



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de São José do Rio Preto

Isac Joaquim Presse

***Implantação da produção industrial de conídios de *Metarhizium rileyi* em
Moçambique.***

São José do Rio Preto

2022

Isac Joaquim Presse

Implementação da produção industrial de conídios de *Metarhizium rileyi* em Moçambique.

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciências de Alimentos junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto

Financiadora: BAD

Orientador: Prof. Dr. João Claudio Thoméo

São José do Rio Preto

2022

P935i

Presse, Isac

Implementação da produção industrial de conídios de *Metarhizium rileyi* em Moçambique / Isac Presse. -- São José do Rio Preto, 2022
111 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio
Preto

Orientador: João Thoméo

1. Dissertação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Isac Joaquim Presse

Implementação da produção industrial de conídios de *Metarhizium rileyi* em Moçambique.

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Comissão Examinadora



Prof. Dr. João Cláudio Thoméo
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto
Orientador

Prof^a. Dr^a. Cristiane Sanchez Farinas
Embrapa - São Carlos

Prof. Dr^a Fernanda Perpétua Casciatori,
Universidade Federal de São Carlos

São José do Rio Preto

07 Julho de 2022

*Dedico este trabalho à minha esposa **Regina Januário**,
aos meus filhos **Anil, Zayn e Youran**, aos meus pais, **Joaquim Presse
e Fatima Amáde (in memória)**, aos meus irmãos **Assia, Dinho,
Fátima, Faruk e Flora***

AGRADECIMENTOS

O meu primeiro agradecimento vai para o altíssimo senhor nosso criador, pois sei que usou das suas bondades para cuidar da sua criatura como sempre o fez vai o meu muito obrigado.

Ao meu orientador, Professor Dr. João Claudio que de forma incansável esteve ao meu lado para me dar forças, com muita dedicação e sabedoria, e por ter me proporcionado esta oportunidade pós sem o seu aceite em me orientar aqui não estaria, para terminar obrigado ainda pela confiança.

Aos meus colegas do laboratório que tiveram a bondade de me receber e me dar instruções no material necessário para minha dissertação vai o meu muito obrigado.

O meu agradecimento estende-se aos professores, colegas e funcionários da UNESP que de forma simpática sempre estiveram prontos para ajudar.

Agradeço à colega Renata, que foi o meu braço de ferro na materialização deste trabalho, fica a minha admiração pelo seu esforço e dedicação e amor ao próximo, vai o meu muito obrigado pelo tudo que fez por mim.

Ao meu amigo Carlos pela recepção calorosa e amparo que deu na minha estadia no Brasil, vai o meu muito obrigado.

Agradeço ao Prof. Fabrício Mendes, pela dedicação nos momentos chaves para a materialização deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Marcos Farias pela dedicação e colaboração incansável na materialização desta dissertação professor vai o meu muito obrigado

Agradeço ao Banco Africano de Desenvolvimento (BAD) pela bolsa de estudo concedida.

Para finalizar, agradeço a minha família que sempre esteve no meu lado dando força nos momentos de tristeza assim como de felicidade, e em tempos de pandemia aumentaram a sua atenção para que me sentisse protegido, meu muito obrigado.

RESUMO

Metarhizium rileyi é um fungo entomopatogênico mundialmente empregado no controle biológico de pragas agrícolas. No continente africano, onde a presença de pragas na lavoura é responsável por grandes perdas de produção, este fungo foi inicialmente empregado no Benin, mas até os dias atuais poucos países desfrutam desta tecnologia. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo propor a implantação de fábricas para a produção de conídios de *M. rileyi* para o combate às pragas das lavouras de milho em Moçambique, que é a principal cultura de subsistência do país. Para tanto, foi feita uma caracterização da agricultura dos países do sudeste africano, região de Moçambique, com enfoque na produção e produtividade das principais culturas agrícolas. Para Moçambique, será avaliada a distribuição das principais culturas nas regiões do país, bem como o tamanho das propriedades e causas de perdas. Para o milho, serão avaliados históricos de produção, produtividade, área plantada por regiões e principais pragas. A partir destas informações, foram estabelecidas estratégias de implantação das biofábricas, visando aplicar conídios do fungo em toda a área plantada de milho. O modelo de produção dos conídios será o de cultivo em estado sólido em embalagens plásticas, tendo arroz como substrato, e serão definidos o número de biofábricas e sua localização, baseado no potencial mercado consumidor e de fornecimento do substrato. Foi realizada uma análise do investimento inicial necessário, assim como os custos de produção e de distribuição dos conídios para estabelecer a viabilidade do empreendimento. Das informações coletadas, constatou-se que a área plantada de milho em Moçambique é de 1.847.908 ha, com baixa produtividade, 0,81 t/ha, quando comparada com a de países vizinhos. As propriedades rurais são pequenas em sua grande maioria, sendo 96,4 % com área inferior a 5 ha. O principal inseto causador de perdas nas lavouras de milho é do gênero *Spodoptera*, susceptível ao controle por *M. rileyi*. Para a implantação de biofábricas no país, a quantidade de arroz e de conídios necessária para tratamento de toda a área de cultivo do milho foi estimada, considerando-se a necessidade de 10^{12} conídios/ha, o que representa cerca de 50 g conídio/ha. Sendo assim, serão necessárias cerca de 1847,91 toneladas de arroz para a produção anual, e são necessárias aproximadamente 92,40 t por ano de conídios. As províncias de Zambézia, Nampula e Tete, concentram cerca da metade das terras cultivadas no país, e, baseando-se na logística de transporte de substrato e produto, é proposta uma planta industrial, com a capacidade de processando 6 t/ dia de arroz. As despesas de capital (CAPEX) da planta foram estimadas em US\$ 892 639,01,

enquanto que as despesas operacionais e de manutenção (OPEX) em US\$ 3 560 283,00 e, através de uma análise econômico foram estimados os principais indicadores econômicos, dentre os quais um *pay-back* de 1,18 anos.

Palavras-chave: Controle Biológico. *Metarhizium rileyi*. Milho. Biofábrica. Análise econômica

ABSTRACT

Metarhizium rileyi is an entomopathogenic fungus used worldwide in the biological control of agricultural pests. On the African continent, where the presence of pests in the crop is responsible for large production losses, this fungus was initially used in Benin, but to this day few countries enjoy this technology. Thus, this work aims to propose the implementation of factories for the production of *M. rileyi* conidia to combat the pests of corn crops in Mozambique, which is the main subsistence crop in the country. Therefore, a characterization of the agriculture of the countries of Southeast Africa, Mozambique region, will be made, focusing on the production and productivity of the main agricultural crops. For Mozambique, the distribution of the main crops in the regions of the country will be evaluated, as well as the size of the properties and causes of losses. For corn, historical production, productivity, area planted by regions and main pests will be evaluated. Based on this information, strategies for the implementation of biofactories will be established, aiming to apply fungus conidia throughout the planted area of corn. The model of production of conidia will be that of solid-state cultivation in plastic packaging, with rice as a substrate, and the number of biofactories and their locations will be defined, based on the potential consumer market and supply of the substrate. An analysis of the initial investment required will be carried out, as well as the costs of production and distribution of the spores to establish the viability of the project. From the information collected, it was found that the planted area of corn in Mozambique is 1.847.908 ha, with low productivity, 0.81 t/ha, when compared to that of neighboring countries. The vast majority of rural properties are small, with 96.4% with an area of less than 5 ha. The main insect causing losses in corn crops is of the genus *Spodoptera*, susceptible to control by *M. rileyi*. The vast majority of rural properties are small, with 96.4% with an area of less than 5 ha. The main insect causing losses in corn crops is of the genus *Spodoptera*, susceptible to control by *M. rileyi*. For the implementation of biofactories in the country, the amount of rice and conidia needed for the treatment of the entire corn cultivation area was estimated, considering the need for 10^{12} conidia/ha, which represents about 50 g conidia/ha. Therefore, it will take about 1847,91 tons of rice for annual production for the production of approximately 92,40 tons per year of conidia. The provinces of Zambezia, Nampula and Tete, concentrate about half of the cultivated land in the country, and, based on the logistics of substrate and product transport, an industrial plant is proposed, with the capacity to process 6 tons/day of rice. The capital expenditures

(CAPEX) of the plant were estimated at US\$ 892 639,01, while operating and maintenance expenses (OPEX) at US\$ 3 560 283,00 and, through an economic analysis, the main economic indicators were estimated, among
Which a 1.18 year pay-back.

Keywords: Biological Control. *Metarhizium rileyi*. Corn. Biofactory. Economic Analysis

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Pragas invasoras causadoras de perdas agrícolas em países da África subsaariana.....	16
Tabela 2: Perdas causadas por Lepdópteras em culturas de milho e sorgo na África subsaariana	17
Tabela 3: Alternativas de controle de pragas agrícolas em Gana e em Zâmbia.	19
Tabela 4 – Valores de IDH e PIB per capita de Moçambique, Malawi, Zimbabwe, Tanzânia e África do Sul para 2019	20
Tabela 5. Dados de produção das culturas de primeira necessidade do Malawi.	22
Tabela 6. Dados de produção das culturas de primeira necessidade do Zimbabwe.....	24
Tabela 7. Dados de produção das culturas de primeira necessidade do Tanzânia.....	26
Tabela 8 – Dados de produção de culturas de primeira necessidade na África do Sul.....	28
Tabela 9. Dados de produção das culturas de primeira necessidade em Moçambique.	28
Tabela 9. Continuação	29
Tabela 10: Produtividade de culturas de alguns grãos para Moçambique e países com maior desenvolvimento agrícola para o ano de 2020.....	30
Tabela 11 – Distribuição da área cultivada de Moçambique por província.	31
Tabela 12 – Área cultivada por tipo de propriedade em Moçambique.....	33
Tabela 13. Emprego de insumos agrícolas de acordo com o tamanho das propriedades (*)	34
Tabela 14 Participação das províncias e das propriedades (classificadas por tamanho) no consumo de agrotóxicos.	36
Tabela 15: Proporção de consumo de fertilizantes (%) nas províncias de Moçambique.	37
Tabela 16 – Produção das culturas de primeira necessidade em Moçambique, por província... ..	38
Tabela 17 – Proporção de propriedades pequenas e médias que sofreram perdas na produção de milho.	40
Tabela 18. Principais pragas associadas à cultura de milho em Moçambique.	41

Tabela 19 – Quantidade de arroz e esporos necessária, por província, para o primeiro ano de funcionamento da biofábrica.....	44
Tabela 20. Distribuição dos colaboradores de processo na unidade de produção	52
Tabela 21: Custos diretos necessários ao início do empreendimento (CAPEX).	52
Tabela 22: Custos indiretos para a implantação do empreendimento.....	57
Tabela 23: Resumo de dispêndios relativos ao CAPEX.....	58
Tabela 24: Despesas com matéria prima e insumos para o OPEX.	58
Tabela 25: Despesas de energia, água e transporte para o OPEX	59
Tabela 26: Custos de manufatura para o OPEX	59
Tabela 27: Despesas de salários para o OPEX.....	60
Tabela 28: Custos de manufatura para OPEX.....	60
Tabela 29: Resumo de despesas para o OPEX.....	60
Tabela 30: Indicadores econômicos relativos à construção e operação da biofábrica em Moçambique.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Número de registros de produtos para controle biológico de pragas no Brasil.....	7
Figura 2 - Mapa político de Moçambique.....	30
Figura 3 – Ciclo de vida de <i>Spodoptera frugiperda</i>	42
Figura 4 – Etapas de produção de conídios de <i>Metarhizium rileyi</i> por cultivo em estado sólido.....	45
Figura 5: <i>Layout</i> da planta de produção de <i>Metarhizium rileyi</i> tendo arroz como substrato.....	50
Figura 6 - Organograma de pessoal da biofábrica para dois turnos de produção. Os números indicam a quantidade de pessoas em cada atividade.....	53
Figura 7: Custos totais associados à construção e operação da biofábrica. A- OPEX; B- CAPEX.....	61
Figura 8: Fluxo de caixa do empreendimento, com previsão de duração de 15 anos.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

b. u. - base úmida

BDA - batata-dextrose-ágar

BPF - Boas Práticas de Fabricação

CABI-*Agricultural Bureau International Bioscience*

CAPEX - *Capital expenditure* – Despesas de capital

Cm² - centímetro quadrado

DAS - Sabouraud, Dextrose Ágar

DFPV - *Department de Formation en Protection des Vegetaux*

FAO - *Food and Agriculture Organization* - Organização da Nações Unidas

FFS- *Farmer Field Schools*

há - hectare

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IITA-*International Institute of Tropical Agriculture*

IPPM- *Integrated Production and Pest Management*

LUBILOSA- *Lutte Biologique contre les Locustes et les Sauteriaux*

MIP - Manejo Integrado de Pragas

OPEX - *Operational expenditure* – Despesas operacionais

PARPA- Plano Nacional para a Redução da Pobreza Absoluta

Payback -

PEDSA - Desenvolvimento do Setor Agrário

PIB - Produto Interno Bruto

PROAGRI - Programa Nacional de Desenvolvimento Agrário

TAM- Taxa de Atratividade Mínima

US \$ - Dólar

v/v – volume por volume

VPL - Valor Presente Líquido

TIR - Taxa Interna de Retorno

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
4.1 África subsaariana.....	12
4.2 Países vizinhos a Moçambique	19
4.3 Moçambique	27
4.4 Caracterização do cultivo de milho em Moçambique.....	39
5.1 Oportunidade do empreendimento.....	30
5.2 Descrição do processo.....	32
5.3 Dimensionamento da biofábrica	36
5.4 Controle de qualidade do produto.....	41
5.5 Análise de custos de investimento para implantação e operação da biofóbrica.....	43
5.5.1 Indicadores econômicos.....	43
5.5.2 Resultado da análise econômica.....	45
6. CONCLUSÕES.....	52
7. TRABALHOS FUTUROS.....	66
REFERÊNCIAS.....	55

1. INTRODUÇÃO

Em países africanos, nos quais a agricultura é predominantemente de subsistência, pragas têm infestado as lavouras, provocando grandes perdas e baixa produtividade. Em geral, as opções de controle das pragas são limitadas ao uso de agroquímicos, que causam danos aos consumidores dos produtos cultivados e ao meio ambiente. Os bioinseticidas são alternativa aos defensivos químicos na perspectiva de melhorar a qualidade de alimentos, como pré-requisitos das boas práticas agrícolas (SÁ ET AL., 2016). No entanto, o uso de bioinseticidas na África é insipiente e, em 2015, a região respondia por apenas 3% do mercado global destes agentes (OLSON, 2015). Comparativamente, a primeira referência ao uso de bioinseticidas no Brasil data de 1888 e a técnica ganhou impulso nos anos 1970, quando da aplicação intensiva em culturas de cana-de-açúcar, expandindo-se continuamente a ponto de, somente em 2018, haver um crescimento de 70% deste mercado no país (MAPA, 2019). Ainda no Brasil, a indústria de bioinseticidas tem registrado faturamento expressivo, estimado em mais de 1 179 bilhões de reais em 2020, o qual corresponde a um crescimento de 75% em relação a 2019.

Poucas biofábricas estão em operação no continente africano, sendo reportadas plantas industriais no Benin, com investimento da organização não governamental *International Institute of Tropical Agriculture* (IITA), na África do Sul, Madagascar e Quênia (LUBILOSA, 1999; AKUTSE ET AL., 2020). Além disso, os programas de implantação da cultura de agentes biológicos de pragas não foram abrangentes para todo o continente e Moçambique teve pouco contato com esta técnica. Para que a implantação de uma planta industrial tenha sucesso em um país de baixo nível econômico e social, é necessário estudo das condições de cultivo no país, identificação das culturas alvo, escolha de um microrganismo patogênico e de um processo produtivo simples e de baixo investimento, definição da localização das instalações produtoras e disseminação das informações da aplicação do agente biológico.

O milho é a principal cultura praticada em vários países africanos e majoritariamente utilizada no consumo humano, tanto nas zonas rurais como urbanas (UELE ET AL., 2013). Uma das principais pragas do milho é a *Spodoptera frugiperda* (MASA, 2018) e o fungo entomopatogênico *Metarhizium rileyi* (Ascomycota: Clavicipitaceae) é conhecido como um eficaz agente de controle biológico de pragas da ordem Lepidoptera, com a capacidade de controlar cerca de 30 espécies de pragas que atacam várias culturas (LOUREIRO ET AL., 2020). Os conídios

deste fungo são geralmente produzidos por cultivo em estado sólido em unidades de pequena, média e larga escala e as técnicas de produção têm baixo custo (LOUREIRO et al, 2019).

Neste contexto, o presente trabalho teve por finalidade avaliar informações gerais da produção agrícola de Moçambique e compará-la às dos países vizinhos da região sudeste da África, de modo a caracterizar aspectos como produção, produtividade, perdas e exportações das principais culturas cultivadas e avaliar a distribuição geográfica destas culturas e aspectos sócio-econômicos a elas relacionados, de modo a propor a instalação de biofábricas de produção de esporos de *M. rileyi* para o combater as pragas, reduzindo as perdas e produzindo alimentos mais saudáveis. Esta dissertação está dividida nos seguintes capítulos:

- Revisão bibliográfica, voltada ao controle biológico de pragas na África;
- Características da agricultura dos países do sudeste africano, com enfoque nas principais culturas e abordando aspectos de produção, produtividade, perdas e exportação;
- Característica da agricultura de Moçambique, aprofundando aspectos de tamanho das propriedades agrícolas, distribuição geográfica das principais culturas e uso de pesticidas químicos;
- Proposta de plantas industriais para a produção de conídios de *M. rileyi*, identificando volume de produção, principais equipamentos, pessoal necessário e localização das biofábricas;
- Análise dos custos de implantação, apresentando as despesas de capital (CAPEX) e as despesas operacionais (OPEX), além dos principais indicadores econômicos.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação foi propor a implantação de biofábricas de produção de conídios do fungo entomopatogênico *Metarhizium rileyi* para aplicação no manejo de pragas da cultura de milho em Moçambique.

Neste contexto, os objetivos específicos foram:

- ✓ Caracterizar aspectos gerais da prática agrícola em Moçambique e em países vizinhos;
- ✓ Avaliar a distribuição geográfica da produção de milho e aspectos sociais a ela associados;
- ✓ Identificar as principais pragas que atacam as lavouras de milho;
- ✓ Quantificar a necessidade de esporos para as lavouras de milho;
- ✓ Determinar o número e a localização das biofábricas a serem implantadas, baseado na oferta do substrato a ser empregado no cultivo do fungo, arroz, e no mercado consumidor dos esporos;
- ✓ Avaliar a viabilidade econômica da implantação das biofábricas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Defensivos químicos são largamente empregados para o controle de pragas agrícolas, sejam elas de origem vegetal, animal ou microbiológica e, em geral, são compostos organoclorados, organofosforados, carbomatos e piretroides. No entanto, os malefícios causados por estes defensivos ao ecossistema agrícola, solo, reservas de água, animais e seres humanos são severos e conhecidos (TONUS, 1999). Segundo Pingali e Roger (1995), os custos de doenças associados ao uso de agroquímicos superam os ganhos em produtividade decorrentes do seu uso. Na África subsaariana, e em outros países em desenvolvimento, o uso de defensivos químicos é indiscriminado e provoca muitas doenças, pois é associado ao pouco conhecimento técnico de manipulação e aplicação (CLAUSEN ET AL., 2017). Apesar dos pesticidas químicos serem considerados eficazes e rápidos para combater uma ampla gama de pragas, seu uso contínuo resulta na seleção das pragas e, em consequência, na eclosão de populações de pragas resistentes aos princípios ativos, requerendo doses mais altas do produto ou mesmo sua substituição (DALZOTO & UHRY, 2009; PEREIRA ET AL., 2010).

O manejo integrado de pragas (MIP) emergiu após a Segunda Guerra Mundial como alternativa ao uso extensivo de agroquímicos, sendo composto por estratégias de diminuição ou substituição de agroquímicos, desenvolvimento genético de espécies vegetais resistentes a pragas, introdução de inimigos naturais de patógenos e desenho racional do ecossistema agrícola (PRETTY & BHARUCHA, 2015). Desta forma, o MIP é uma estratégia dinâmica que implica em elaboração de uma proposta, engajamento e treinamento da comunidade, execução, avaliação e realimentação da mesma. Apesar dos aspectos positivos, o MIP ainda não é amplamente disseminado, principalmente em países em desenvolvimento, e as principais razões para seu insucesso devem-se a políticas públicas deficientes de financiamento e suporte, falta de conhecimento técnico dos agricultores, pressão das indústrias de agroquímicos e dificuldade na interação entre pesquisadores e usuários das estratégias

De um modo geral, a questão cultural é uma dificuldade a ser superada, pois práticas tradicionais não comprovadas ainda são utilizadas para o combate de pragas e o nível educacional de grande parte dos agricultores requer treinamento extensivo (ORR, 2003; PARSA ET AL., 2014). Um estudo realizado com 413 profissionais e praticantes do MIP, dos quais 80% de países em desenvolvimento, apontou que as maiores dificuldades na aplicação do programa são o

treinamento e suporte técnico insuficientes aos agricultores e a falta de políticas públicas e suporte governamental. Para estes países, uma causa relevante, e não relatada em países desenvolvidos, foi a falta de ações coletivas na implantação do MIP, uma vez que uma área com o programa implantado adjacente a outra sem implantação impacta negativamente o processo (PARSA ET AL., 2014). Particularmente na África, a baixa produtividade das lavouras, instabilidade social, conflitos sociais, armados ou não, e infraestrutura rural precária contribuem para o insucesso do MIP (NWILENE ET AL., 2008).

Ainda que o MIP seja insipiente em países em desenvolvimento, algumas iniciativas bem-sucedidas foram implementadas na África. A partir dos anos 1990, uma experiência de educação comunitária de agricultores foi introduzida nos países francófonos Benin, Burkina Faso, Mali e Senegal, e que foi posteriormente expandida a outros países, denominada *Integrated Production and Pest Management* (IPPM), coordenada pela Food and Agriculture Organization (FAO) e financiada inicialmente pelo governo holandês. Dentro deste programa, destacaram-se as *Farmer Field Schools* (FFS), que atenderam 116 mil agricultores em 3500 propriedades (SETTLE & GARBA, 2011) empregando conceitos de MIP. A partir desta experiência, o uso de pesticidas foi reduzido a 8% do empregado anteriormente e a aplicação de biopesticidas aumentou em até 80%. No Mali foi realizado um experimento de cultivo de algodão em duas áreas distintas, uma adotando os métodos das FFS e outra com manejo tradicional com defensivos químicos. O experimento teve oito anos de duração e ao final observou-se redução de até 92,5% no uso de pesticidas químicos. A produtividade foi muito variável ao longo do tempo para ambos os grupos e não foi encontrada qualquer correlação entre a produtividade e as formas de manejo de pragas. Como estratégia do MIP, foram aplicados extratos vegetais, dentre eles os de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) e algumas práticas agrícolas sem eficiência comprovada, mas pertencentes à cultura do país. Quando a ação dos agentes biológicos foi incapaz de controlar as pragas do algodoeiro, aplicou-se defensivos químicos de menor toxidez a mamíferos e em menor concentração do que a habitual (SETTLE ET AL., 2014).

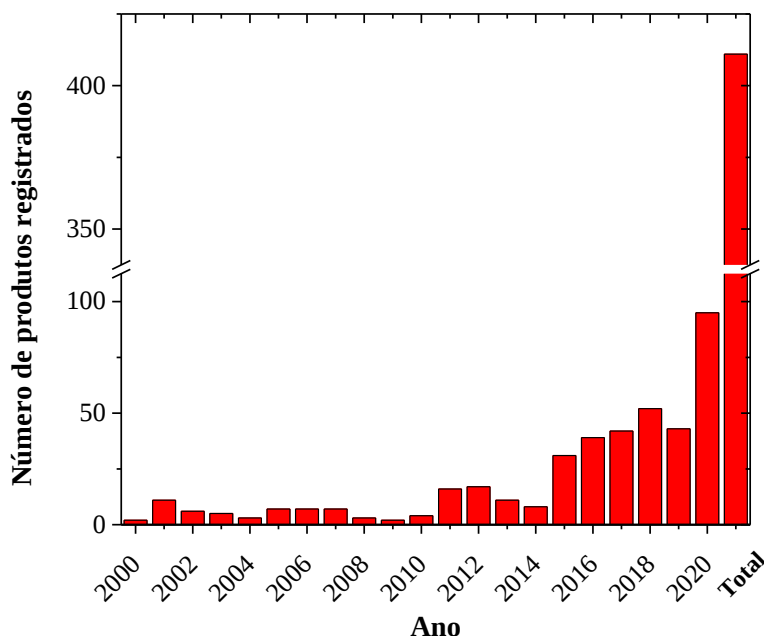
Em Gana, a implantação das FFS em 1993 dobrou a produtividade de campos de arroz de 3 ton/ha para 6 ton/ha e reduziu o uso de pesticidas químicos em até 90% (NWILENE ET AL., 2008). Foram treinados 500 produtores de arroz, dos quais 80% continuaram a adotar estratégias de MIP após o término do projeto. Posteriormente, o programa foi ampliado para outras culturas, como mandioca, feijão fradinho, sorgo e vegetais (AFREH-NUAMAH, 2003). Resultados

expressivos foram obtidos a partir de 1998 na produção de repolhos, com aumento médio de 220% na produtividade de três áreas plantadas, indo de 7,0 ton/ha para 22,5 ton/ha. (AFREH-NUAMAH, 2003).

Para minimizar os efeitos nocivos dos defensivos químicos e dar passos em prol à agricultura sustentável, observa-se uma tendência global para uso de bioinseticidas, dentre os quais insetos parasitóides (e.g., *Ageniaspis citrícola*, *Apoanagyrus (Epidinocarsis) lopezi* De Santis, *A. diversicornis*, *Allotropa* sp., *Cotesia flavipes*, e *Diachasmimorpha longicaudata*) (NEUENSCHWANDER, 2001; COSTA & PERIOTO, 2017), fungos (e.g., *Metarhizium anisopliae*, *M. rileyi*, *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Trichoderma reesei*, *T. harzianum* e *T. viride*) (SHAH & PELL, 2003; MEYER ET AL., 2019) e bactérias (e.g., *Bacillus subtilis*, *B. thuringiensis*, *Pseudomonas fluorescens* e *P. chlororaphis*) (VINCENT ET AL., 2007). Dentre as vantagens dos bioinseticidas em relação aos defensivos químicos destacam-se a de não provocar desequilíbrios ecológicos, causarem poucos efeitos adversos, terem efeito durador e de não serem tóxicos ao homem e animais quando usados em doses adequadas (ALVES & ALMEIDA, 1997; GHITAE & KURIA, 2021). Assim, os bioinseticidas compõem uma importante estratégia dentro do MIP.

O mercado dos agentes biológicos de controle de pragas poderá chegar a US\$ 5 bilhões ainda em 2021 e tem potencial para atingir US\$ 11 bilhões até 2025 (DUNHAM TRIMMER, 2021). Em 2020 havia no Brasil 411 produtos de origem biológica ou bioquímica registrados para controle de pragas, dos quais 96 registrados naquele ano (MAPA, 2021), conforme pode ser verificado na Figura 1, onde se observa que o grande crescimento do setor ocorreu a partir de 2014, logo após a detecção da lagarta *Helicoverpa armigera* no Brasil em 2012, considerada uma praga com alto poder de destruição para lavouras de soja, milho, algodão e feijão (MARTIN NETO ET AL., 2016), o que requereu grande esforço de implantação de MIP. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil, somente em 2018 o setor de bioinseticidas cresceu cerca de 70% (MAPA, 2021b).

Figura 1: Número de registros de produtos para controle biológico de pragas no Brasil.



Fonte: Extraído e modificado de MAPA (2021a).

Um programa bem-sucedido de combate à cochonilha (*Phenacoccus manihoti*) em lavouras de mandioca disseminou-se por 27 países da África, dentre eles Moçambique, empregando-se o parasitoide *A. lopezi*, importado para o continente em 1981 (NEUENSCHWANDER, 2001). Após ensaios iniciais para avaliação dos possíveis danos do parasitoide à fauna local, conclui-se que estes insetos exóticos não eram daninhos, podendo ser aplicado amplamente. Dos resultados obtidos, concluiu-se que o controle de *P. manihoti* foi alcançado e a persistência de *A. lopezi* no campo foi duradoura. Na Nigéria, havia a prática de rotação de culturas para minimizar a infestação da cochonilha, mas esta rotação deixou de ser praticada após o pleno estabelecimento de *A. lopezi*. Em Zâmbia, inicialmente a infestação cresceu no início da aplicação de *A. lopezi* e a queda foi lenta, mas mostrou-se efetiva após quatro anos, quando amplas áreas de cultivo estavam sujeitas à ação do parasitoide. De um modo geral, *A. lopezi* foi capaz de se estabelecer em todos os países participantes com controle efetivo de *P. manihoti*, sendo os maiores êxitos observados no Congo (então Zaire), Gana, Moçambique,

Nigéria, Tanzânia e Uganda. Os benefícios ao longo de 40 anos de controle biológico podem ter alcançado US\$ 20 bilhões, dependendo do método de cálculo (ZEDDIES ET AL., 2001).

O aguapé (*Eichhornia crassipes* Mart. Solms) é uma planta originária da América do Sul e foi introduzido na África no final do século XIX, infestando seriamente corpos de água de vários países (NAVARRO & PHIRI, 2000). Os governos do Benin e da Alemanha financiaram um projeto a partir de 1991, com suporte do *International Institute of Tropical Agriculture* (IITA), com sede na Nigéria e com unidades em vários países africanos, para introdução de espécies exóticas de insetos para o controle desta praga e o gorgulho *Neochetina eichhorniae* Warner, importado da Austrália, foi capaz de controla-la, sendo, então, lançado em 18 países (DE GROOTE ET AL., 2003).

Em alguns países da África, alguns inseticidas químicos foram proibidos, como é o caso da Dieldrina usada no combate de gafanhotos. Tais proibições abriram caminho ao controle biológico através de iniciativas internacionais para implementação desta prática. Uma das primeiras iniciativas implementadas foi o programa LUBILOSA (sigla do título do programa em francês *Lutte Biologique contre les Locustes et les Sauteriaux*), desenvolvido pelo consórcio *Commonwealth Agricultural Bureau International Bioscience* (CABI), da Grã Bretanha, IITA e pelo *Department de Formation en Protection des Vegetaux* (DFPV) do Níger. O financiamento do projeto foi feito pelos governos da Alemanha, Canadá, Estados Unidos, Holanda, Grã Bretanha e Suíça. O programa, que se estendeu de 1992 a 2002, tinha por objetivo o combate do gafanhoto do deserto (*Schistocerca gregária*), sendo identificado o fungo *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* como o mais adequado ao manejo (LOMER ET AL, 2001). Este programa de controle biológico baseado em fungos foi um dos mais conhecidos ao final dos anos 1990, tendo resultados de campo eficientes, superiores aos de defensivos químicos, e com efeitos mínimos para o ambiente (LANGEWALD ET AL, 1999). Como resultado do programa LUBILOSA, a iniciativa privada desenvolveu o preparado comercial *Green Muscle*, produzido inicialmente na África do Sul (DOUTHWAITE ET AL., 2001). Dependendo do estágio de desenvolvimento dos gafanhotos, a letalidade de espécies do gênero *Metarhizium* pode chegar a 90% num período de 10 a 15 dias após a aplicação, embora não sejam recomendados para infestações intensas de gafanhotos, devido à sua ação mais lenta do que os defensivos químicos, e não sejam adequados a estágios adultos dos insetos (GHITAE & KURIA, 2021; YASIN ET AL, 2021). O fungo *M. flavoviride* foi aplicado com sucesso em larga escala no Benin, Mali e Níger contra o gafanhoto *Zonocerus variegatus* L.

(NWILENE ET AL, 2008). Em 2009, a FAO e o *International Locust Control Organization for Central and Southern Africa* (IRLCO-CSA) aplicaram o defensivo *Green Muxcle* (*M. anisopliae*) para o controle de uma severa infestação do gafanhoto vermelho (*Nomadacris septemfasciata*) com potencial de afetar a fonte de alimentação de 15 milhões de pessoas na Tanzânia, sendo feita a pulverização do biopesticida em mais de 10 mil ha (NORTHOFF, 2009). No Quênia, *M. Anisopliae* e *B. Bassiana* foram aplicados com êxito no controle de carrapatos de bovinos (RAJULA ET AL., 2020).

Os fungos entomopatogênicos têm algumas vantagens sobre outros agentes de controle biológico de pragas, uma vez que podem ser produzidos facilmente em larga escala, não necessitam ser ingeridos pelos insetos, ácaros e carrapatos para infestá-los, são relativamente específicos em relação ao hospedeiro, podem atacar insetos em quase todo seu ciclo de vida e podem sobreviver a condições adversas no campo, dentre outras. Como desvantagens, cita-se a lentidão na morte do hospedeiro, curto ciclo de vida e custo de produção relativamente alto (DARA ET AL., 2019; RAJULA ET AL., 2020). Desta forma, a produção e formulação de bioinseticidas à base de fungos entomopatogênicos, apesar de possuir grandes desafios na sua implementação, é uma área de pesquisa que muito cresce na entomologia (ALMEIDA ET AL, 2019). Na África subsaariana, a produção de bioinseticidas à base de fungos é liderada pela África do Sul, com seis produtos, e pelo Quênia, com nove, muito distantes ainda do Brasil, como mostrado na Figura 3.1.

Vários estudos em laboratório demonstraram a eficiência de fungos entomopatogênicos contra pragas de interesse da população africana. Na Tanzânia, o fungo *Aspergillus oryzae* foi isolado de folhas de tomateiro e aplicado com sucesso no controle da praga *Tuta absoluta*, reduzindo o surgimento de pupas em 84,5% e a emergência de adultos em 74,4% (ZEKEYA ET AL., 2019). Também na Tanzânia, a aplicação de *M. anisopliae* e *B. bassiana* causaram a mortalidade da mosca *Xenopsylla brasiliensis*, responsável pela transmissão de doenças de animais para humanos, principalmente as pestes bubônica, septicêmica e pneumônica. Os esporos foram aplicados na fase de larva das moscas, resultando em 100% de letalidade após 9 dias de inoculação para *M. anisopliae* e 11 dias para *B. bassiana* (MNYONE ET AL., 2012). Pragas comuns em sistemas de armazenamento do Egito, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* e *Oryzaephilus surinamense*, foram tratadas com esporos dos fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana* e a mortalidade atingiu quase 80% com *M. anisopliae* e 54,2% com *B. bassiana*. Kassa e colaboradores (2002) isolaram 13 variedades de *M. anisopliae*, *B. bassiana* e *Paecilomyces spp.* na Etiópia e os testaram

para o controle das pragas de armazenagem de grãos *Sitophilus zeamais* (Motsch) e *Prostephanus truncatus* (Horn), sendo que os melhores resultados, 100% de letalidade, foram obtidos com os dois primeiros. A tolerância de *M. anisopliae* e de *Isaria farinosa* aos agroquímicos Champ-DP (fungicida), Uproot (glicerofostato, herbicida), DP-Force (organofostato, inseticida) e Sniper (metilfosfato, inseticida) foi testada na Nigéria e *M. anisopliae* mostrou-se mais compatível ao inseticida DP-Force, enquanto que *I. farinosa* foi fortemente afetado pelos agroquímicos, mesmo a baixa concentrações. O controle de *Coelaenomenodera lameensis*, a mais importante praga de *Elaeis guineensis* Jacquin, fonte de óleo de palma, foi avaliado em Gana com isolados dos gêneros *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Pestalotia*, *Rhizoctonia*, *Aspergillus* e *Metarhizium*, além de um gênero não identificado, sendo este o que maior mortalidade causou, seguido por isolados de *Metarhizium*, *Paecilomyces* e *Pestalotia*, com letalidade variando de 52 a 77% (BOAFO ET AL., 2014).

Como exposto anteriorente, espécies do gênero *Metarhizium* têm sido aplicadas com sucesso no controle biológico de pragas. Dentre estas, *M. rileyi* foi comprovado cientificamente como uma alternativa no manejo de pragas do gênero lepidópteros (BARROS ET AL., 2020), dos quais existem mais de 60 espécies registradas são suscetíveis a este patógeno, sendo que cerca de 50% são pertencentes à família Noctuidae (FRONZA ET AL., 2017). Como exemplo, pode-se citar as larvas de *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera frugiperda* de ocorrência frequente em plantações de milho e soja (LOPES ET AL., 2020). *S. frugiperda* (Smith) causa perdas econômicas entre 13 e 60% em diversas lavouras, podendo atingir 100% no caso da lavoura de milho (CLARK ET AL., 2007). *C. Includens* faz parte das chamadas lagartas falsa-medideiras e é a principal praga das lavouras de soja no Brasil. Esta praga era controlada naturalmente pela epizootia de *M. rileyi*, mas o uso de intensivo de pesticidas químicos para o controle de outra praga da sojicultura, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), reduziu as populações do fungo e expandiu as da lagarta (MOSCARDI ET AL., 2012). A maior parte do controle destas pragas é feito com pesticidas químicos (ÁLVAREZ ET AL., 2018), sendo que os mais usados para o controle de *S. frugiperda* são fosforatos, piretróides e carbamatos, que apresentam características toxicológicas I e II, que causam problemas à saúde animal e humana e são nocivos ao ambiente (GACÍAS E DEL, 1999).

Metarhizium rileyi foi descrito primeiramente em 1883, então com o nome *Nomuraea relei*. Sua primeira utilização em controle biológico de pragas data de 1955 e sua ocorrência

natural foi observada em vários países, tais como Japão, Venezuela, Nicarágua, Índia e Coréia (VIMALA DEVI & PRASAD, 2001). *M. rileyi* é uma espécie cosmopolita que pode controlar diversas noctuidas, como *S. frugiperda*, *S. litura*, *Helicoverpa armigera*, *Trichoplusia ni* (Hübner), *Anticarsia gemmatilis* e *Pseudoplusia sp.* (ÁLVAREZ ET AL.,2018). Em Moçambique, desde a sua detecção, *S. frugiperda* tem sido controlado com insecticidas químicos, e não se tem informação disponível sobre o controle biológico por meio de agentes biológicos nativos. O controle biológico tem um potencial de controle de praga assim como de trazer benefícios econômicos, de saúde e ambiente a longo prazo e, portanto sua implementação no controle desta praga nesse país é de extrema urgência e importância (CANIÇO ET AL.,2020).

Neste sentido, é necessário caracterizar aspectos gerais da agricultura africana, definir uma cultura agrícola alvo e suas pragas associadas para selecionar um agente de controle biológico adequado e definir a estratégia para implantação industrial deste agente para que se possam envidar esforços para sua concretização, o que se propõe nos próximos capítulos deste trabalho.

4. CARACTERÍSTICAS AGRÍCOLAS DA ÁFRICA SUBSAARIANA, DE MOÇAMBIQUE E DE PAÍSES VIZINHOS: PRODUTIVIDADE, ASPECTOS ECONÔMICOS E PRAGAS

4.1 África subsaariana

A África detém mais de 60% das terras aráveis não cultivadas do mundo e, no entanto, apresenta baixa participação na produção agrícola mundial devido à baixa produtividade. Apesar disso, cerca de dois terços da população africana está empregada dentro do setor agrícola, que é fundamental para a economia do continente, pois corresponde a aproximadamente 15% do seu Produto Interno Bruto (PIB) (OXFORD BUSINESS GROUP, 2019). Na África subsaariana a dependência da agricultura é ainda maior, pois responde por cerca de 32% do PIB da região e por 40% das exportações (COMMISSION FOR AFRICA, 2005; WILLOUGHBY; FORSYTHE, 2012). A ocupação de pessoal no campo é muito intensa, como no Malawi e no Zimbabwe, onde 85% e 80% da população, respectivamente, está envolvida na produção agrícola (SILBERG ET AL., 2017; MAKATE ET AL., 2019).

Embora o conceito de pequena propriedade agrícola não seja consenso na literatura (NAGAYETS, 2005), LOWDER ET AL. (2016) demonstraram que na África subsaariana entre 70 e 80% das propriedades possuem menos de 2 ha, correspondendo entre 30 e 40% das terras agriculturáveis da região. Estas pequenas propriedades são responsáveis por 90% de toda a produção agrícola (WIGGINS; KEATS, 2013), sendo que as áreas de até 5 ha respondem por 50% das calorias alimentícias produzidas e as de 5 a 15 ha por 26% (SAMBERG ET AL., 2016).

A agricultura dos países da África subsaariana é marcada pela heterogeneidade, dificuldade de acesso a mercados, subsistência, técnicas agrícolas ultrapassadas, pouca irrigação mecânica e pequeno tamanho das propriedades agrícolas. Nesta região, o uso de defensivos químicos é o menor do mundo e o emprego de fertilizantes muito abaixo da média mundial (VANLAUWE ET AL., 2014). De acordo com Crawford et al. (2006), entre os anos 2000 e 2004 agricultores africanos usam 9 kg de fertilizantes químicos por hectare de área plantada, contra 73 kg/ha na América Latina, 104 kg/ha no sul da Ásia e 142 kg/ha no sudeste da Ásia. Para os autores, está baixa utilização deve-se aos custos mais elevados dos fertilizantes químicos na África, à baixa proporção de terras irrigadas e às variedades tradicionais empregadas nas culturas que não respondem satisfatoriamente aos fertilizantes. No entanto, é necessário atentar para a heterogeneidade da região, como mostraram Sheahan e Barrett (2017), pois na Nigéria empregava-

se 128,2 kg/ha de fertilizantes em 2010/2011, enquanto que Uganda empregava 1,2 kg/ha. A consequência disso é que mais de 75% da área cultivada do continente é degradada devido ao uso intenso, pouco investimento para recuperação e melhorias, matéria orgânica inadequada e erosão eólica (KHAN ET AL. 2020).

Devido às características de subsistência e ocupação familiar das pequenas propriedades agrícolas, a produtividade é baixa em decorrência da falta de infraestrutura, pouco conhecimento técnico sobre práticas agrícolas modernas, carência de insumos, incidência de pestes, falta de políticas governamentais eficientes, condições ambientais e meteorológicas adversas e condições mercadológicas pouco atrativas, dentre outras (MUZARI ET AL., 2012). Desta forma, a produtividade da região é a mais baixa do mundo e corresponde a um terço da média mundial. Portanto, subsídios de governos locais e de agências de fomento internacionais são fundamentais para o aumento da produtividade e redução da pobreza. No entanto, não é incomum que os governos locais favoreçam importações de alimentos ao invés de proteger e incentivar a produção local (RAIMI ET AL., 2017). Em alguns países africanos, como Angola, Cabo Verde, Eritreia, Gâmbia, Libéria, Mauritânia, Senegal, Essuatíni (antiga Suazilândia) e Zimbábue, mais da metade dos alimentos são importados, enquanto que em outros países, como Benin, Camarões, Costa do Marfim, República Democrática do Congo, Gana, Guiné Bissau e Moçambique, entre 30 e 50% são importados (FAO/WCP, 2009). A adoção de novas tecnologias em pequenas propriedades enfrenta vários desafios, dentre os quais falta de financiamento, corrupção e carência de suporte técnico. De acordo com Samberg et al. (2016), cerca de 90% do aumento de produção de alimentos na África subsaariana a partir dos anos 2000 veio da expansão das áreas cultivadas e não de aumento de produtividade. Neste contexto, a África subsaariana é região com maior índice de insegurança alimentar do mundo, sendo que cerca de 30% da população é malnutrida (FAO ET AL, 2018).

Agricultores africanos enfrentam vários riscos interligados, os quais impactam de forma negativa a produção agrícola, o comércio, os mercados e o consumo. Os eventos causadores de perdas agrícolas na região incluem ciclones, inundações, deslizamentos de terra, incêndios florestais, secas, pragas, precipitação chuvosa irregular e convulsões sociais (FAO, 2016). Tais riscos podem ocorrer isoladamente, mas não raro ocorrem simultaneamente, requerendo, portanto, iniciativas políticas coordenadas para abordar os problemas de forma holística. Essas iniciativas

têm um papel importante porque estudam as causas e tentam desenhar estratégias de gestão de riscos assumindo que cada risco tem a sua causa (ADAM ET AL, 2019).

A região é considerada vulnerável às mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global, pois 97% do total de área plantada depende da incidência de chuvas, uma vez que a irrigação mecânica é insipiente, além da pouca capacidade de adaptação dos agricultores a condições adversas (CALZADILLA ET AL., 2013; ASAFU-ADJAYE, 2014; IPCC, 2014). Os principais fatores que podem afetar a produtividade agrícola relacionados às condições climáticas são as mudanças de temperatura e de precipitação de chuvas, variabilidade climática e mudança nos cursos de água, dentre outros (WORLD BANK, 2007). A adaptação às mudanças climáticas pode ser reativa ou antecipatória, sendo que a reativa se dá quando os agricultores reagem por motivação própria às mudanças, alterando época de plantio, tempo de cultivo ou mesmo trocando a cultura, enquanto que a antecipatória parte de previsões das alterações climáticas e planeja as ações para enfrenta-las. De um modo geral, as ações na África subsaariana são reativas por falta de políticas públicas e suporte técnico eficazes (CALZADILLA ET AL., 2013).

As pragas agrícolas também têm grande influência na baixa produtividade africana e somente insetos destroem entre 20 e 30% do total de alimentos produzidos no continente (Nwilene ET AL., 2008). De acordo com Biber-Freudenberger et al. (2016) estima-se que as perdas agrícolas para insetos e plantas patogênicos entre 1988 e 1990 foi de US\$ 12,8 bilhões, sendo os insetos as pragas mais relevantes e que causam perdas de até um terço da produção. Paini et al. (2016) coletaram informações de 124 países para caracterizar a ocorrência mundial de 1.300 espécies invasoras patogênicas de insetos e fungos e analisaram os riscos de perdas a elas associados para culturas agrícolas que representassem ao menos 75% de arrecadação de cada país. Os dados foram coletados entre 2000 e 2009 e foi feita uma relação entre o valor econômico das perdas potenciais com a infestação pelas pragas invasoras e o PIB de cada país. Os seis países com maior relação perdas econômicas/PIB eram da África subsaariana e dos 20 países com maior relação, 11 eram desta região. A ordem dos seis primeiros foi Malawi (35% de perdas/PIB), Burundi (35%), Guiné (29%), Guiné-Bissau (22%), Moçambique (19%) e Madagascar (18%). Estes países, e outros com alta relação perdas/PIB, são países em desenvolvimento com economia fortemente dependente da agricultura e pouca diversificação industrial, de modo que as pragas invasoras têm grande potencial de causar sérios danos econômicos.

Pratt et al. (2017) fizeram um estudo sobre o impacto de pragas invasoras no Quênia, Etiópia, Malawi, Ruanda Tanzânia e Uganda em lavouras de milho e lavouras de milho cultivadas com uma ou mais culturas simultâneas. As pragas avaliadas foram provocadas por *Chilo partellus* (Lepidóptera), *Tuta absoluta* (Lepidóptera), *Parthenium hysterophorus* (Asterales), *Liriomyza spp.* (Diptera) e por um consórcio de microrganismos causadores da necrose letal do milho (MLDN da sigla em inglês). As perdas anuais ocasionadas por estas pragas nas culturas apresentadas na Tabela 1, foram estimadas entre US\$ 1,022 bilhões e US\$ 1,231 bilhões. De acordo com Materu et al. (2016), o tomate é a maior cultura hortícola da Tanzânia e as perdas provocadas por *T. absoluta* reduziu a produção deste fruto em 50%. Este inseto originário da América do Sul também ataca outras solanáceas cultivadas, como berinjela, batata e pimentas, dentre outras, e foi relatado em países do norte da África (Argélia, Marrocos e Tunísia) em 2007 e 2008 e rapidamente se espalhou pelo continente, podendo ocasionar até a perda total da produção se medidas de proteção corretas não forem tomadas (CHIDEGE ET AL., 2016; MANSOUR ET AL., 2018).

Tabela 1: pragas invasoras causadoras de perdas agrícolas em países da África subsaariana

CULTURA	PRAGA INVASORA	PAÍSES	PERDA MÉDIA (US\$ milhões)
Milho	<i>Chilo partellus</i>	Etiópia, Quênia, Malawi, Tanzânia e Uganda	316,3
	<i>Parthenium hysterophorus</i>	Etiópia, Quênia, Tanzânia e Uganda	167,3
	MLDN (*)	Etiópia, Quênia, Malawi, Tanzânia, Uganda e Ruanda	391,4
Feijões e ervilhas	<i>Liriomyza spp.</i>),	Quênia, Tanzânia e Uganda	155,6
Tomate	<i>Tuta absoluta</i>	Etiópia, Quênia, Tanzânia e Uganda	96,1

(*) MLDN – Maize lethal disease necrosis. Doença causada por um consórcio de microrganismos.

Fonte: extraído e modificado de Pratt et al., (2017)

Feijão também é uma importante cultura para os pequenos agricultores da África subsaariana e alvo do ataque de insetos, que incluem besouros (*Schizonycha spp.*, *Ootheca bennigseni* e *Ootheca mutabilis*), afídios (*Aphis fabae* e *Aphis craccivora*), lagartas (*Ophiomyia phaseoli* e *Ophiomyia spencerella*), brocadores (*Maruca vitrata* e *Helicoverpa armigera*), caruncho (*Callosobruchus maculatus*) e percevejo verde (*Nezara viridula*), dentre outros (NDAKIDEMI ET AL., 2021). As perdas são intensas, chegando a 90% no Quênia e em Uganda por *A. fabae* e a 53% na Tanzânia por *M. vitrata*. Lepdópteras têm causado perdas expressivas em culturas importantes do continente africano, em particular a de milho e sorgo, sendo a espécie nativa *Busseola fusca* Füller (Noctuidae) e a invasora *Chilo partellus* Swinhoe (Crambidae) as mais devastadoras (KFIR ET AL., 2002). A Tabela 2 resume informações das perdas nestas culturas em diversos países da África subsaariana, onde observa-se que em alguns casos as perdas foram totais.

Outro inseto da ordem Lepdóptera de grande impacto nas perdas em lavouras de milho é *Spodoptera frugiperda*, conhecida como lagarta do cartucho. Em 2017, este inseto foi confirmado em 28 países da África e em 2018 já se espalhava por 44 países do continente. Os fatores que contribuem para a infestação por este inseto em lavouras de milho são a falta de fertilizante falta ou excesso de água, baixa qualidade das sementes e época de plantio, dentre outros. Em Gana e Zâmbia, agricultores reportaram infestação de 97% e 99% das plantações, respectivamente, com perda média de 26,6% e máxima de 40% em Gana e média de 35% e máxima de 50% em Zâmbia, de modo que as perdas somaram US\$ 177 milhões em Gana e US\$ 159 milhões em Zâmbia (RWOMUSHANA ET AL., 2018). Na Namíbia as perdas foram ainda mais intensas, de 57% (FAO, 2018), enquanto que para Moçambique não existem dados precisos, mas os dados dos outros países foram extrapolados para Moçambique baseado nas características climáticas, estimando-se uma perda de 28,3% ou 263,6 toneladas, representando um prejuízo de US\$ 83 milhões. Para 12 países da África subsaariana (Benin, Camarões, Etiópia, Gana, Malawi, Moçambique, Nigéria, República Democrática do Congo, Tanzânia, Uganda, Zâmbia e Zimbabwe), as perdas médias estimadas em 2017 apenas com a lagarta do cartucho foi de 10,9 milhões de toneladas de milho, compreendendo 27,7% do total, avaliando-se um prejuízo de US\$ 2,87 bilhões (RWOMUSHANA ET AL., 2018).

Tabela 2: Perdas causadas por Lepdópteras em culturas de milho e sorgo na África subsaariana

País	Praga	Cultura	Perdas (%)	Ref.
África do Sul	<i>B. fusca</i>	milho	10 a 100	Ong'amo et al., (2016)
Burkina Faso	<i>C. partellus</i>	sorgo	60 a 62	Kfir et al. (2002)
Etiópia	<i>B. fusca</i>	sorgo	15	
Guiné	<i>B. fusca</i>	sorgo	49	
Lesoto	<i>B. fusca</i>	milho	0,4 a 36,6	
Moçambique – Gaza	<i>C. partellus</i>	milho	100	
Moçambique – Maputo	<i>C. partellus</i>	milho	100	
Moçambique – Vale do rio Limpopo	<i>C. partellus</i>	milho	100	
Moçambique – média país	<i>C. partellus</i>	milho	70	
Niger	<i>C. partellus</i>	sorgo	60 a 62	
Quênia	<i>C. partellus</i> e <i>C. orichalcociliellus</i>	milho	18	
Quênia	<i>C. partellus</i>	sorgo	88	De Groote (2002)
Zimbabwe	<i>C. partellus</i>	sorgo	50 a 60	
Zimbabwe – fazendas comerciais	<i>C. partellus</i>	milho	< 30%	
Zimbabwe – fazendas pobres	<i>C. partellus</i>	milho	30 a 70	
Camarões	<i>B. fusca</i>	milho	14	
Quênia	<i>B. fusca</i> e <i>C. partellus</i>	milho	30	Seshu Reddy (1985)
Uganda	<i>C. partellus</i>	sorgo	56	

Fonte: Autoria própria

Quase que como uma regra geral, o combate à lagarta do cartucho é feito com a aplicação de pesticidas sintéticos, embora Gana seja um exemplo de sucesso na aplicação de defensivos biológicos, como a bactéria *Bacillus thuringiensis*. Na Tabela 3, são comparadas alternativas de combate à praga *S. frugiperda* empregadas em Gana e Zâmbia. Observe-se que em Gana, devido ao histórico de suporte técnico internacional, mencionado no capítulo 3 desta dissertação, o uso de agentes biológicos é intenso, enquanto que em Zâmbia é insipiente.

Tabela 3: Alternativas de controle de pragas agrícolas em Gana e em Zâmbia.

Alternativa de controle	Gana % (n=488)	Zâmbia % (n=437)
Pesticidas sintéticos	53,1	42,8
Técnicas manuais de remoção de ovos, lagartas e ervas daninhas	40,8	27,5
Biopesticidas	37,1	1,4
Antecipação de cultivo	19,3	5,5
Aplicação de fertilizantes ou adubo orgânico	11,7	3,2
Destruição de plantas infectadas	4,7	3,2
Aplicação de cinzas, areia ou uréia	2,5	14,9
Sem controle	14,7	36,5

Fonte: extraído e modificado de Rwomushana et al. (2018)

4.2 Países vizinhos a Moçambique

Para traçar um painel da agricultura de Moçambique é importante apresentar as principais características desta atividade em países vizinhos de situação econômica e social similares, quais sejam Malawi, Zimbabwe e Tanzânia. Para a África do Sul, país vizinho com características peculiares na Região, são apresentadas informações que servem de contraste aos demais países.

Um dos índices adotados para comparar os países foi o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que é constituído por três dimensões: esperança de vida longa e saudável, acesso ao conhecimento e padrão de vida digno. Moçambique é um país com baixo IDH, ocupando a posição 181 entre países e territórios, com IDH referente ao ano de 2019 de 0,456 (UNDP, 2020). A Tabela 4 apresenta o IDH dos países em destaque, a posição ocupada por estes países no ranking mundial e o PIB per capita em cada país.

Tabela 4 – Valores de IDH e PIB per capita de Moçambique, Malawi, Zimbabwe, Tanzânia e África do Sul para 2019.

País	IDH	Ranking Mundial	PIB per capita (US\$)
África do Sul	0,709	114	6001,4
Malawi	0,483	174	411,55
Moçambique	0,456	181	503,57
Tanzânia	0,529	163	1079,9
Zimbabwe	0,571	150	1464,00

Fonte: UNDP (2020).

A seguir, passa-se a apresentar características da agricultura dos países vizinhos a Moçambique.

Malawi: a agricultura é basicamente de subsistência, empregando aproximadamente 85% da população e tendo uma contribuição de 35 a 39% do PIB do país. As três principais culturas de subsistência do país são mandioca, batata e milho, enquanto que tabaco é a principal cultura para exportação (FAO, 2015). O milho é o cereal considerado estratégico e tem sido uma mercadoria

imprescindível, pois é o alimento básico da nação, que tem um dos maiores consumos de milho no continente, de cerca de 150 kg per capita por ano (MANGISONI, 2015). Em relação à produção de milho, a cultura é praticada majoritariamente por pequenos agricultores que chegam a atingir 97 % dos produtores (DERLAGEN e PHIRI, 2012). O Malawi é um dos países mais pobres do mundo, onde cerca da metade das crianças sofrem de insegurança alimentar severa ou aguda e no total da população, cerca de 22% é desnutrida (FAO, 2015). O governo do país considera as pequenas propriedades aquelas menores do que 5 ha, embora a média das propriedades tenha 0,61 ha, e estas são maioria e representam 70% do PIB agrícola. A área cultivada do país é de 2,5 milhões de hectares, dos quais 90% dependem do regime de chuvas para irrigação (MALAWI GOVERNMENT, 2016).

A estratégia do governo para enfatizar a produção desta cultura é o apoio aos produtores, na forma de subsídios de insumos para os pequenos agricultores, pessoas de baixa renda e aos que praticam agricultura de subsistência (DORWARD e CHIRWA, 2011). Os dados de produção do milho e de outros alimentos cultivados no país são apresentados na Tabela 5

Tabela 5. Dados de produção das culturas de primeira necessidade do Malawi.

		Produção (t)	Área(ha)	Produtividade	Exportação (t)	Perda (t)	Exportação (%)	Perda (%)
Milho	2015	2776277	1676213	1,66	3114	654916	0,11	23,59
	2016	2369493	1674076	1,42	5000	527808	0,21	22,28
	2017	3464139	1725367	2,01	199	685832	0,01	19,80
	2018	2697959	1685347	1,60	1864	529132	0,07	19,61
	2019	3391921	1732516	1,96	1954	594711	0,06	17,53
	2020	3691866	1761836	2,10	634	0	0,02	0,00
	Média do período	3065275,8	1709226	1,79	2127,5	498733,2	0,08	17,13
Arroz	2015	111437	65761	1,69	0	4646	0,00	4,17
	2016	83757	53676	1,56	0	3492	0,00	4,17
	2017	121079	64881	1,87	0	5048	0,00	4,17
	2018	112313	63971	1,76	0	4682	0,00	4,17
	2019	132728	70573	1,88	2	5200	0,00	3,92
	2020	145446	72763	2,00	29	0	0,02	0,00
	Média do período	117793,3	65270,8	1,79	5,17	3844,67	0,00	3,43
Feijão	2015	188745	329959	0,57	38872	37949	20,59	20,11
	2016	157769	328339	0,48	31281	32329	19,83	20,49
	2017	198486	331983	0,60	29598	39809	14,91	20,06
	2018	188158	347622	0,54	24426	37682	12,98	20,03
	2019	215547	360457	0,60	3131	38439	1,45	17,83
	2020	233678	361702	0,65	3261	0	1,40	0,00
	Média do período	197063,8	343343,7	0,57	21761,5	31034,67	11,86	16,41
Mandioca	2015	5012763	222750	22,50	0	283511	0,00	5,66
	2016	4996843	228283	21,89	0	282611	0,00	5,66
	2017	4960556	231657	21,41	0	280558	0,00	5,66
	2018	5410506	238094	22,72	0	306006	0,00	5,66
	2019	5708032	242454	23,54	47035	0	0,82	0,00
	2020	5858745	241786	24,23	46221	0	0,79	0,00
	Média do período	5324574,17	234170,7	22,72	15542,67	192114,3	0,27	3,77
Amendoim	2015	274876	369987	0,74	822	15546	0,30	5,66
	2016	275070	369987	0,74	41	15557	0,01	5,66
	2017	386319	389546	0,99	0	21849	0,00	5,66
	2018	344583	405084	0,85	0	19489	0,00	5,66
	2019	350000	400000	0,88	0	331571	0,00	94,73
	2020	350000	400000	0,88	0	0	0,00	0,00
	Média do período	330141,33	389100,7	0,85	143,83	67335,33	0,052	19,56

Fonte: autoria própria a partir de dados extraído e modificados de FAOSTAT (2020).

Zimbabwe: Por muitos anos o Zimbabwe foi considerado a “joia” da África, por ser rico em matéria-prima e possuir terras muito produtivas em relação aos países vizinhos, cultivando o suficiente para alimentação interna, além de excedente para exportação. Este setor era capaz de fornecer 60% dos insumos da região e, nesta altura, a agricultura era sem sombra de dúvidas a espinha dorsal da economia (ZIMBABWE AGRICULTURE, 2019). No entanto, após uma reforma agrária mal implementada, as grandes fazendas comerciais foram desmanteladas e a produtividade do país diminui expressivamente após os anos 2000.

No Zimbabwe, como em qualquer país africano, o setor agrícola é importante tanto para o desenvolvimento do país quanto para o crescimento econômico. O setor tem uma participação no PIB de 15-18 %, sendo que a contribuição dos pequenos agricultores é de 70%, e aproximadamente 55% da área do território é cultivado (MUJEYI ET AL., 2021). Os custos de produção são elevados, as exportações são baixas, o acesso a financiamento difícil e o comércio deficiente, dentre outros fatores, impactam negativamente o setor (USAID, 2013). Os eventos de grande impacto nas perdas agrícolas são secas e pragas (ZIMBABWE AGRICULTURE, 2019). Cerca de 33% da população é desnutrida, mesma proporção de crianças abaixo de cinco anos com desenvolvimento abaixo do esperado (FAO, 2016). Os dados referentes ao cultivo das principais culturas agrícolas no Zimbabwe são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Dados de produção das culturas de primeira necessidade do Zimbabwe.

		Produção (t)	Área (ha)	Produtividade	Exportação (t)	Perda (t)	Exportação (%)	Perda (%)
Milho	2015	642793	1107688	0,58	440	68624	0,07	10,68
	2016	511816	1161997	0,44	631	73343	0,12	14,33
	2017	1532572	1099945	1,39	2324	250000	0,15	16,31
	2018	1560100	1155075	1,35	836	148000	0,05	9,49
	2019	509322	447926	1,14	1154	50083	0,23	9,83
	2020	1202347	1018884	1,18	4484	0	0,37	0,00
	Média do período	993158,3	998585,8	1,01	1644,83	98341,67	0,17	10,11
Arroz	2015	1418	4626	0,31	1	25	0,07	1,76
	2016	1296	3780	0,34	0	25	0,00	1,93
	2017	1333	4054	0,33	0	25	0,00	1,88
	2018	1349	4153	0,32	0	26	0,00	1,93
	2019	1326	3996	0,33	0	61	0,00	4,60
	2020	1336	4068	0,33	0	0	0,00	0,00
	Média do período	1343	4112,83	0,33	0,17	27	0,01	2,02
Feijão	2015	14700	35461	0,41	465	1494	3,16	10,16
	2016	9542	26702	0,36	310	1014	3,25	10,63
	2017	15262	26258	0,58	42	1557	0,28	10,20
	2018	22108	27842	0,79	456	1481	2,06	6,70
	2019	5167	19280	0,27	169	854	3,27	16,53
	2020	15867	23583	0,67	248	0	1,56	0,00
	Média do período	13774,3	26521	0,51	281,67	1066,67	2,26	9,04
Mandioca	2015	242000	51678	4,68	0	18404	0,00	7,60
	2016	243631	51765	4,71	0	18778	0,00	7,71
	2017	246000	51912	4,74	0	19173	0,00	7,79
	2018	250000	52434	4,77	0	19568	0,00	7,83
	2019	254059	52973	4,80	52	0	0,02	0,00
	2020	263838	54682	4,82	120	0	0,05	0,00
	Média do período	249921,3	52574	4,75	28,67	12653,83	0,01	5,16
Amendoim	2015	152290	52096	2,92	0	3974	0,00	2,61
	2016	185850	47209	3,94	1	3602	0,00	1,94
	2017	199078	98398	2,02	0	7206	0,00	3,62
	2018	205296	102958	1,99	0	3204	0,00	1,56
	2019	57794	16800	3,44	0	19101	0,00	33,05
	2020	153346	76974	1,99	0	0	0,00	0,00
	Média do período	158942,33	65739,17	2,72	0,17	6181,17	0,00	7,13

Fonte: autoria própria a partir de dados extraído e modificados de FAOSTAT (2020).

Tanzânia: é um país com diferentes zonas climáticas e geográficas, com agricultura majoritariamente de safras anuais. Este setor emprega cerca de 68% da população (ILOSTAT, 2022) e contribui com 29,1 % do PIB (THE ECONOMIC SURVEY, 2016), sendo um dos mais privilegiados, pois é a principal fonte de alimentos, matéria prima para as indústrias, emprego e ganho de divisas. As culturas mais importantes são os cereais, leguminosas, raízes e tubérculos, frutas, vegetais e especiarias (MINISTRY OF AGRICULTURE, 2017). A área agricultável do país é de 44 milhões de hectares, dos quais apenas 11% são cultivadas, das quais apenas cerca de 230 mil hectares são irrigados mecanicamente. As principais culturas do país são milho, trigo, mandioca, sorgo e milheto e feijão. A produtividade média do país é baixa, apenas 1,7 ton/ha, em decorrência de problemas similares aos de outros países da região, tais como falta de sementes melhoradas, falta de infraestrutura e acesso a crédito, condições deficientes de comercialização, baixo uso de fertilizantes e defensivos agrícolas e pouca tecnologia, dentre outras (WOLTER, 2008).

O milho é uma cultura muito importante no país, fazendo-se a categorização dos produtores consoante as áreas de produção. Os que exploram menos de 10 hectares (2-3 ha) são considerados pequenos produtores e são os maiores praticantes desta cultura, contribuindo com 85% da produção total. O outro grupo é formado por fazendas comunitárias com 50 a 100 ha e contribui com 5% da produção, enquanto o terceiro engloba as grandes fazendas, que exploram mais de 100 ha e contribuem com 5%. Os 5% restantes são formados por fazendas públicas e privadas que usam menos de 100 ha (RASHID SULEIMAN & KURT ROSENTRATER, 2015).

Os principais eventos de risco para esta cultura são as pragas incluindo os insetos, ervas daninhas, roedores e patógenos. O milho é uma das culturas mais atacadas por pragas de insetos durante todo seu ciclo de crescimento, desde a muda até o armazenamento (SHIFERA ET AL, 2011). Os dados de produção da Tanzânia são apresentados na Tabela 7

Tabela 7. Dados de produção das culturas de primeira necessidade do Tanzânia.

		Produção (t)	Área (ha)	Produtividade	Exportação (t)	Perda (t)	Exportação (%)	Perda (%)
Milho	2015	5902776	3787751	1,56	57764	727869	0,98	12,33
	2016	6149000	3899749	1,58	57802	722955	0,94	11,76
	2017	6680758	3817879	1,75	24280	729783	0,36	10,92
	2018	6273151	3546448	1,77	191894	783243	3,06	12,49
	2019	5652005	3428630	1,65	140797	696949	2,49	12,33
	2020	6711000	4200000	1,60	96965	0	1,44	0,00
	Média do período	6228115	3780076	1,65	94917	610133,17	1,55	9,97
Arroz	2015	1937000	1154467	1,68	91	29799	0,00	1,54
	2016	2229000	1053504	2,12	846	30190	0,04	1,35
	2017	2451707	1097283	2,23	0	28676	0,00	1,17
	2018	3414815	1032902	3,31	1531	30167	0,04	0,88
	2019	3474766	1052547	3,30	8285	52884	0,24	1,52
	2020	4528000	1586952	2,85	1975	0	0,04	0,00
	Média do período	3005881,33	1162943	2,58	2121,33	28619,33	0,06	1,08
Feijão	2015	1201922	1124710	1,07	51723	56676	4,30	4,72
	2016	1194180	1039465	1,15	93936	55468	7,87	4,64
	2017	1428434	1119826	1,28	54965	53710	3,85	3,76
	2018	1096930	896646	1,22	44699	57073	4,07	5,20
	2019	1197489	893570	1,34	69728	56466	5,82	4,72
	2020	1267684	943409	1,34	73796	0	5,82	0,00
	Média do período	1231106,5	1002938	1,23	64807,83	46565,5	5,29	3,84
Mandioca	2015	5886440	1094900	5,38	0	442957	0,00	7,53
	2016	5325085	1013437	5,25	0	424041	0,00	7,96
	2017	4025265	1202216	3,35	0	377132	0,00	9,37
	2018	8372217	983505	8,51	0	825669	0,00	9,86
	2019	8184093	990835	8,26	47456	0	0,58	0,00
	2020	7549879	1040327	7,26	46759	0	0,62	0,00
	Média do período	6557163,17	1054203	6,33	15702,5	344966,5	0,20	5,79
Amendoim	2015	1835933	1624683	1,13	190	91797	0,01	5,00
	2016	640000	950000	0,67	269	41388	0,04	6,47
	2017	650000	960000	0,68	8	67021	0,00	10,31
	2018	670000	980000	0,68	3060	18518	0,46	2,76
	2019	680000	990000	0,69	0	568799	0,00	83,65
	2020	690000	1000000	0,69	0	0	0,00	0,00
	Média do período	860988,83	1084114	0,76	587,83	131253,83	0,09	18,03

Fonte: autoria própria a partir de dados extraído e modificados de FAOSTAT (2020).

África de Sul: é um país vizinho com uma realidade da produção e produtividade diferente dos ilustrados anteriormente, tendo em vista que na safra de 2017 a produtividade de milho por hectare foi de 6,4 t/ha e, na safra seguinte, de 2018, de 5,39 t/ha. Esta produtividade é semelhante àquela obtida no Brasil, que foi de 5,6 t/ha em 2017 e 5,10 t/ha em 2018 (FAOSTAT, 2020). A contribuição da agricultura para o PIB do país é pequena, cerca de 3%, incluindo-se pesca e atividades florestais, uma vez que o país tem fontes diversificadas de rendimento, e emprega apenas cerca de 7% da população (SOUTH AFRICA YEARBOOK, 2018). A agricultura é altamente diversificada, produzindo-se grãos variados (à exceção de arroz), sementes oleaginosas, frutas subtropicais, com destaque para uvas para a produção de vinhos, dentre vários outros itens. Os grãos respondem por 22% dos rendimentos do setor agrícola e a horticultura por 28%, ficando a pecuária, também muito diversificada, com os 52% restantes (USDA, 2019). O país exporta mais bens agrícolas do que importa, sendo que em 2020 exportou US\$ 10,4 bilhões e importou US\$ 6,1 bilhões (USDA, 2020). A Tabela 8 apresenta alguns dados de produção dos principais grãos cultivados na África do Sul.

Tabela 8 – Dados de produção de culturas de primeira necessidade na África do Sul.

		Produção (t)	Área (ha)	Produtividade	Exportação (t)	Perda (t)	Exportação (%)	Perda (%)
Milho	2015	9955000	2652580	3,75	172242	341409	1,73	3,43
	2016	7778500	1946750	4,00	1026609	266765	13,20	3,43
	2017	16820000	2628600	6,40	2197087	772643	13,06	4,59
	2018	12510000	2318850	5,39	2201306	569433	17,60	4,55
	2019	11275500	2300500	4,90	1180772	513238	10,47	4,55
	2020	15300000	2610800	5,86	2584946	0	16,90	0,00
	Média do período	12273166,67	2409680	5,05	1560493,67	410581,33	12,16	3,43
Arroz	2015	3074	1130	2,72	11649	122	378,95	3,97
	2016	3077	1123	2,74	4670	121	151,77	3,93
	2017	3075	1116	2,76	3628	120	117,98	3,90
	2018	3074	1109	2,77	4291	118	139,59	3,84
	2019	3075	1100	2,80	2492	120	81,04	3,90
	2020	3076	1092	2,82	3971	0	129,10	0,00
	Média do período	3075,17	1111,67	2,77	5116,83	100,17	166,41	3,26
Feijão	2015	73390	64000	1,15	7892	3461	10,75	4,72
	2016	35445	34400	1,03	14441	1671	40,74	4,71
	2017	68525	45050	1,52	19195	3231	28,01	4,72
	2018	69360	53360	1,30	18679	3271	26,93	4,72
	2019	66355	59300	1,12	26789	3129	40,37	4,72
	2020	64800	50150	1,29	35862	4688	55,34	7,23
	Média do período	62979,17	51043,33	1,23	20476,33	3241,83	33,69	5,13
Amendoim	2015	62300	58000	1,07	18116	1330	29,08	2,13
	2016	17680	22600	0,78	10907	6927	61,69	39,18
	2017	92050	56000	1,64	8787	4289	9,55	4,66
	2018	57000	56300	1,01	11751	0	20,62	7,52
	2019	19400	20050	0,97	11104	0	57,24	7,53
	2020	50080	37500	1,34	15527	0	31,00	7,52
	Média do período	49751,67	41741,67	1,14	12698,67	2091	34,86	11,42

Fonte: autoria própria a partir de dados extraído e modificados de FAOSTAT (2020).

4.3 Moçambique

Grande parte dos dados desta seção provêm do Censo Agropecuário de Moçambique (CENSO AGROPECUÁRIO, 2013), correspondente ao decênio 2000 – 2009, de modo que as informações contemplam certa defasagem. Dados também foram obtidos junto à FAO

(FAOSTAT, 2020) e estão mais atualizadas. Informações de outras fontes são identificadas quando pertinente.

Moçambique é considerado um país com elevado potencial agrícola, com a predominância do clima tropical e subtropical e uma das riquezas do país é possuir uma grande dimensão de terras aráveis para a prática da agropecuária. O mapa político do país é apresentado na Figura 1 e os dados referentes à produção das culturas de primeira necessidade são fornecidos na Tabela 9. Note-se que as perdas são pequenas e que devem estar subestimadas, tendo em vista os dados apresentados nas Tabelas 2 – 5 para os países vizinhos e pelos relatos encontrados na literatura que estimam perdas muito mais elevadas, como mencionado na seção 4.1 deste capítulo (ver, p.ex., NWILENE ET AL. 2008, BIBER- FREUDENBERGER ET AL., 2016; PRATT ET AL., 2017). As culturas agrícolas são variadas e os principais produtos são algodão, castanha de caju, açúcar, chá, mandioca, milho, arroz, frutas, carne bovina e frango (DA ENCARNAÇÃO TOMO; ZWANE, 2020). A mandioca é a maior fonte de caloria para a população (719 cal/dia), seguida pelo milho (534 cal/dia) e pelo arroz (250 cal/dia) (ZANDAMELA, 2004; citado por CORNIANI ET AL., 2018). O milho é a cultura predominante ocupando entre 2015 e 2020 uma média de 45,4% da área cultivada dentre as principais lavouras apresentadas na Tabela 9. A cultura com maior produção dentre as selecionadas é a da mandioca, com 72%, mas que ocupa apenas 20,2% da área plantada, em virtude da alta produtividade desta planta.

Figura 2 - Mapa político de Moçambique



1- REGIÃO NORTE: Cabo Delgado,
Nampula e Niassa

2- REGIÃO CENTRAL: Manica,
Sofala, Tete e Zambézia

3- REGIÃO SUL: Inhambane,
Gaza e Maputo

Fonte: Extraído e modificado do PORTAL DO GOVERNO (2021)

Tabela 9. Dados de produção das culturas de primeira necessidade em Moçambique.

		Produção (t)	Área cultivada (ha)	Produtividade (t/ha)	Exportação (t)	Perdas (t)	Exportação (%)	Perdas (%)
MILHO	2015	1262038	1570526	0,80	3114	59041	0,25	4,68
	2016	1217000	1662000	0,73	5000	56417	0,41	4,64
	2017	1224000	1654000	0,74	199	56226	0,02	4,59
	2018	1406794	1613535	0,87	1864	75294	0,13	5,35
	2019	1451686	1643827	0,88	288	94905	0,02	6,54
	2020	1632321	2286362	0,71	240	ND	0,01	ND
Média período		1365640	1738375	0,79	1784	68377	0,14	5,16
DP (*)		163160	270533	0,07	1962	16803		
CV (%) (**)		12	16	9	110	25		
ARROZ	2015	128197	234884	0,55	0	5152	0,00	4,02
	2016	133000	327000	0,41	0	5296	0,00	3,98
	2017	138000	325000	0,42	0	5445	0,00	3,95
	2018	170129	350000	0,49	0	5243	0,00	3,08
	2019	179836	300000	0,60	3	13331	0,00	7,41
	2020	137243	283919	0,48	58	ND***	0,04	ND
Média período		147734	303467	0,49	10	6893	0,01	4,49
DP (*)		21613	40695	0,07	23	3600		
CV (%) (**)		15	13	15	231	52		

(*) DP: desvio padrão para a média; CV: coeficiente de variação (CV = média/DP); (***) Dado não disponível

Fonte: autoria própria a partir de dados extraído e modificados de FAOSTAT (2020).

Tabela 9. Continuação

		Produção (t)	Área cultivada (ha)	Produtividade (t/ha)	Exportação (t)	Perdas (t)	Exportação (%)	Perdas (%)
FEIJÃO	2015	47725	86255	0,55	38872	2250	81,45	4,71
	2016	160675	341777	0,47	31281	2358	19,47	1,47
	2017	253236	559886	0,45	29598	3583	11,69	1,41
	2018	361207	876892	0,41	24426	2401	6,76	0,66
	2019	399511	939996	0,43	124095	3095	31,06	0,77
	2020	393133	883217	0,45	27819	ND***	7,08	ND
Média período		269248	614671	0,46	46015	2737	26,25	1,81
DP (*)		142751	347393	0,05	38552	578		
CV (%) (**)		53	57	11	84	21		
MANDIOCA	2015	3579000	800000	4,47	0	608754	0,00	17,01
	2016	3598000	770000	4,67	0	684779	0,00	19,03
	2017	3867000	750000	5,16	0	692004	0,00	17,90
	2018	6346023	758992	8,36	0	641544	0,00	10,11
	2019	6019201	771726	7,80	ND	ND	ND	ND
	2020	5404432	809462	6,68	ND	ND	ND	ND
Média período		4802276	776697	6,19	0	656770	0,00	16,01
DP (*)		1268706	23291	1,66	0	39001		
CV (%) (**)		26	3	27	0	6		
AMENDOIM	2015	92797	382303	0,24	822	6983	0,89	7,53
	2016	121000	421000	0,29	41	9105	0,03	7,52
	2017	125000	427000	0,29	0	9406	0,00	7,52
	2018	123438	505350	0,24	0	8089	0,00	6,55
	2019	151220	531268	0,28	10438	ND	6,90	ND
	2020	103000	347000	0,30	4411	ND	4,28	ND
Média período		119409	435654	0,27	2619	8396	2,02	7,28
DP (*)		20196	70704	0,02	4194	1098		
CV (%) (**)		17	16	9	160	13		

(*) DP: desvio padrão para a média; (**) CV: coeficiente de variação (CV = média/DP); (***) ND: dado não disponível

Em comparação com a agricultura de países vizinhos, a produtividade em Moçambique para as lavouras selecionadas é baixa, ficando acima de Zimbabwe apenas nas lavouras de arroz e mandioca, como pode ser visto na comparação entre os valores médios entre os anos 2015 – 2020 apresentados na Tabelas 6 – 9. Devido a esta baixa produtividade, o país depende de importação de mais de 27% de alimentos, principalmente trigo, milho e torta de soja (FAO, 2016). De acordo com Guanziroli e Guanziroli (2015), a produtividade em Moçambique está entre um quinto e metade da produtividade mundial, dependendo da cultura. Mesmo a África do Sul, país vizinho que tem um sistema agrícola mais desenvolvido, apresenta resultados inferiores a países proeminentes no setor, como pode ser visto na Tabela 10, que traz valores da produtividade para as culturas selecionadas para o ano de 2020. As razões para a baixa produtividade das lavouras em Moçambique são similares às de outros países da África subsaariana apresentadas anteriormente, como esgotamento da terra, baixo investimento em recuperação de solos, técnicas de plantio ultrapassadas, baixo investimento em tecnologia, pouca ou nenhuma assistência técnica, acesso restrito a fontes de financiamento, perdas pós-colheita, falta de processamento de produtos agrícolas e falta de marcos regulatórios legais, dentre outras. De acordo com Corniani et al. (2018), apenas 3% dos agricultores usam adubos inorgânicos, 6% empregam pesticidas, 9% usam sementes melhoradas e é baixo o uso de tração animal ou mecanizada. A este respeito, Come (2021) apresentou dados governamentais que indicam que em 2015 apenas 9,2% das propriedades utilizavam tração animal.

Tabela 10: Produtividade de culturas de alguns grãos para Moçambique e países com maior desenvolvimento agrícola para o ano de 2020.

Cultura	Brasil	União Europeia	Estados Unidos	Moçambique
Milho	4,37*	7,22*	10,76*	0,93*
Arroz	7,00*	6,78*	8,54*	1,08*
Feijão	0,86 ^a	ND	ND	0,44 ^b
Mandioca	14,95 ^a	ND	ND	6,68 ^b
Amendoim	3,88*	ND	4,27*	0,30*

(*) Dados extraídos de FAS /USDA (2022) para o ano de 2020.

(^a) Dados extraídos de IBGE (2021) para o ano de 2020.

(^b) Dados extraídos de FAOSTAT (2020) para o ano de 2020

ND- Informação não disponível

Fonte: Autoria própria.

O Ministério da Agricultura (2013) fez uma avaliação do potencial de atividade agrícola e considerou de grande importância quatro áreas-chaves no país em relação às condições agroclimáticas. Foram destacados 36 milhões de ha de áreas aráveis, que em sua maioria estão disponíveis para investimento, sujeitas a boa precipitação, com solos férteis e rios com bom potencial para irrigação. Destes 36 milhões, apenas 5,6 milhões estavam sendo utilizados para cultivo, o que representa aproximadamente 15%, sendo que as culturas permanentes ocupam apenas 0,3% do total e as pastagens permanentes 43,7% (THE WORLD FACTBOOK, 2020). A maioria destas terras concentra-se nas províncias de Zambézia, Nampula e Tete, totalizando aproximadamente metade das terras cultivadas, enquanto a outra metade está distribuída entre as demais províncias, sendo que cada uma delas não detém mais que 10% do total de área cultivada do país, como pode ser visto na Tabela 11.

Tabela 11 – Distribuição da área cultivada de Moçambique por província.

Região	Província	Relação com a área cultivada do país (%)	
		Província	Região
Norte	Cabo Delgado	8,7	34,4
	Nampula	18,4	
	Niassa	7,3	
Central	Manica	9,9	48,4
	Sofala	8,4	
	Tete	11,1	
	Zambézia	19,0	
Sul	Cidade de Maputo	0,6	17,4
	Maputo	2,9	
	Gaza	6,5	
	Inhambane	7,4	

Fonte: CENSO AGROPECUÁRIO (2013).

É importante ressaltar que em Moçambique a população vive majoritariamente na zona rural (SOUZA, 2013) e tem a agricultura como base de subsistência. Estima-se que sejam 74,4% de praticantes da agricultura (THE WORLD FACTBOOK, 2020), que estão distribuídos

em cerca de 3,6 milhões de propriedades pequenas, 24 mil médias e apenas 755 grandes (CENSO AGROPECUÁRIO, 2013). Do total de praticantes da agricultura, apenas 10% ocupam-se da agricultura comercial (CORNIANI ET AL., 2018). A imensa maioria das propriedades tem menos de 2 ha (71,5%) e praticamente a totalidade (99,0%) menos de 10 ha. As pequenas propriedades contribuem com 95% do PIB agrícola, enquanto que as propriedades de atividade comercial com os 5% restantes (FAO, 2013). Ao passo que as pequenas propriedades se dedicam à lavoura de subsistência, as grandes fazendas produzem sisal, cana-de-açúcar, tabaco, banana e algodão, principalmente (FERRÃO ET AL., 2018). O governo local considera que as pequenas propriedades têm, em média, 1,43 ha, as médias 5,1 ha e as grandes 84,4 ha. Para esta população ocupada nas pequenas propriedades a agricultura representa, aproximadamente, 75% da renda familiar. Por causa da baixa produtividade agrícola, a contribuição do setor para o PIB do país é de apenas 34% e para as exportações de apenas 20% (DA ENCARNAÇÃO TOMO; ZWANE, 2020), sendo esta contribuição dividida entre culturas agrícolas com 79% do PIB, madeira com 9%, produção animal com 7% e pesca com 6% (FERRÃO ET AL., 2018). A distribuição das áreas por tipo de propriedade em cada província é apresentada na Tabela 12, sendo consideradas propriedades pequenas aquelas de até 10 ha, as médias de até 100 ha e as grandes acima de 100 ha. Em geral, o tamanho das propriedades tende a diminuir com o passar das gerações devido às heranças familiares, uma característica típica da África subsaariana (LOWDER ET AL. 2016). Note-se que as grandes propriedades estão quase que totalmente concentradas na província de Maputo, uma das que não sofrem de insegurança alimentar. As propriedades médias concentram-se na região sul e nas províncias fronteiriças de Sofala e Manica.

Em decorrência da baixa produtividade e das características do setor agrícola, a insegurança alimentar atinge larga faixa da população, sendo de 31% no campo e de 21% nas áreas urbanas. As regiões norte e central são mais sujeitas à desnutrição crônica; cerca de 43% das crianças abaixo de 5 anos têm desnutrição crônica moderada e 7% desnutrição aguda (SETSAN, 2014), ainda que ambas as regiões detenham 82,8% das terras cultivadas do país, revelando um desequilíbrio entre área de cultivo, produção de alimentos e consumo. A oferta dos gêneros alimentícios de primeira necessidade no país é feita pela produção local, mas necessita do suporte de importações, pois a produção nacional atende apenas 73% da necessidade de consumo de arroz, 38% de milho, 44% de feijão, 73% de amendoim e 12% de peixe, com base em uma cesta básica definida pelo Ministério da Agricultura de Moçambique (SETSAN, 2014). Milho e mandioca, com baixo

conteúdo proteico, são os principais itens de consumo das populações da região norte do país e milho é o principal alimento nas regiões central e sul. Nas cidades consome-se principalmente milho e trigo, este importado em quase sua totalidade. Desta forma, o consumo diário de calorias fornecido por cereais, raízes e tubérculos chegam a 80% (FERRÃO ET AL., 2018).

Tabela 12 – Área cultivada por tipo de propriedade em Moçambique.

Província	Distribuição de tamanho das propriedades (%)		
	Pequenas	Médias	Grandes
Maputo	74,1	7,9	18,0
Cidade de Maputo	91,6	8,2	0,2
Gaza	92,6	5,5	1,9
Tete	94,7	5,1	0,2
Manica	96,2	3,3	0,5
Sofala	96,7	2,3	1,0
Inhambane	97,2	2,5	0,2
Nampula	97,4	0,7	1,9
Niassa	98,3	1,5	0,2
Zambézia	98,6	0,7	0,8
Cabo Delgado	99,2	0,7	0,1

Fonte: CENSO AGROPECUÁRIO, (2013).

A diferença de utilização de insumos agrícolas pelas propriedades de tamanhos distintos é muito grande, como pode ser visto na Tabela 13. Infelizmente, os dados disponíveis não fornecem a renda média das famílias que ocupam as propriedades agrícolas, de modo a permitir melhor interpretação dos dados de insumos disponíveis, mas, a se julgar pelos dados da Tabela 13, acredita-se que os proprietários de médias e grandes áreas têm mais recursos financeiros ou maior acesso a incentivos para melhorar as condições de cultivo. Assim, como a grande maioria das propriedades tem menos de 2 ha e são estas com menor potencial de investimento, possivelmente esta é uma das causas da baixa produtividade das culturas de subsistência, conforme os dados que serão apresentados a seguir. A maioria das áreas irrigadas está concentrada nas regiões sul do país

(28%), seguida da central (10,5 %) e norte (3,5%). As províncias de Gaza, Maputo e Tete são as que têm maior rede de irrigação, com 24,9%, 25,2% e 14,8% das propriedades irrigadas em 2020 (COME, 2021). Da mesma forma, o uso de pesticidas em grandes propriedades é concentrado na região sul, como pode ser visto na Tabela 14. Ainda assim, não é possível estabelecer uma relação direta entre o tamanho das propriedades e o uso de pesticidas, tendo em vista que as províncias de Tete, Cabo Delgado e Niassa, que mais consomem estes defensivos, têm composição de propriedades rurais distintas no que se refere ao tamanho das propriedades, como pode-se verificar na Tabela 14. O país importou cerca de US\$ 24 milhões em pesticidas em 2015, dos quais 15% eram altamente perigosos (HHP, na sigla em inglês). Moçambique não tem uma legislação específica a respeito de agentes biológicos para controle de pragas agrícolas (CORNIANI ET AL., 2018).

Tabela 13. Emprego de insumos agrícolas de acordo com o tamanho das propriedades (*)

Propriedade	Irrigação mecânica (%)	Fertilizantes (%)	Pesticidas (%)
Pequena	5,0	3,7	2,4
Média	14,5	10,6	9,6
Grande	30,5	31,4	29,7
Total	5,3	3,7	2,5

(*) Tamanho médio das propriedades: pequena - 1,43 ha; média – 5,09 ha; grande 84,4 ha.

Fonte: autoria própria a partir de dados do CENSO AGROPECUÁRIO (2013).

Alguns programas de incentivos agrícolas, como o Programa Nacional de Desenvolvimento Agrário (PROAGRI) e o Plano Nacional para a Redução da Pobreza Absoluta (PARPA), foram e continuam a ser implementados para impulsionar o setor agrícola e reduzir a pobreza, sendo este o enfoque prioritário do PARPA, um plano multisetorial. O PROAGRI tinha por finalidade o aumento da produtividade agropecuária e foi dividido em duas versões, sendo a primeira (PROAGRI I) de 1999 a 2004, voltado quase que exclusivamente ao setor agrícola, e a segunda (PROAGRI II) de 2005 a 2010, que englobou a agricultura, comércio, finanças e transporte, dentre outros agentes (MAFAVISSE, 2014). O PROAGRI I focou em ações do Ministério da Agricultura e o PROAGRI II abrangeu o setor privado, organizações não governamentais (ONGs), doadores e outros ministérios além do Ministério da Agricultura. Na fase

II foram elaboradas ações para os pequenos produtores e para a agricultura comercial, com ênfase na sustentabilidade do setor. Superficialmente, os objetivos do PROAGRI foram o de reestruturar o Ministério da Agricultura para tornar suas ações mais efetivas; planificar e implementar programas de apoio à agricultura de forma descentralizada; fortalecer associações e grupos de agricultores e fomentar parcerias com o setor público, setor privado e ONGs; promover ações que trouxessem benefícios diretos a pequenos e médios agricultores. Para implementar as ações do PROAGRI foi criado um fundo com participação governamental e de doadores, o qual sofreu oscilações que comprometeram parcialmente as ações. O PROAGRI previa a oferta de assistência técnica, sementes a custo subsidiado, financiamento, irrigação e gestão, dentre outras ações. De acordo com Mafavisse (2014) cerca de 80% dos líderes distritais do país não tiveram contato com o programa ou seus agentes, de modo que a pretendida descentralização das ações não foi atingida. Infelizmente, os resultados do programa foram insatisfatórios e a produtividade permaneceu baixa (GUANZIROLI; GUANZIROLI, 2015). Posteriormente, o PROAGRI foi substituído pelo Plano Estratégico para o Desenvolvimento do Setor Agrário (PEDSA) para o período 2011-2020, que também visava o aumento da produtividade agrícola e, indiretamente, o manejo integrado de pragas (CORNIANI ET AL., 2018).

Tabela 14 Participação das províncias e das propriedades no consumo de agrotóxicos.

Região	Província	Contribuição ao uso total de pesticidas (%)	Uso de pesticidas por tamanho de propriedade (%)		
			Pequena	Média	Grande
Norte	Cabo Delgado	16,5	99,7	0,3	0,0
	Nampula	9,0	98,2	1,7	0,1
	Niassa	11,1	98,9	1,0	0,0
Central	Manica	4,8	92,4	7,4	0,2
	Sofala	1,8	86,3	12,8	0,9
	Tete	36,9	97,1	2,8	0,0
	Zambézia	1,1	96,4	2,5	1,1
Sul	Cidade de Maputo	5,5	99,1	0,8	0,1
	Maputo	2,8	90,2	5,8	4,0
	Gaza	4,8	92,3	6,2	1,5
	Inhambane	5,6	98,2	1,5	0,2

Fonte: autoria própria a partir do CENSO AGROPECUÁRIO (2013).

Como anteriormente mencionado, a produção de alimentos em Moçambique concentra-se no setor familiar e de baixa renda e destina-se ao autoconsumo, sendo que o excedente pode ser eventualmente comercializado para suprir alguma necessidade imediata, não sendo estimado o retorno desta comercialização. A produção agrícola em geral engloba apenas as culturas que fazem parte da cesta básica no meio das comunidades, que é o caso do milho, mandioca e feijões. A horticultura é uma das práticas de rendimento, mas com pequenas áreas exploradas, seguida das culturas consideradas de alto rendimento, como é o caso de cana de açúcar, algodão, chá, oleaginosas e tabaco (MINAG, 2011).

O consumo de fertilizantes em Moçambique é muito baixo em comparação com países mais avançados no setor agrícola e mesmo em relação a países vizinhos. Após esforços governamentais, o consumo cresceu em anos recentes, como pode ser visto na Tabela 15, mas ainda não é expressivo. Há grande diferença de consumo entre as províncias, sendo a de Tete a de maior consumo, o que coincide com o consumo de pesticidas apresentado na Tabela 14. Da mesma forma, a província de Sofala tem simultaneamente o menor consumo de fertilizantes e de pesticidas. Deste modo, Tete concentra altos índices de produção de milho, feijão e amendoim, como pode ser visto na Tabela 16. Os dados da Tabela 15 foram obtidos por Come (2021) a partir de fontes governamentais.

Aliando-se aos problemas anteriormente destacados, a comercialização, distribuição e processamento de produtos agrários é deficiente e o excedente da produção não raro se deteriora nos locais de produção (TOSTÃO & BRORSEN, 2004). Outros desafios para o setor agrícola são a falta de suporte técnico, de infraestrutura de armazenamento, elevados índices de perdas pós colheita, vias de acesso e transporte deficientes, custos elevados de transações e serviços de financiamento de difícil acesso (SILICI ET AL., 2015; COME, 2021).

Tabela 15: Proporção de consumo de fertilizantes (%) nas províncias de Moçambique.

Região	Província	Ano			
		2002	2008	2015	2020
Norte	Cabo Delgado	2,7	2,8	2,2	7,9
	Nampula	3,3	2,7	1,3	3,9
	Niassa	7,5	9,8	15,9	7,6
Central	Manica	3,0	4,7	4,1	3,7
	Sofala	0,7	0,6	1,0	1,9
	Tete	15,1	14,9	24,0	29,4
	Zambézia	0,7	0,4	0,4	1,7
Sul	Maputo	3,6	4,1	1,9	7,1
	Gaza	5,2	3,8	5,7	6,3
	Inhambane	1,7	2,3	4,1	3,8

Fonte: autoria própria a partir de dados de Come (2021)

Ao menos no discurso, o governo de Moçambique tem considerado a agricultura comercial como um impulsionador de transformação e tem promovido investimentos em larga escala para o setor. Esta política, pode promover e implementar práticas agrícolas modernas em detrimento de tecnologias tradicionais inadequadas, mas que podem impactar negativamente o meio ambiente futuramente. Existe uma incerteza, principalmente dos pequenos agricultores, de que a adoção da agricultura comercial possa trazer benefícios, temendo perder a propriedade da terra e não ter empregos como contrapartida (SILICI ET AL, 2015). A produção das principais culturas de subsistência em Moçambique é apresentada por província na Tabela 16, onde se pode notar que não há uma província que tenha destaque de produção de todas as culturas selecionadas, embora Tete, Zambézia, Nampula e Cabo Delgado tenham produção relevante em ao menos três culturas.

Tabela 16 – Produção das culturas de primeira necessidade em Moçambique, por província.

Províncias	Produção (%)				
	Milho	Arroz	Mandioca	Feijão	Amendoim
Niassa	7,3	1,4	3,3	0,0	2,0
Cabo Delgado	7,4	6,0	20,4	31,4	9,2
Nampula	7,6	7,3	33,8	9,8	38,6
Zambézia	13,4	26,0	20,3	6,3	9,2
Tete	16,9	0,1	0,7	24,3	10,4
Manica	11,9	0,1	2,0	0,5	3,5
Sofala	6,9	11,6	3,4	11,2	2,1
Inhambane	20,4	0,5	6,9	0,0	6,9
Gaza	3,0	45,6	3,2	7,4	2,4
Maputo	5,2	1,3	5,9	9,2	15,7

Fonte: ANUÁRIO ESTATÍSTICAS AGRÁRIA, (2015).

As calamidades climáticas, como secas extremas e cheias cíclicas, afetam algumas regiões do Sul e Centro do País. Dos 128 distritos do país, 20 são altamente sujeitos a secas, 30 a inundações e 7 a ambos os fenômenos, de modo que mais de 48% da população sofre as consequências destas calamidades (FAO, 2007). As zonas áridas se encontram no interior da província de Gaza, no norte e interior de Inhambane e sul de Tete. As cheias são predominantes nas margens das principais bacias hidrográficas do Sul e Centro do país, principalmente, devido às chuvas que ocorrem nos países vizinhos. Por causa de sua localização, o país é afetado fortemente por ciclones. O impacto dessas calamidades é grande, em função, principalmente, da debilidade da infraestrutura, fraqueza dos agentes e das instituições econômicas, sejam elas privadas, públicas ou da sociedade civil. O sistema de informação em relação à ocorrência de impacto das calamidades é débil, dificultando a análise do impacto das calamidades e respostas requeridas, bem como planificação das estratégias de respostas.

As regiões Norte e Centro do país têm um excelente potencial agrícola e apresentam boas bacias hidrográficas com regimes perenes. Essas regiões são geralmente produtoras de excedentes agrícolas. A região Sul é caracterizada por solos arenosos e pobres e precipitação irregular e escassa. Para a agricultura de sequeiro, essas condições não são favoráveis, e o que impulsiona a

produção nessas áreas é a existência de barragens e sistemas de irrigação. A região Sul, as atividades mais importantes são florestas e pecuária.

4.4 Caracterização do cultivo de milho em Moçambique

Mundialmente, o milho é o segundo cereal mais importante, após o trigo e seguido do arroz, sendo o que proporciona maior rendimento, dentre esses. A produção mundial chega a atingir 300 milhões de toneladas anuais e é consumido por aproximadamente 300 milhões de pessoas na África (SÁNCHEZ ET AL., 2011).

Na África Subsaariana, o milho também é considerado a segunda cultura em termos de importância, perdendo apenas para a mandioca. Em Moçambique, é a principal base de alimentação para a população nas zonas rurais. Sua produção é majoritariamente utilizada para consumo humano, uma pequena fração é destinada ao consumo animal e uma ínfima porção à indústria (UELE ET AL., 2013). Este cereal é cultivado em praticamente todo o país, desde regiões de solos pobres e arenosos até aos ricos em nutrientes e argilosos. A época de cultivo é principalmente a quente e chuvosa, mas os produtores cultivam quase em todo ano. As mudanças climáticas, no que concerne à irregularidade das épocas de início e escassez das chuvas, é um dos desafios que dificultam a definição das datas de semeadura nas últimas duas décadas. Para além deste fenômeno de escassez de chuvas, existem outros fatores que afetam o rendimento do milho em Moçambique, destacando-se os seguintes: pragas, baixa fertilidade dos solos e fatores socioculturais. Como consequência disso, os rendimentos destas culturas têm sido muito baixos, variando de 0,6 a 1,2 t/ha (FATO ET AL., 2011). A quantidade de pequenas e médias propriedades que sofreram com perdas no cultivo do milho em cada província é apresentada na Tabela 17 e não parece haver uma correlação entre a proporção de perdas e o uso de pesticidas apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 – Proporção de propriedades pequenas e médias que sofreram perdas na produção de milho.

Região	Província	Proporção de propriedades com perdas (%)
Norte	Cabo Delgado	74,1
	Nampula	78,0
	Niassa	74,0
Central	Manica	56,3
	Sofala	75,4
	Tete	74,7
	Zambézia	74,5
Sul	Cidade de Maputo	73,6
	Maputo	50,7
	Gaza	96,4
	Inhambane	86,9

Fonte: autoria própria a partir de dados do ANUÁRIO ESTATÍSTICA AGRÁRIA (2015).

Como mencionado na seção 4.1, as pragas agrícolas são capazes de causar perdas expressivas de produção do milho, sendo que as que provocam maiores infestações em Moçambique são apresentadas na Tabela 18. Observe-se que a maior parte das pragas é da ordem Lepdóptera e aqui se dará ênfase à espécie *S. frugiperda*, frequentemente relatada pelos agricultores e considerada a principal praga do milho. Esta praga era inicialmente confundida no país com brocas do caule pelo pessoal oficial da extensão agrícola e sua ocorrência foi confirmada no início de 2017 pelo Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar (CANIÇO et al., 2020). O seu ciclo completo de vida em condições laboratoriais é de 30 dias e a quantidade de ovos varia de 100 a 200, sendo que uma única fêmea pode colocar de 1500 a 2000 ovos durante sua vida, daí seu potencial de infestação. O comprimento da lagarta pode atingir mais de 2,5 cm e a fase de pupa ocorre no solo (CUNHA e OKURA, 2018). Depois de formar um cartucho, a lagarta se aloja dentro dele, dificultando assim o controle, principalmente químico (BARCELOS e ANGELINI, 2018). A fase adulta deste inseto é caracterizada por uma mariposa com duas colorações nas asas: pardo-escuro e branco-acinzentado. O período de eclosão das larvas é de três

dias e a alimentação das larvas recém-eclodidas é à base da própria casca do ovo. Na fase posterior, as lagartas alimentam-se das partes aéreas da planta, e a principal evidência de sua presença na lavoura é encontrar folhas raspadas na planta. Quando a lagarta cresce, começa a criar orifícios nas folhas, causando graves danos às plantas, podendo ainda atacar a base da espiga (CUNHA e OKURURA, 2018). Os danos que o inseto pode causar ocorrem em quase todos os estágios de desenvolvimento da planta. A Figura 3 representa o ciclo de vida de *S. frugiperda*.

Tabela 18. Principais pragas associadas à cultura de milho em Moçambique.

Nome comum	Nome científico da praga ou vetor
Broca do colmo	<i>Busseola fusca</i> , (Lepidoptera: Noctuidae)
	<i>Chilo partellus</i> (Lepidoptera: Crambidae)
Broca da espiga	<i>Mussidia nigrivenella</i> (Lepidoptera: Pyralidae)
Lagarta do cartucho do milho	<i>Spodoptera frugiperda</i> (Lepidoptera: Noctuidae)
	<i>S. exempta</i> (Lepidoptera: Noctuidae)
Traça dos cereais	<i>Sitotroga cerealella</i> (Lepidoptera: Gelechiidae)
Gorgulhos	<i>Sitophilus orizae</i> (Coleoptera: curculionidae)
Roscas (lagartas)	<i>Agrotis segetum</i> , <i>A. ypsilon</i> (Lepidoptera: Noctuidae)
Pássaros (pedizes, etc.)	<i>Rhynchotus rufenses</i>
Roedores, Toupeiras	<i>Talpidae</i>

Fonte: MASA (2018)

Figura 3 – Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda*



Fonte: FAO (2019).

O fungo entomopatogênico *Metarhizium rileyi* demonstrou ser eficiente no controle de *S. frugiperda* e foi escolhido neste trabalho para que biofábricas de produção de seus conídios possam ser implementadas em Moçambique. Uma das primeiras etapas para desenvolver novos biopesticidas de *M. rileyi* baseia-se em selecionar cepas virulentas para diferentes espécies de lagartas (SOUZA ET AL., 2019). Cepas fúngicas que são capazes de infectar uma determinada espécie podem ou não causar altas taxas de mortalidade em outras espécies, uma vez que há uma especificidade de hospedeiro de cepas de ocorrência natural (BARROS ET AL., 2020). Neste trabalho, Barros e colaboradores abordaram a suscetibilidade de *S. frugiperda* e *C. includens* (Lepidoptera: Noctuidae) a infecções causadas por *M. rileyi* e demonstraram que o bioinseticida foi eficaz para *S. frugiperda* do que a *C. includens*.

CAPÍTULO 5- PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE BIOFÁBRICAS DE PRODUÇÃO DE CONÍDIOS DE METARHIZIUM RELEYI EM MOÇAMBIQUE

5.1 Oportunidade do empreendimento

Decidiu-se por utilizar um fungo entomopatogênico para o controle biológico das pragas devido à facilidade de cultivo e à flexibilidade que as plantas produtivas poderiam ter para cultivo de diferentes espécies de fungos, pois a plataforma de cultivo em estado sólido varia pouco de um fungo para outro e já existem várias biofábricas implantadas no mundo que produzem comercialmente mais de um destes agentes simultaneamente. Outra vantagem destes microrganismos em cultivo em estado sólido é o menor requisito sanitário para as plantas industriais, o que reduz os custos de implantação das biofábricas.

Inicialmente, escolheu-se as lavouras de milho e a praga *Spodoptera frugiperda* como alvo do controle biológico, daí a escolha do fungo *Metarhizium rileyi* como agente, por ser o milho a cultura mais cultivada no país e por ser esta a praga que mais o afeta. Para tanto, prevê-se o tratamento de 1.847.908 hectares, correspondente à média da área plantada com milho no país entre 2018 e 2020. Assumindo-se a concentração de 50 g de conídios/ ha, serão necessárias 92,4 toneladas de esporos. Supõe-se que em 50 g de esporos hajam 2×10^{13} esporos, quantidade normalmente recomendada para aplicação de *M. anisopliae* (SCHIMIDT ET AL., 2007, VICENTE, 2021), a qual, acredita-se, também seja válida para *M. rileyi*. Considerando que é necessário 1 kg de arroz para a produção de 50 g de esporos, o empreendimento irá requerer 1.848 toneladas de arroz ao ano. As quantidades de esporos necessários por província são apresentadas na Tabela 19. Está sendo proposta uma unidade industrial, localizada estrategicamente na província de Zambézia, levando-se em consideração a disponibilidade do substrato de cultivo, visto que esta província é a segunda maior produtora deste grão no país e também próxima às províncias de Niassa, Cabo Delgado, Nampula, Manica e Sofala, as quais, juntamente com Zambézia, têm mais de 70% das áreas cultivadas com milho, como pode ser visto na Tabela 11 da seção 4.3 desta dissertação.

Como se verá no decorrer da descrição da biofábrica e na análise de custos, o empreendimento é caro para os padrões de Moçambique. Além disso, a partir da análise da agricultura do país feita na seção 4.3, observa-se grande falta de suporte técnico e de conhecimento por parte dos agricultores, de modo que a implementação do controle biológico de pragas será um desafio.

Também será necessário que o país estabeleça um marco regulatório para uso de agentes de controle biológico de pragas, até então inexistente. A estratégia terá que ser incluída dentro de programas de Manejo Integrado de Pragas, com suporte governamental e de organismos internacionais no financiamento das indústrias, distribuição dos formulados fúngicos, treinamento de agricultores e acompanhamento das lavouras. Entende-se que, sem estas premissas, as possibilidades de êxito do empreendimento são baixas.

A biofábrica será projetada de acordo as recomendações do projeto LUBILOSA (1999), adaptadas à necessidade do país. A biofábrica operará em dois turnos de produção e a quantidade total de conídios produzidos será é de 0,3 t/dia, assumindo-se 312 dias de produção, para uma jornada de trabalho de 6 dias/ semana. Assim, serão empregados 6 t de arroz/ dia na planta industrial

Tabela 19 – Quantidade de arroz e esporos necessária, por província, para o primeiro ano de funcionamento da biofábrica.

Província	Área plantada com milho (%)	Esporos necessários (t)	Arroz necessário (t)
Niassa	7,3	6,74	134,90
Cabo Delgado	7,4	6,84	136,75
Nampula	7,6	7,02	140,44
Zambezia	13,4	12,38	247,62
Tete	16,9	15,61	312,30
Manica	11,9	11,00	219,90
Sofala	6,9	6,38	127,51
Inhambane	20,4	18,85	376,97
Gaza	3,0	2,77	55,44
Maputo	5,2	4,80	96,09
TOTAL	100	92,40	1847,91

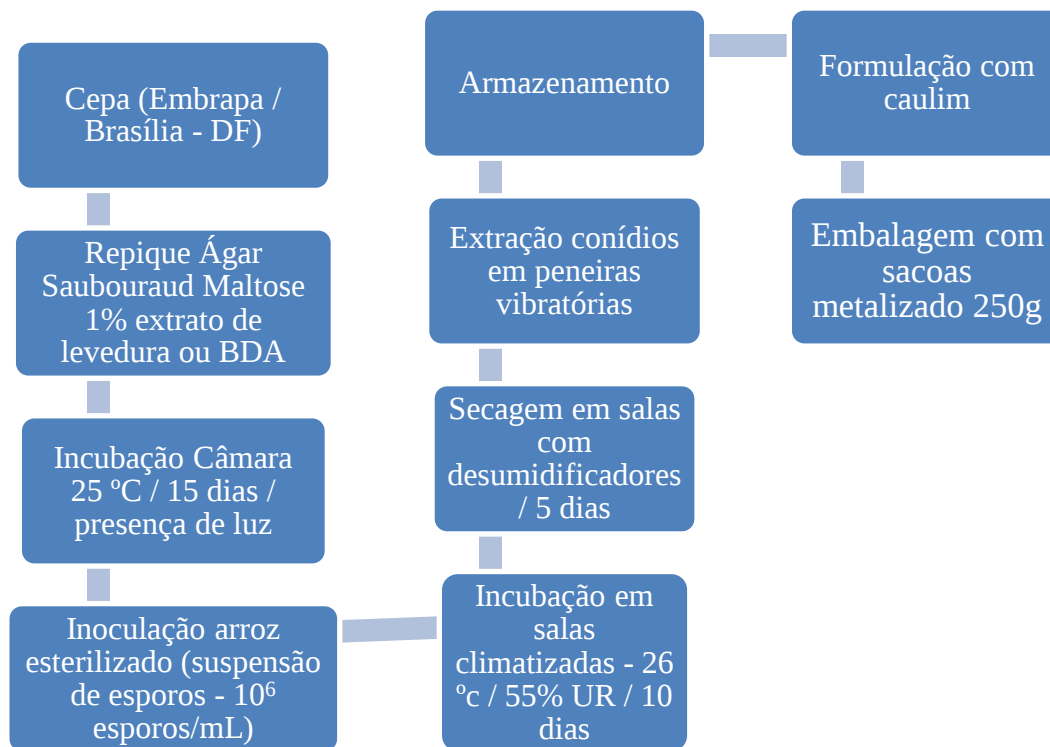
(*) Baseado na estimativa de uma área plantada de 1.847.908 hectares.

Fonte: autoria própria

5.2 Descrição do processo

O processo de produção dos conídios do fungo *M. rileyi* está apresentado no fluxograma da Figura 4. O cultivo em estado sólido terá arroz longo como substrato e o cultivo ocorrerá em embalagens plásticas contendo 500 g de arroz (base seca). A cepa de *M. rileyi* será adquirida da Embrapa – Brasília, que possui cepas de comprovada eficiência (SUJII ET AL., 2002). O fungo será repicado em placas de Petri em meio de cultivo Ágar Sabouraud Maltose fortificado com 1% de extrato de levedura (SMAY) e meio de cultivo Batata Dextrose Ágar (BDA), que serão então incubadas em câmara DBO à 26 °C e umidade relativa do ar (UR) superior a 60%, durante 15 dias na presença de luz com 12 horas de fotófase (LEITE ET AL., 2003).

Figura 4 – Etapas de produção de conídios de *Metarhizium rileyi* por cultivo em estado sólido



Fonte: Autoria própria, 2021.

O meio de cultivo, arroz, será locado em embalagens plásticas contendo 500 g de arroz cada, as quais serão esterilizadas em autoclave a 120 °C por 25 minutos antes do processo de inoculação, que será realizada com os esporos produzidos no meio SMAY-BDA. Após a

inoculação, os sacos serão incubados em salas climatizadas com temperatura de 25 °C e UR de 55% durante 10 dias. Decorrido este período, os sacos contendo o substrato colonizado serão abertos e mantidos em salas contendo desumidificadores por 5 dias, para que ocorra o processo de secagem. Após a secagem, será realizada a extração dos conídios em peneiras vibratórias e os conídios extraídos serão secos novamente e acondicionados em tubos plásticos contendo sílica gel, que poderão ser armazenados sob congelamento (-10 °C) por até 1 ano. De acordo com a programação de envio de produtos aos agricultores, os esporos serão empregados na preparação do pó seco molhável, cuja constituição é basicamente de caulim e esporos, na proporção de 10:1 (peso), acrescido de aditivos necessários à sobrevivência do fungo em condições de campo. O preparado em pó será embalado em embalagens metalizadas e acondicionado sob refrigeração até a expedição e deverá ser transportado também sob refrigeração até o destino final.

A seguir, descrevem-se as principais etapas do processamento, sem que, no entanto, sejam apresentados detalhes acerca do *layout* da instalação, do número de equipamentos e do pessoal envolvido, o que será feito na seção 5.3.

a) Preparo e manutenção da matriz fúngica

Neste processo as matrizes serão repicadas em placas contendo o meio de culturas de Ágar Sabouraud Maltose fortificado com 1% de extrato de levedura (SMAY) (LEITE ET AL 2003). Serão mantidas colônias em tubos de ensaio contendo meio de cultura BDA, cobertas por um fino filme de óleo mineral. Estes tubos serão mantidos sob refrigeração e serão consideradas as matrizes da cepa fúngica que serão empregadas apenas quando as cepas de uso perderem o vigor devido aos repiques sucessivos.

b) Preparo do inóculo

A primeira etapa da repicagem será realizada em frascos de Erlenmeyer de 250 mL inclinados, contendo 50 mL de meio de cultivo BDA, com auxílio de alça de platina. Os frascos serão posteriormente armazenados em câmara climática a 28 °C por 15 dias. A superfície da colônia será coberta com solução aquosa de Tween 80 (0,1% v/v), raspando-se esta superfície com alça de platina de modo a suspender os esporos. Uma nova inoculação será realizada em bandejas de aço inoxidável contendo uma fina camada de meio de cultura BDA, o que será denominada segunda etapa da repicagem, e estas bandejas

serão colocadas em câmaras climáticas a 28°C por 15 dias, após o que o procedimento de suspensão dos esporos anteriormente descrito será realizado, denominando-se esta suspensão de inoculante.

As colônias produzidas a partir das matrizes serão repicadas sucessivamente até a terceira geração, no máximo, de forma a evitar a perda de vigor das mesmas (QUINTELA; YOKOYAMA; ROBERTS, 1994). Periodicamente, o fungo será inoculado sobre larvas do inseto tenébrio gigante (*Zophobas morio* - Coleoptera: Tenebrionide) para manter suas propriedades de vigor e letalidade. Detalhes desta etapa podem ser encontrados em VICENTE (2021). As matrizes preservadas nos tubos de ensaio serão empregadas para produzir novas colônias apenas quando não for possível recuperar o vigor e a virulência das colônias em utilização.

Todos os materiais utilizados serão previamente esterilizados em autoclave a 121°C por 30 minutos e os procedimentos realizados em câmara de fluxo laminar.

c) Preparo do meio de cultura para o cultivo em larga escala

O cultivo será realizado em embalagens de prolipropileno com dimensões 39,5 x 25 cm, as quais conterão 500 g de arroz (base seca) cada. Sendo processadas 6 t arroz/ dia, serão necessárias 12 mil unidades de embalagens diariamente. O arroz será colocado nas embalagens e será adicionada água, com auxílio de dosadores automáticos, em quantidade suficiente para que a umidade final do arroz seja de 48% (base úmida), seguindo recomendação de Cunha et al. (2019). O material dentro das embalagens será revolvido vigorosamente de forma manual, após o que as mesmas serão fechadas e colocadas em prateleiras móveis para serem levadas às autoclaves. O processamento térmico por injeção de vapor saturado terá duração de 30 min a 121°C. Após esse procedimento, as prateleiras serão retiradas na autoclave e deixadas numa sala intermediária climatizada para resfriar, para serem posteriormente levadas à sala de inoculação.

d) Inoculação do substrato

As embalagens serão abertas nas câmaras de fluxo laminar e o arroz será inoculado com 10 a 15 mL de suspensão de conídios na concentração de 10^7 conídio/ mL (ALMEIDA ET AL. 2016), de modo que a umidade final do arroz será de cerca de 50% (b.u.). Serão empregados dosadores automáticos nesta operação. As embalagens contendo arroz inoculado serão dispostas em prateleiras móveis e conduzidas às salas de incubação.

e) Incubação do meio inoculado

A sala de incubação terá temperatura controlada a 24°C e umidade relativa de 60%, na qual ficará por 10 dias. Essa sala terá o chão de fácil higienização e com facilidade de notar a existência de sujidade (ALMEIDA ET AL, 2016). Diariamente, as embalagens serão gentilmente revolvidas para dar homogeneidade ao cultivo. Após o quinto dia de incubação, os esporos começam a adquirir a coloração esverdeado típica e observa-se colonização intensa do substrato.

f) Secagem

Verificada a completa colonização do substrato, as prateleiras serão removidas para uma sala com temperatura controlada a 28°C, abrindo-se as embalagens para que haja perda de água e que a umidade final do material esteja entre 10 e 15% (b.u.), o que deve ocorrer em 5 dias (ALMEIDA ET AL, 2019). Para tanto, todas as embalagens serão abertas, não havendo risco de contaminação, pois a concentração de esporos no substrato deve estar acima de 10^{13} esporos/ embalagem, o que equivale a $2 \cdot 10^{10}$ esporos/ grama de substrato seco.

g) Extração dos conídios

A extração dos esporos será realizada em uma sala sem maiores requisitos sanitários em peneiras vibratórias, recolhendo-se a mistura micélio:conídios no fundo da peneira e retendo-se o arroz remanescente na peneira, o qual será enviado ao depósito de resíduos sólidos. Os conídios separados serão colocados em embalagens plásticas de polietileno com capacidade de 500 g e armazenados sob congelação até a formulação do produto.

h) Formulação do pó seco molhável

O material será formulado misturando-se os conídios com caulim e aditivos na proporção em peso de 3:7, respectivamente. Um misturador de pás giratórias horizontal será empregado na operação, empacotando-se a mistura em embalagens de polietileno de 1 kg, que será armazenada em câmara de resfriamento até a embalagem do produto final.

i) Destinação dos resíduos sólidos

De acordo com o Boletim da República de Moçambique de 2014, são considerados agrotóxicos

“...produtos e agentes de processos físicos – químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção agrícolas, nas pastagens na proteção de florestas nativas ou plantadas e outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou em fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos bem como substâncias e produtos empregues como desfolhantes, estimuladores e inibidores de crescimento incluindo pesticidas e fertilizantes”.

Diante desta definição, e na falta de uma regulamentação do controle biológico de pragas em Moçambique, decidiu-se por contratar uma empresa de transporte para a retirada do resíduo na biofábrica e proceder à sua incineração. Ainda assim, o decreto abre espaço para que se existir um interesse em reaproveitar o resíduo, devendo-se fazer um estudo e se provar que não existem problemas com segurança pública.

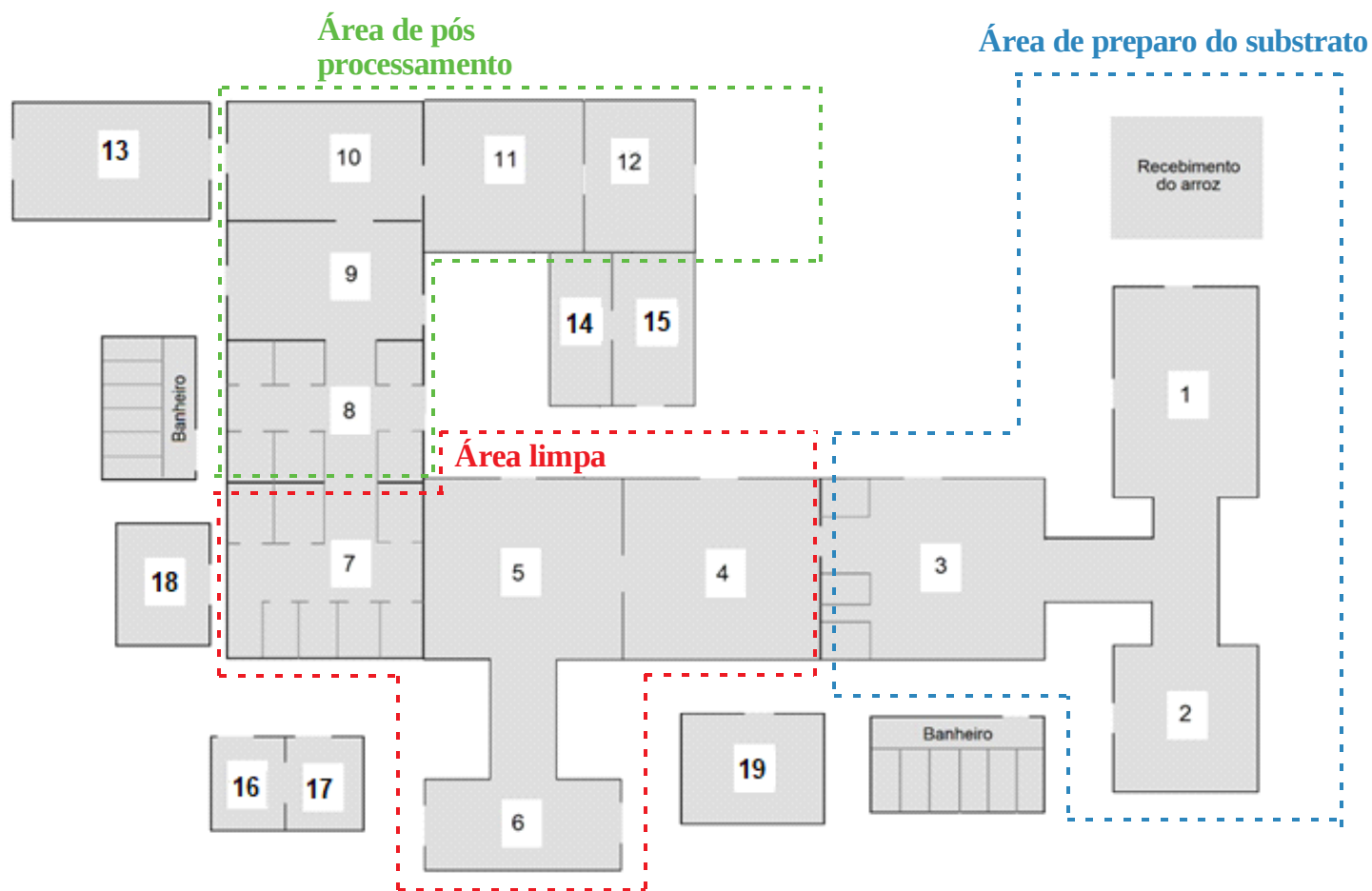
5.3 Dimensionamento da biofábrica

O dimensionamento da planta de produção de esporos de *M. rileyi* teve por base as dimensões, equipamentos e recursos humanos das biofábricas Oligos Biotec Ltda, de São José do Rio Preto – SP, que tem capacidade de processamento de 300 kg de arroz/ dia, e da Koppert Brasil Holding Ltda., de Piracicaba – SP, que processa 6 t de arroz/ dia, ambas para produção de esporos de *M. anisopliae*. Na Figura 4 apresenta-se o *layout* da planta industrial, que foi dividida em três áreas principais: área de preparo do substrato, sem maiores requisitos sanitários que os de boas práticas de fabricação (BPF); área limpa, onde se dará a inoculação do substrato e a incubação; e área de pós-processamento, na qual o arroz colonizado será manipulado. A área total da fábrica será de 2.400 m².

O depósito de armazenamento de arroz na Figura 4 terá capacidade para quatro dias de produção, ou seja, 24 t, e terá estrutura que permita empregar o sistema *primeiro-que-entra-primeiro-que-sai*. Por ser um grão com baixa umidade e o tempo de residência de um determinado lote baixo, os requisitos sanitários deste depósito são reduzidos, sendo necessário que seja arejado e havendo previsão de telas para evitar a entrada de insetos e mecanismos para prevenir a ocorrência de roedores. O arroz será recebido em sacas e no depósito de substrato será colocado em quatro tanques de 6 t cada.

Do depósito de substrato, o arroz será transportado por um sistema de rosca sem fim e elevadores de caneca para a sala de preparo do substrato (2), onde o arroz será armazenado em um tanque pulmão de 500 kg e será colocado nas embalagens plásticas por dosadores automáticos. Da mesma forma, água destilada será colocada nas embalagens por dispensadores automáticos para adequar o teor de umidade do substrato. As embalagens serão colocadas manualmente em prateleiras móveis para que estas possam ser levadas à sala de autoclaves (3).

Figura 5: *Layout* da planta de produção de *Metarhizium rileyi* tendo arroz como substrato.



Legenda: 1- Armazém de arroz; 2- Sala de preparação de substrato; 3- Sala de autoclaves; 4- Zona de resfriamento; 5- Sala de inoculação; 6- Laboratório; 7- Sala de incubação; 8- Sala de secagem; 9- Zona intermediária; 10- Sala de extração; 11- Armazenamento de esporos; 12- Formulação; 13- Armazém de resíduo; 14- Diretor de Produção; 15- Gestor da Qualidade; 16- Setor de Recursos Humanos; 17- Gerente Industrial; 18- Central de Condicionamento de Ar; 19- Refeitório.

Fonte: Autoria Própria

As prateleiras carregando as embalagens de arroz serão levadas à sala de autoclaves e dispostas nestes equipamentos para se proceder à esterilização. Serão empregadas três autoclaves com produção externa de vapor de água em caldeira movida a óleo combustível. A entrada das autoclaves se dará na área denominada *Área de Preparo do Substrato* e a saída na *Área Limpa*. Na área limpa, uma sala de descanso (4) será empregada para o resfriamento do substrato, sendo sua temperatura de 25°C e o tempo de cerca de 24h. Na sala de inoculação (5) estarão alocadas 3 câmaras de fluxo laminar, nas quais as embalagens serão abertas e a suspensão inoculante aspergidas sobre o arroz com auxílio de dispensadores automáticos, seguido do fechamento das embalagens. A equipe desta sala contará com pessoal nas câmaras de fluxo para a inoculação e pessoal para alocar as embalagens em prateleiras rolantes e condução das mesmas à sala de incubação (7). A sala de inoculação estará conectada diretamente ao laboratório (6), cujo pessoal irá preparar a suspensão inoculante, acompanhar o andamento do cultivo, identificando possíveis contaminações, e fazer o controle da quantidade de esporos produzidos. Da sala de incubação as prateleiras serão conduzidas à sala de secagem (8) e as embalagens abertas manualmente. A sala contará com desumidificadores para reduzir a umidade relativa do ar ambiente.

A sair da sala de secagem, as embalagens entram na *Área de Pós-Processamento*, a qual também não tem maiores requisitos sanitários. As prateleiras rolantes serão colocadas em uma sala intermediária (9), para que o material aguarde o momento de ter os esporos extraídos pelas peneiras vibratórias na sala de extração (10), prevendo-se a necessidade de dois conjuntos de peneiras. As embalagens serão colocadas na câmara de refrigeração (11), onde ficarão armazenadas até que o produto seja formulado, o que será realizado sob demanda do cliente. Este procedimento será realizado na sala de formulação (12), que comporta quatro misturadores de pás helicoidais, aos quais estarão conectadas máquinas dosadoras para embalar automaticamente o formulado. O armazém de resíduos (13) ficará ligado diretamente à sala de extração.

A necessidade de pessoal e respectivas funções é apresentada na Tabela 19 e na Tabela 20 está mostrada a distribuição dos funcionários na unidade de produção. O organograma funcional é apresentado na Figura 5. Note-se que, apesar da proposta ser de uma biofábrica que irá abastecer praticamente todo o mercado de agentes biológicos para o controle de uma importante praga da mais importante cultura agrícola do país, o número total de colaboradores, 84, é relativamente

pequeno, o que se refletirá nos custos operacionais (CAPEX), como se verá na seção 5.5 deste trabalho.

Tabela 20-Necessidade de colaboradores da biofábrica e suas respectivas funções.

Ordem	Função	Necessidade
1	Gerente	1
2	Diretor Industrial	1
3	Gestor comercial	1
4	Recursos Humanos	2
5	Gestor da Qualidade	1
6	Gestor de Produção	2
7	Operadores	58
8	Auxiliares	14
9	Técnicos de Laboratório	4
Total		84

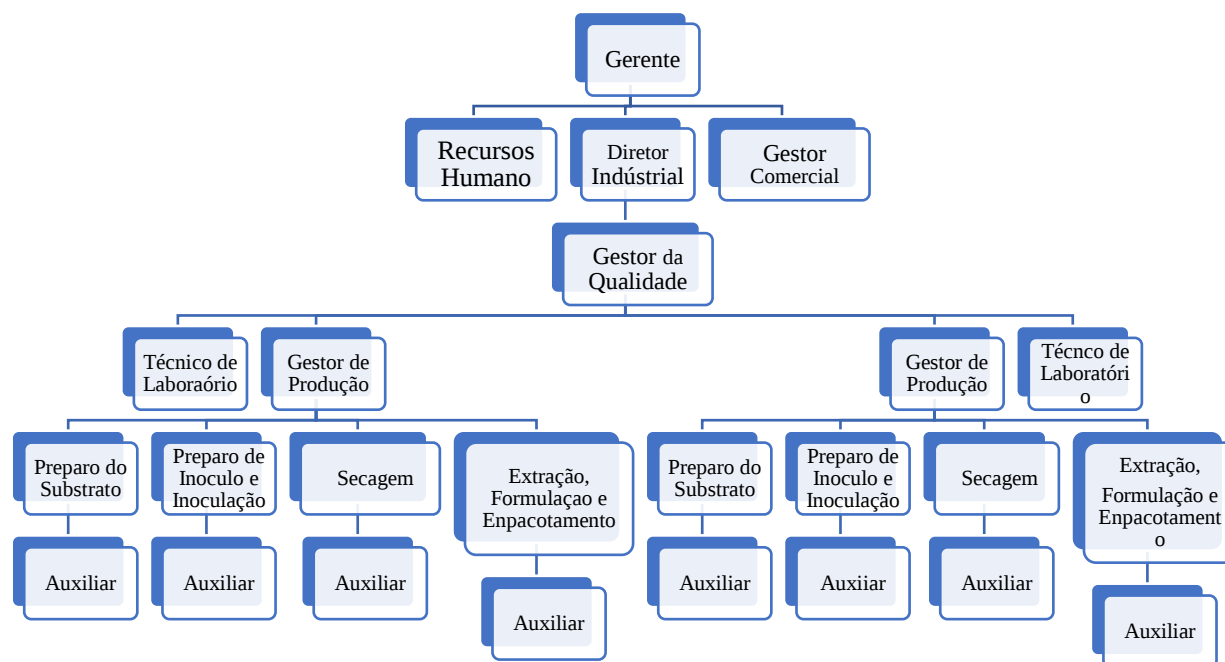
Fonte: Autoria própria

Tabela 21. Distribuição dos colaboradores de processo na unidade de produção

Setor	Operadores	Auxiliares
Preparo de substrato	30	4
Sala de Inoculação e Incubação	30	4
Extração, Formulação, Empacotamento	6	3
Laboratório	4	3

Fonte: Autoria própria

Figura 6- Organograma de pessoal da biofábrica para dois turnos de produção.



Fonte: Autoria própria

5.4 Controle de qualidade do produto

O programa LUBILOSA desenvolveu um método para o controle de qualidade dos formulados produzidos e os parâmetros verificados são: contaminantes, teor de umidade, número de conídios por grama de formulado, viabilidade, virulência e tamanho de partículas. As etapas de verificação são as seguintes:

- ✓ Verifica-se o teor de umidade do produto em balança analisadora por ação de infravermelho. Este teor deve estar próximo a 5% (b.u.);
- ✓ A avaliação de viabilidade é realizada usando o padrão de germinação em meio de cultura Sabouraud, Dextrose, Ágar (SDA), segundo a descrição do Hedgecock et al (1995). Basicamente, uma lâmina de vidro é recoberta por uma camada de meio SDA e três campos são demarcados na superfície. Em cada campo é incubada uma alíquota da suspensão. As lâminas são incubadas em atmosfera de ar saturado a 25°C por 24 h, após o que é feita a contagem dos esporos germinados. Caso o número de esporos germinados seja muito elevado, dificultando a contagem, diluições seriadas devem ser realizadas até que a

contagem seja possível e um mínimo de 100 esporos seja identificado. O produto deve ter viabilidade superior a 90%;

- ✓ Para avaliar contaminação, uma amostra da suspensão de esporos é incubada em meio SDA em placas de Petri por 24 h. Caso se verifique algum microrganismo que não *M. rileyi*, este é quantificado pela preparação de uma série de diluições, partindo da concentração de 5×10^7 conídios/ml; as diluições são espalhadas em placas de Petri contendo meio de cultura malte ágar e incubadas num período de 4-5 dias a 25° C. O número de colônias de *M. rileyi* é contado, bem como dos contaminantes, sendo o nível tolerável inferior a 0,002%;
- ✓ Para avaliar a virulência do formulado, uma alíquota com 10^8 esporos/mL será preparada numa solução aquosa de Tween 80 (0,1% v/v). Larvas de *Zophobas morio*, medindo de 4 a 5 cm serão mergulhadas nesta suspensão por 20 segundos, sendo posteriormente alojadas em embalagens plásticas contendo ao fundo das quais serão colocados papel de filtro e cuja abertura será fechada por tela plástica. O ensaio terá duração de 15 dias, durante o qual as larvas serão alimentadas com vegetais frescos e farelo de trigo. A temperatura será controlada a 26°C e a umidade relativa em 70%. Cada ensaio será realizado com 25 larvas e a mortalidade será avaliada nas larvas que foram imersas na suspensão de esporos e em larvas não imersas, denominado de grupo controle (POTRICH ET AL., 2007; ORESTE ET AL., 2012; SANTOS, 2013);
- ✓ A avaliação de número de conídios por grama é feita suspendendo-se 0,1g de formulado em 100 ml solução aquosa de Tween 80 (0,05% v/v). Esta suspensão é contada usando-se uma câmara de Neubauer e um microscópio ótico de 40x de magnificação. O pó de conídio deve conter cerca de 5×10^{10} conídios/g;
- ✓ Para medir o tamanho de partículas, deve se empregar um analisador de partícula por difração a laser Malvern® 3000 (Malvern Panalytical, Malvern, UK). O valor de referência para a qualidade do pó deve ser de partículas com diâmetro inferior a 6 µm para 99% das partículas.

Para garantir a qualidade de seu produto, a empresa deverá implantar programas de gestão da qualidade, tais como as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e o Controle Estatístico do Processo (CEP), de modo que os critérios de qualidade possam ser estabelecidos e aferidos, não conformidades evitadas e possíveis desvios quantificados.

5.5 Análise de custos de investimento para implantação e operação da biofábica

Avaliou-se os custos da implantação de uma planta de produção que vai usar o substrato de arroz longo para a produção de esporos, com processamento similar a de empresas do Brasil, como a Oligos Biotec Ltda, de São José do Rio Preto - SP, que processa 300 kg de arroz/ dia, e a Koppert Brasil Holding Ltda, de Piracicaba – SP, que processa 6 t de arroz, dia, ambos baseados na iniciativa LUBILOSA. descrição do processo, *layout* da planta industrial, principais equipamentos e necessidade de pessoal foram apresentados nas seções 5.2 e 5.3 deste trabalho.

Os cálculos necessários à análise de custos foram realizados com base em dois grupos de despesas, as iniciais para a instalação do empreendimento, denominada de *Capital Expenditure* (CAPEX), e as operacionais e de dispêndios frequentes, denominadas de *Operational Expenditure* (OPEX). No CAPEX estão incluídos terreno, construção da biofábrica, engenharia civil, instalações hidráulicas, elétricas, refrigeração, equipamentos, e legalização, dentre outros. No OPEX foram agrupando gastos com consumíveis, substrato, fornecimento de energia e água, comunicações, comissão de vendas, manutenção, salários, encargos sociais, horas extras e depreciação, dentre outros.

5.5.1 Indicadores econômicos

Os indicadores econômicos selecionados para esta análise foram Fluxo de Caixa, *Payback*, Taxa Interna de Retorno e Valor Presente Líquido, os quais são descritos brevemente a seguir.

Fluxo de caixa: é um método utilizado para controle de gestão financeira e relaciona entradas e saídas de valores monetários da empresa, de movimento contínuo ou que se repetem no tempo, e indica o saldo em caixa ao longo do projeto (SEBRAE, 2011). De acordo com as informações de fluxo de caixa, é possível prever a rentabilidade e o prazo de retorno do investimento.

Payback: esta análise estima o tempo de retorno do capital investido para implantar o investimento. Para isso, é necessário calcular os anos necessários de vendas para ter o retorno do investimento inicial. Ele pode ser aplicado de duas formas: *Payback* simples e *Payback* descontado. O *payback* simples não desconta os fluxos de caixa futuros, de modo que o tempo de retorno do investimento é calculado somando-se o fluxo de caixa em períodos definidos até que este valor se iguale ao investimento inicial. O *Payback* descontado emprega uma taxa de desconto,

em geral a Taxa de Atratividade Mínima (TAM), em suas estimativas, trazendo para o presente valores de fluxo de caixa a serem obtidos no futuro.

Este método é utilizado para complementar a análise de risco de projetos (KASSAI et al, 2000).

Valor presente líquido – VPL: o cálculo deste indicador relaciona o fluxo de caixa futuro trazido para o valor presente (data zero) ao investimento inicial e à TAM (CLEMENTE; SOUZA, 1998). A grosso modo, o VPL estima qual valor monetário o investidor precisaria ter para não necessitar de investidores externos ao projeto (ROSS ET AL. 1995). O VPL pode ser calculado da seguinte forma:

$$VPL = \sum_{j=1}^N \frac{A_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

Onde: A é o valor anual de caixa; N é o tempo de vida do empreendimento; i é a taxa de atratividade (TAM) assumida.

Em termos de avaliação do investimento, o VPL indica:

VPL > 0, a alternativa é viável economicamente

VPL < 0, a alternativa é inviável economicamente

VPL = 0, é indiferente investir ou não, mas ela é ainda viável.

O VPL é a medida considerada mais eficiente para avaliar a rentabilidade de um projeto. Também é usado para comparar alternativas de investimento. Considera-se que quanto maior for o VPL, melhor é a interação entre empreendimento. (BAASEL, 1990).

Taxa Interna de Retorno – TIR: É uma análise relativa que avalia a rentabilidade de um investimento em relação ao tempo, relacionando receitas e investimento. Matematicamente pode-se definir como sendo o valor da taxa de desconto que anula o valor presente líquido. Porém, neste caso, para o VPL = 0, a taxa de desconto “i” será designada por Taxa Interna de Retorno. A depreciação é considerada como despesa neste cálculo. Esse valor deve ser subtraído das receitas.

5.5.2 Resultado da análise econômica

Para o cálculo do CAPEX, as despesas iniciais foram divididas entre Custos Diretos, apresentados na Tabela 21, e Custos Indiretos, Tabela 22. Na estimativa dos Custos Diretos, foram incluídos os custos de equipamentos e instalação predial, a qual, como anteriormente mencionado, deverá ter 2.400 m² de área construída. Nos Custos Indiretos foram incluídas facilidades para a instalação de equipamentos, serviços relacionados às obras civis e aos contratos. Os valores de Contingência não foram incluídos no CAPEX ou no OPEX, pois não são despesas em si, mas uma reserva monetária em caso de imprevistos, sendo recomendável uma contingência equivalente a 20% dos Custos Diretos. Da mesma forma, o Capital de Giro não foi computado e também equivale a 20% dos Custos Diretos, totalizando ambas as reservas cerca de US\$ 271 mil. A Depreciação dos equipamentos e instalações não foi incluída na análise. A Tabela 21 resume os custos contemplados pelo CAPEX.

Tabela 22: Custos diretos necessários ao início do empreendimento (CAPEX).

CUSTO DE EQUIPAMENTOS				
Função	Equipamentos	Custo unitário (US\$)	QTDE	Total (US\$)
Várias etapas	Central de refrigeração de ar	12 727,00	9	114 545,00
Transporte de arroz	Transportador helicoidal	1 862,00	1	1 862,00
Esterilização	Autoclaves	36 364,00	3	109 091,00
Esterilização	Caldeira 1t/h , a óleo	100 000,00	1	100 000,00
Secagem	Desumidificador	364,00	2	727,00
Extração	Peneiras vibratórias	3 636,00	2	7 273,00
Armazenamento	Câmara de refrigeração	10 000,00	2	20 000,00
Formulação	Misturador	2 636,00	2	5 273,00
Embalagem	Seladora	1 364,00	1	1 364,00
Preparo de inóculo e controle de qualidade	Microscópio e outros acessórios de laboratório	1 764,00	1	1 764,00
TOTAL EQUIPAMENTOS				362 753,00
CUSTO DA INSTALAÇÃO PREDIAL				
	Galpão	131.1 US\$ /m ²	2400 m ²	314 640,00
TOTAL CUSTOS DIRETOS				677 392,91

Fonte: Autoria Própria

Tabela 23: Custos indiretos para a implantação do empreendimento.

Item de despesa	Relação com custos diretos	US\$
Instrumentação e painéis de energia	10% Equipamentos	36 275,29
Interligações de processo, acessórios, empreiteira	10% Equipamentos	36 275,29
Realização de fundação e bases civis	10% Equipamentos	36 275,29
Engenharia e assessoria / P&D	20% Equipamentos	72 550,58
Contratos	5% Custos Diretos	33 869,65
TOTAL CUSTOS INDIRETOS		215 246,10

Notas: (*) EQ: custo total de equipamentos; (**) CD: total dos custos diretos.

Fonte: Autoria própria.

Tabela 24: Resumo de dispêndios relativos ao CAPEX

Item de Despesa	US\$
Custo diretos	677 392,91
Custo indiretos	215 246,10
TOTAL CAPEX	892 639,01

Fonte: Autoria própria

Os valores de OPEX estão reunidos nas Tabelas 24, 25 e 26 e estes custos incluem os materiais necessários à produção dos conídios e à sua comercialização, energia elétrica, fornecimento de água e coleta de esgoto, o transporte de arroz e do resíduo sólido pós-cultivo (neste incluída sua incineração), pessoal, manutenção e impostos. A Tabela 24 resume todos os itens de despesa que compõem o OPEX.

TABELA 25: Despesas com matéria prima e insumos para o OPEX.

Materiais	US\$	Qtd	US\$
*Arroz	720,00/ ton	1872 ton	1 347 840,00
Caulim	46,00/ ton	842,4 ton	38 750,00
Embalagens de polipropileno	32,00/ 1000 unidades	3744000 Unidades	119 808,00
Embalagens de produtos	100,00/ 1000 unidades	3744000 Unidades	374 400,00
TOTAL MATERIAIS			1 880 798,00

Fonte: Autoria própria

TABELA 26: Despesas de energia, água e transporte para o OPEX

Energia (US\$ 123,79/ kWh)			US\$
Sistema de refrigeração			76 205,00
Autoclave			147 063,00
Extrator			276 671,00
Câmara fria			427 076,00
Desumidificador			59 419,00
Combustível (Óleo BPF para caldeira)	78 kg/h; US\$ 0,45/L		210 600,00
TOTAL ENERGIA			1 098 991
Abastecimento de Água e Coleta de Esgoto (US\$ 1,22/mês)			
Água			65 880,00
Esgoto			65 880,00
TOTAL ÁGUA/ ESGOTO			131 760,00
Operações de Transporte			
	Número de viagens		US\$
Arroz: US\$ 1.127/ viagem (25 ton/viagem)	75		84 525, 00
Incineração do resíduo: US\$ 500/dia (4,5 ton/dia)	416		208 000,00
TOTAL TRANSPORTE			292 525,00
Manutenção			
Manutenção e reparos do processo em geral	8% CD*		71 411,00
TOTAL MANUTENÇÃO			71 411,00

Notas:: (*) CD- Custo direto

Fonte: Autoria própria

TABELA 27: Despesas de salários para o OPEX

Função	Salário	QTD	Total (US\$)
Técnico de laboratório	321,10	4	15.412,80
Auxiliar para preparação do substrato	220,50	40	105.840,00
Auxiliar para Inoculação	220,50	30	79380,00
Auxiliar para extração de esporos	220,50	5	13.230,00
Recursos humanos	720,00	2	17280,00
Gestor de produção	750,30	1	8760,00
Gestor de qualidade	950,00	1	11.400,00
Diretor	1 350,20	1	16.202,40
			267.505,20*
TOTAL SALÁRIOS			

* As despesas com os salários são referentes ao primeiro ano de funcionamento

Fonte: Autoria própria

TABELA 28: Custos de manufatura para o OPEX

Impostos / Taxas / Encargos		US\$
Taxas	2% CD	17 853,00
Seguro	1% CD	8 926,00
Pesquisa e Desenvolvimento	4% CD	35 706,00
TOTAL MANUFATURA		62 485, 00

Fonte: Autoria própria

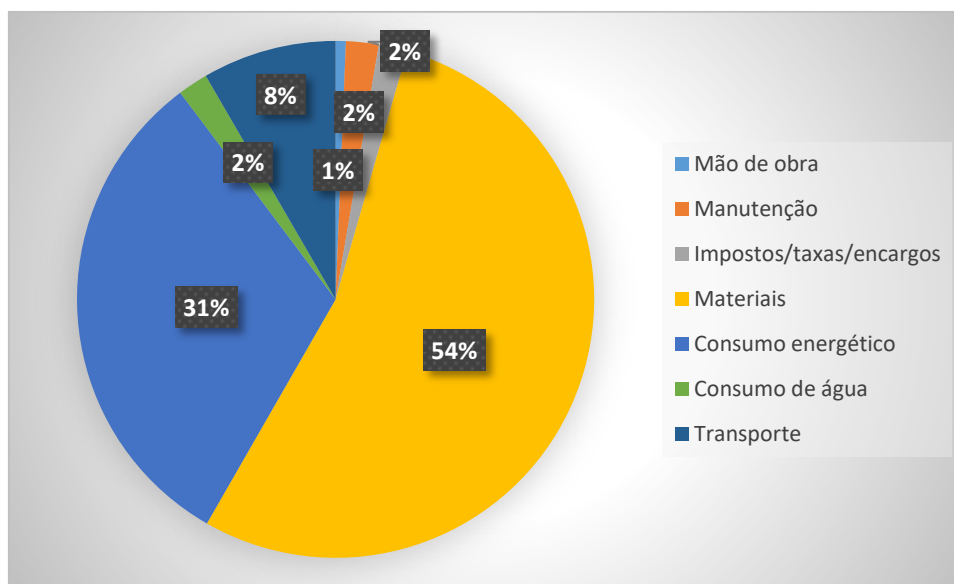
TABELA 29: Resumo de despesas para o OPEX

Item de despesa	US\$
Materiais	1 880 798,00
Energia	1 098 991,00
Água/ esgoto	131 760,00
Transporte	292 525,00
Manutenção	71 411,00
Salários	22 312,40
Manufatura	62 485, 00
TOTAL OPEX	3 560 283,00

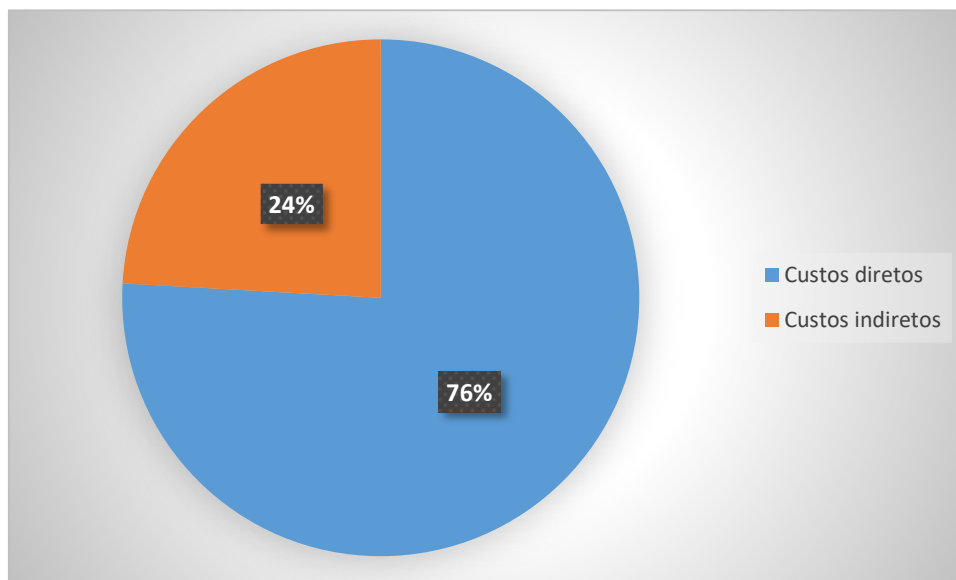
Fonte: Autoria própria

Do levantamento de custos do empreendimento, observa-se que o total de custos iniciais, CAPEX (Tabela 21) é 3,9 vezes menor que os custos OPEX (Tabela 22). A Figura 6 apresenta a distribuição de itens de despesa dentro do CAPEX e do OPEX, onde se observa que os custos diretos são mais expressivos que os indiretos. Já para o OPEX, o maior custo é o de materiais, seguido pelo energético. Surpreendentemente, o custo de pessoal é apenas o terceiro item de despesa, contrariamente ao relatado por Vicente (2021), que realizou análise econômica similar para uma biofábrica que processa 300 kg de arroz diariamente (similar à Oligos Biotec), a qual empregaria 14 colaboradores com salário médio de US\$ 5434,00/ ano, enquanto que para o presente trabalho, os 84 colaboradores receberiam um salário médio de US\$ 265,00/ ano.

Figura 7: Custos totais associados à construção e operação da biofábrica. A- OPEX; B- CAPEX.



(A)

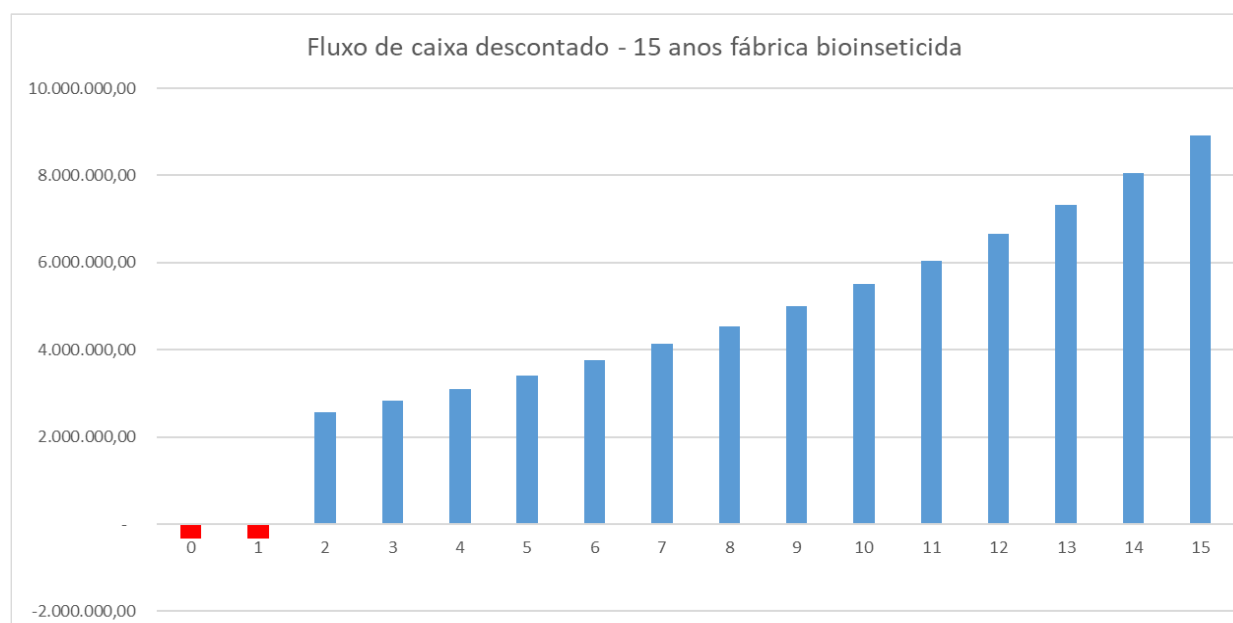


(B)

Fonte: Autoria própria.

A cotação de valores e estimativas de dispêndio de equipamentos, facilidades de instalação, suprimentos foram obtidos no Brasil, enquanto que os valores de impostos, contratos, matéria prima e pessoal foram obtidos em Moçambique. A Taxa de Atratividade Mínima foi fixada em 10% para o cálculo dos indicadores econômicos e o Imposto de Renda em 17%. O valor do produto foi assumido em US\$ 41,96/ kg, com base nos preços praticados pela Oligos Biotec. No tempo zero do empreendimento (*Start up*) iniciam-se os investimentos e estima-se que a biofábrica irá operar após dois anos de construção. Assim, O CAPEX foi dividido igualmente entre os dois anos iniciais de implantação, conforme pode ser visto no Fluxo de Caixa, apresentado na Figura 7. Note-se que o empreendimento é altamente superavitário, uma vez que no primeiro ano após o término da construção da biofábrica o caixa positivo já supera US\$ 2 milhões, o que se deve ao alto valor agregado do produto.

Figura 8: Fluxo de caixa do empreendimento, com previsão de duração de 15 anos.



Os indicadores econômicos, apresentados na Tabela 29, também mostram a grande viabilidade do negócio. No entanto, deve-se considerar as condições econômicas próprias de Moçambique, onde um empreendimento desta magnitude pode ser considerado vultoso. Assim, acredita-se que sua implementação só será possível com aporte de recursos estatais e de organismos multilaterais associados ao desenvolvimento do continente africano e à produção de alimentos seguros.

TABELA 30: Indicadores econômicos relativos à construção e operação da biofábrica em Moçambique.

Indicador	Resultado
VPL	US\$ 12 517 063,41
TIR	222,3%
<i>Payback</i>	1,18 anos

6. CONCLUSÕES

Uma biofábrica para a produção de esporos do fungo *Metarhizium rileyi* em Moçambique, tendo arroz como substrato, para o controle de pragas em lavouras de milho do país foi dimensionada e feita uma avaliação de custos e viabilidade econômica do empreendimento, que se mostrou altamente viável. No entanto, sua implementação dependerá de financiamento estatal ou de organismos multilaterais de fomento a países africanos e à produção de alimentos seguros.

Para avaliar se a tradição dos países do continente, e em particular de Moçambique, na implementação de estratégias de manejo integrado de pragas e do controle biológico de pragas, um extenso levantamento bibliográfico foi realizado, concluindo-se que muitas iniciativas foram implementadas, quase que totalmente patrocinadas por entidades de países desenvolvidos, mas poucas foram exitosas. Assim, prevê-se que para a implementação do controle biológico de *Spodoptera frugiperda*, a lagarta do cartucho, em lavouras de milho do país, será necessárias várias iniciativas prévias, tais como melhoria das qualidades do solo, treinamento de pessoal técnico, assistência técnica aos agricultores e envolvimento de autoridades governamentais, dentre outras, sem as quais as perspectivas de êxito do empreendimento são pequenas.

Outra avaliação realizada foi a das características agrícolas de Moçambique e dos países vizinhos, a qual confirmou a baixa produtividade das principais culturas agrícolas, a exportação insipiente, as pequenas dimensões da grande maioria das propriedades agrícolas e o envolvimento de grande contingente populacional nestas atividades, dentre outras características, as quais tornam a iniciativa de controle biológico de pragas ainda mais desafiadora. Para Moçambique foi avaliada a distribuição geográfica das principais culturas, do consumo de insumos agrícolas e de tamanho das propriedades agrícolas, de modo a localizar a biofábrica na província de Zambézia, devido à proximidade com lavouras de produção de arroz, substrato do cultivo, e de milho, objeto do controle de pragas.

A biofábrica proposta deverá produzir 93,6 ton de esporos ao ano para atender todas as lavouras de milho, requerendo 1.871 toneladas de arroz. O custo total do empreendimento será de cerca de US\$ 4,4 milhões, dos quais 20% serão de custos iniciais para a construção da biofábrica e o restante para custos operacionais. O pessoal necessário é reduzido, apenas 84 colaboradores.

Os indicadores econômicos foram altamente favoráveis, devido ao alto valor agregado do produto, sendo o *payback* de apenas 1,18 anos.

Neste contexto, apesar do empreendimento ser viável, é necessário um esforço social para que o manejo integrado de pragas e o controle biológico de pragas sejam efetivamente implementados antes que uma iniciativa de tal porte seja implementada.

7. TRABALHOS FUTUROS

De acordo com as informações e confrontos bibliográficos, que tiveram grande porte na materialização desta dissertação, acredita-se que trabalhos da natureza seguinte poderiam aprimorar os estudos realizados até então:

- ✓ Estudar substratos alternativos para substituir o arroz, dado ao valor de aquisição e seu emprego como fonte de alimentação humana
- ✓ Desenvolver estudos para produção em pequena escala
- ✓ Estudar outros agentes de controle biológico, como *Bacillus thuringiensis*, por exemplo
- ✓ Aumentar a quantidade de substrato nas embalagens para reduzir a quantidade de embalagens usadas na produção
- ✓ Reduzir o tempo de autoclavagem para maximizar o tempo de produção e redução do custo energético

REFERÊNCIAS

ADAM, Y., Kim, J.J., Lou, S. *et al.* Voltage imaging and optogenetics reveal behaviour-dependent changes in hippocampal dynamics. *Nature* **569**, 413–417 (2019).<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1166-7>

AFREH-NUAMAH, K. Ghana National Integrated Pest Management Program. *In* Integrated Pest Management in the Global Arena. K. M. Maredia, D. Dakouo e D. Mota-Sanchez Eds. CABI Pub., Wallingford, 2003.

AFRICAN poor through push–pull innovation by 2020. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 369, 20120284, 2020.

AKUTSE, K. S.; SUBRAMANIAN, S.; MANIANIA, N. K.; DUBOIS, T.; EKESI, S. Biopesticide research and product development in Africa for sustainable agriculture and food security – experiences from the international centre of insect physiology and ecology (ICIPE). *Frontiers in Sustainable Food Systems*. doi: 10.3389/fsufs.2020.563016, 2020.

ALMEIDA JEM, LEITE, LG, BATISTA FILHO A. (2019). Entomopathogenic Fungi. Cap. 19. p. 223-233. Souza, B, Vasquez, LL, Marucci, RC. (ed.) *Natural Enemies of Insect Pests in NEOTROPICAL AGROECOSYSTEMS – Biological Control and Functional Biodiversity*. Springer: Switezerland. 546 p.

ALVES, S.B. **Fungos Entomopatogênicos**. In: ALVES, S.B. (ed.). **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ, p. 289-382, 1998b.

BARROS, S. K.A, PITTA, R.M, LOPES, R.B, ALMEIDA, E.G, Susceptibility of *Spodoptera frugiperda* and *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to infections caused by *Metarhizium rileyi* e-ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat - Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 50, e61713, 2020

BARROS, S.A., PITTA, R. M., LOPES, R., B., ALMEIDA, E., G.,², FERREIRA, T.,R., Susceptibility of *Spodoptera frugiperda* and *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to infections caused by *Metarhizium rileyi* . e-ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat - Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 50, e61713, 2020

BIBER-FREUDENBERGER, L.; ZIEMACKI, J.; TONNANG, H. E. Z. Future risks of pest species under changing climatic conditions. Plos One, 11, e0153237. doi:10.1371/journal.pone.0153237, 2016.

BOAFO, H. A.; EZIAH, V. Y.; YAWSON, G. K. Indigenous fungal entomopathogens associated with the oil palm leaf miner *Coelaenomenodera lameensis* Berti and Mariau in Ghana. Journal of Applied Biosciences, 83, 7615 – 7625, 2014.

BOLETIM DA REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, I SÉRIE, NÚMERO 105, SUPLEMENTO 11^o, 2014.

BORISADE, O. A.; OSO, A. A.; FALADE, M. J. Interactions of some registered agrochemicals in Nigerian farming systems with entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Isaria farinose*. Ife Journal of Science, 18, P. 949 – 960, 2016.

CALZADILLA A, REHDANZ K, BETTS R, FALLOON P, WILTSHIRE A Andy Wiltshire and RICHARD S.J, Climate change impacts on global agriculture Article in Climatic Change · September 2013

CANIÇO, A.; MEXIA, A.; SANTOS, L. First Report of Native Parasitoids of Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Mozambique, Insects 2020, 11, 615; doi:10.3390/insects11090615

CENSO AGRO – Pecuário 2013 : Resultados Definitivos – Moçambique - Instituto Nacional de Estatístico

CHIDEGE, N.; AL-SAIDI, S.; HASSAN, N.; JULIE, A.; KAAYA, E.; MROGORO, S. First record of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Tanzania. *Agriculture & Food Security*, 5, 17, 2016.

CLARK PL, Molina-Ochoa J, Martinelli S, Skoda SR, Isenhour DJ, Lee DJ, Krumm JT, Foster JE (2007) Population variation of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Western Hemisphere. *J Insect Sci* 7:1–10. <https://doi.org/10.1673/031.007.0501>

CLAUSEN, A. S.; JØRS, E.; ATUHAIRE, A.; THOMSEN, J. F. Effect of integrated pest management training on Ugandan small-scale farmers. *Environmental Health Insights*, 2017.

COME, S. F. A dinâmica da adoção das tecnologias agrárias em Moçambique: análise do período 2002 a 2020. *Resrach, Scoeity and Development*, 10, DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18691>, 2021.

COMMISSION FOR AFRICA Our common interest. Report of the Commission for Africa, London, 2005.

CORNIANI, N.; COLMENAREZ, Y.; WOOD, A.; BATEMAN, M.; KIMANI, M. Estudo sobre proteção de cultivos em países onde a iniciativa "Centros de Inovação Verde para o Setor Agroalimentar" (GIAE) está sendo implementada. Moçambique. CABI, 2018.

COSTA, W. A.; PERIOTO, N. W. Tecnologia Sustentável: Insetos Parasitóides. Governo do Estado de São Paulo, São Paulo, 2017.

CRAWFORD ERIC, W. T. S.; JAYNE, V. A. K. *Alternative Approaches for Promoting Fertilizer Use in Africa*. Agriculture and Rural Development Discussion Paper 22 The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2006.

CROPLIFE BRASIL Cresce a adoção de produtos biológicos pelos agricultores brasileiros. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/cresce-a-adocao-de-produtos-biologicos-pelos-agricultores-brasileiros/>. Acessado em 09/12/2021.

CUNHA, L. P.; CASCIATORI, F.P.; LOPES, I. C.; THOMÉO, J. C. Production of conidia of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* ICB 425 in a tray bioreactor. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 42, 1757–1768, 2019.

CUNHA, L. P.; CASCIATORI, F.P.; LOPES, I. C.; THOMÉO, J. C. Production of conidia of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* ICB 425 in a tray bioreactor. *Bioprocess and Biosystems Engineering* (2019) 42:1757–1768.

DA ENCARNAÇÃO TOMO, M.; ZWANE, E. Assessment of factors influencing the adoption of improved crop management practices (ICMP) by smallholder farmers in the Boane district, Mozambique. *South African Journal of Agriculture and Extension*, 48, 99 – 111, 2020.

DALZOTO, P. R.; UHRY, K. F. Controle biológico de pragas no Brasil por meio de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **Biológico, São Paulo**, v. 71, n. 1, p. 37-41, 2009.

DARA, S. K.; Montalva, C.; Barta, M. Microbial control of invasive forest pests with entomopathogenic fungi: a review of the current situation. *Insects*, 10, 341; doi:10.3390/insects10100341, 2019.

De GROOTE H, AJUONU O, ATTIGNON S, DJESSOU R & NEUENSCHWANDER P Economic impact of biological control of water hyacinth in southern Benin. *Ecological Economics* 45: 105–117. 2003.

De GROOTE, Maize yield losses from stemborers in Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 22, 89 - 96, 2002

DE MOÇAMBIQUE, Autoridade Tributária. Anuário Estatístico. **Laurenço Marques, Imprensa Nacional**, 1929.

DERLAGEN, C.; PHIRI, H. Analysis of incentives and disincentives for groundnuts in Malawi. **Gates Open Res**, v. 3, n. 1021, p. 1021, 2012 DOI: 10.1021/jp993415j

DORWARD, Andrew; CHIRWA, Ephraim. The Malawi agricultural input subsidy programme: 2005/06 to 2008/09. **International journal of agricultural sustainability**, v. 9, n. 1, p. 232-247, 2011.

DOUTHWAITE, B.; LANGEWALD, J.; HARRIS, J. Development and commercialization of the Green Muscle biopesticide. International Institute of Tropical Agriculture, Nigéria, 2001.

DUNHAM TRIMMER, Global Biocontrol Market Overview Trends, Drivers & Insights 1–3. Disponível em http://dunhamtrimmer.com/?page_id=58. Acessado em dezembro de 2021.

DUNHAMTRIMMER LLC. **Markets for biological products: global market landscape**. 2017. Disponível em: <http://www.bpia.org/member_company/dunham-trimmer-llc/>. Acesso em: agosto de 2020.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Country fact sheet on food and agriculture policy trends. Malawi. 2015.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Country fact sheet on food and agriculture policy trends. Zimbabwe. 2016.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Promoting integrated and diversified horticulture production in Maputo green zones towards a stable food security system. 2007

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Country fact sheet on food and agriculture policy trends. Mozambique. 2016.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. The Republic of Namibia: Fall armyworm impact and needs assessment, 2018. Rome, Italy. 52 pages. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 2018b.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Mozambique Country Programme Report. 2013.

FAO/WFP. The state of food insecurity in the world: Economic crises – Impacts and lessons learned. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2009.

FATO, P.; CHAÚQUE, P. S.; MULIMA, E.; MUTIMBA, E. A. A.; SENETE, C. T. e NHAMUCHO, E. Manual de Produção de Milho. Coleção Transferência de Tecnologia. Série Agricultura Nº 2. Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM), Maputo, 2011.

FERRÃO, J.; BELL, V.; CARDOSO, L. A.; FERNANDES, T. Agriculture and food security in Mozambique. Journal of Food Nutrition and Agriculture, 1, 7 – 11, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. FAOSTAT Statistical Database (2020)

FRONZA, E.; SPECHT, A.; HEINZEN, H.; BARROS, N. M. *Metarhizium* (Nomuraea) *rileyi* as biological control agent. Biocontrol Science and Technology, v. 27, n. 11, p. 1243-1264, 2017.

Gabriele Valerio, Guido Raos, Stefano V. Meille, Pierangelo Mentrangolo, and Giuseppe Resnati *The Journal of Physical Chemistry A* **2000** 104 (8), 1617-1620

GARCÍA I, Del Pozo E (1999) Aislamiento y producción de conidios de *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson y su virulencia en larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Rev Prot Veg 14:95–100

GHITAE, E. W.; KURIA, E. K. Biological control of desert locust (*Schistocerca gregaria* Forskål). CAB Reviews, 16, p. 1 -8. 2021.

GUANZIROLI, C. E.; GUANZIROLI, T. Modernização da agricultura em Moçambique: determinantes da renda agrícola. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 53, S155 – S128, 2015.

HEDEGECK, S.; Moore, D.; Higgins, P.M.; Prior, C. (1995) Influence of moisture content on temperature tolerance and storage of *Metarhizium flavoviride* conidia in an oil formulation. *Biocontrol Science and Technology* 5, 371-377

HUMAN DEVELOPMENT REPORT 2020 The Next Frontier: Human Development and the Anthropocene

IPCC (2014) Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J. T. Houghton et al. (eds). Cambridge: Cambridge University Press.

JOHN Asafu-Adjaye The Economic Impacts of Climate Change on Agriculture in Africa *Journal of African Economies* 2014, Vol. 23, AERC Supplement 2, pp. ii17–ii49 doi:10.1093/jae/eju011

JOSÉ EDUARDO MARCONDES DE ALMEIDA, (2020) Biofábricas para produção de micopesticidas no Brasil: oportunidades de negócio e inovações, *Braz. J. Anim. Environ. Res.*, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 2544-2557, jul./set. 2020 ISSN 2595-573X

KANKWAMBA, Henry; MANGISONI, Julius. **Are sustainable agricultural practices improving output and incomes of smallholder farmers in Malawi.** 2015.

KASSA, A.; ZIMMERMANN, G.; STEPHAN, D.; VIDAL, S. Susceptibility of *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) to Entomopathogenic Fungi from Ethiopia. *Biocontrol Science and Technology*, 12, 727 – 736, 2002.

KFIR, R.; OVERHOLT, W. A.; KHAN, Z. R.; POLASZEK, A. Biology and management of economically important lepidopteran cereal stemborers in Africa. *Annual Review of Entomology*, 47, 701–731, 2002.

KHAN, Z. R.; MIDEGA, C. A. O.; PITTCHAR, J. O.; MURAGE, A. W.; BIRKETT, M. A.; BRUCE, T. J. A.; PICKETT, A. J. A. - Achieving food security for one million sub-Saharan

KROSHEL, J.; Mujica, N.; Carhuapoma, P.; Sporleder, M. (eds.). International Potato Center, Lima, 416 p., 2016.

LANGEWALD, J.; OUAMBAMA, Z.; MAMADOU, A.; PEVELING, R.; STOL, I.; BATEMAN, R.; ATTIGNON, S.; BLANFORD, S.; ARTHURS, S.; LOMER, C. **Comparison of an organophosphate insecticide with a mycoinsecticide for the control of *Oedaleus senegalensis*** (Orthoptera: Acrididae) and other Sahelian grasshoppers at an operational scale, *Biocontrol Science and Technology*, 9, 199-214, 1999.

LEITE, Luiz Fernando Carvalho; MENDONÇA, Eduardo de Sá. Modelo century de dinâmica da matéria orgânica do solo: Equações e pressupostos. **Ciência Rural**, v. 33, p. 679-686, 2003.

LOMER, C. J.; BATEMAN, R. P.; JOHNSON, D. L.; LANGEWALD, J.; THOMAS, M. **Biological control of locusts and grasshoppers**. *Annual Review of Entomology*, v. 46, p. 667-702, 2001.

LOPES, R. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; OLIVEIRA, C. M.; SANCHES, M. M.; SOUZA, D. A.; BENITO, N. P.; FARIA, M. Efficacy of an oil-based formulation combining *Metarhizium rileyi* and nucleopolyhedroviruses against lepidopteran pests of soybean. *Journal of Applied Entomology*, v. 144, n. 5, p. 1-12, 2020.

LOUREIRO, E. S.; TOSTA, R. A. S.; DIAS, P. M.; PESSOA, L. G. A.; OLIVEIRA NETO, F. M.; DEVOZ, G. L. R.; MUCHALAK, F. Performance of *Metarhizium rileyi* applied on

Helicoverpa armigera (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 7, n. 1, p. 60-65, jan./mar. 2020. ISSN 2358-6303.

LOUREIRO, E. S.; TOSTA, R. A. S.; DIAS, P. M.; PESSOA, L. G. A.; OLIVEIRA NETO, F. M.; DEVOZ, G. L. R.; MUCHALAK, F. Performance of *Metarhizium rileyi* applied on *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 7, n. 1, p. 60-65, jan./mar. 2020. ISSN 2358-6303.

LOWDER S, SKOET J, RANEY T The number, size, and distribution of farms, smallholder farms. World Dev 87:16–29. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.041>, 2016.

LUBILOSA (1999). **Green Muscle User Hand Book**. 4 ed, Cotonou. Peveling R (2001). **Environmental conservation and locust control**: possible conflicts and solutions. J. Orthopt. Res. 10: 171-187.

MAFAVISSE, ET AL, O papel das políticas públicas na promoção do desenvolvimento rural em Moçambique-Distrito de Malema. 2014.

MAKATE, C.; MAKATE, M.; MANGO, N.; SIZIBA, S. Increasing resilience of smallholder farmers to climate change through multiple adoption of proven climate-smart agriculture innovations. Lessons from Southern Africa. Journal of Environmental Management, 231, 858–868, 2019.

MALAWI GOVERNMENT National Agriculture Policy. 2016.

MANSOUR, R. ET AL. Occurrence, biology, natural enemies and management of *Tuta absoluta* in Africa. Entomologia Generalis, 38, 83–112, 2018.

MAPA – Ministério da Agricultura, Agropecuária e Abastecimento do Brasil, Mercado de bio defensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano. Disponível em <<http://https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/feffmercado-de-bio defensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>>. Consultado em 28/10/2021. 2021b.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mapa registra recorde de 95 defensivos de controle biológico em 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/Mapa-registra-recorde-de-95-defensivos-biologicos-em-2020>. Acessado em 10/12/2021. 2021a

MAPA/geografia de Moçambique/ Moçambique -Portal do Governo de Moçambique.

MARTIN NETO, L.; GALERANI, P. R.; COSTA, J. L. S. Pesquisa, desenvolvimento e inovações em face de ameaças sanitárias para a agropecuária brasileira. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 51, p. 1 – 8, 2016.

MASA-Minsterio de Agricultura e Segurança Alimentar, Moçambique 2018

MATERU, C. L.; SHAO, E. A.; LOSUJAKI, E.; CHIDEGE, M.; MWAMBELA, N. Farmer's perception knowledge and practices on management of *Tuta Absoluta* Meyerick (Lepidoptera Gelechiidae) in tomato growing areas in Tanzania. International Journal of Research in Agriculture and Forestry, 3, 1 – 5, 2016.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; DA SILVA, J. C. Trichoderma: uso na agricultura. Embrapa, Brasília, 2019.

MINAG. Estratégia do Governo e Oportunidades de Investimento no Agronegócios em Moçambique, Maputo, 2013.

MINISTRY OF AGRICULTURE AND FOOD SECURITY NATIONAL IRRIGATION INSTITUTE Smallholders irrigated agriculture and access market project (IRRIGA) pest management plan report. 2018

MNYONE, L. L.; NG`HABI, K. R.; MAZIGO, H. D.; KATAKWEBA, A. A.; LYIMO, I. N. Entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* reduce the survival of *Xenopsylla brasiliensis* larvae (Siphonaptera: Pulicidae). *Parasites & Vectors*, 5, 204, 2012.

MOSCARDI, F. ET AL. Artrópodes que atacam as folhas da soja. *In* Soja, Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-praga. C. B. Hoffmann-Campo, B. S. Corrêa-Ferreira e F. Moscardi (Eds.). EMBRAPA, Brasília, 2012.

MUJEYI ET AL. The impact of climate smart agriculture on household welfare in smallholder integrated crop–livestock farming systems: evidence from Zimbabwe. 2021

MUZARI, W., GATSI, W., MUVHUNZI, S. The impacts of technology adoption on smallholder agricultural productivity in sub-Saharan Africa: A review. *Journal of Sustainable Development*, 5, 69, 2012.

NAGAYETS, O. Small farms: current status and key trends. Proceedings of a research workshop, Wye, UK, 2005.

NAVARRO, I.; PHIRI, G. Water Hyacinth in Africa and the Middle East. International Development Research Centre, Ottawa, 2000.

NDAKIDEMI, B. J.; MBEGA, E. R.; NDAKIDEMI, P. A.; STEVENSON, P. C.; BELMAIN, S. R.; ARNOLD, S. E. J.; WOOLEY, V. C. Natural pest regulation and its compatibility with other crop protection practices in smallholder bean farming systems. *Biology*, 10, 805. <https://doi.org/10.3390/biology10080805>, 2021.

NEUENSCHWANDER, P. Biological Control of the Cassava Mealybug in Africa: A Review. *Biological Control* 21, 214–229, 2001.

NORTHOFF, E. Food and Agriculture Organisation of the United Nations press article, ‘Red Locust disaster in Eastern Africa prevented’, Disponível em: <https://www.fao.org/news/story/en/item/21084/icode>. Acesso em 06 de janeiro de 2022.

NWILENE, F. E.; NWANZE, K. F.; YOUDEOWEI, A. Impact of integrated pest management on food and horticultural crops in Africa. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 128, 355–363, 2008.

NZIGUHEBA, G.; SCHUT, M.; VAN AUSTEN, P. Sustainable intensification and the African smallholder farmer. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8:15–22, 2014

OLSON, S. An analysis of the biopesticide market now and where is going. *Outlook. Pest Manag.* 26, 203–206. doi: 10.1564/v26_oct_04, 2015.

ONG´AMO, G.; KHADIOLI, N.; Le RU, B.; MUJICA, N.; CARHUAPOMA, P. Maize stalk borer, *Busseola fusca* (Fuller 1901). In *Pest Distribution and Risk Atlas for Africa*. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates.

ORESTES, Michael I. ET AL. Incidence of laryngospasm and bronchospasm in pediatric adenotonsillectomy. **The Laryngoscope**, v. 122, n. 2, p. 425-428, 2012.

OXFORD BUSINESS GROUP, 2019 publish investment and economic reports

PAINI, D. R.; SHEPPARD, A. W.; COOK, D. C.; De BARRO, P. J.; WORNER, S. P.; THOMAS, M. B. Global threat to agriculture from invasive species. *PNAS*, 113, 7575 – 7579, 2016.

PARSA, S. ET AL. Obstacles to integrated pest management adoption in developing countries.

PNAS, 111, 3889–3894, 2014. Orr, A. Integrated Pest Management for Resource-Poor African Farmers: Is the Emperor Naked? *World Development* Vol. 31, No. 5, pp. 831–845, 2003.

PEREIRA, R. M.; STIMAC, J. L.; ALVES, S. B. Soil antagonism affecting the doseresponse of workers of the red imported fire ant *Solenopsis invicta*, to ***Beauveria bassiana* conidia**. **Journal of Invertebrate. Pathology.**, v. 61, p. 156-161, 1993.

PINGALI, P.L.; ROGER P.A. *Impact of Pesticides on Farmers' Health and the Rice Environment*; p. 254, 1998

PRATT, C. F.; CONSTANTINE, K. L.; MURPHY, S. T. Economic impacts of invasive alien species on African smallholder Livelihoods. *Global Food Security*, 14, 31–37, 2017.

PRETTY, J.; BHARUCHA, Z. P. Integrated Pest Management for Sustainable Intensification of Raimi, A.; Adeleke, R.; Roopnaraian, a. Soil fertility challenges and Biofertiliser as a viable alternative for increasing smallholder farmer crop productivity in sub-Saharan Africa. *Cogent Food & Agriculture*,, 3: 1400933, 2017

RAIMI, Adekunle; ADELEKE, Rasheed; ROOPNARAIN, Ashira. Soil fertility challenges and Biofertiliser as a viable alternative for increasing smallholder farmer crop productivity in sub-Saharan Africa. **Cogent Food & Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 1400933, 2017

RAJULA, Hema Sekhar Reddy et al. Comparison of conventional statistical methods with machine learning in medicine: diagnosis, drug development, and treatment. **Medicina**, v. 56, n. 9, p. 455, 2020.

RASHID SULEIMAN & KURT A. ROSENTRATER Current maize production, postharvest losses and the risk of mycotoxins contamination in Tanzania.2015

RWOMUSHANA,I. ET AL. Fall armyworm: impacts and implications for Africa. Evidence Note Update. CABI, UK, 2018.

SAMBERG, L. H.; GERBER, J. S.; RAMANKUTTY, N.; HERRERO, M.; WEST, P. C. - Subnational distribution of average farm size and smallholder contributions to global food production. *Environmental Research Letters*, 11, 124010, 2016.

SÁNCHEZ, C.; FISCHER, H.; VASCONCELOS, C.; MASON, M. e SANA, E. T. C. O milho – Uma Cultura de Boa Nutrição e de Muita Energia. Consórcio SANA – Africare, CLUSA e Save the Children. pp. 2-9. Moçambique, 2011.

SCHMIDT F GV, SILVA JBT, FARIA MR, MAGALHÃES BP, ALVES RT, LECOQ M. Metodologia de aplicação do fungo *Metarhizium anisopliae* var *acridum* para o controle do gafanhoto *Rhammatocerus schistocercoides* no campo. EMBRAPA, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 208. 2007.

SCHMIDT, E. E. and SCHIBLER, U. (1995). Cell size **regulation, a mechanism that controls overall cellular RNA accumulation**: Consequences on regulation of genes encoding the ubiquitous transcription factors Oct1 and NF-Y, and the liver enriched transcription factor DBP. *J. Cell Biol.* 128, 467-483

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresa. (2011). Análise e Planejamento Financeiro: Manual do Participante. Disponível em: Acesso em 24 de Outubro de 2015.

SESHU REDDY, K. V. Sorghum Stem Borers in Eastern Africa. *In* Proceedings of the International Workshop on Sorghum Stem Borers, Patancheru, India, 1987.

SETSAN. Relatório de estudo base de segurança alimentar e nutricional em 2013. Maputo: Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar, 2014.

SETTLE, W.; GARBA, M. H. Sustainable crop production intensification in the Senegal and Niger River basins of francophone West Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9, 171 – 185, 2011.

SHAH, P. A.; PELL, J. K. Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 61, 413–423, 2003.

SHEAHAN, M.; BARRETT, C. B. Ten striking facts about agricultural input use in Sub-Saharan Africa. *Food Policy*, 67, 12 – 25, 2017.

SHIFERAW, B., PRASANNA, B. M., HELLIN, J., & BANZIGER, M. (2011). Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security* 3(3): 307-327.

SILBERG, T.R., RICHARDSON, R.B., HOCKETT, M., SNAPP, S.S. Maize-legume intercropping in central Malawi: determinants of practice. *Int. J. Agric. Sustain.* 15, 662–680, 2017.

SILICI, L. ET AL. 2015. Sustainable agriculture for smallscale farmers in Mozambique: A scoping report. IIED Country Report. IIED, London.

SOUTH AFRICA YEARBOOK 2017/2018. Agriculture.

SOUZA, M. L.; SANCHES, M. M.; SOUZA, D. A. da; FARIA, M.; ESPINEL-CORREAL, C.; SIHLER, W.; LOPES, R. B. Within-host interactions of *Metarhizium rileyi* strains and nucleopolyhedroviruses in *Spodoptera frugiperda* and *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 162, n. 1, p. 10-18, 2019.

SUJII, E. R.; CARVALHO, V.; TIGANO, M. Cinética da esporulação e viabilidade de conídios de *Nomuraea rileyi* (Farrow) Samson sobre cadáveres da lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatilis*

Hubner (Lepdóptera: Noctuidae) em condições de campo. *Neotropical Entomology*, 31, 85 – 93, 2002.

THE UNITED REPUBLIC OF TANZANIA THE ECONOMIC SURVEY 2016

THE WORLD FACTBOOK. Central Agency Intelligence, Washington – DC, 2020.

TÔNUS, M. **Manejo integrado controla cigarrinhas em pastagens**. Balde Branco, n.421, p.38-45, 1999.

TOSTÃO, E. ; CHUNG, C.; BRORSEN, B. Wade. **Integrating the Structural Auction Approach and Traditional Measures of Market Power**. 2004.

UELE, D. I, IMPACTOS DOS MODOS DE VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO CULTIVO DO MILHO EM REGIME DE SEQUEIRO: UMA ABORDAGEM DE APLICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA NA REGIÃO SUL DE MOÇAMBIQUE, pag´. 98

USDA U.S DEPARTAMENT OF AGRICULTURE, Agricultural Research Service, website of the States government, 2019

USDA U.S DEPARTAMENT OF AGRICULTURE, Agricultural Research Service, website of the States government, 2020

VANLAUWE, B.; COYNE, D.; GOCKOWSKI, J.; HAUSER, S.; HUISING, J. MASSO, C.; VICENTE, Isabela Valente. Produção de esporos de *Metarhizium anisopliae* IBCB 425 em resíduos agroindustriais por cultivo em estado sólido. 2021.

VIMALA DEVI, P. S.; PRASAD, Y. G. *Nomuraea riley* - A potential mycoinsecticide. In Biocontrol potential and its exploitation in sustainable agriculture, Volume 2: insect pests. R. K. Upadhyay, K. G. Mukerji, B. P. Chamola (Eds). Springer Science + Business Media, New York, 2001.

VINCENT, C.; GOETTEL, M. S.; LAZAROVITS, G. Biological Control: A Global Perspective. CABI, Wallingford, 2007.

WIGGINS, S.; KEATS, S. *Leaping and Learning: Linking smallholders to markets in Africa*. London: Agriculture for Impact, Imperial College and Overseas Development Institute (ODI). Disponível em <http://hdl.handle.net/10568/35246>, 2013.

WILLOUGHBY, Robin; FORSYTHE, Lora. Farming for impact-A case study of smallholder agriculture in Rwanda. **Farming for Impact**, 2012.

WOLTER, D. Tanzania: the challenge of moving from subsistence to profit. Disponível em: <www.oecd.org/dev/publications/businessfordevelopment>,2008.

WORLD BANK, World development report 2008: Agriculture for development. Washington, 2007.

YASIN, M; WAKIL, W.; HUNTER, D. *Biopesticides - An environmentally friendly approach for desert locust control*, Acedemia Letters, 425°, <https://doi.org/10.20935/AL4250>. 2021

ZEDDIES, J. SCAAB, R. P.; NEUENSCHWANDERB, P.; HERREN, H. R. Economics of biological control of cassava mealybug in Africa. *Agricultural Economics* 24 (200 1) 209-219

ZEKEYA, N.; MTAMBO, M.; RAMASAMY, S.; CHACHA, M.; NDAKIDEMI, P. A.; MBEGA, E. First record of an entomopathogenic fungus of tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) in Tanzania. *Biocontrol Science and Technology*, 29,626–637, 2019.

ZIMBABWE: AGRICULTURE SECTOR DISASTER RISK ASSESSMENT, MARCH 2019