Aos professores, mestres e doutores, Fabrício, Jussara, Givaldo, Surama, Alisá e todos os professores do curso de Licenciatura em Matemática do Campus IV Litoral Norte, Rio Tinto Paraíba, por terem contribuído de forma significativa para minha formação.

A minha orientadora, professora Dra Juliana Aragão de Araújo e os membros da banca, professor Dr. Carlos Alberto Gomes de Almeida e Professor Dr. José Laudelino de Menezes Neto, pela honra de colaborar com a elaboração de meu Trabalho de Conclusão de Curso.

RESUMO

O controle de recursos é essencial para todas as organizações, sejam elas micro, pequenas, médias ou grandes. No caso das empresas rurais, a necessidade de controle e gestão também é importante, mas as pequenas propriedades rurais ainda enfrentam desafios para implementar práticas de gestão eficazes. Este artigo apresenta os resultados de um estudo que objetivou descrever e aplicar uma sequência estruturada de procedimentos visando a implementação do método de custeio baseado em atividades (ABC) em uma pequena propriedade rural. A pesquisa foi qualitativa e descritiva, e foi realizada por meio de um estudo de caso. Os procedimentos utilizados constaram de pesquisa bibliográfica, documental e verificação *in loco*, apoiada por consultas aos proprietários-gestores. A coleta de dados foi orientada por um roteiro elaborado a partir das bases identificadas no referencial teórico apresentado acerca do método ABC. O estudo foi estruturado em três dimensões: caracterização do objeto de estudo; aplicação do método ABC; e, informações para a gestão. Os resultados obtidos apresentaram contribuições significativas à gestão da pequena propriedade rural, como a identificação dos resultados por atividade e produto, e a identificação dos produtos mais lucrativos. Conclui-se que a aplicação do custeio baseado em atividades fornece informações mais precisas para o planejamento, controle e tomada de decisão das pequenas propriedades rurais.

Palavras-Chave: Agricultura familiar; Modelagem Matemática; Método ABC; Custo de produção; Lucro líquido

ABSTRACT

Resource management is essential for all organizations, regardless of size. In the case of rural enterprises, the need for management and control is also important, but small rural properties still face challenges in implementing effective management practices. This article presents the results of a study that aimed to describe and apply a structured sequence of procedures for implementing the activity-based costing (ABC) method in a small rural property. The research was qualitative and descriptive, and was conducted through a case study. The procedures used consisted of bibliographic, documentary research, and on-site verification, supported by consultations with the owner-managers. Data collection was guided by a script developed from the bases identified in the theoretical framework presented about the ABC method. The study was structured in three dimensions: characterization of the object of study; application of the ABC method; and, information for management. The results obtained presented significant contributions to the management of the small rural property, such as the identification of results by activity and product, and the identification of the most profitable products. It is concluded that the application of activity-based costing provides more accurate information for the planning, control, and decision-making of small rural properties.

Keywords: Family farming; Mathematical modeling; ABC method; Production cost; Net profit

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
1.1	Delimitação do Tema e Problema de Pesquisa	6
1.2	Justificativa	7
1.3	OBJETIVOS	7
1.3.1	Objetivo Geral	7
1.3.2	Objetivos Específicos	7
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
4	ESTUDO DE CASO EM UMA PROPRIEDADE RURAL	19
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A minha vida é um exemplo de superação e determinação. Nascido e criado em uma pequena propriedade rural chamado Sítio Lagoa Grande, área rural de Cuité em Mamanguape, na Paraíba, casinha de taipa no meio do mato, tive que enfrentar inúmeras dificuldades para realizar o meu sonho de cursar uma faculdade.

Filho de pais analfabetos e com uma família numerosa, sendo o 12º membro de 14 irmãos para sustentar, tive que trabalhar na roça desde criança para ajudar meus pais. Aos 12 anos de idade fui para uma escola pela primeira vez e desde então mesmo com dificuldades me destaquei nos estudos e me identifiquei muito com a disciplina de matemática em todas as series por onde passei.

Em 2007, dois após a conclusão do meu Ensino Médio e com muita vontade de crescer profissionalmente, tentei cursar matemática pela Universidade Aberta do Brasil (UAB), era a primeira turma online do estado da Paraíba, seria a hora de realizar meu sonho de fazer um curso superior e na disciplina que eu gostava tanto, mas não conseguir dar continuidade, pois me faltou recursos financeiros para comprar um notebook e até mesmo ter uma internet banda larga para assistir as aulas online. Mas não desanimei e continuei estudando em casa sozinho como eu podia na época e com os recursos que eu tinha e conseguia.

Em 2011, quatro anos depois, fui aprovado no curso de Licenciatura em Matemática da UFPB Campus VI. O curso era oferecido na modalidade presencial e eu tinha que me deslocar 11 km de minha casa até a cidade, onde pegava um ônibus e percorria uma distância de mais 30 km até a universidade, todos os dias.

Além do deslocamento, também tive que enfrentar outros desafios, como a falta de transporte público, as greves dos servidores da universidade, paralizações de servidores a pandemia de COVID-19 e diversos problemas familiares. No entanto, meu desejo de vencer sempre se manteve firme em meu objetivo.

Através de muita determinação e esforço, não desistindo apesar dos obstáculos, estou conseguindo “concluir” o curso de Licenciatura em Matemática após mais de uma década. O meu trabalho de conclusão de curso, intitulado "A Modelagem Matemática no Planejamento da Agricultura Irrigada e no Desenvolvimento da Agricultura Familiar", foi desenvolvido com base nas minhas experiências pessoais e profissionais e acompanhando uma pequena propriedade rural nas proximidades de onde moro.

A escolha do tema surgiu pelas dificuldades que tive enquanto produtor durante toda a minha trajetória de vida. Seria possível aumentar a produtividade e obter lucro na roça tendo o conhecimento matemático apropriado? Me perguntei inúmeras vezes e hoje concluo a escrita de meu trabalho de conclusão de curso falando da Modelagem Matemática no Planejamento da Agricultura Irrigada e no Desenvolvimento da Agricultura Familiar e que será discutido a partir de agora.

A agricultura é uma atividade essencial para a humanidade, sendo responsável por fornecer alimentos, fibras e outros produtos essenciais à vida. No Brasil, a agricultura familiar é responsável por cerca de 70% da produção de alimentos, sendo um importante pilar da economia e da segurança alimentar do país (NETO *et al.*, 2020).

A agricultura familiar, no entanto, enfrenta diversos desafios, como a baixa produtividade dos produtos agrícolas (SANTOS *et al.*, 2021). Em média, a produtividade de culturas cultivadas pela agricultura familiar é cerca de 30% menor do que a produtividade de culturas cultivadas pela agricultura empresarial.

A insegurança climática é outro desafio importante para a agricultura familiar. As mudanças climáticas estão levando a eventos climáticos extremos, como secas, inundações e tempestades, que podem causar danos significativos às plantações. Dessa forma "as mudanças climáticas são uma ameaça crescente para a agricultura familiar, que é mais vulnerável a eventos climáticos extremos" (ALVES *et al.*, 2022).

Os baixos preços dos produtos agrícolas também são um desafio para a agricultura familiar. Os produtores familiares geralmente têm menos poder de negociação do que os produtores empresariais, o que os torna mais vulneráveis a preços baixos. "Os baixos preços dos produtos agrícolas são um problema comum para a agricultura familiar, que pode levar a perdas financeiras e até mesmo à falência" (BARBOSA *et al.*, 2022).

A modelagem matemática pode ser uma ferramenta poderosa para o planejamento da agricultura irrigada e para o desenvolvimento da agricultura familiar, pois pode ser usada para prever a produtividade, otimizar os recursos e tomar decisões mais informadas (SILVA *et al.*, 2022).

A modelagem matemática pode ser usada para prever a produtividade de diferentes culturas em diferentes condições. Essa informação pode ser usada pelos produtores familiares para tomar decisões sobre quais culturas cultivar e como cultivá-las (CHAVES *et al.*, 2022).

A modelagem matemática também pode ser usada para otimizar o uso de recursos, como água, fertilizantes e mão de obra. Essa otimização pode ajudar os produtores familiares a aumentar a produtividade e reduzir os custos.

1.1 Delimitação do Tema e Problema de Pesquisa

Como um país de clima tropical e de terras cultiváveis, o Brasil, tem a agricultura familiar como prática recorrente, servindo tanto como meio de consumo pessoal, quanto como modo de comercialização, do excedente, atuando como fonte de renda (BEZERRA; SCHLINDWEIN, 2017). Além disso, a irrigação, o controle de pragas e o manejo adequado do solo, surgem no campo como mecanismos que maximizam a produção e a renda dos trabalhadores rurais, permitindo o cultivo de diferentes tipos de plantas em épocas de escassez de chuva (PATU, 2021).

Desta forma, o desenvolvimento da agricultura familiar possui forte dependência da mensuração e controle adequado dos insumos e parâmetros dos quais dependem o cultivo (SILVA, 2007). Logo, o planejamento da agricultura familiar deve ser pautado por análises que objetivem determinar o número de culturas, a área cultivada, o custo da irrigação, a quantidade de água irrigada, o preço médio de venda do produto, bem como a produtividade de cada cultura, objetivando maximizar a receita líquida da família (SILVA, 2007).

Ademais, a agricultura familiar deve ser analisada como uma atividade lucrativa, e, para otimização dos resultados, é imprescindível que a produção no campo, em qualquer escala, seja governada pelos princípios e métodos de custeio adequados (BALZAN e DALL'AGNOL, 2015). A gestão consoante dos custos na agricultura, possibilitam que toda a cadeia produtiva seja otimizada, aumentando a produtividade no campo (BALZAN e DALL'AGNOL, 2015; ZEFERINO *et al.*, 2017).

Nesse contexto, uma abordagem matemática que modele e permita aos trabalhadores do campo contemplar quantitativamente esses aspectos, os auxiliando a tomar decisões importantes, é fundamental para o crescimento de suas rendas e desenvolvimento do comércio local. Portanto, é questionamento pertinente: Como a modelagem matemática pode ser usada para potencializar a produtividade da agricultura familiar irrigada no Brasil, de forma a melhorar a qualidade de vida dos produtores familiares?

1.2 Justificativa

É corriqueira a constatação de que a produção na agricultura familiar do Brasil seja realizada de maneira muito tradicional ou arcaica, sem qualquer aparato tecnológico ou modelo matemático que a potencialize (SANTOS *et al.*, 2014). Além disso, segundo Aquino e colaboradores (2020), na região Nordeste, por exemplo, 42,2% dos dirigentes familiares são analfabetos.

Dessa forma, o desenvolvimento da agricultura familiar e o aumento de sua produtividade esbarram tanto na dificuldade de avaliar de maneira mais metódica a produção no campo, quanto na limitação educacional em assimilar novas técnicas por parte dos produtores (AQUINO *et al.*, 2020; SOUZA, 2021). Por isso, se faz necessário um estudo da problemática abordada que almeje elaborar modelos técnicos ou matemáticos e que proponha, considerando as limitações dos beneficiados, maneiras de implementar de forma eficaz estes modelos.

A motivação que corroborou a escolha desse tema tem origem nas minhas raízes. Sou filho de agricultores, profissão na qual toda minha família se sustentou, convivendo toda a minha vida no campo, e tendo a agricultura como meio de se obter renda e alimentos, bem como, formadora da minha identidade. Além do mais, percebi a necessidade de debater esse tema em virtude da escassez de estudos que avaliem o que aqui proponho.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar, por meio de modelagem matemática e de métodos de custeio simples, maneiras de potencializar a produtividade da agricultura familiar.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar quais variáveis são inerentes a produção no campo para algumas culturas, e como podem ser modeladas matematicamente;

- Auxiliar os produtores na tomada de decisão a partir do modelo matemática ABC proposto, mostrando as vantagens e desvantagens de cultivar diferentes tipos de plantas em cada época do ano sob uso de irrigação;
- Avaliar o método ABC de custeio que pode ser implementado para maximizar a produtividade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A modelagem matemática como propulsora do desenvolvimento socioeconômico Brasileiro

No Brasil, a agricultura é o setor responsável por 21% do PIB, além de um quinto de todos empregos e cerca de 40% de todas as exportações do país (EMBRAPA, 2020). Sendo assim, a busca por meios que permitam ao agricultor brasileiro maximizar sua produção e que o torne, portanto, competitivo tanto nacionalmente, quanto internacionalmente é extremamente relevante para o desenvolvimento do país (ALVES *et al.*, 2008).

Para o desenvolvimento socioeconômico do país, estes resultados, são importantes, pois proporcionam um tratamento sistemático, no que tange os métodos de custeio e modelagem matemática adequadas (SILVA, 2007). Na agricultura irrigada, por exemplo, há um grande consumo de água e, por isso, ferramentas que maximizem o uso racional deste insumo contribuem para o aumento da produtividade (PAOLINELLI *et al.*, 2021).

Ainda no contexto do desenvolvimento socioeconômico brasileiro, a modelagem matemática pode ser usada para analisar o impacto de políticas públicas:

- Almeida (2022) cita um estudo do Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getulio Vargas (FGV) que usou modelagem matemática para estimar o impacto da reforma tributária de 2019 na economia brasileira.
- Fundação Getúlio Vargas - FGV (2022) usa modelagem matemática para identificar áreas prioritárias para o desenvolvimento econômico e social no Brasil.

- Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR (2022) usa modelagem matemática para medir o crescimento econômico, a inflação e outros indicadores econômicos.
- Banco Central do Brasil - BCB (2022) usa modelagem matemática para medir o crescimento econômico, a inflação e outros indicadores econômicos.

Esses são apenas alguns exemplos da aplicabilidade da modelagem matemática e isso mostra a eficiência dessa ferramenta poderosa que pode contribuir significativamente para o desenvolvimento socioeconômico brasileiro. Ao melhorar a tomada de decisão, estimular a inovação e promover a eficiência, a modelagem matemática pode ajudar o Brasil a alcançar seus objetivos de desenvolvimento.

A modelagem matemática é uma área do conhecimento que utiliza o raciocínio lógico e a matemática para representar sistemas reais. Os modelos matemáticos podem ser usados para descrever o comportamento de sistemas físicos, biológicos, sociais e econômicos. Almeida (2022, p.1) define a modelagem matemática como "uma área do conhecimento que utiliza o raciocínio lógico e a matemática para representar sistemas reais"

Tecnicamente, a modelagem matemática na agricultura consiste em determinar a melhor maneira de alocar os recursos disponíveis em produtos lucrativos, sendo, portanto, imprescindível que a agricultura familiar também passe a usufruir dos benefícios da implementação matemática no campo (SILVA; SILVEIRA, 2020).

Dessa forma, os parâmetros envolvidos nessa atividade, estudados de maneira a maximizarem a produtividade das culturas, exercem papel fundamental no aumento da renda líquida do agricultor familiar (DELGADO e BERGAMO, 2017).

Apesar desses desafios, a modelagem matemática tem o potencial de ser uma ferramenta valiosa para o desenvolvimento socioeconômico brasileiro. Ao investir em pesquisas e desenvolvimento nessa área, o Brasil pode se beneficiar de uma ferramenta poderosa para melhorar a sua economia e a vida de seus cidadãos.

2.2 A modelagem matemática para o estabelecimento, controle, e avaliação dos parâmetros de cultivo na agricultura familiar irrigada

A modelagem matemática é uma ferramenta poderosa que pode ser usada para o estabelecimento, controle, e avaliação dos parâmetros de cultivo na agricultura familiar irrigada (ALMEIDA, 2022; MARTINS, 2022; SILVA, 2022). Segundo esses autores, os modelos matemáticos podem ser usados para:

- Prever a produtividade de diferentes culturas em diferentes condições: Os modelos matemáticos podem ser usados para estimar a produtividade de diferentes culturas em diferentes condições climáticas, de solo, e de irrigação. Isso pode ajudar os produtores a escolher as culturas mais adequadas para suas condições e a obter o máximo rendimento de suas terras.
- Otimizar o uso de recursos: Os modelos matemáticos podem ser usados para otimizar o uso de recursos, como água, fertilizantes, e mão de obra. Isso pode ajudar os produtores a reduzir os custos de produção e aumentar a eficiência.
- Tomar decisões mais informadas: Os modelos matemáticos podem ser usados para tomar decisões mais informadas sobre o cultivo, como quando plantar, quais insumos aplicar, e como irrigar. Isso pode ajudar os produtores a reduzir os riscos e aumentar os lucros.

Assim fica claro que a modelagem matemática pode ser usada para o controle de parâmetros de cultivo, como a escolha da cultura, o espaçamento entre plantas, e a quantidade de água a ser aplicada, assim como no monitoramento da produtividade e do uso de recursos. Pode ser usada para comparar diferentes sistemas de irrigação ou de diferentes variedades de sementes. Por este motivo é de grande importância a gestão de insumos agrícolas.

A gestão de insumos agrícolas com vistas a otimização dos lucros no campo é uma necessidade já consolidada para as grandes empresas. No caso dos produtores do campo, a gestão e o controle da produção são muitas vezes negligenciados pois não aparentarem agregarem valor a sua pequena produção agrícola (CONAB, 2010).

Na agricultura familiar irrigada, a quantidade de água a ser suficiente para suprir a necessidade da planta é chamada de lâmina de irrigação e, durante seu desenvolvimento, uma cultura qualquer consome um grande volume de água, sendo a vazão de água recebida pela planta um parâmetro importante para seu crescimento. Para cada cultura há limites ótimos de lâmina de água, bem como de nutrientes, calor, luz, entre outros (SILVA; NEVES, 2020).

Além disso, a área a ser plantada também determina a produtividade de cada agricultor familiar, haja visto que a quantidade de água é limitada aos seus recursos hídricos (poços artesianos, açudes, entre outros) e a capacidade de irrigação, o agricultor deve não somente preocupar-se em selecionar a cultura que mais se adeque as condições do ambiente mas também determinar aquela que, dada a vazão volumétrica de água e a quantidade de área disponível ao plantio, maximize sua produção, e, portanto, seus lucros (SILVA, 2007).

A produtividade agrícola é função de uma série de parâmetros referentes a planta, as condições ambientes, e aos recursos tecnológicos disponíveis (bombeamento de água e fertilizantes, sistema de irrigação, entre outros) (KUHN *et al.*, 2015). Há, portanto, uma relação funcional entre fatores mensuráveis e a produção da cultura (SILVA, 2007).

Para Frizzone e Andrade Júnior (2005) esta relação recebeu o nome de função de produção, e, na definição dos autores, é uma função que relaciona as quantidades utilizadas de certo conjunto de insumos (ou parâmetros) e as quantidades físicas máximas que podem ser obtidas na forma de produto, nas condições tecnológicas em que acontecem a produção.

$$F = F(I_1, I_2, \dots, I_n) \quad (1)$$

Onde F é a quantidade produzida e I_1, I_2, \dots, I_n os “n” insumos que participam do processo e são transformados em F . Esta função é genérica e escrita dessa maneira não mostra quais são os insumos a serem transformados e qual o produto resultado (FRIZZONE; ANDRADE JÚNIOR, 2005).

Estes parâmetros devem ser estabelecidos e suas influências ponderadas através de modelos como os de Silva (2007) onde o autor determinou a quantidade ótima de fertilizantes para a produção de feijão e os lucros obtidos, a partir dos modelos Cobb-Douglas e o quadrático.

2.3 A matemática na análise de custos para o desenvolvimento da agricultura familiar irrigada

A análise de custos é uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento da agricultura familiar irrigada. Ela permite aos produtores identificar os custos de produção, avaliar a rentabilidade das atividades agrícolas, e tomar decisões mais informadas sobre o planejamento e a gestão da produção (SILVA, 2022).

Modelos matemáticos podem ser usados para estimar os custos de produção de uma variedade de culturas irrigadas. Esses modelos geralmente são baseados em dados históricos de custos, produtividade e variáveis ambientais e econômicas.

Um exemplo de modelo matemático para análise de custos é o modelo de produção de tomate irrigado desenvolvido por Martins, Silva e Oliveira (2022). Esse modelo é baseado em dados históricos de custos, produtividade e variáveis ambientais e econômicas da cultura do tomate irrigado na região do Vale do São Francisco. O modelo permite estimar os custos de produção de tomate irrigado em diferentes condições de cultivo.

Outro modelo é o método de custeio simples. Esse modelo são métodos de análise de custos que podem ser usados sem o uso de modelos matemáticos. Esses métodos são baseados em dados históricos de custos e produtividade. Ele é mais simples e considera apenas os custos diretos de produção, como sementes, fertilizantes, defensivos agrícolas e mão de obra (SILVA, 2022).

Outro exemplo de método de custeio simples é o método do custo total. Esse método considera todos os custos de produção, incluindo os custos diretos e os custos indiretos, como depreciação, amortização e aluguel (ALMEIDA, 2022).

A análise de custos é uma ferramenta importante para o desenvolvimento da agricultura familiar irrigada. Segundo Almeida (2022), Martins *et al.* (2022) e Silva (2022), a análise de custo permite aos produtores:

- Identificar os custos de produção: A análise de custos permite aos produtores identificar os custos de produção de cada cultura, atividade ou etapa do processo produtivo. Isso é importante para que os produtores possam tomar decisões informadas sobre o planejamento e a gestão da produção.
- Avaliar a rentabilidade das atividades agrícolas: A análise de custos permite aos produtores avaliar a rentabilidade das atividades agrícolas. Isso é importante para que os produtores possam identificar as atividades que são mais lucrativas e priorizar investimentos nessas atividades.

- Tomar decisões mais informadas sobre o planejamento e a gestão da produção: A análise de custos fornece informações importantes que podem ser usadas para tomar decisões mais informadas sobre o planejamento e a gestão da produção. Por exemplo, a análise de custos pode ser usada para identificar oportunidades de redução de custos ou para avaliar o impacto de mudanças nos preços dos insumos e dos produtos agrícolas.
- Identificar oportunidades de redução de custos: A análise de custos pode ser usada para identificar oportunidades de redução de custos. Por exemplo, a análise de custos pode ser usada para identificar fornecedores mais baratos ou para otimizar o uso de insumos.
- Avaliar o impacto de mudanças nos preços dos insumos e dos produtos agrícolas: A análise de custos pode ser usada para avaliar o impacto de mudanças nos preços dos insumos e dos produtos agrícolas. Isso é importante para que os produtores possam se preparar para mudanças nos mercados e tomar decisões informadas sobre o planejamento da produção.
- Comparar a rentabilidade de diferentes culturas irrigadas: A análise de custos pode ser usada para comparar a rentabilidade de diferentes culturas irrigadas. Isso é importante para que os produtores possam escolher as culturas que são mais lucrativas para suas condições.

Assim fica claro e evidente que é importante os agricultores terem o conhecimento sobre administração rural para que possam otimizar os custos de produção e assim obter lucros significativos. Isso inclui conhecimentos sobre gestão financeira (os produtores precisam saber como controlar as receitas e despesas da propriedade rural), gestão de recursos humanos (precisam saber como gerenciar a mão de obra disponível), e gestão de produção (precisam saber como planejar e executar as atividades agrícolas de forma eficiente) (MARTINS *et al.*, 2022)

Nesse sentido, administração pode ser definida como o conjunto de práticas que tem por objetivo utilizar de forma eficiente e eficaz os recursos disponíveis para realizar uma tarefa ou alcançar um objetivo pretendido (SILVA *et al.* 2005).

O processo administrativo pode ser subdividido em: planejamento, organização, direção e controle (BARRETO, 2017). A administração no campo exige tecnologia e conhecimentos para lidar com os riscos e incertezas inerentes destes empreendimentos, como longos períodos de escassez, infestação de pragas, aumento no preço da energia elétrica e fertilizantes, entre outros (CONAB, 2010).

Como no Brasil, as pequenas propriedades nas quais é desenvolvida a agricultura familiar são, em sua maioria, desprovidas de uma gestão de custos, sobretudo devido á baixa escolaridade destes agricultores, o desenvolvimento da agricultura familiar irrigada será acelerado quando houver um controle de recursos que objetive otimizar os resultados, e que consiga elucidar para o agricultor onde estão seus custos e como minimizá-los (AQUINO *et al.*, 2020).

Por outro lado, é recomendado que os produtores nessa categoria, por ter baixa escolaridade, participem de cursos e treinamentos sobre a administração rural, que consultem ou contratem especialistas nessa área e que use modelos matemáticos adequados às suas necessidades visando diminuir os custos e aumentar os lucros.

Portanto, o conhecimento da administração rural é essencial para que os produtores possam obter lucros com a análise de custos. A modelagem matemática pode ser uma ferramenta útil, mas não é uma solução mágica. Os produtores precisam entender os fundamentos da análise de custos e como os modelos matemáticos funcionam para obter os melhores resultados.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Apresentação do contexto da pesquisa e local da pesquisa

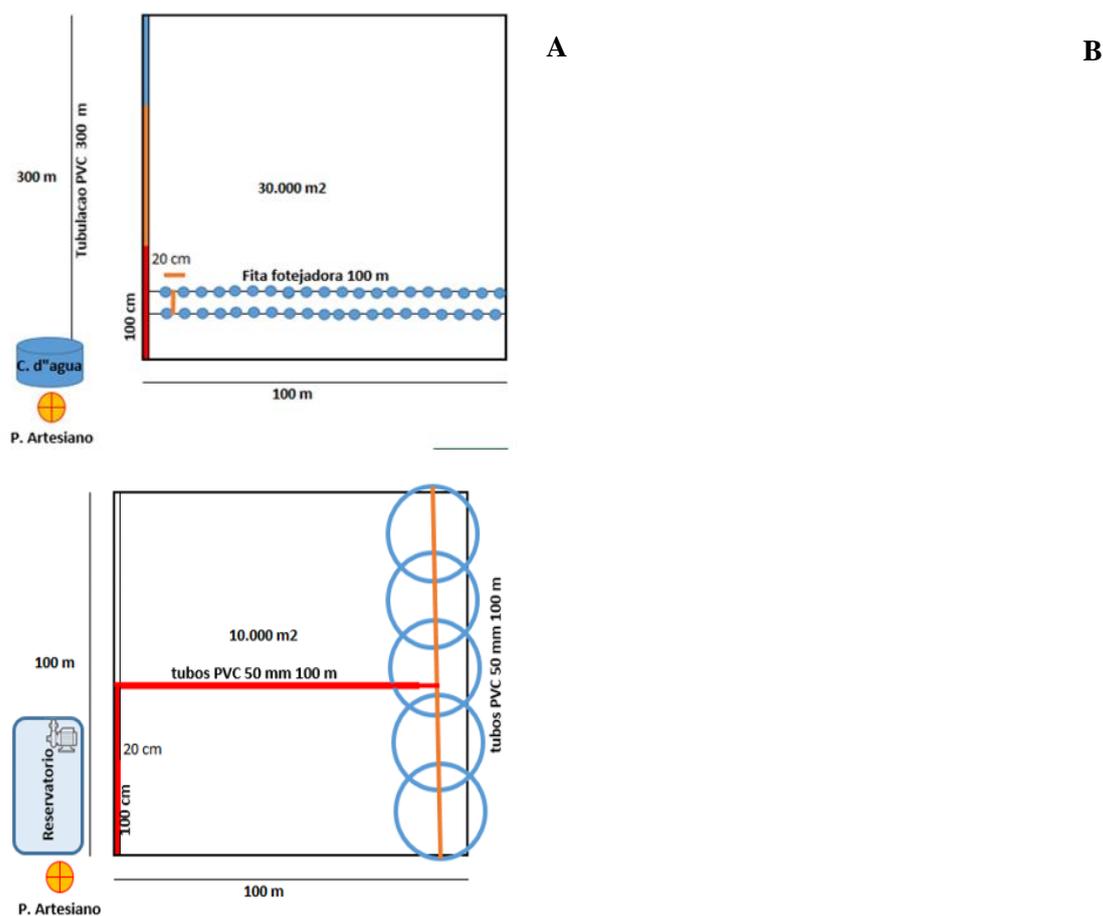
Esta pesquisa intitulada *A Modelagem Matemática no Planejamento da Agricultura Irrigada e no Desenvolvimento da Agricultura Familiar*, tem como objetivo geral, analisar, como a modelagem matemática e métodos de custeio simples podem potencializar a produtividade da agricultura familiar, levando em consideração as culturas do milho, feijão, Macaxeira e a batata doce, culturas essas proeminentes do município de Mari, estado da Paraíba, assim como o manejo de irrigação por gotejamento e aspersão. Para atingir o objetivo geral desta pesquisa, utilizaremos uma revisão sistemática da literatura, um levantamento de campo e o uso do método ABC de custo.

Mari é uma cidade do estado da Paraíba, com população de 21.837 habitantes. Faz fronteira com Cuité de Mamanguape, Sapé e Gurinhém. Está localizada a 10 km de Sapé, a maior cidade nas proximidades. A altitude da cidade é de 144 metros e as coordenadas geográficas são 7° 2' 60" Sul e 35° 18' 40" Oeste.

3.2 Sistema de Irrigação

Na propriedade em estudo, as irrigações por gotejamento são para as culturas do milho, feijão e macaxeira conforme croqui da Figura 1a e irrigação por aspersão para a cultura da batata doce de acordo com o croqui da Figura 1b.

Figura 1. Croqui da área de irrigação por gotejamento (Figura 1a) e por aspersão (Figura 1b)



Fonte: Autoria própria.

3.3 Classificação da pesquisa

A pesquisa em questão, de acordo com Gil (2017) é classificada, segundo sua abordagem, como quantitativa, uma vez que os resultados apresentados se darão por termos numéricos, além de ser classificada, qualitativa, por ainda apresentar descrições verbais com pesquisas bibliográficas. Segundo este autor, esta pesquisa pode ser caracterizada como mista, pois “combinam elementos de abordagens de pesquisa

qualitativa e quantitativa com o propósito de ampliar e aprofundar o entendimento e a corroboração dos resultados” (GIL, 2017, p.41).

Além disto, a presente pesquisa caracteriza-se como exploratória. Para Gil (2017), uma pesquisa é dita exploratória quando a coleta de dados pode ocorrer de diversas formas, que, envolve, levantamento bibliográfico sobre o tema da pesquisa, entrevistas, onde se extrai a experiência prática sobre o conteúdo e exemplos que busquem estimular a compreensão da temática em questão, assim como seguir uma sequência de procedimentos para aplicar o método chamado de ABC, visando informações da gestão de uma pequena propriedade rural. Nesse sentido, Vergara (2013) completa, afirmando que esse tipo de pesquisa se destaca justamente por uma área pouco conhecida e precisa ser explorada.

A presente pesquisa de acordo com os objetivos propostos terá seus dados expressos de forma numérica e descritiva, pois vai descrever os procedimentos básicos de uma propriedade rural que usa irrigação com quatro culturas diferentes. Além disso, é classificada de modo exploratório pois dados serão extraídos mediante pesquisa realizada através de levantamento de campo, que envolverá os critérios anteriormente citados por Gil (2017).

3.4 Etapas e instrumentos da pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma pequena propriedade agrícola localizada no sítio São José em Lagoa do Félix, na área rural do município de Mari, no estado da Paraíba. Os sujeitos envolvidos na pesquisa foram o casal de proprietários, que também são os responsáveis pela administração da propriedade.

O método utilizado para essa propriedade rural foi o Método ABC. O método ABC é um método de custeio que atribui os custos indiretos aos produtos ou serviços de forma mais precisa do que os métodos tradicionais, como o custeio direto. Isso é feito identificando as atividades que são necessárias para produzir os produtos ou serviços e, em seguida, atribuindo os custos indiretos a essas atividades (BRIMSON, 1996; KAPLAN e COOPER, 1998; BORNIA, 2010; HANSEN e MOWEN, 2010).

Segundo esses autores para implementar o método ABC, é necessário seguir os seguintes passos:

Identificação das atividades: As atividades são definidas como os trabalhos realizados pela empresa para produzir produtos ou serviços.

Alocação dos custos indiretos às atividades: Os custos indiretos são alocados às atividades com base no consumo de recursos que elas causam.

Alocação dos custos das atividades aos produtos ou serviços: Os custos das atividades são alocados aos produtos ou serviços com base na utilização das atividades por esses produtos ou serviços.

O método ABC oferece uma série de vantagens em relação aos métodos tradicionais, incluindo:

- Maior precisão na determinação dos custos dos produtos ou serviços;
- Melhor compreensão das causas dos custos;
- Maior suporte às decisões gerenciais.

A realização da pesquisa se dará conforme as seguintes etapas e instrumentos para a coleta de dados:

Etapa 1 – Caracterização da propriedade rural - Investigar quais variáveis são inerentes a produção no campo para as quatro culturas e estudo, e como podem ser modeladas matematicamente. As obtensões das variáveis foram obtidas: *i.* Levantamento bibliográfico para obtenção do melhor método para as análises, sendo o método ABC a escolhida; *ii.* Questionários foram realizados em campo com os agricultores com a finalidade de obter os tipos de culturas, área a ser cultivada, mão de obra envolvida e presença de métodos de irrigação e seus gastos de implementação, entre outros custos.

Etapa 2 – Aplicar o método ABC na propriedade rural – Foi realizado um roteiro de coleta de dados afim de aplicar o método ABC na propriedade rural, objeto da presente pesquisa. O roteiro foi elabora a partir dos trabalhos de Brimson (1996), Kaplan e Cooper (1998), Bornia (2010), Hansen e Mowen (2010), exposta na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Passos do método ABC

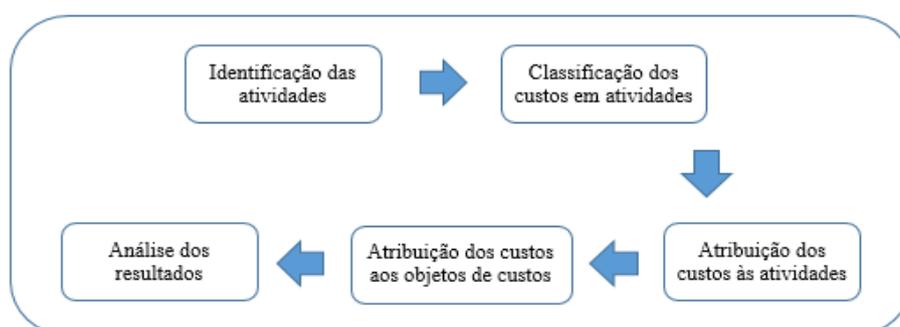
ETAPAS		Kaplan e Cooper (1998)	Brimson (1996)	Hansen e Mowen (2010)	Bornia (2010)
01	Identificar as atividades	X	X	X	X
02	Identificar os recursos gastos em cada atividade	X	X	X	X
03	Distribuir os custos dos recursos às atividades	X	X	X	X
04	Distribuir os custos das atividades secundárias até as primárias		X	X	X
05	Identificar os objetos de custo	X		X	

06	Identificar os direcionadores de atividades	X	X	X	X
07	Distribuir os custos das atividades aos objetos de custo	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor e retirado de Brimson (1996), Kaplan e Cooper (1998), Bornia (2010), Hansen e Mowen (2010)

Esses passos foram resumidos em cinco subseções, chamados de caminhos, adaptada para a propriedade em questão, visto que a modelagem será feita apenas para as quatro culturas estudadas (Figura 2).

Figura 2. Caminhos das coletas de dados para o método ABC. Elaborado pelo autor.



Fonte: Elaborado pelo autor

Os caminhos acima descritos foram usados para a coleta de dados para a aplicação do método ABC. O método ABC é composto das seguintes fases:

- **Identificação das atividades:** Nessa fase é importante a descrição dos objetos de custos, o período de duração do processo produtivo (que no caso é de um ano) e a área de terra ocupada por cada cultura (sendo de 1 hectares para cada) são informações essenciais para a elaboração do método ABC. Para isso, é necessário identificar todas as atividades realizadas pelos proprietários rurais no processo produtivo de cada objeto de custos.
- **Classificação dos custos em atividades:** Após a fase anterior, as atividades foram classificadas em primárias e secundárias.
- **Atribuição dos custos às atividades:** Nesta fase, foram identificados e mensurados os recursos consumidos pelas atividades. Em caso de recursos compartilhados, a distribuição dos custos foi realizada com base em direcionadores de recursos, que são fatores que mensuram o consumo dos recursos pelas atividades. A partir dos direcionadores de recursos definidos,

os custos foram atribuídos às atividades. Assim, foi possível conhecer o montante de recursos consumido por cada atividade.

- **Atribuição dos custos aos objetos de custos:** Os custos das atividades secundárias foram atribuídos às atividades primárias que as utilizam. Os direcionadores de atividades são fatores que mensuram a relação entre as atividades e os objetos de custos. Para identificar os direcionadores de atividades, é necessário entender como os objetos de custos consomem cada atividade. Com base nos direcionadores de atividades identificados, os custos das atividades foram atribuídos aos objetos de custos. Assim, foi possível identificar quanto cada objeto de custos consumiu de atividades.
- **Análise dos resultados:** Nesta última fase, foram incluídos aos objetos de custos os totais dos custos e suas respectivas receitas e despesas para verificar a viabilidade econômica da pequena propriedade rural estudada.

Etapa 3 – Nesta etapa da pesquisa, foi utilizado o método ABC, que fornece informações para a gestão da pequena propriedade rural, objeto de estudo, pois após os levantamentos dos custos é feito os lucros brutos e líquidos em cima desses custos.

Os dados foram coletados e apresentados de acordo com as fases da visão geral do estudo de caso, seus passos e caminhos para a coleta de dados, apresentados na Tabela 1 e Figuras 2, respectivamente. Para a coleta dos dados, foram utilizadas diferentes técnicas, como observação in loco, análise de documentos e entrevistas não estruturadas.

4 ESTUDO DE CASO EM UMA PROPRIEDADE RURAL

ETAPA 1 - CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada em uma propriedade rural do município de Mari, localizada no sítio São José em Lagoa do Félix, no estado da Paraíba – PB. A mesma foi adquirida em 2013 pela partição da herança dos pais que faleceram. A propriedade possui um tamanho de 5 hectares. A mão de obra da propriedade é composta principalmente por familiares, mas também conta com a ajuda de terceiros em casos específicos como aração, gradagem, ente outros.

A propriedade em estudo possui cultivo de milho, feijão, Macaxeira e batata doce, sendo 1 hectares para cada cultura utilizando sistema de irrigação de gotejamento e aspersão. A cultura da batata foi instalada no sistema de irrigação por aspersão e as demais culturas com o sistema de irrigação por gotejamento. A pesquisa foi realizada de agosto de 2022 a julho de 2023. Vale ressaltar que em Mari o período de chuva varia de março a julho.

A família não utilizava nenhum sistema formal de apuração de custos, o que dificultava o controle dos gastos e resultados. Os custos indiretos, como depreciação, energia elétrica, pró-labore, etc., não eram contabilizados como custos de produção. Além disso, a falta de definição de pró-labore dificultava a separação dos gastos familiares dos gastos da propriedade.

ETAPA 2 - APLICAÇÃO DO MÉTODO ABC NA PROPRIEDADE RURAL

Nesta etapa da pesquisa, realizou-se a aplicação do método ABC na pequena propriedade rural, objeto deste estudo de caso, de acordo com a Tabela 1 e Figura 2. Primeiro, consistiu-se na identificação dos objetos de custo, que foram estruturados a partir da segmentação da área relativa ao campo de estudo.

A Tabela 2 apresenta os objetos de custo estudados, distribuídos em um cronograma produtivo, associado às áreas indicadas, e seus respectivos produtos cultivados, que são: milho (milho verde), feijão (feijão verde), macaxeira e batata doce.

Tabela 2. Período de produção dos objetos de custos

Área	Objetos de custo	2022					2023				G o t e j a m e n t o	A s p e r s ã o
		A g o	S e t	O t o	N o v	D e z	J a n	F e v	M a r	A b r		
1	Milho										X	
2	Feijão										X	
3	Macaxeira										X	
4	Batata doce											X

Fonte: Dados da pesquisa, 2023. Dados primários.

O período da coleta de dados foi de 12 meses e teve início em agosto de 2022, indo até julho de 2023. Convém ressaltar que todo ano é feito o rodízio da área, mudando essas quatro culturas. Como pode ser observado o milho é plantado e colhido 3 vezes ao ano, o feijão e a batata doce são plantados e colhidos 4 vezes, enquanto a macaxeira é plantada e colhida apenas duas vezes.

Destaca-se que a irrigação é utilizada de agosto a fevereiro, pois nesse período a região de Mari tem poucas chuvas e as culturas necessitam de quantidades ideais para o seu desenvolvimento e produção. Os custos de implantação dos sistemas de irrigação por gotejamento para as três culturas mencionadas acima e os custos de implantação do sistema de irrigação por aspersão encontram-se nas Tabelas 3 e 4 respectivamente:

Tabela 3. Valor dos custos de implantação dos sistemas de irrigação por gotejamento

Item	Valor Unitário	Quant	Total (R\$)
Tubo PN 60 IRR DN 75 Amanco	57	18	1026,00
Tubo PN 60 IRR DN 50 Amanco	27,3	21	573,30
Tubo PN 60 IRR DN 32 Corr Plastick	21	18	378,00
Red BB PN 80 75 x 50 mm	4,5	2	9,00
Adesivo 175 g c/pincel Amanco	8	3	24,00
Anel de vedaco (Chula)	0,35	300	105,00
Registro Inicial 16 mm com anel liso RSB	3,2	300	960,00
Fita gotejadora 20 x 20 cm 1,6 l/h	0,33	30000	9900,00
Registro DN 50 mm	16	2	32,00
Reg Esf 75 viqua	95	1	95,00
Registro Esf soldavel 32 viqua	12,35	3	37,05
Valvula ventosa Dupla Funcao 3/4	20	2	40,00
CURVA SOLD 90 x 32 Multilit	2,5	5	12,50
TE Red Sold 75/50 - Tigre	11	1	11,00
Red BB PN 80 50 x 32 mm Multilit	6	2	12,00
CURVA 90 SOLD DN 75 - AMANCO	11	2	22,00
Cabo para poco 2x2,5 mm	7,94	65	516,10
Adaptador B/p 32mm x 1"	2,8	2	5,60
tubos de 1" roscado para o poco	10,6	57	604,20
Curva MF;PG 90 x 1"	32	1	32,00
Uniao SG ferro 1"	35	1	35,00
Bucha red 144 x 1"	15	10	150,00
Cabo para poco 3x1 mm para rele de nivel poco	5,56	65	361,40
Boia eletrica	40	1	40,00
Quadro de ligacao completo para bomba	560	1	560,00
Eletrodo de Nivel	15	3	45,00
Cabo para boia poco 2x1 mm	3,4	100	340,00
Caixa dagua Fortlev 10000 l	4512	1	4512,00

Adaptador Bl CX Dagua 32mmx1"	22,5	2	45,00
Adaptador Bl CX Dagua 75mm x 2/ 2	185	1	185,00
Bomba Para Poço Artesiano 2cv 4 Pol 11 Est Monofásica 220v	1690	1	1690,00
Total			22358,15

Fonte: Dados da pesquisa, 2023

Tabela 4. Valor dos custos de implantação dos sistemas de irrigação por aspersão

Item	Valor Unitário	Quant	Total (R\$)
Tubo ES SEM ENG 2 - Tigre	47	42	1974,00
Engate MET Sela IRR ES 2 - Tigre	13	42	546,00
Saida ASP ASP ES 2x1 1/2 - Tigre	14	16	224,00
Bucha RED RR 1.1/2 x 1 - Multilit	3	16	48,00
Adesivo 175 g c/pincel Amanco	8	1	8,00
ADAPTADOR (CAP) PVC IRRIGAÇÃO METÁLICO M X JE F DN50	42,7	2	85,40
Registro Esf soldavel 32 viqua	12,35	1	12,35
Valvula ventosa Dupla Funcao 3/4	20	1	20,00
CURVA SOLD 90 x 32 Multilit	2,5	5	12,50
Red BB PN 80 50 x 32 mm Multilit	6	1	6,00
Cabo para poco 2x2,5 mm	7,94	65	516,10
Cabo para poco 3x1 mm para rele de nivel poco	5,56	65	361,40
Cabo para boia poco 2x1 mm	3,4	100	340,00
Adaptador B/p 32mm x 1"	2,8	2	5,60
tubos de 1" roscado para o poco	10,6	77	816,20
Curva MF;PG 90 x 1"	32	2	64,00
Uniao SG ferro 1"	35	2	70,00
Bucha red 144 x 1"	15	10	150,00
Boia eletrica	40	1	40,00
Quadro de ligacao completo para bomba	560	1	560,00
Eletrodo de Nivel	15	3	45,00
Aspersores Implebrás QTI22 IM22 - 3,5 milímetros (Azul); Bocal Traseiro: Tampão (Preto)	19,2	10	192,00
BOMBA CENTRÍFUGA SCHNEIDER BC-92S 1C 1,5CV TRIFÁSICA 220/380V	1598,23	1	1598,23
Bomba Para Poço Artesiano 2cv 4 Pol 11 Est Monofásica 220v	1690	1	1690,00
Total			9384,78

Fonte: Dados da pesquisa, 2023

Dando continuidade às etapas da pesquisa, as 12 atividades identificadas foram classificadas em primárias e secundárias. 11 atividades são primárias, pois estão diretamente relacionadas à produção. A gestão da propriedade rural é secundária, pois é necessária para a realização de todas as outras atividades. As atividades primárias identificadas na propriedade são: Arar – terceirizado, Adubar (manual), Plantar

(manual), Capinar (manual), Colheita (manual), Tratar as sementes (manual), Semear (manual), Fazer piquetes (manual), Transportar – Terceirizado, Pulverizar (manual – Costal) e Preparar mudas (manual).

Em seguida, os recursos diretos e indiretos foram identificados e associados às atividades. Os recursos diretos foram alocados às atividades por meio de direcionadores de recursos, e os recursos indiretos foram alocados às atividades por meio de direcionadores de atividades.

No próximo passo, os direcionadores de recursos foram identificados. Esses direcionadores são necessários para alocar os custos dos recursos às atividades. É importante considerar a relação causal entre os recursos e as atividades que os consomem na hora de definir os direcionadores.

Logo após, foi mensurado o consumo de recursos por cada atividade. Isso foi feito distribuindo os recursos totais necessários às atividades existentes na propriedade.

Como a atividade de gestão da propriedade foi classificada como secundária, seu custo foi distribuído às atividades primárias. Essa distribuição foi feita com base nas horas/mão de obra despendidas por cada atividade primária.

Após a distribuição do custo da atividade secundária de gestão da propriedade para as atividades primárias, foi possível identificar o custo total de recursos indiretos consumidos pelas atividades. Esse custo está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Custo total das atividades primárias e secundárias

Atividades primárias	Recursos indiretos			Total (R\$)
	Depreciação (R\$)	Combustível (R\$)	*Gestão da Propriedade (R\$)	
01 Arar - Terceirizado	480,00	480,00	100,00	1060,00
02 Adubar (manual)	200,00	40,00	320,00	560,00
03 Plantar (manual)	120,00	60,00	260,00	440,00
04 Capinar (manual)			1200,00	1200,00
05 Colheita (manual)	420,00	380,00	1320,00	2120,00
06 Tratar as sementes (manual)			120,00	120,00
07 Semear (manual)	120,00	110,00	600,00	830,00
08 Fazer piquetes (manual)			320,00	320,00
09 Transportar - Terceirizado			650,00	650,00
10 Pulverizar (manual - Costal)			620,00	620,00
11 Preparar mudas (manual)			240,00	240,00
TOTAL (R\$)	1340,00	1070,00	5750,00	8160,00

Fonte: Dados da pesquisa, 2023. *Gestão da propriedade é uma atividade secundária.

Para calcular o custo total de cada atividade, foram somados os custos indiretos de depreciação, combustível e gestão da propriedade. Na última fase da pesquisa, foram identificados os direcionadores de atividades. Com base nesses direcionadores, as atividades foram distribuídas aos objetos de custo (produtos), conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Atribuição dos custos das atividades aos produtos

Atividades	Objetos de custo				Total (R\$)
	Milho	Feijão	Macaxeira	Batata doce	
01 Arar - Terceirizado	180,00	180,00	350,00	350,00	1060,00
02 Adubar (manual)	120,00	100,00	160,00	180,00	560,00
03 Plantar (manual)			220,00	220,00	440,00
04 Capinar (manual)	300,0	400,00	300,00	200,00	1200,00
05 Colheita (manual)	489,23	652,28	326,14	652,35	2120,00
06 Tratar as sementes (manual)	32,70	43,60	21,80	21,90	120,00
07 Semear (manual)	356,00	474,00			830,00
08 Fazer piquetes (manual)	80,00	80,00	80,00	80,00	320,00
09 Transportar - Terceirizado	150,00	200,00	100,00	200,00	650,00
10 Pulverizar (manual - Costal)	143,10	190,40	95,40	191,10	620,00
11 Preparar mudas (manual)				240,00	240,00
12 Sistema de Irrigação	7.452,72	7.452,72	7.452,72	9.384,78	31.742,88
Total (R\$)	9.303,75	9.773,00	9.106,06	11.720,13	39.902,94

Fonte: Dados da Pesquisa, 2023.

Observa-se que o custo total da implantação das culturas, sem incluir os sistemas de irrigação são: para o milho foi de R\$ 1851,03, para o feijão foi de R\$ 2320,28, para a macaxeira (macaxeira) foi de R\$ 1653,34 e para a batata doce os custos foi de R\$ 2335,35. Com isso, a etapa 2 do método ABC, que consiste no direcionamento dos custos aos objetos finais de custo, foi concluída com a aplicação do método em uma pequena propriedade rural, fruto de um estudo de caso.

ETAPA 3 – INFORMAÇÕES PARA GESTÃO DA PEQUENA PROPRIEDADE RURAL

A terceira e última dimensão desta pesquisa analisou as informações geradas pela aplicação do método ABC na pequena propriedade rural objeto deste estudo, para fornecer informações que possam contribuir com sua gestão, em especial a gestão financeira.

A Tabela 7 fornece informações sobre a produtividade total, o preço de venda e a unidade de vendas dos objetos de custos analisados na pequena propriedade rural.

Tabela 7. Produtividade, o preço de venda e a unidade de vendas dos objetos de custos

Objetos de custos	Produção 1	Produção 2	Produção 3	Produção 4	Total de produção	Preço de venda (R\$)	Unidade
Milho	29.842	28.648	22.124	X	80.614	1,00	Espiga
Feijão	2.900	2.600	2.460	2.246	10.206	5,00	Kg ha ⁻¹ (na bage)
Macaxeira	18.846	16.240	X	X	35.086	2,50	Kg
Batata doce	376,92	229,64	212,56	164,92	984,04	90,00	Saco (50Kg)

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Vale ressaltar que para a cultura da batata doce as quatro produções foram 12.646, 11.482, 10.628 e 8.246 kg ha⁻¹, respectivamente.

A Demonstração do Resultado do Exercício (DRE) foi elaborada a partir da apuração dos custos de produção realizada pela aplicação do método ABC e da identificação da produtividade, com o intuito de verificar o desempenho econômico-financeiro de cada um dos objetos de custos. Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 8. Demonstração do Resultado do Exercício (DRE)

DRE	Milho (R\$)	Feijão (R\$)	Macaxeira (R\$)	Batata doce (R\$)	Total (R\$)
Receita da Venda	80.614,00	51.030,00	87.715,00	88.563,60	307.922,60
(-) Funrural	1.047,98	663,39	1.140,30	1151,32	4.002,99
(=) Receita Líquida	79.566,02	50.366,61	86.574,70	87.412,28	303.919,61
(-) CPV	9.303,75	9.773,00	9.106,06	11.720,13	39.902,94
Lucro Líquido	70.262,27	40.593,61	77.468,64	75.692,15	264.016,67

Fonte: Dados da Pesquisa, 2023.

Para se fazer a demonstração do resultado do exercício (DRE) e preciso levar em consideração o Funrural. O Funrural é uma contribuição social de caráter previdenciário, incidente sobre a receita bruta da comercialização da produção rural. Tanta pessoa física como pessoa jurídica deve pagar o Funrural. Para que o produtor rural escolha corretamente a forma mais vantajosa e econômica, é essencial verificar se a despesa com o Funrural será menor aplicando 1,3% sobre a sua receita total com a venda da produção ou 23% sobre a folha de salários.

No caso dessa pequena propriedade rural que é fruto da Agricultura Familiar, o mais vantajoso é o pagamento de 1,3% sobre a receita total como foi calculado na Tabela 8.

O CPV é o valor total da atribuição dos custos das atividades aos produtos. Pode ser chamado também de valores dos custos por produto (CPV) e pode ser observado esses valores na Tabela 6

A análise dos resultados da DRE mostrou que a pequena propriedade rural obteve lucros positivos para todos os objetos de custos. A macaxeira (macaxeira) foi o

produto mais rentável, com um lucro de R\$ 77.468,64. A batata doce foi o segundo produto mais rentável, com um lucro de R\$ 75.692,15. O milho foi o terceiro produto mais rentável, com um lucro de R\$ 70.262,27. O feijão foi o produto com o menor lucro, com R\$ 40.593,61.

Como exemplo prático faremos os cálculos passo a passo da cultura do milho. A receita da venda dessa cultura foi de R\$ 80.614,00, o qual foi obtido pela soma das três produções multiplicado pelo preço de venda R\$ 1,00 (sendo esse o valor de cada espiga). Depois calculou-se o Funrural que é o valor a ser pago de 1,3% sobre a receita total, ou seja, $1,3\% \times 80.614,00 = 1.047,98$, obtendo a receita líquida de R\$ 79.566,02 (R\$ 80.614,00 – R\$ 1.047,98 = 79.566,02). Depois pegou-se a receita líquida e subtraiu os valores dos custos por produto (CPV), assim, Receita Líquida – CPV = Lucro Líquido. Fazendo os cálculos obtém-se 70.262,27 (79.566,02 - 9.303,75).

Com relação aos custos, pode-se afirmar que o maior custo foi da cultura da batata doce com 29,37% Seguido das culturas de feijão, milho e macaxeira com 24,49%; 23,32% e 22,82%, respectivamente.

Para obtenção dos custos em porcentagem, faz-se a regra de três, sendo o total correspondente a 100% e as despesas de cada cultura (CPV) sendo o valor desconhecido. Assim, para a cultura do milho, tem-se $9.303,75/39.902,94 \times 100 = 23,3159$, que aproximando fica 23,32%.

Os produtos com maiores participações no resultado líquido do exercício foram a batata doce, macaxeira, o milho e o feijão. No entanto, o maior resultado não significa que o produto é o mais lucrativo. A Figura 3 mostra a lucratividade de cada produto analisado, bem como a lucratividade total da propriedade no período.

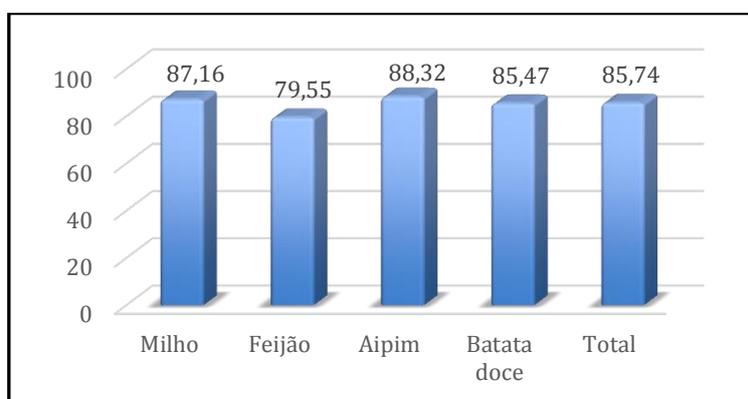


Figura 3. Lucratividade dos produtos (%). Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

A Figura 3 mostra que a macaxeira foi o produto mais lucrativo, com uma margem de lucro de 88,32%, o segundo foi a cultura do milho, obtendo um lucro de 87,16%, em seguida vem as culturas da batata doce e o feijão com 85,47% e 79,55%, de lucratividade, respectivamente.

Para a obtenção desses resultados é preciso relacionar o lucro líquido com a receita da venda, ou seja, a receita de tudo que foi apurado durante o ano por cultura e o valor do lucro líquido. Assim, a Função Margem de Lucro é obtida pela divisão do Lucro Líquido pela Receita de Venda vezes 100 para transformar esse resultado em porcentagem. De modo análogo aos cálculos das porcentagens dos custos, temos para a cultura do milho por exemplo, $70.262,27/80.614,00 \times 100 = 87,1588\% = 87,16\%$ de lucro.

O resultado líquido total do exercício foi de R\$ 264.016,67 (Tabela 8), o que representa uma margem de lucro de 85,74% em relação à receita total.

Outro ponto de destaque diz respeito ao uso de sistema de irrigação. A propriedade já pagou o sistema de irrigação e a partir dos próximos anos, os sistemas de irrigação só terão manutenções, ou seja, gastos menores, o que equivale ao aumento do lucro nos anos posteriores.

A pesquisa também identificou que a propriedade apresenta ociosidade de máquinas e equipamentos. Isso se deve pela propriedade ser pequena e ao usar os maquinários leva tempo para reutiliza-los. Uma sugestão para trabalhos futuros é o estudo desta ociosidade para que ela seja melhor controlada, a fim de aprimorar a gestão da propriedade e reduzir custos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desta pesquisa, ficou evidenciado que as propriedades rurais, por menores que sejam, requerem um adequado controle de seus custos de produção, para assim, garantirem sua continuidade e lucratividade no ambiente do agronegócio. Isso porque controlando os custos de produção as propriedades rurais podem: 1) aumentar a lucratividade, pois identificam onde tem custos em excesso e fazendo a correção do mesmo; 2) melhorar a eficiência: o controle de custos também ajuda os produtores rurais a identificar áreas onde podem melhorar a eficiência de suas operações. Isso pode levar a uma redução dos custos e a um aumento da produtividade; e 3) tomar melhores decisões: o controle de custos fornece aos produtores rurais informações essenciais para

tomar melhores decisões sobre suas operações. Por exemplo, os produtores podem usar as informações de custos para decidir quais produtos ou culturas plantar, quais métodos de produção usar e como precificar seus produtos.

O objetivo proposto no presente estudo, em suas três Etapas, foi alcançado. A metodologia definida foi satisfatória e exequível, contribuindo para o alcance dos objetivos propostos.

Isso porque identificados os custos de produção, as variáveis que otimizam a produção de cultura como a irrigação por gotejamento para as culturas de milho, feijão e macaxeira e por aspersão para a cultura da batata doce, quantidade de sementes, variedade das culturas ajudaram para atender ao primeiro objetivo da pesquisa e a primeira etapa do método ABC que são a identificação dos custos da propriedade rural em estudo.

Outro ponto de destaque foi a estimação dos custos de produção por cultura, identificando os custos diretos como mão de obra, sementes, fertilizantes, entre outros, e indiretos como depreciação, energia elétrica e gestão. E por fim os cálculos dos custos e lucros sendo observados os lucros por cultura na propriedade em estudo.

Quanto aos resultados, se pode destacar que a aplicação do método ABC na pequena propriedade rural é viável e possibilita a geração de informações relevantes para a gestão, apresentando contribuições significativas na gestão dos custos de complexidade (indiretos).

Ainda, com a aplicação do método ABC, os proprietários conseguiram identificar o real resultado do exercício analisado, o uso de recursos por cada uma das atividades e, também, quais foram os produtos com maiores lucratividades, sendo: a batata doce, o macaxeira, milho e feijão, respectivamente.

Com o método ABC, os proprietários puderam identificar o lucro real, o uso de recursos e os produtos mais lucrativos.

De modo geral, se destaca que os objetivos deste trabalho foram atingidos, haja vista que foi possível identificar e aplicar, por meio de um estudo de caso, uma sequência lógica de etapas do método de custeio baseado em atividades (ABC) na pequena propriedade rural, fornecendo informações para contribuir com sua gestão.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. Modelagem matemática para o desenvolvimento socioeconômico brasileiro. **Revista Brasileira de Economia**, v. 76, n. 2, p.1-20, 2022.

ALVES, E. M.; SILVA, E. C. Modelagem matemática da demanda hídrica de culturas irrigadas na agricultura familiar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 66-71, 2022.

ALVES, E. R.A. *et al.* Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p. 67.

AQUINO, J. R. *et al.* Agricultura familiar no Nordeste: um breve panorama dos seus ativos produtivos e da sua importância regional. **Boletim regional, urbano e ambiental**, n. 23, p. 97-110, 2020.

BALBINO, L. C. *et al.* Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). **Informações Agronômicas**, n. 138, p. 1-18, 2012.

BALZAN, C.; DALL'AGNOL, R.M. Gestão por atividades na pequena propriedade rural: um estudo de caso envolvendo a aplicação do Método de Custeio ABC. In: XXII Congresso Brasileiro de Custos, 2015, Foz do Iguaçu. **Anais XXII Congresso Brasileiro de Custos**, Foz do Iguaçu: Anais CBC, 2015. 16 p.

BARBOSA, A. C.; SILVA, E. C. Modelagem matemática do controle da irrigação na agricultura familiar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 72-77, 2022.

BARRETO, J. M. **Introdução à Administração**. Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis, Superintendência de Educação a Distância, 2017. 95 p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório trimestral de inflação**. Brasília: BCB, 2022.

BEZERRA, G.J; SCHLINDWEIN, M.M. Agricultura Familiar como Geração de Renda e Desenvolvimento Local: uma Análise para Dourados, MS, Brasil. **Interações**, v.18 n. 1, p. 3-15, 2017.

CHAVES, M. M.; SILVA, E. C. (2022). Modelagem matemática da produtividade de culturas irrigadas na agricultura familiar sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 78-83, 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. Brasília: Conab, 2010. 60 p.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Roteiro de cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de PenmanMonteith-FAO. **Circular Técnica**, 2006.

DELGADO, G. C.; BERGAMO, S. M. P. P. **Agricultura Familiar Brasileira: Desafios e Perspectivas de Futuro**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2017. 474

EMBRAPA. **A agricultura brasileira - Portal Embrapa**. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/vii-plano-diretor/a-agricultura->

brasileira#:~:text=%C3%89%20um%20dos%20setores%20que>. Acesso em 09 jun 2022.

ESTEVEES, B. S. *et al.* Coeficiente de cultivo da cana-de-açúcar utilizando a razão de Bowen. **IRRIGA**, v. 19, n. 3, p. 441–452, 2014.

FERREIRA, A. C.; PEREIRA, F. A. **Modelagem matemática da agricultura irrigada**. São Paulo: Editora Blucher, 2018.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Impacto da reforma tributária de 2019 na economia brasileira**. Rio de Janeiro: FGV, 2022.

FRIZZONE, J. A.; JUNIOR, A. S. A. **Planejamento de irrigação – Análise de decisão de investimento**. EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA, Brasília-DF, 626p. 2005.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2017.

KUHN, O. J. *et al.* **Ciências Agrárias: Tecnologias e Perspectivas**. Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015. 360 p.

MACHADO, R. B.; SANTOS, D. A. **Modelagem matemática da agricultura familiar**. Brasília: Embrapa, 2020.

MARTINS, C. M.; CUNHA, F. A. B. Modelagem matemática para o manejo da irrigação na agricultura familiar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 76-82, 2019.

MARTINS, E. C. Modelagem matemática para a agricultura familiar irrigada. In: E. C. Martins, M. A. F. C. Silva, & R. S. Oliveira (Eds.), **Modelagem matemática na agricultura** (pp. 155-180). Rio de Janeiro: Editora da UFRRJ, 2022.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. Brasília: MDR, 2022.

NETO, C. R.; SILVA, F. A. C.; ARAÚJO, L. V. **Qual é a participação da agricultura familiar na produção de alimentos no Brasil e em Rondônia?**. Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55609579/artigo---qual-e-a-participacao-da-agricultura-familiar-na-producao-de-alimentos-no-brasil-e-em-rondonia>. Acesso em 19 de outubro de 2023.

NOGUEIRA, E. *et al.* Coeficiente de cultivo e lâminas de irrigação do maracujazeiro amarelo nas condições semiáridas. In: Inovagri International Meeting, 2, 2014, Fortaleza. **Anais II Inovagri International Meeting**, Fortaleza: Inovagri, 214.

PAOLINELLI, A. *et al.* **Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: técnicas e cultura**. Ed 4, Piracicaba: ESALQ - USP, 2021. 598 p.

PATU, H. M. **Florestas plantadas biodiversas: a revolução de Ernst Götsch**. 2021. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

PEREIRA, F. A. **Modelagem matemática de sistemas agrícolas**. Viçosa: Editora UFV, 2021.

- SANTOS, C. F. *et al.* agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 33-52, 2014.
- SANTOS, M. J.; SILVA, C. A. M. Modelagem matemática da produtividade de culturas irrigadas na agricultura familiar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 100-105, 2021.
- SCOLARI, D. D. G. Produção Agrícola Mundial: o Potencial do Brasil. *In:* SCOLARI, D. D. G. **Visão Progressista do Agronegócio Brasileiro**. Brasília, DF: Fundação Milton Campos, 2006. p. 9-86
- SILVA, E. C.; SOUZA, C. M. R. Modelagem matemática da evapotranspiração de referência para a agricultura familiar irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 1, p. 70-75, 2020.
- SILVA, H. S.; SILVEIRA, H. B. Modelagem matemática: aplicações sobre medidas agrárias em pequenas propriedades rurais no distrito de Vila Mandi. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 10, 2020.
- SILVA, J. P. *et al.* Necessidade hídrica do abacaxi ornamental em cultivo protegido. *In:* Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS, 3, 2017, Fortaleza. **Anais do III Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido**, Ceará: SBRNS, 2017.
- SILVA, M. A. F. C. **Modelagem matemática para a agricultura familiar irrigada: um estudo de caso com a cultura da banana na região do Vale do São Francisco**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.
- SILVA, S. N.; NEVES, E. Importância do manejo da irrigação. **Enciclopédia Biosfera**, v.17 n.34, p. 271-288, 2020.
- SILVA, W. A **Modelagem Matemática Aplicada no Planejamento da Agricultura Irrigada, Utilizando Informações Georreferenciadas**. 111f. Tese (Doutorado)- Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.
- SILVA, W. A. *et al.* Estimativa do custo de implantação da agricultura irrigada, utilizando o sistema de informação geográfica. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 395-408, 2005.
- SOUZA, A. L. A Reforma agrária nas interfaces de Ignácio Rangel e Caio Padro Júnior: o desenvolvimento rural em questão. **Revista de geografia agrária**, v. 16, n. 43, p. 170-196, 2021.
- VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 14. ed. São Paulo: Atlas, 2013
- ZEFERINO, C. *et al.* Perspectivas para agricultura familiar no alto vale do Itajaí: um estudo sobre a produção de leite no ano de 2017. **Revista Caminhos Online**, n. 28, p. 88-105, 2018.