

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA & UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA MANJERONA PARA TESTES DO
CONTROLE DE FUNGOS EM GRÃOS DE MILHO
1ª ETAPA: EFICIÊNCIA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ludmyla de Oliveira Almeida

Alegrete, RS, Brasil

2015

**EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA MANJERONA PARA TESTES DO
CONTROLE DE FUNGOS EM GRÃOS DE MILHO
1ª ETAPA: EFICIÊNCIA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL**

por

Ludmyla de Oliveira Almeida

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha e (IFFCA, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola

Orientadora: Prof.^a Joseane Erbice dos Santos

Co-orientadora: Prof.^a Janice Wallau Ferreira

Alegrete, RS, Brasil.

2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

A447e Almeida, Ludmyla de Oliveira

Extração do óleo essencial da manjerona para testes do controle de fungos em grão de milho - 1ª etapa: eficiência da extração do óleo essencial / Ludmyla de Oliveira Almeida.

60 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2015.

"Orientação: Josene Erbice dos Santos".

1. Biotecnologia vegetal. 2. Óleo de manjerona. 3. Extração por arraste a vapor. 4. Milho. 5. Fungos. I. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA & UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA MANJERONA PARA TESTES DO
CONTROLE DE FUNGOS EM GRÃOS DE MILHO
1ª ETAPA: EFICIÊNCIA DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

elaborado por

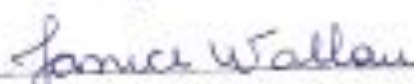
Ludmyla de Oliveira Almeida

Como requisito parcial para a obtenção de grau de

Bacharel em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:


Prof.ª Dr. Joseane Urbice dos Santos, (Orientadora – IF Farroupilha)


Prof.ª Ma. Janice Wallau Ferreira, (Co-orientadora – IF Farroupilha)


Prof.ª Dr. Rodrigo Ferreira Machado, (IF Farroupilha)

Alegrete, 14 de julho de 2015

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

A Prof.^a Dr.^a Joseane Erbice dos Santos, pela orientação para que eu realizasse esse trabalho, também a Prof.^a Ma. Janice Wallau Ferreira pela sua coorientação.

Ao John Pablo, técnico em Agropecuária da Universidade Federal do Pampa, Câmpus Alegrete, por acreditar em mim e me incentivar.

A Maria Laura Lacava Lordello, técnica responsável pelo laboratório de química, do Instituto Federal Farroupilha, Câmpus Alegrete, a qual foi de extrema importância, me incentivando a cada passo do processo experimental.

Ao meus colegas nesta jornada final do curso de Engenharia Agrícola, Rômulo Moraes e Diovane Bianchin.

A minha família, em especial aos meus pais, Eliane e Carlos, e meus irmãos Gustavo, Guilherme e Gabriel, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A todos os meus demais familiares, pelo apoio e carinho durante o curso.

Aos amigos, pelas risadas e momentos de descontração.

Aos professores, minha gratidão pela forma de conduzir o curso em todas as etapas.

A todos os colegas de curso, pelo convívio e pelos momentos de amizade.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram, para a realização deste trabalho.

RESUMO

A cultura do milho é de extrema importância no contexto nacional, e também no cenário mundial, a qual é destinada principalmente como base alimentar de suíno e avicultura. Para a otimização do processo produtivo, é empregado o sistema de armazenamento, no intuito de se prolongar a vida útil dos seus grãos, mantendo como característica essencial a qualidade. Um dos principais agentes degradantes dos grãos de milho são os fungos, os quais se proliferam em condições ideais de temperatura e umidade. Atualmente há uma busca no mercado por produtos naturais, provenientes de fontes vegetais, que desempenhem o trabalho de antifúngicos, de forma satisfatória. Na linha da biotecnologia vegetal, ocorre o estudo, de diversas fontes de antifúngicos naturais, como a manjerona. O presente estudo tem por objetivo geral a extração do óleo essencial, para testes do controle de fungos em grãos de milho, sendo o objetivo principal a análise da eficiência da extração do óleo essencial da manjerona. Para a realização do presente estudo utilizou-se o método de extração do óleo essencial por destilação com arraste à vapor indireto. Este sistema compreende: um balão de fundo chato, de destilação, com 100 ml de água destilada mais pérolas de vidro, o qual estava sobre a influência de uma fonte de calor, mais especificamente de uma chapa aquecedora; um balão de destilação com saída lateral, com cerca de 5 g de material vegetal, já preparado (apenas folha sem pecíolo, picada), juntamente com 25 ml de água destilada; um condensador de Graham; um frasco coletor na saída do condensador; e algumas conexões entre os mesmos. Com os dados coletados foi possível chegar a valores relativos a massa necessária para se extrair um determinado volume, estes que variaram entre 0,4892 e 2,5418 g.ml⁻³, e também a relação entre o volume extraído e o tempo necessário para o mesmo, estes que variaram entre 0,0105 e 0,0368 ml.min⁻¹. Sendo assim, pode-se concluir que o método de extração por arraste à vapor, não é tão simples, o quanto parece; e que as conexões em vidraria e as condições climáticas (temperatura) são de extrema importância para o funcionamento do sistema de extração, para que se evite a condensação do vapor d'água, no meio do caminho; também que para se extrair uma mínima quantidade de óleo se faz necessário um grande volume de matéria prima, sendo que juntamente com este há a presença as solução aquosa de hidrolato composto, o qual também tem propriedade antifúngica; e por fim que o presente trabalho foi de extrema importância para o desenvolvimento acadêmico e profissional, sendo essencial para a execução das próximas etapas do projeto.

Palavras-Chave: óleo essencial; extração por arraste a vapor; agente antifúngico.

ABSTRACT

The corn crop is of utmost importance in the national context, and also on the world stage, which is primarily intended as food retail pork and poultry. To optimize the production process, it is used the storage system in order to extend the life of your grain, keeping as an essential characteristic quality. One of the main degrading agents of corn kernels are fungi, which thrive under ideal conditions of temperature and humidity. There are currently searching the market for natural products from plant sources, performing the antifungal working satisfactorily. In the line of plant biotechnology, there is the study of various sources of natural antifungals such as marjoram. This study has the objective to essential oil extraction, for fungi control tests in maize, the main objective analysis of essential oil extraction efficiency marjoram. To carry out this study we used the method of extraction of essential oil by distillation to drag the indirect steam. This system comprises: a flat bottom flask, distillation, 100 ml of distilled water plus glass beads, which was on the influence of a heat source, more specifically a heater plate; distillation flask with side outlet, with about 5 g of plant material, already prepared (only leaf petioles without sting), together with 25 ml distilled water; one Graham condenser; a collection bottle at the condenser outlet; and some connections therebetween. With the data collected was reached figures for mass needed to extract a certain volume, these ranging between 0.4892 and 2.5418 g.ml⁻³, and also the relationship between the volume extracted and the time required to the same, they varied between 0.0105 and 0.0368 ml.min⁻¹. Thus, it can be concluded that the extraction method by drag steam, is not as simple as it may seem; and that the connections in glassmaking and weather conditions (temperature) are extremely important for the operation of extraction system, in order to avoid the condensation of water vapor, in the way; also that to draw a minimum amount of oil is required a large volume of raw material, and along with this there is the presence of the aqueous solution of compound hidrolact, which also has antifungal properties; and finally that this work was of utmost importance for academic and professional development is essential to implement the next stages of the project.

Key Words: essential oil; extraction by steam distillation; antifungal agent.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1	Milho	12
2.1.1	Economia da Produção	14
2.1.2	Zoneamento Agrícola	16
2.1.3	Clima e Solo	17
2.1.4	Fenologia	18
2.1.5	Manejo do Solo	24
2.1.6	Fertilidade do Solo	26
2.1.7	Cultivares	27
2.2	Fungo	29
2.2.1	Fungos na Agricultura	31
2.2.2	Micotoxinas	32
2.2.3	Controle	34
2.3	Armazenamento	35
2.3.1	Silo Bolsa	36
2.4	Óleos Essenciais	37
2.4.1	Manjerona	38
2.4.2	Método de Extração	39
3	METODOLOGIA	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura de um grão de milho.....	12
Figura 2 - Rendimento da lavoura de milho (maiz), em milhares de hg.ha ⁻¹ , no Brasil, China, Estados Unidos da América e México, nos anos de 2009 à 2013..	14
Figura 3 - Estádios fenológicos do milho.....	19
Figura 4 - Colônias de leveduras e bolores, respectivamente.....	30
Figura 5 - Sistema genérico de extração por arraste à vapor, de forma indireta..	43
Figura 6 - Localidade dos Pinheiros, em Alegrete/RS, proprietária Bruna Benin Bicca	45
Figura 7 - Localidade do Caverá, em Alegrete/RS, proprietário Cleber Adair Severo Figueira	46
Figura 8 - Amostras 1, 2 e 3, utilizadas na análise da relação massa e comprimento.....	46
Figura 9 - Relação das massas pelo comprimento.....	47
Figura 10 - Evolução da massa.....	48
Figura 11 - 1º tentativa da montagem do sistema de extração por arraste à vapor	49
Figura 12 - 2º tentativa da montagem do sistema de extração por arraste à vapor	50
Figura 13 - 4º tentativa da montagem do sistema de extração por arraste à vapor	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Condições para o crescimento de fungos em grãos para temperaturas de 25 a 27°C.	32
Tabela 2 - Dados coletados à partir da análise da relação entre massa e comprimento das amostras.....	47
Tabela 3 - Divisão entre massas médias e comprimento do caule	48
Tabela 4 - Resumo dos dados obtidos nas quatro tentativas	53

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o terceiro maior exportador de milho (*Zea mays*) do mundo, exportou-se 26,6 milhões de toneladas do grão na safra 2012/2013, segundo a Secretaria do Comércio Exterior (2013). Sendo que o valor exportado representa o excedente da produção que é voltada principalmente para o consumo interno. Os maiores consumidores dentro do país são os setores da avicultura e suinocultura e em menor porcentagem as indústrias voltadas para a produção de produtos para o consumo humano. Nas últimas décadas, o mercado de produção de grãos de milho sofreu grandes modificações, para a sua melhoria. Estes fatores são relacionados a todos as etapas da produção, desde a melhoria das sementes até máquinas mais tecnológicas, que otimizam a colheita.

Após o transcorrer de todo o processo da cultura de milho, a etapa final, antes do processamento, é o armazenamento. À partir da mesma, busca-se o acondicionamento correto dos grãos para o prolongamento de sua vida útil e a preservação de suas características. Atualmente, as empresas da área, já detêm de tecnologias que tornem o ambiente dos silos controlado, como a utilização de sistemas de termometria que monitoram as condições de temperatura e umidade, para que desta forma, se torne possível o controle destas variáveis, porém mesmo assim, ainda há ocorrências de proliferação de fungos e insetos. Considerando que os silos armazenam grandes quantidades de massa de grãos, deve-se ressaltar a magnitude da problemática que envolve esta questão, já que desta forma eles representam uma grande perda econômica para o produtor ou mesmo para a beneficiadora.

Quando trata-se da cultura do milho, um dos grandes problemas são os fungos. Eles podem ser divididos em duas categorias: Fungos do Campo e Fungos do Armazenamento, esta distinção está relacionada à sua origem e conseqüentemente ao teor de umidade em seus grãos. Os fungos são propagados através de esporos, sendo que os insetos, outra praga das lavouras e dos grãos armazenados, são os principais agentes de disseminação.

Atualmente o controle da proliferação dos fungos está associado com o emprego de algumas técnicas e manejos, como: utilização de cultivares resistentes, rotação de culturas, cuidado com a colheita (evitar danos mecânicos), controle de insetos, limpeza das unidades armazenadoras, entre outras.

O controle dos fungos em grãos de milho é alvo constante de pesquisas. Atualmente busca-se fontes naturais para fungicidas. Um objeto crescente neste âmbito é a extração de

óleos essenciais, sendo que, têm sido utilizados, com diversas finalidades, há muito tempo. Muitos historiadores citam povos antigos (egípcios, chineses e hindus) como utilizadores dos seus princípios ativos, com finalidades medicinais e até mesmo para a preservação de corpos (embalsamento de cadáveres). Pode-se considerar a utilização dos bioativos, presentes nos óleos essenciais, uma crescente na linha das biotecnologias, com finalidades nas mais diversas áreas, como por exemplo na farmacologia. Os seus compostos foram e estão sendo descritos ao longo dos anos. Estes óleos se caracterizam por ser extremamente voláteis, podem ser extraídos de diversas fontes, como as folhas, flores e também as cascas de árvores.

Na agricultura, cada vez mais busca-se características nos produtos finais não apenas quantitativas como também qualitativas. De forma que, a relação das características qualitativas não preze apenas pelo visual, mas que também preserve a integridade da saúde do ser humano, da fauna e da flora, de modo geral. Isso representa uma demanda do mercado consumidor e também dos órgãos ambientais.

Assim sendo, a busca pela associação das vantagens dos bioativos, presentes nos óleos essenciais, com as problemáticas de diversos níveis do setor rural, como por exemplo fungos na pós-colheita, é considerada extremamente positiva, principalmente quando diz respeito à segurança alimentar. Já que os compostos bioativos, em sua maioria, não são tóxicos para o organismo humano, mas sim trazem bônus aos mesmos, assim representam uma alternativa sustentável e possivelmente mais viável economicamente.

O presente estudo tem por objetivo geral: “Avaliar o desempenho do extrato do óleo essencial da manjerona, como antifúngico em grãos de milho armazenado.”; sendo que, sua primeira etapa compreende à análise da “Eficiência da extração do óleo essencial”, pelo método de extração por arraste à vapor.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Milho

“O milho é considerado uma das mais importantes e antigas culturas agrícolas. Tem origem nas Américas, mas é cultivado desde a Rússia até a Argentina, em diferentes latitudes” (ALVES e AMARAL, 2011, p. 1).

Atualmente existem mais de 150 espécies de milho, com grande diversidade de cor e formato dos grãos. É extremamente energético, sendo composto por vitamina A e B, proteínas, gorduras, carboidratos, cálcio, ferro, fósforo e amido. A sua casca é altamente rica em fibras. Sua composição se resume em 70% de glicídios, 10% protídeos e 4,5% de lipídios (ABIMILHO , 2014).

Na figura 1, à partir de um corte transversal, se torna possível a visualização da composição do grão de milho. O endosperma compreende a maior fração do grão, é composto basicamente por amido (61%), glúten (7%) e demais componentes. A película é responsável pelo recobrimento do grão. O germe é a parte vegetativa responsável pelo fornecimento de óleo. O restante do milho é composto por água, cerca de 16% de um grão (ABIMILHO , 2014).

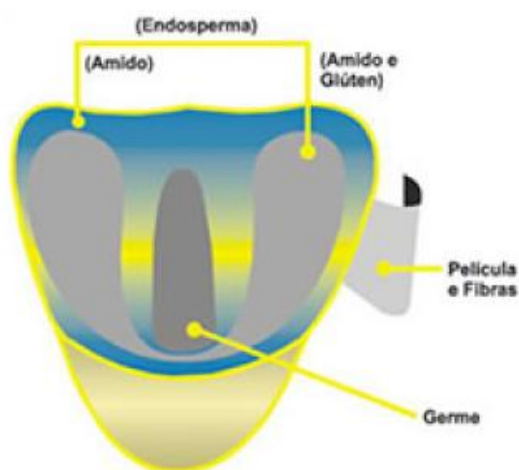


Figura 1 - Estrutura de um grão de milho.
Fonte: AbiMilho.

“O milho é um dos alimentos mais nutritivos que existe. Puro ou como ingredientes de outros produtos, é uma importante fonte energética para o homem” (ABIMILHO , 2014, p. 1). Ainda segundo a Abimilho (2014), diferentemente do trigo e do arroz, o milho não passa por

processos de refinação, ou seja, o seu grão é integral, desta forma há uma maior preservação dos nutrientes como as fibras e vitaminas.

“A produção de milho (*Zea mays L.*) é amplamente difundida em nosso país, sendo esse cereal plantado em regiões que diferem bastante entre si” (SOUZA, ARAÚJO e NASCIMENTO 2007, p. 465). Esta realidade se deve pela sua alta adaptabilidade as condições presentes nos diversos ecossistemas no Brasil, como temperatura e umidade relativa.

Segundo Santos e Lorini (2010), a produção nacional do grão ocupava cerca de 12 milhões de hectares, com uma produção anual média de 40 milhões de toneladas, concentradas principalmente nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Porém notou-se nas últimas safras um aumento na produtividade em relação à quantidade da área cultivada. Sendo que atualmente alcançou-se um patamar de produção de 82 milhões de toneladas em um total de área de 15,12 milhões de hectares, se classificando desta forma como terceiro maior produtor e segundo maior exportador do mesmo (PEIXOTO, 2014).

Dentre os vários fatores para o aumento da produtividade de milho no Brasil, pode-se citar como principais o aumento do uso de tecnologias e a implantação de duas safras. O primeiro fator, diz respeito a evolução de várias etapas do processo agrícola, desde a utilização de sementes com maior qualidade, à partir do melhoramento genético, estas que são mais resistentes a determinadas condições, até a utilização de maquinário mais desenvolvidos, que associado ao manejo correto, mão-de-obra especializada, tem uma melhor eficiência na colheita. E o segundo fator diz respeito a prática de plantar o milho em duas safras distintas, sendo a primeira a convencional, também conhecida como de verão, e a segunda que se denomina safrinha ou cultura de inverno, desta forma atendendo a demanda do milho no período de entressafra, diminuindo a sazonalidade e preços do milho ao longo do ano (ALVES e AMARAL, 2011; PEIXOTO, 2014).

Porém, segundo Alves e Amaral (2011), mesmo com o aumento da produtividade e com ascendência no mercado do milho, o Brasil tem uma pequena produtividade média. “O que ocorre devido as disparidades em nível nacional e também pela grande fragmentação da produção. Sendo na última safra alcançada uma média de 5.400 kg.ha⁻¹” (PEIXOTO, 2014, p. 1). Na figura 2 é possível visualizar um comparativo do rendimento do milho (hg.ha⁻¹), para diversos países, nos últimos anos.

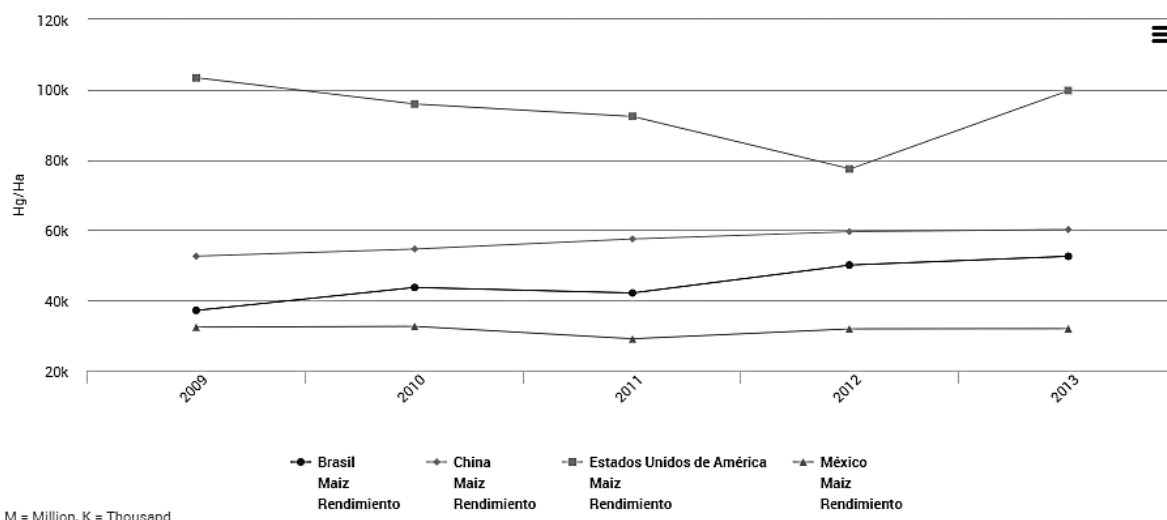


Figura 2 - Rendimento da lavoura de milho (maiz¹), em milhares de hg.ha^{-1 2}, no Brasil, China, Estados Unidos da América e México, nos anos de 2009 à 2013.
 Fonte: Dados FAOSTAT, 2015.

“O desenvolvimento da produção e do mercado do milho devem ser analisados, preferencialmente, sob a ótica das cadeias produtivas ou dos sistemas agroindustriais (SAG)” (DUARTE, CRUZ, *et al.*, 2010, p. 1). Estes que envolvem diversas etapas e características intrínsecas e extrínsecas a cada uma delas, desde a análise de viabilidade econômica, passando pela etapa da lavoura (preparação do solo, plantio, manejo, doenças, colheita), até a pós-colheita. A seguir os mesmos serão explanados.

2.1.1 Economia da Produção

“O milho é insumo para a produção de uma centena de produtos, porém na cadeia produtiva de suínos e aves são consumidos aproximadamente 70% do milho produzido no mundo e entre 70 e 80% do milho produzido no Brasil” (DUARTE, CRUZ, *et al.*, 2010, p. 1). Sendo que do total de milho produzido anualmente no Brasil, cerca de 13% se destina à exportação, o que representa um excedente da produção (ALVES e AMARAL, 2011).

A exportação do milho é altamente impulsionada principalmente pela fabricação de biocombustíveis oriundos do cereal, sendo o principal o etanol (álcool etílico), nos Estados Unidos (ALVES e AMARAL, 2011). Também pode-se citar outros fatores importantes, como: a insuficiência da produção de milho na China, o que se caracteriza como uma mudança substancial no cenário mundial, já que além de prováveis importações, deixa um

¹ Maiz é a forma linguística, da palavra milho, na língua espanhola.

² hg representa a unidade de medida hectograma, que corresponde à um décimo de um quilo.

mercado consumidor sem fornecimento; o aumento dos plantéis de aves e principalmente suínos em países como a China, Estados Unidos e União Europeia e propriamente do Brasil (DUARTE, CRUZ, *et al.*, 2010).

Como já citado anteriormente, nos últimos dez anos houve uma revolução no cenário nacional de produção de milho, sendo que muitas variáveis entraram para a lista de requisitos para o sucesso da plantação. Estas variáveis são minuciosamente descritas ao longo de toda a cadeia produtiva do milho, o que torna as mesmas extremamente importante para o sucesso do agricultor. Sendo as mais destacáveis: evolução da tecnologia de sementes, de defensivos, de maquinários e da implantação de duas safras ao longo do ano, a convencional (1ª safra) e safrinha (2ª safra), sendo a última responsável pelo maior equilíbrio da cultura - economicamente e produtivamente - ao longo do ano, o que antes era prejudicado pela diminuição de área plantada, devido ao aumento da produção do soja (ALVES e AMARAL, 2011; PEIXOTO, 2014; DUARTE, CRUZ, *et al.*, 2010).

Quando se trata da cadeia produtiva do milho, há os mais variados níveis de tecnificação, porém pode-se classificar os produtores em quatro principais grupos, que os distingue de forma genérica. O primeiro designa-se “Produtor Comercial de Grãos”, este é focado na rotação de culturas de milho e soja, são verdadeiros especialistas na produção de grãos, têm acesso as melhores tecnologias disponíveis e cultivam grandes áreas, sendo o principal objetivo a venda. Já os “Produtor de Grãos e Pecuária” têm acesso ao nível médio de tecnologias, já que as mesmas se adequam melhor aos seus objetivos, são de localidades que produzem exclusivamente milho, como principal cultura, sendo as área de pequenas à médias, também não possuem alto nível de gerenciamento e práticas de manejo, sendo o principal objetivo a recuperação de pastagens, destacando-se o sistema de integração lavoura-pecuária. O “Pequeno produtor”, como a sua denominação já prevê, cultiva pequenas áreas, com pouquíssimo ou nenhuma tecnologia implantada, para a sua subsistência. E por fim o “Produtor de Milho Safrinha”, esta na realidade não é uma categoria totalmente distinta das demais, já que um produtor pode-se enquadrar em uma das três primeiras e também nesta. Está presente principalmente nos estados do Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sendo o milho semeado extemporaneamente, após a soja precoce, como ocorre na época da estiagem quando semeado cedo, geralmente há o maior emprego de tecnologias, caso contrário a tecnologia aplicada é menor, já que há um maior risco, principalmente devido ao frio excessivo, geada e deficiência hídrica, o que se destaca no emprego desta nova prática,

o plantio da safrinha, é que a mesma atua como agente regularizadora de mercado (DUARTE, CRUZ, *et al.*, 2010).

2.1.2 Zoneamento Agrícola

A época adequada para a semeadura do milho, ou qualquer outro cultivo, se caracteriza como fator essencial para uma boa produtividade da lavoura. Para a tomada de decisão de “quando” se plantar é importante analisar os fatores de risco. Mas esta escolha não é tão simples como se parece, já que a produtividade do milho será a função de vários fatores integrados, sendo os mais importantes: a interceptação de radiação pelo dossel, a eficiência metabólica, eficiência de translocação de fotossintatos para os grãos e capacidade de dreno. As quais são dependentes da interação genótipo e ambiente (SANS e GUIMARÃES, 2010).

Segundo Sans e Guimarães (2010) a relação entre o genótipo e o ambiente pode ser simples ou complexa. As simples correspondem a diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, já as complexas são proporcionadas pela falta da correlação entre os desempenhos do genótipo nos ambientes. Como pode-se notar a maior problemática nesta relação, genótipo e ambiente, é relacionada a determinação espacial e temporal das variações ambientais não previsíveis, como precipitação, temperatura, vento entre outros. Sendo assim os estudos a cerca deste tema procuram associar as características de cada fase vegetativa, que são dependentes do genótipo, as características ambientais pertinentes (SANS e GUIMARÃES, 2010).

Para o milho da 1ª safra, a convencional, semeada no verão, logo no início do período chuvoso, os meses mais indicados ficam entre setembro e novembro, variando de região para região. Nesta não se indicam-se baixas altitudes, porém se ocorrer o plantio em dada a situação, o fator determinante é a temperatura, caso contrário, em elevadas altitudes o fator é a distribuição das chuvas. Antagonicamente ao nível de informações quanto a safra convencional de milho, o que ocorre na 2ª safra (safrinha) é o pouco conhecimento quanto o momento ideal para se realizar a atividade da semeadura, já que a mesma foi inserida na agricultura à pouco tempo. A safrinha é semeada geralmente entre os meses de janeiro e abril, o que pode trazer situações não favoráveis para a cultura, basicamente com a combinação de períodos críticos com situações ambientais não ideais (estresse hídrico, baixas temperaturas e geadas). Também diferem as indicações de altitudes, sendo o ideal o plantio a baixas altitudes. Geralmente o que determina a data do início da semeadura da safrinha é a colheita (término)

da cultura de verão, desta forma é necessário um bom planejamento para se obter maior produtividade ao final da segunda safra (SANS e GUIMARÃES, 2010).

Trabalhos de pesquisa no Brasil central mostram que, dependendo da cultivar, atraso do plantio a partir da época mais adequada (geralmente outubro) pode resultar em redução no rendimento em até 30 kg de milho por hectare por dia (SANS e GUIMARÃES, 2010, p. 1). Sendo que a data do plantio também afeta a disponibilidade de água, tanto no solo como de precipitação, que é essencial para o sucesso, segundo Sans e Guimarães (2010, p.2):

[...] o déficit hídrico tem influência direta na taxa fotossintética, que está associada diretamente à produção de grãos e sua importância varia com o estágio fenológico em que se encontra a planta. Pesquisas mostram que dois dias de estresse hídrico podem reduzir até 20% de produtividade e que estresse hídrico de quatro a oito dias diminui a produção em mais de 50%. Considera-se, ainda, que o período que vai da iniciação floral até o desenvolvimento da inflorescência e o período do pendramento até a maturação são as fases críticas do déficit hídrico.

2.1.3 Clima e Solo

Segundo Landau, Sans e Santana (2010) quando se trata do fator solo, as características físicas mais importantes que, isoladas ou em conjunto, servirão para orientar a escolha de um solo adequado para a cultura são: textura, profundidade efetiva e relevo.

A textura é a composição granulométrica do solo, ou seja, sua proporção de argila, silte e areia, o que está relacionado também a outras características como a estrutura, consistência, permeabilidade, capacidade de troca de cátions, retenção de água e fixação de fosfato. Para a cultura do milho o ideal é o solo de textura média, o mesmo tem teores de argila entre 30 e 35%, possibilitam uma boa drenagem e ao mesmo tempo tem boa retenção de água e nutrientes (LANDAU, SANS e SANTANA, 2010).

“Profundidade efetiva – é a profundidade até a qual as raízes podem penetrar livremente em busca de água e de elementos necessários para o desenvolvimentos da planta” (LANDAU, SANS e SANTANA, 2010, p. 1). O sistema radicular do milho tem grande potencial para se desenvolver, sendo o indicado uma profundidade mínima de um metro, segundo Landau, Sans e Santana (2010).

Quanto ao relevo a principal característica fiz respeito a declividade, isto é, o grau de inclinação do terreno. O mesmo não deve exceder os 12%, pois desta forma se torna difícil a mecanização e também há um aumento significativo nas possibilidades de erosão (LANDAU, SANS e SANTANA, 2010).

Como já citado anteriormente a radiação solar, juntamente a temperatura e precipitação compõe os elementos climáticos mais relevantes quanto a cultura do milho, pois atuam diretamente na produção de grãos e matéria seca (LANDAU, SANS e SANTANA, 2010).

Segundo Landau, Sans e Santana (2010) o milho pertence ao grupo de plantas C4, as quais possuem alta taxa fotossintética. Sendo que o período de maior relevância quanto a este fator é os quinze dias posteriores ao pendoamento. Para poder interceptar de forma efetiva a luz solar é necessário uma boa distribuição espacial das folhas, desta forma é importante que não exceda 65.000 plantas.ha⁻¹. Quando se trata do fator precipitação é importante reiterar que o mesmo é diretamente proporcional a produtividade, ou seja, o sucesso da lavoura. Desta forma o mais comum é semear o milho em épocas mais chuvosas, sendo que o mesmo tem demanda mínima de água entre 350 e 500 mm, sem necessidade de irrigação.

“O regime de chuvas praticamente determina a disponibilidade de água no solo, afetando indiretamente também as taxas de radiação, uma vez que chuvas intensas limitam a radiação solar que chega a superfície” (LANDAU, SANS e SANTANA, 2010, p. 2). Fica claro a correlação entre estes fatores, sendo que fora do limite crítico de água no solo, cerca de 30% de água extraível, os fatores limitantes para a cultura são principalmente climáticos e, quando se atinge esse limite os fatores mais importantes são relacionados as condições físico-hídricas dos solo, segundo Landau, Sans e Santana (2010).

2.1.4 Fenologia

A fenologia pode ser definida como o estudo dos eventos periódicos da vida da planta em função da sua reação às condições ambientais. A fenologia do milho está resumida na figura 3.

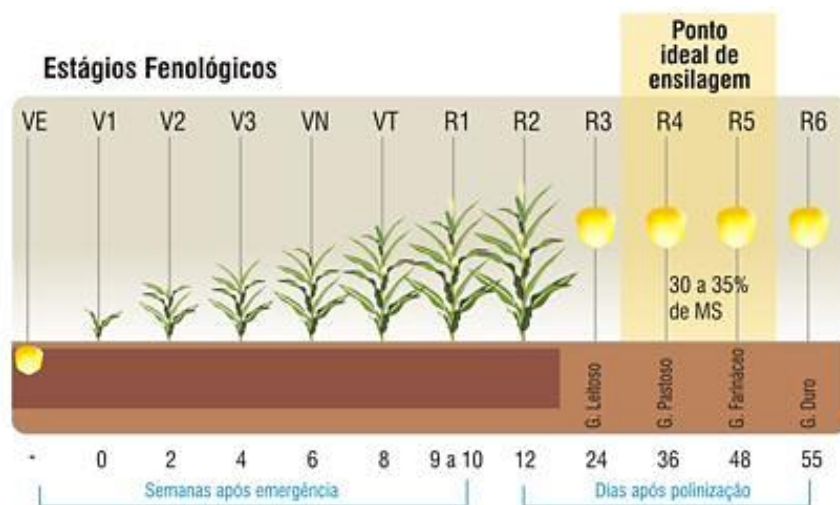


Figura 3 - Estádios fenológicos do milho.
Fonte: site Biomatrix.

A germinação, estágio VE, ocorre em condições normais de campo, logo após a semente, segundo Magalhães e Durães (2010) “Em síntese, na germinação, ocorre a embebição da semente, com a conseqüente digestão das substâncias de reserva, síntese de enzimas e divisão celular”. Em condições de umidade do ar e temperatura adequadas a emergência (ou germinação) ocorre entre 4 e 5 dias após a semente, caso contrário o mesmo processo pode demorar até duas semanas ou mais (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

Neste primeiro estágio, a radícula é a primeira a se alongar, posteriormente ocorre o mesmo com o coleótilo com plúmula incluída, o qual é empurrado pelo mesocótilo, até a superfície do solo. Assim que o coleótilo atinge a superfície do solo o mesocótilo para de crescer. As raízes provenientes diretamente da semente são denominadas sistema radicular seminal ou temporário, o seu crescimento depende diretamente do fator “profundidade de semente”, se estagnando no estágio V3 (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

O ponto de crescimento, na planta do milho no estágio V3, está localizado há cerca de 2,5 à 4,0 centímetros abaixo da superfície do solo, logo acima do mesocótilo, é de lá o ponto de partida para o crescimento do sistema radicular definitivo da planta, denominado como raízes nodais ou fasciculadas. Este sistema definitivo tem o início do seu crescimento no estágio VE e o alongamento das raízes inicia-se no estágio V1 prolongando-se até o R3, sendo assim, posteriormente não nota-se crescimento significativo das raízes (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

Para a cultura do milho não há a constatação para fatores inibitórios ao processo de germinação, porém como já citado anteriormente, a umidade do ar e a temperatura, podem interferir em características intrínsecas da cultura. Quando o plantio do milho se dá com baixas temperaturas do solo, o que geralmente ocorre quando o plantio é feito antecipado, o resultado é a lentidão no crescimento, já que se torna mais difícil a retirada de nutrientes do mesmo, o que pode ser solucionado com a aplicação de uma pequena quantia de fertilizante no sulco de plantio. Já quando o problema é a baixa umidade do solo, o que ocorre quando o plantio é feito tardiamente, o indicado é a semeadura em sulcos mais profundos, onde há uma maior disponibilidade de umidade para a germinação da semente. Essas condições são de extrema importância, já que uma germinação mais lenta predispõe a semente e a plântula a uma menor resistência a condições ambientais desfavoráveis, como um possível ataque de patógenos, sendo os mais agressivos, nesta condição, os fungos do gênero *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phyitium* e *Macrophomina* (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

O estágio V3, ou seja, aquele em que a planta tem três folhas completamente desenvolvidas, ocorre aproximadamente entre duas e três semanas após a emergência. Neste o ponto de crescimento continua sob o solo e a planta possui pouco caule formado. Desta forma deve-se cuidar as operações próximas as plantas, já que as mesmas podem influenciar a densidade e a distribuição das raízes, o que por sua vez pode afetar a produtividade final (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

Nesta fase há a formação do pelos radiculares e também é o momento em que todas as possíveis folhas e espigas da plantas estão sendo formadas, então o potencial produtivo da mesma dependerá de um bom desenvolvimento deste estágio, sendo que fatores como a baixa temperatura do solo pode afetar negativamente o ciclo da cultura. A água é de extrema importância para a cultura do milho, deve ser presente no solo, porém não em excesso, já que assim pode ocasionar a morte da planta. Outro fator importante é o controle de plantas daninhas, possibilitando desta forma o crescimento da cultura sem a competição por luz, nutrientes e água (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

No estágio V6 tanto o ponto de crescimento quanto o pendão já estão sobre o solo, o colmo passa por um período de crescimento acelerado e o sistema radicular nodal está em pleno funcionamento e crescimento. É neste momento que ocorre o aparecimento de perfilhos, estes são ligados a estrutura principal da planta, de modo que tem as mesmas características genéticas, dependem da planta principal como fonte nutricional, estão susceptíveis ao ataques e alterações bruscas de temperatura, em suma são dependentes das

matrizes em tudo. Atualmente há poucas evidências científicas sobre os efeitos negativos dos perfilhos nas plantas (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

“No estágio V8, inicia-se a queda das primeiras folhas e o número de fileiras de grãos é definido. Durante esse estágio, constata-se a máxima tolerância ao excesso de chuvas” (MAGALHÃES e DURÃES, 2010, p. 4). Mas o encharcamento por mais de cinco dias é extremamente prejudicial à planta. Situações como estresse hídrico também podem prejudicar no desenvolvimento da planta, resultando na menor capacidade de armazenar açúcares no colmo, estes que também ficam mais finos, plantas com menor área foliar e menor porte. A ocorrência de geadas, queda de granizo, ataque de severo pragas e doenças, também tem forte impacto na produção, pesquisas comprovam que as mesmas podem ocasionar queda de até 25% na produção final. Sendo que o período seco aliado a conformação da planta de milho, deixa a mesma mais susceptível aos ataques das lagartas-do-cartucho. Entre os estágios V6 e V8 faz-se ideal e necessário a aplicação da adubação nitrogenada em cobertura (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

No estágio V9 todos os nós da planta tem potencial para a produção das espigas, exceto os últimos seis a oito nós abaixo do pendão, porém a planta só produz de uma a duas espigas (caráter prolífico). É neste momento que ocorre alta taxa de desenvolvimento de órgãos florais, o pendão se desenvolve rápido e o caule continua se alongando através dos entrenós. Posteriormente ao estágio V10 há o encurtamento entre os estágios, que começam a ocorrer de dois em dois dias, conseqüentemente o crescimento cada vez é mais acelerado, ocorre o aumento de nutrientes e massa seca, sendo assim há também a maior demanda de suprimentos e água do solo (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

“O número de óvulos (grãos em potencial) em cada espiga, assim como o tamanho da espiga, são definidos em V12, quando ocorre perda de duas a quatro folhas basais” (MAGALHÃES e DURÃES, 2010, p. 5). É nesta fase que a planta atinge cerca de 85 a 90% de área foliar, iniciando-se o desenvolvimento das raízes adventícias, também conhecidas como esporões. Pode-se considerar que é nesta fase que se inicia o período mais crítico da cultura, este que se estende até a polinização. Assim sendo a deficiência por umidade ou nutrientes pode gerar uma redução drástica do número de sementes e também do tamanho das espigas (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

Na seqüência o estágio V15 pode ser considerado também de elevada importância, já que é nesta fase que ocorre a fixação do rendimento, os estilos-estigmas iniciam seu desenvolvimento e crescimento nas espigas. Uma situação de estresse hídrico, duas semanas

antes e duas semanas após o florescimento, pode ocasionar uma diminuição na produção de grãos, mas ainda maior será a redução se esta situação de deficiência na disponibilidade de água ocorrer durante a emissão dos estilos-estigmas (início R1), similar ocorre para estresses como granizo e altas temperaturas (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

Quando se atinge o estágio V18, os “cabelos” ou estilo-estigmas dos óvulos basais alongam-se mais rápido do que os dos óvulos da extremidade da espiga. Se dá também nesta fase a continuação do crescimento das raízes aéreas, aquelas provenientes dos nós sobre o solo, as mesmas representam uma grande importância já que auxiliam na absorção de água e nutrientes. Nesse momento a planta está à aproximadamente uma semana do florescimento, sendo que a espiga continua em desenvolvimento acelerado, desta forma se torna importante a prevenção quanto ao estresse hídrico, pois o mesmo pode levar a uma falta de sincronismo entre a emissão do pólen e a recepção do mesmo pela espiga, o que influencia diretamente no rendimento final (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

Segundo Magalhães e Durães (2010, p. 6) “[...] quando o último ramo do pendão está completamente visível e os “cabelos” não tenham ainda emergido” inicia-se então o estágio do pendamento ou VT. Sendo que a emissão da inflorescência masculina antecede de dois a quatro dias a da feminina, os estilo-estigmas, mas a maioria aparecem apenas cerca de dez a doze dias após os pendões. A perda de sincronismo entre a liberação dos grãos de pólen e a recepção dos mesmos pelos estilos-estigmas contribui para a formação de espigas sem grãos nas extremidades. O pólen geralmente é liberado nos finais das manhãs e no início das noites, sendo que este período de liberação estende-se por uma a duas semanas, para que cada estilo-estigma, que irá emergir, seja polinizado por um grão de pólen, dando origem a um grão de milho. É nesta fase que a planta atinge seu maior potencial de crescimento, desta forma as mesmas ficam extremamente sensíveis e vulneráveis ao estresse hídrico, altas temperaturas (maiores que 35°C), intempéries da natureza e encharcamento.

O estágio R1 inicia-se quando os estilos-estigmas estão totalmente visíveis para fora da espiga, sendo que os mesmos crescem cerca de dois e meio a quatro centímetros por dia, até a sua fertilização. Mas especificamente, a fecundação ocorre quando em contato com os estilos-estigmas o grão de pólen percorre o tubo polínico e fertiliza o óvulo, demora cerca de vinte e quatro horas este processo, após o contato, sendo que para a espiga toda são cerca de dois à três dias para que ocorra a polinização e fertilização. Nesta fase, a absorção de potássio já está completa, porém ela é contínua ainda para o nitrogênio e fósforo. Nesta fase são definidos de fato o número de grãos da espiga (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

Em seguida, no estágio R2 ou grão bolha d'água, os grãos têm uma aparência esbranquiçada, são compostos basicamente por açúcares, é nesta fase que começa o acúmulo de amido de forma intensa, sendo sua umidade de aproximadamente oitenta e cinco por cento. O embrião está se desenvolvendo, porém dentro do grão o coleóptilo e a primeira folha embrionária já estão formados. As espigas estão próximas ao seu tamanho máximo e os estilos-estigmas passam por processo de secagem e escurecimento, após desenvolver seu papel.

Cerca de doze a quinze dias após a polinização, a planta chega ao estágio R3 ou de grão leitoso, quando o mesmo está com cerca de oitenta por cento de umidade, com coloração amarelada externamente e internamente com fluído de cor leitosa, o mesmo composto por açúcares provenientes das folhas e colmos da planta, o que torna imprescindível a disponibilidade hídrica nesta fase, já que a água age como agente de transporte. Por isso é neste estágio em que se define a densidade dos grãos (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

Segundo Magalhães e Durães (2010) o estágio fenológico R4, também conhecido como grão pastoso, ocorre cerca de vinte a vinte e cinco dias após a emissão dos estilos-estigma. Nesta fase o grão está com cerca de setenta por cento de umidade e continua desenvolvendo-se rapidamente e acumulando amido, sendo que seu fluído interno que antes era líquido passa então a ter uma consistência pastosa. Até esta fase o grão atinge metade do seu peso final.

Na próxima fase, R5 ou formação do dente, o grão começa a aparentar uma concavidade na parte superior do seu corpo, esta que se dá geralmente trinta e seis dias após o início da polinização. Ocorre nesta fase a transição do estado pastoso para o farináceo, sendo esta indicada pela linha de amido, a qual se desloca no sentido da base do grão, conforme ocorre a sua maturação. O embrião continua se desenvolvendo nesta fase, sendo que a radícula e as folhas embrionárias completam a diferenciação dentro do grão (MAGALHÃES e DURÃES, 2010). Ressaltam ainda Magalhães e Durães (2010, p. 10) “Alguns genótipos do tipo “duro” não formam dente [...]” e “Estresse ambiental nessa fase pode antecipar o aparecimento da formação da camada preta, indicadora da camada fisiológica”. A camada preta ocorre devido a obstrução dos vasos que rompem o elo de ligação da planta matriz e o fruto.

O estágio R6, no qual atinge-se a maturidade fisiológica, ocorre quando todos os grãos na espiga alcançarem o máximo peso seco e vigor, isso cerca de sessenta dias após a polinização, quando a linha de amido atinge a base do mesmo e a camada preta já foi

formada. Então começa o processo de senescência, ou seja, o ressecamento das folhas seguido pela sua queda. A maturidade fisiológica se caracteriza como sendo o momento ideal para a colheita, já que se estagna o acúmulo de massa, porém a umidade no início desta fase se encontra entre trinta e trinta e oito por cento, a qual não é ideal para o armazenamento. Procedese aguardando o momento em que a cultura atinja um nível de dezoito a vinte e cinco por cento de umidade, para-se realizar a operação da colheita, sendo assim os grãos de milho devem ser armazenados em local com possibilidade de serem submetidos a secagem artificial, para então atingirem a umidade ideal de treze por cento e permanecerem resguardados das pragas (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

A qualidade dos grãos de milho podem ser avaliadas pela sua percentagem de grãos ardidos, o que por sua vez interfere na destinação final do produto. Esta ocorrência está diretamente ligada aos híbridos e ao nível de empalhamento que estão submetidos suas espigas e de forma indireta está ligada a ocorrência de pragas, períodos chuvosos no final do ciclo, adubação incorreta, atraso na colheita entre outros (MAGALHÃES e DURÃES, 2010).

Em suma nota-se que a cultura do milho é extremamente exigente quanto as características ideais para cada fase (estádios fenológicos), sendo que os principais fatores que têm influência sobre o seu rendimento final são: água, tanto o estresse hídrico, quanto o excesso; nutrientes, em geral; e radiação solar. Sendo assim segundo Magalhães e Durães (2010, p. 7) “[...] recomenda-se criterioso planejamento da cultura, com referência principal à época de semeadura e à escolha da cultivar, de forma a garantir as condições climáticas favoráveis exigidas pela planta [...]” em todos os estádios de seu desenvolvimento.

2.1.5 Manejo do Solo

“O manejo adequado do solo é essencial para a obtenção da produtividade de grãos que permita, ao mesmo tempo, um rendimento satisfatório e a manutenção do potencial produtivo do solo” (EMBRAPA, 2010, p. 1).

Segundo a Embrapa (2010), as operações realizadas, como manejo do solo, visam adequar o ambiente do plantio, sendo que também podem controlar a erosão e plantas daninhas. O uso adequado e sustentável das ferramentas e maquinários possibilita o atendimento da demanda da sociedade quanto aos alimentos e ao mesmo tempo preserva o ambiente e minimiza a degradação física, química e biológica e também a contaminação da água e do solo.

Ao longo dos anos a agricultura passou por uma fase de adaptações e estudos, para que assim se encaixassem as condições brasileiras e, muito além disso, as condições em âmbito regional. Levantou-se dados que comprovaram que para se obter sucesso na produção agrícola o plantio tem que ser bem planejado em um contexto geral (EMBRAPA, 2010).

“É por ocasião do plantio que se obtêm boas ou más população de plantas e densidade de plantio” (EMBRAPA, 2010, p. 1). Desta forma é essencial que esta operação seja executada de forma responsável. Torna-se crucial o cuidado com a escolha e regulagem da semeadora, esta que será responsável não apenas pela distribuição da semente no solo, como também com a distribuição e localização do adubo, alocação correta das fileiras, profundidade de semeadura, resumidamente da qualidade do processo de semeadura (EMBRAPA, 2010).

Outro fator importante é o sistema adotado para o plantio. Atualmente se utiliza, para o milho, em sua maioria, o sistema de plantio direto (SPD). Segundo Santos, Fontaneli e Spera (2007, p. 15):

Nesse sistema de manejo do solo, pressupõe-se que a manutenção da superfície do solo com a cobertura de planta verde ou resíduos vegetais, protegendo o solo de erosão, aumenta a atividade biológica nas camadas mais superficiais e reduz o uso de agroquímicos. O sistema de plantio direto tem, sido reconhecido como o sistema mais efetivo, na busca da preservação dos recursos produtivos.

Para se obter a cobertura de massa morta sobre o solo é essencial se trabalhar com o sistema de rotação de culturas, o qual contribui também para interromper o aumento do inóculo de doenças e populações de pragas. As principais vantagens do sistema de plantio direto sobre o sistema de plantio convencional giram em torno de algumas características, como: conservação da umidade do solo, reciclagem e acúmulo de nutrientes na superfície, controle da erosão, entre muitos outros. Sendo que há também uma alternativa parcial entre os dois sistemas, O sistema de cultivo mínimo, que trabalha com operações de manejo do solo de forma mínima possível (SANTOS, FONTANELI e SPERA, 2007).

Outro papel importante que a cultura do milho desempenha é a complementação, na parte agrícola, em sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta. “No Brasil, ainda são poucos os estudos de longa duração e sistemas de produção de grãos ou sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária)” (SANTOS, FONTANELI e SPERA, 2007, p. 26). Essa combinação, como por exemplo: pastagens perenes mais culturas anuais para a produção de grãos, se torna mais eficiente na manutenção das propriedades físico-química do solo, o que conseqüentemente favorece o desenvolvimento da planta.

2.1.6 Fertilidade do Solo

A análise do solo, num sentido amplo, é uma média físico-química, mas no sentido agrônomo, seu objetivo é determinar a habilidade do solo em fornecer nutrientes às plantas, e também determinar as necessidades de calcário e fertilizantes, além de diagnosticar problemas de toxidez de alguns elementos, excesso de sais e outros (EMBRAPA, 2010, p. 1).

É essencial para a análise da fertilidade do solo a sua amostragem. Para que os dados obtidos em laboratório tenham significativo valor e representatividade, as amostras têm que ser coletadas com muito cuidado (EMBRAPA, 2010). “Os objetivos das análises químicas do solo e da planta são conhecer a fertilidade atual do solo e o estado nutricional da cultura com o fim específico de planejamento e aferição” (FANCELLI e NETO, 2000, p. 56). Fancelli e Neto (2000, p. 57) ainda citam que “O histórico da área é de fundamental importância, pois permite diagnosticar o problema com maior exatidão, bem como o procedimento de amostragem”.

Para a realização da amostragem deve-se coletar amostras simples, que por sua vez irão compor uma amostra composta. O número de amostras simples é determinado geralmente de forma empírica, geralmente o número de amostras está correlacionado com a área da propriedade e suas distinções tipificadas quanto ao tipo de solo, topografia entre outros (FANCELLI e NETO, 2000). Segundo Fancelli e Neto (2000) uma correlação que pode ser utilizada é: gleba de até cinco hectares – de três a dez amostras simples; gleba com área entre cinco e vinte hectares – recomenda-se entre oito e quinze amostras simples; e glebas superiores a vinte hectares – entre dez e trinta amostras. Outro parâmetro que está sendo bastante utilizado é o rendimento, para assim se definir área uniforme, sendo utilizado juntamente aparelhos eletrônicos devidamente orientados (GPS), para a confecção de mapas com essas informações, demonstrando os potenciais produtivos de cada área, para que desta forma seja realizado uma correção ou mesmo adubação do solo de forma adequada com seu potencial (FANCELLI e NETO, 2000).

Outra ferramenta utilizada atualmente é a diagnose foliar. A mesma baseia-se numa premissa da relação entre o crescimento e produção da cultura e teor de nutrientes em seus tecidos (EMBRAPA, 2010). Para esse tipo de amostragem devem ser coletados cerca de trinta centímetros do terço médio da folha, sendo este procedimento realizado em trinta plantas. Para a interpretação dos resultados o ideal é seguir o procedimento padrão e fazer a interpretação à partir dos dados da literatura, sendo que os valores relativos são mais usuais que os valores absolutos (FANCELLI e NETO, 2000).

A maioria dos solos brasileiros são ácidos, geralmente caracterizados por baixas concentrações de cálcio e de magnésio, essenciais para o desenvolvimento das raízes, pequena disponibilidade de fósforo e valores elevados de alumínio trocável (EMBRAPA, 2010).

A evolução que ocorreu nos últimos anos, quanto ao plantio de milho no Brasil, para a área da fertilidade do solo trouxe grandes avanços, as quais são representados pela rotação de culturas, plantio direto e, principalmente o manejo da fertilidade, com práticas de calagem, gessagem, nutrição e adubação (mineral e orgânica) do milho. Todos estes fatores cooperam para o desenvolvimento sustentável da agricultura (EMBRAPA, 2010).

2.1.7 Cultivares

A escolha da semente é um dos primeiros passos no planejamento de uma lavoura. O rendimento de uma lavoura de milho é o resultado do potencial genético da semente e das condições edafoclimáticas do local de plantio, além do manejo da lavoura. De modo geral, a cultivar é responsável por 50% do rendimento final (CRUZ, FILHO, *et al.*, 2010).

As sementes de milho são divididas em duas categorias: cultivares convencionais, que contemplam as variedades e os híbridos; e cultivares transgênicas. Atualmente, pode-se afirmar que de modo geral o aumento da produtividade, como por exemplo nos Estados Unidos, é consequência da utilização de sementes híbridas, estas que têm seu potencial produtivo elevado graças ao melhoramento genético, juntamente a outras práticas como a maior utilização de fertilizantes e defensivos, melhor distribuição de plantas e adoção do sistema de plantio direto. Ano após ano o número de cultivares aumenta, pode-se afirmar que há cultivares adaptadas para qualquer região do país, sendo que para cada cultivar lançada uma série de informações são disponibilizadas pelas empresas, ou mesmo em sites de órgão governamentais, como o do Zoneamento Agrícola do Ministério da Agricultura (CRUZ, FILHO, *et al.*, 2010).

As cultivares de milho da primeira categoria podem ser subdivididas em dois tipos principais, as variedades e os híbridos, como já citado anteriormente. “Uma variedade de milho é um conjunto de plantas que apresentam certa variabilidade, mas com características genéticas comuns” (CRUZ, FILHO, *et al.*, 2010, p. 2). Assim este tipo de material genético é considerado geneticamente estável, o que permite a reutilização da semente, por várias gerações, safra após safra, sem que haja perda do potencial produtivo. Estas são utilizadas geralmente em regiões em que a utilização de tecnologia nas lavouras é baixa, devido as

condições socioeconômicas, ou mesmo, em sistemas orgânicos ou agroecológicos, sendo assim os cultivos sustentáveis (CRUZ, FILHO, *et al.*, 2010). “O potencial produtivo dos diferentes tipos de híbridos de milho vêm sendo estudado e comparado desde a década de 30” (DOXTATOR & JOHNSON, 1936; ANDERSON, 1938 apud EMYGDIO, 2007, p. 89). Os híbridos mais comuns são dos tipos simples, duplos e triplos. Os simples resultam do cruzamento entre duas linhagens puras, são relativamente mais caros, indicados para sistemas com alta tecnologia. Os duplos são oriundos do cruzamento entre dois híbridos simples e são indicados para média tecnologia. Já os triplos resultam do cruzamento entre uma linha pura e um híbrido simples, são indicados para lavouras com tecnologia entre média e alta (CRUZ, FILHO, *et al.*, 2010). Todos os híbridos podem ser utilizados apenas uma vez, ou seja:

Os híbridos só têm alto vigor e produtividade na primeira geração (F1), sendo necessária a aquisição de sementes híbridas todos os anos. Se os grãos colhidos forem semeados, o que corresponde a uma segunda geração (F2), haverá redução, dependendo do tipo do híbrido, de 15 a 40% na produtividade, perda de vigor e grande variação entre plantas (CRUZ, FILHO, *et al.*, 2010, p. 2)

Outros tipos de híbridos são encontrados no mercado, como: híbrido simples modificado (HSm), híbrido triplo modificado (HTm), e em menor proporção híbrido intervarietais (HIV) e o top-crosses (CRUZ, FILHO, *et al.*, 2010).

“A maioria das empresas produz apenas híbridos, sendo que algumas produzem apenas híbridos triplos e simples. As variedades são produzidas principalmente por empresas públicas e por empresas licenciadas a partir de cultivares obtidas por programas públicos de pesquisa” (CRUZ, FILHO, *et al.*, 2010, p. 2). Segundo o Anuário Abrasem (2006), apud Cruz *et al.*, (2010), os híbridos simples e triplos representam cerca de 71% do mercado. Sendo o ciclo precoce o de maior predominância, seguido pelo superprecoce, semiprecoce e normal.

Quando se trata da segunda categoria, os transgênicos, os quais são resultados de eventos, ou seja, cruzamentos que conferem resistência a determinados pontos negativos para a cultura, como por exemplo: eventos transgênicos para o controle de lagartas, resistentes ao herbicida glifosato entre outros. As cultivares transgênicas têm como subprodutos os convencionais e os híbridos, sendo que há a possibilidade de uma cultivar convencional ter mais de um híbrido diferente. A maior quantidade de transgênicos utilizada é de híbridos simples. Ainda assim esta é uma cultura a ser difundida no Brasil, sendo que os principais fatores que têm influência sobre o mesmo são: a perda potencial em lavouras causada por insetos e pragas; o preço pago pelo milho; e negativamente entre a diferença dos preços entre os transgênicos e os convencionais (CRUZ, FILHO, *et al.*, 2010).

Sendo assim a escolha da cultivar dependerá de alguns aspectos básicos, que deveram ser analisados em detalhes, para o sucesso da lavoura. Sendo as principais: adaptação as condições edafoclimáticas da região, estabilidade e potencial de rendimento de grãos, resistência e tolerância às principais doenças, ciclo adequado, e aceitação e demanda comercial do tipo de grão (CRUZ, FILHO, *et al.*, 2010).

2.2 Fungo

“Os fungos são organismos eucariotos que, como as algas, têm parede celular rígida e podem ser uni ou multicelulares” (PELCZAR JR, CHAN, *et al.*, 1997, p. 61). Variam em tamanho, podendo ser desde microscópicos até grandes como cogumelos. Os fungos, diferentemente das algas, não realizam fotossíntese, também não ingerem alimentos, apenas absorvem os nutrientes que já estão dissolvidos no ambiente (PELCZAR JR, CHAN, *et al.*, 1997).

“Os fungos produzem esporos sexuais e assexuais” (PELCZAR JR, CHAN, *et al.*, 1997, p. 134). Sendo que os sexuais são resultado da fusão de duas células reprodutivas especializadas denominadas gametas juntamente a uma célula fertilizada, enquanto os assexuais são originados pela produção das hifas aéreas. Há maior produção dos assexuais quanto os sexuais. Tem por principal finalidade a disseminação da espécie (PELCZAR JR, CHAN, *et al.*, 1997).

São classificados quanto aos seus estágios sexuais, os que possuem todos os estágios são conhecidos como fungos perfeitos, e os que não possuem, como fungos imperfeitos (classe Deuteromycetes). Atualmente o reino Fungi é dividido em três principais grupos, são: os Fungos Limosos, os Fungos Inferiores Flagelados e os Fungos Terrestres (PELCZAR JR, CHAN, *et al.*, 1997).

“Os fungos limosos são um enigma biológico e taxonômico devido ao fato de não serem nem um fungo típico, nem um protozoário típico” (PELCZAR JR, CHAN, *et al.*, 1997, p. 259). Mesmo com esta dúvida, estes organismos são classificados como fungos. Nutrem-se pela ingestão de partículas e são divididos em celulares e acelulares. Quando celulares se assemelham aos protozoários, isso porque estão em forma de amebas. Mas quando acelulares, possuem plasmódio não celular, passam por uma fase semelhante aos celulares, em forma de amebas, porém estes são mais evoluídos (PELCZAR JR, CHAN, *et al.*, 1997).

Os fungos inferiores flagelados, são denominados desta forma, pois em alguma fase da vida produzem células flageladas. Sua alimentação é feita à partir da absorção de nutrientes. Sua reprodução ocorre quando sexuada por vários meios e assexuada mediante a produção de zoósporos. Existem quatro grupos: *Chytridiomycetes*, *Hyphochytriumycetes*, *Plasmodiophoromycetes* e *Oomycetes*.

“Os fungos terrestres são as espécies mais conhecidas entre os fungos. Este grupo inclui leveduras, bolores, orelhas-de-pau, mofo, fungos em forma de taça, ferrugem, carvão, bufa-de-lobo (*puffballs*) e cogumelos.” (PELCZAR JR, CHAN, *et al.*, 1997, p. 264). Segundo Pelczar Jr. e Chan *et al.* (1997, p. 124):

As leveduras são unicelulares e geralmente são maiores do que a maioria das bactérias, variando em tamanho de 1 a 5 μm em largura e 5 a 30 μm ou mais em comprimento. São normalmente ovais, mas algumas vezes são alongadas ou esféricas. Cada espécie tem uma forma característica, mas mesmo em uma cultura pura há considerável variação no tamanho e na forma das células individuais. As leveduras não têm flagelos nem outros meios de locomoção. Sobre um meio com ágar, elas formam colônias lisas e brilhantes que lembram as colônias bacterianas. Essas colônias são muito diferentes das colônias espalhadas, aveludadas ou filamentosas formadas pelos bolores [Figura 4 – Leveduras]. Diferentemente das leveduras unicelulares, os bolores são organismos multicelulares que aparecem como filamentos sob baixa ampliação. Com grande ampliação, os bolores parecem uma floresta diminuta com muitas regiões. O corpo, ou talo de um fungo filamentososo, consiste em um micélio e nos esporos latentes. Cada hifa tem em torno de 5 a 10 μm de largura e é formada pela reunião de muitas células. As paredes rígidas das hifas são formadas de quitinas, celulosas e glicanas [Figura 4 – Bolor].



Figura 4 - Colônias de leveduras e bolores, respectivamente.
Fonte: QuimLab

As hifas podem ser classificadas como: cenocíticas, as que não têm septo, esta que é essencialmente uma célula longa contendo muitos núcleos; e as septadas, que possuem um septo que divide os filamentos em células distintas, cada qual com um núcleo, sendo que existe um poro em cada septo, o que permite a migração do citoplasma e os núcleos entre as células. As hifas crescem por processo de alongação de sua extremidade, sendo que cada fragmento, que contenha um núcleo é capaz de crescer em um novo organismo, o que facilita a sua propagação (PELCZAR JR, CHAN, *et al.*, 1997).

Segundo Pelcazer Jr. Chan, *et al.* (1997) as hifas estão embebidas em meios sólidos, para alimentar o talo, sendo essas responsáveis pela alimentação denominadas de rizoides. Existem também as hifas reprodutivas, as quais podem crescer livremente em contato com o ar para a disseminação de seus esporos. Para a germinação dos mesmo ocorre a formação do tubo germinativo, que cresce e forma um talo. As demais hifas, sem funções específicas, crescem ao longo da superfície e são denominadas hifas vegetativas, podem crescer formando grandes estruturas, assim como cogumelos e orelha-de-pau, estas estruturas são designadas como fungos corpulentos.

Pode ocorrer dimorfismo em fungos patogênicos. Sendo leveduras, unicelular, ocorre quando o organismo é um parasita, ou na forma filamentosa quando o organismo é saprófita no seu habitat natural (PELCZAR JR, CHAN, *et al.*, 1997).

“Existem quatro principais grupos de fungos terrestres: *Zygomycetes*, *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* e *Deuteromycetes*.

2.2.1 Fungos na Agricultura

“[...] os fungos são classificados em Fungos do Campo e Fungos do Armazenamento.” (SILVA, 2005, p. 2). Os fungos do campo podem contaminar o grão durante todo o ciclo da cultura, para que isto ocorra é necessário uma umidade relativa superior a 80%. Já os fungos do armazenamento, como o nome mesmo diz, se proliferam nos grãos no período pós-colheita e necessitam de umidades relativa baixas, entre 14 e 22% (SILVA, 2005). É importante ressaltar que a distinção entre esses dois grupos, não tem nenhuma relação com a classificação taxonômica, mas sim com as condições ambientais que favorecem o seu crescimento (LÁZZARI, 1998).

“A razão do grande sucesso dos fungos é sua reprodução através de esporos, que podem ser transportados pela água, vento, plantas, produtos e subprodutos, sendo resistentes à oscilações de temperatura e podendo permanecer dormentes no solo por vários anos” (LÁZZARI, 1998, p. 3).

A semente é considerada um dos meios mais eficientes de disseminação de doenças, já que é a partir dela que os patógenos podem ser transportados por longas distâncias (GOULART, 1993).

Segundo Silva (2005) e Lázari (1998) os gêneros, de fungos do campo mais comum são *Cephalosporium*, *Gibberella*, *Nigrospora*, *Helminthosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* e

Clasdosporium, estes invadem os grãos durante o amadurecimento e o dano é causado antes da colheita; quanto os mais comuns dos fungos do armazenamento, estão os gêneros: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Mucor*, a principal fonte são as próprias unidades armazenadoras, moinhos, silos, moegas, elevadores entre outros. Sendo que as espécies pertencentes ao gênero *Aspergillus* e *Penicillium* são indicadores de deterioração em sementes e grãos, causam principalmente danos no germe, alteração nutricional, perda de matéria seca, mudanças da coloração e ainda deterioração microbiológica.

Na tabela 1 é possível analisar a umidade relativa do ar intergranular e o teor de umidade dos grãos ideais para o desenvolvimento de algumas espécies de fungos, em temperaturas de 25 a 27°C (SILVA, 2005).

Tabela 1 - Condições para o crescimento de fungos em grãos para temperaturas de 25 a 27°C.

Espécie	Umidade relativa do ar intergranular (%)	Teor de umidade dos grãos (%)
<i>Aspergillus halophilieus</i>	68	12 - 14
<i>Aspergillus restrictus</i>	70	13 - 15
<i>Aspergillus glaucus</i>	73	13 - 15
<i>A. candidus</i> , <i>A. ochraeus</i>	80	14 - 16
<i>A. flavus</i> , <i>parasiticus</i>	82	15 - 18
<i>Penicillium spp.</i>	80 - 90	15 - 18

Fonte: Lazzari (1998).

Resumindo, segundo Lazzari (1998, p. 3) “Os fatores que afetam o crescimento de fungos nos grãos de milho incluem: teor de umidade dos grãos, temperatura, tempo, condição física e sanitária do grão, nível de inoculação do fungo, conteúdo de oxigênio e armazenamento anterior, insetos e ácaros”. O fator “insetos” pode iniciar ou agravar o desenvolvimento de fungos, já que a atividade metabólica dos mesmos geralmente cresce o teor de umidade e a temperatura dos grãos (LÁZZARI, 1998).

Além da deterioração, propriamente dita, dos grãos de milhos, os fungos podem produzir toxinas, mais conhecidas como micotoxinas. Estas resultam da atividade metabólica desses microrganismos e podem intoxicar os seres humanos (SILVA, 2005).

2.2.2 Micotoxinas

“As micotoxinas são produtos tóxicos de certos fungos microscópicos os quais, em algumas circunstâncias, desenvolvem-se sobre ou em produtos alimentícios de origem animal

ou vegetal. Estão em todos os níveis da cadeia alimentar” (FORSYTHE, 2002, p. 197). Ainda segundo o mesmo autor, as micotoxinas podem ser desenvolvidas por mais de 200 variedades de fungos, estas são metabólicos secundários, sendo produzidas por três gêneros de fungos os *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*. Os fungos são encontrados no ambiente, sendo parte normal da flora das plantas.

“A associação entre micotoxinas e metabólicos tóxicos provenientes da presença de fungos em grãos e alimentos foi descoberta inicialmente em ambientes de fazendas em razão da intoxicação de animais” (PASTORE e MACEDO, 2010, p. 318). Ocorrências de grandes epidemias em humanos e animais estão associadas as micotoxinas (PASTORE e MACEDO, 2010; FORSHYTE, 2002).

Devido ao grande número de metabólicos produzidos por fungos, ficou definido que para que uma substância seja caracterizada como micotoxina deve satisfazer os seguintes critérios: ser causadora de doenças em homens ou animais; ocorrer na natureza; ser produzida por fungo e ser aguda ou cronicamente tóxica (HESSELTINE; WANG, 1972 apud PASTORE e MACEDO, 2010, p. 319).

Outros autores, como Forsythe (2002), classificam as micotoxinas, em quatro tipos de toxicidade, sendo: Aguda, resulta em danos aos rins ou fígado; Crônica, resultando em câncer de fígado; Mutagênica, causando danos no DNA; e Teratogênica, causando câncer em crianças por nascer. “Dentre as principais micotoxinas encontradas em produtos alimentícios e grãos têm-se: aflotoxina, tricotecenos, zearalenona e ocratoxinas” (SILVA, 2005, p. 2).

As aflotoxinas são as mais estudadas atualmente, são produzidas por algumas linhagens dos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, sob condições favoráveis de temperatura e umidade. As de maior interesse são caracterizadas como B₁, B₂, G₁ e G₂³, são encontradas em vários alimentos e rações em diversas concentrações, sendo a B₁ mais comumente encontrada e com maior toxicidade, um dos principais produtos metabólicos da micotoxina B₁ é a aflotoxina M, que é excretada junto ao leite e urina de animais, que consumiram alimentos e/ou rações contaminadas. Este tipo de micotoxinas pode produzir necrose aguda, cirrose e carcinoma no fígado (FORSYTHE, 2002). “Uma grande variedade de valores de LD₅₀⁴ tem sido obtida a partir de testes com diferentes espécies animais tratadas com doses de aflotoxinas” (FORSYTHE, 2002, p. 199). Sendo que a suscetibilidade relativa dos seres humanos à aflotoxina ainda não é conhecida, mesmo sabendo-se do seu potencial carcinogênico, os estudos sobre o tema ainda não comprovaram a relação causa-efeito, mas

³ Fluorescência de cor azul – B e de cor verde – G, visualizadas sob luz ultravioleta.

⁴ LD₅₀ é a dose letal, determinada pelo óbito de 50% da população testada.

devido as evidências sugere-se a associação da presença destas toxinas na dieta com a ocorrência do câncer (FORSYTHE, 2002).

De acordo com Forsythe (2002, p. 200) “As ocratoxinas são produzidas por *A. ochraceus*, *Penicillium verrucosum* e *P. viridicatum*. A ocratoxina A é a mais potente dentre as ocratoxinas.” São geralmente encontradas nos cereais, derivados da uva, café, cacau, amêndoas, temperos, frutas secas, carne de porco e cervejas. São potencialmente nefrotóxicas, carcinogênicas, teratogênicas e imunotóxicas (FORSYTHE, 2002).

“As fumonisinas são um grupo de micotoxinas produzidas pelo *Fusarium*, as quais têm ocorrência mundial no milho e produtos derivados” (FORSYTHE, 2002, p. 200). Evidências sugerem a ligação das fumonisinas com o câncer de esôfago. Estas se caracterizam por serem estáveis durante o processamento dos alimentos segundo Forsythe (2002).

“A zearalenona é um metabólico fúngico produzido principalmente por *Fusarium graminearum* e *F. culmorum*, os quais colinizam milho, cevada, trigo, aveia e sorgo” (FORSYTHE, 2002, p. 201). Podem causar hiperestrogenismo, aborto, natimortos, falso cio, infertilidade, efeminização dos machos (desenvolvimento de mamas) entre outros (SILVA, 2005).

Por fim Forsythe (2002, p. 201) descreve “Os tricotecenos são produzidos por muitas espécies do gênero *Fusarium*. Ocorrem no mundo todo e contaminam muitas plantas, principalmente trigo, cevada e milho. Existem mais de 40 tricotecenos diferentes, porém os mais conhecidos são o deoxinivalenol e o nivalenol”. Podem causar vômito, hemorragia, recusa do alimento, necrose da epiderme, aleucia tóxica alimentar (ATA), redução do ganho de peso e produção de ovos e carnes, interferências no sistema imunológico e morte, em animais e seres humanos (SILVA, 2005).

2.2.3 Controle

“Até hoje os estudos realizados no sentido de controlar ou prevenir ou detoxificar alimentos contaminados por fungos têm sido realizados em relação aos grãos de amendoim e milho. Essas culturas são atacadas principalmente por aflotoxinas [...]” (PASTORE e MACEDO, 2010). O controle, em si, das micotoxinas é muito difícil, deve-se prevenir a contaminação das sementes pelos fungos do solo, ar e sistemas de armazenamento.

Como já citado anteriormente, os fatores de crescimento de fungos são muitos, entre eles se destacam a temperatura, aeração, umidade relativa, grau de maturação do grão, tempo

de estocagem entre muitos outros. Desta forma Pastore e Macedo (2010, p. 321) citam “A prevenção deve iniciar na inativação dos fungos e esporos presentes no solo durante o plantio. Depois dessa fase, o controle é feito na estocagem. A circulação forçada de ar e o aquecimento podem garantir a umidade relativa em 70% que é a ideal em prevenir a proliferação dos fungos”.

Outra ferramenta é “A seleção de grãos com luz ultravioleta (para evidenciar as aflotoxinas) é utilizada na produção de milho, semente de algodão e figo, não sendo usada em amendoins, uma vez que são autofluorescentes” (FORSYTHE, 2002, p. 201). Esta seleção é feita com a utilização de células fotoelétricas, sendo que também é possível fazer a diferenciação por peso, por meio da passagem de ar, sendo os grãos mais leves os contaminados (PASTORE e MACEDO, 2010).

É importante que os grãos contaminados sejam separados e eliminados do mercado alimentício, sendo assim destinados a extração de óleo não comestíveis. A extração de aflotoxina desses óleos é feita à partir do hidróxido de sódio e terra de filtração ou mesmo por solventes orgânicos (PASTORE e MACEDO, 2010).

“O controle da deterioração fúngica é uma questão muito mais ligada à prevenção do que à eliminação de toxinas. O controle efetivo deve ser realizado nas lavouras e na estocagem dos grãos” (PASTORE e MACEDO, 2010, p. 322). Se torna essencial este cuidado na lavoura de milho, já que esta toxina pode envenenar a população e também os animais, trazendo enormes prejuízos, além de contribuir como fator negativo no agronegócio devido as perdas geradas.

2.3 Armazenamento

O armazenamento, na agricultura, é a atividade de estocar produtos agrícolas geralmente a granel, para que desta forma se prolongue sua vida útil. Em muitos sistemas de armazenamento são empregadas práticas que favorecem essa atividade, assim com a secagem.

“A qualidade dos grãos é um importante parâmetro para a comercialização e processamento, podendo afetar o valor do produto” (FARONI, 2005). Segundo a mesma autora, atualmente no Brasil, muitos fatores externos ainda interferem na massa de grãos, os quais podem ser físicos (temperatura e umidade), químico (disponibilidade de oxigênio) e biológicos (fungos, bactérias, insetos e roedores), um dos principais fatores contribuintes para este cenário é o clima tropical.

Assim sendo pode-se afirmar que “O tipo de armazenamento ideal é função da necessidade de armazenar grão ou espiga de milho. Além disso, o nível tecnológico do armazenamento será estabelecido de acordo com o volume a ser armazenado e a disponibilidade de recursos [...]” (FONSECA, 2010). São opções já conhecidas há muito tempo, para o armazenamento de grãos de milho a granel, os silo e as sacarias, sendo que atualmente tem se disseminando no Brasil a utilização de silos bolsa (ou *silobag*), esse principalmente pela alta demanda de armazenar os grãos, devido as safras recordes, e a insuficiente disponibilidade do armazenamento.

2.3.1 Silo Bolsa

A técnica do silo bolsa (sistema *silobag*), segundo Rodríguez, Bartosik *et al.* (2005, p. 2):

[...] consiste no armazenamento de grãos em bolsas plásticas herméticas, onde o processo respiratório dos integrantes bióticos do granel (grãos, fungos, insetos, etc.) consome o oxigênio (O₂) gerando dióxido de carbono (CO₂). A constituição dessa nova atmosfera, rica em CO₂ e pobre em O₂ suprime, inativa ou reduz a capacidade de reprodução e/ou desenvolvimento de insetos e fungos, assim também a própria atividade do grãos, facilitando a sua conservação.

Uma das maiores vantagens é que este sistema não requer altos investimentos, comparado a outros sistemas de armazenamento mais comuns, como por exemplo os silos verticais em chapa de aço ou concreto. Outra vantagem é o maior poder econômico sobre os grãos, já que o agricultor pode escolher o melhor momento para negociar os grãos, como a venda na entre safra, que agrega valor ao produto, devido à baixa oferta. Ainda há a opção do agricultor se desvincular dos custos com o armazenamento e secagem em armazéns de terceiros e consequentemente não terem gastos com transporte até os mesmos. Muitos citam também a possibilidade de segregação dos grãos, ou seja, separação de acordo com a comercialização, como ponto positivo (RODRÍGUEZ, BARTOSIK, *et al.*, 2005).

As suas desvantagens estão associadas ao tempo de duração da estrutura, está que diferentemente das outras citadas anteriormente não são de longa duração (silos verticais), sendo a sua vida útil de cerca de um ano ou pouco mais, já que a estrutura não pode ser reutilizada, devendo ser descartada logo após a retirada dos grãos. Outro ponto negativo está associado as possíveis invasões e/ou danificações da estrutura por roedores ou outros animais e insetos (RODRÍGUEZ, BARTOSIK, *et al.*, 2005).

Estudos de Bartosik e Rodríguez, realizados no ano de 1999, com grãos de milho armazenados em silo bolsa, com umidades de 13,6, 15 e 17%, durante o período de quatro meses constataram que com 13,6% de umidade a massa de grãos não foi afetada ao longo dos quatro meses, sendo que com 15% de umidade inicia-se o processo de deterioração à partir do segundo mês e, com 17% de umidade o mesmo ocorreu antes do segundo mês (RODRÍGUEZ, BARTOSIK, *et al.*, 2005).

Quando se trata da proliferação dos fungos, no sistema de silos bolsa, Moreno *et al.*(1987) apud Rodríguez e Bartosik (2005) fez testes armazenando sementes de milho, inoculadas e não inoculadas com fungos, à 15,7 e 17% de umidade, para três situações diferentes, sendo: condições ambientais, armazenagem hermética e, atmosfera controlada (AC 92-88% CO₂). Na armazenagem hermética e em atmosfera controlada (AC) não se observou o desenvolvimento de fungos em sementes não inoculadas, em quanto que em condições ambientais o desenvolvimento houve um forte desenvolvimento dos mesmo. Notou-se também, neste sistema, que quando armazenadas em sistemas hermético este não afetou o potencial germinativo (PG), sendo que nas demais condições, condições ambientais e atmosfera controla, observou-se um redução de PG em 31 e 14% respectivamente. Nos tratamentos com as sementes inoculados notou-se um grande desenvolvimento fúngico e nenhuma queda do PG, para as condições de atmosfera controlada e condições ambientais, enquanto para as sementes do armazenamento hermético a proliferação de fungos foi menos severa e também não houve perda de potencial germinativo.

“Baran et al (1993), encontraram que atmosferas enriquecidas com CO₂ estabilizaram o crescimento de fungos e retardaram a sínteses de microtoxinas em milho contaminado com *Aspergillus*” (BARAN *et al.*, 1993 apud RODRÍGUEZ e BARTOSIK, 2005).

2.4 Óleos Essenciais

“Nas últimas décadas, o controle das doenças e pragas na agricultura tem se intensificado, sendo realizado basicamente através do emprego de produtos sintéticos, com elevados custos e riscos ambientais (desequilíbrio ecológico) e toxicológicos (elevada concentração nos alimentos)” (SOUZA, ARAÚJO e NASCIMENTO, 2007). Uma alternativa para o uso de produtos sintéticos são os extratos de óleos essenciais, estes que são fonte de inúmeras pesquisas nas últimas décadas.

“Óleos essenciais são compostos aromáticos, voláteis que podem ser extraídos de raízes, caules, folhas, flores ou de todas as partes de plantas aromáticas. Essas extrações ocorrem por destilação de arraste a vapor, que é a técnica mais empregada, compressão de vegetais ou uso de solventes” (MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS, 2010 apud TRANCOSO, 2013). Definidos por Navarrete *et al.*, 2011 apud Silveira, Busato *et al.*, 2012 também como “[...] compostos químicos voláteis, menos densos e mais viscosos que a água à temperatura ambiente, podendo ser extraídos a partir de uma grande variedade de plantas, sendo normalmente encontrados, em baixas concentrações, em glândulas especiais da planta, denominadas tricomas”.

A utilização dos óleos essenciais data de civilizações antigas, como os egípcios, estes povos utilizavam diversas partes das plantas com finalidade religiosa, medicinal e cosmética. Atualmente são de grande utilização na farmacologia, indústria alimentícia, orgânica fina e biotecnologia (SILVEIRA, BUSATO, *et al.*, 2012).

Os óleos essenciais podem também ser extraídos de “condimentos”, como o orégano, manjeriço, manjerona, menta, tomilho, canela, cravo, alcaravia, sálvia entre muitos outros. “Por definição, condimentos e especiarias são produtos aromáticos de origem vegetal empregados principalmente para conferir sabor aos alimentos. Além desta utilidade possuem também propriedades antimicrobianas, antioxidantes e medicinais [...]” (SHELEF, 1983 apud PEREIRA, VILCLA *et al.*, 2006).

De acordo com Chao e Young, 2000 apud Pereira, Vilcla *et al.*, 2006, vários estudos têm comprovado o efeito de compostos isolados extraídos de óleos essenciais, estes que atuam como fungicidas naturais, comprovando-se assim a sua eficácia. Porém há ainda muito a se descobrir sobre este tema, o que demanda pesquisa e investimentos na área e pode trazer grandes mudanças para o cenário do agronegócio e conseqüentemente para a qualidade de vida dos seres humanos, animais e biosistemas em geral.

2.4.1 Manjerona

“A manjerona (*Majorana hortensis* Moench) é uma planta perene, cuja porção subterrânea está formada por raízes fibrosas. O caule é muito ramificado, de cor avermelhada, que alcança entre 30 e 60 cm. Os ramos são lenhosos, frágeis e quadrangulares, formando uma touceira” (RODRIGUES, 2002, p. 27). Possui folhas opostas, ovais, inteiras, pecioladas, de cor verde acinzentada, as flores são pequenas, estão dispostas em formato de espigas

oblongadas, podendo ser de cor branca a rosada, com quatro fileiras de brácteas finas, de cor verde clara e formato arredondado. Possui odor forte, aromático, penetrante, quente, e às vezes picante, a planta verde tem um perfume semelhante a uma flor, os produtos derivados da mesma são utilizados pela indústria para aromatizar bebidas, condimentos, carnes, sopas em pó, sorvetes, balas, entre outros (RODRIGUES, 2002).

Há várias espécies de manjerona, estas que pertencem a família *Labiadas*, mas sem dúvidas a mais conhecida é *Origanum majorana* Linneus (sinônimos *Majorana hortensis* Moench., *M. vulgares* Miller), esta que é originária do sul da Turquia, mas também cultivada na Europa, África, América e Ásia. É a mais usual para a extração do óleo essencial. Sabe-se que além da variação das propriedades químicas entre as espécies de manjerona, como a espanhola e a turca, ocorrem também quanto ao local de cultivo, dependendo de fatores como: incidência solar, localização geográfica e método de extração do óleo (RODRIGUES, 2002).

Desde o século XIX são realizados estudos sobre as propriedades dos óleos essenciais, mais especificamente notou-se:

O óleo essencial e o extrato aquoso de *Origanum majorana*, cultivado no Marrocos, foi testado por Charai e colaboradores quanto à sua atividade antimicrobiana em mofos, leveduras e bactérias. O óleo essencial inibiu totalmente as leveduras e bactérias do ácido láctico. O extrato aquoso apresentou-se menos inibidor que o óleo. A planta inteira também apresentou-se como inibidor, em relação a alguns tipos de mofos, leveduras e bactérias (RODRIGUES, 2002, p. 32).

Rodrigues ainda cita o estudo realizado por Baratta e colaboradores, com os óleos essenciais de oito plantas, dentre elas a *Majorana hortensis* Moench, neste se avaliou o poder antioxidante e antifúngico dos mesmos. O óleo essencial de *Majorana hortensis* Moench se mostrou capaz de inibir o crescimento de culturas de fungos da espécie *Aspergillus niger* e *Penicillium digitatum*, inclusive a baixas concentrações ($\sim 250 \mu\text{g.mL}^{-1}$).

2.4.2 Método de Extração

Para a extração dos óleos essenciais existem vários métodos, entre eles destacam-se a hidrodestilação, a destilação a vapor, a extração por solventes orgânicos, a extração com fluido supercrítico, dentre muitos outros independentemente do método de extração o volume extraído é muito baixo, desta forma faz-se necessário grande quantidade de matéria prima, no caso folhas de manjerona (*Majorana hortensis* Moench) (SILVEIRA, BUSATO, *et al.*, 2012).

A hidrodestilação é um dos métodos mais antigos e versátil, nesta o material vegetal fica em contato com a água em ebulição, o vapor pressiona as células da parede vegetal, que

se abrem e possibilitam a evaporação do óleo essencial. Desta forma o vapor é composto pelo óleo e também por água, essa solução passa em um condensador, que a resfria se tornando desta forma dois líquidos imiscíveis, que podem ser separados posteriormente. Este tipo de extração é bastante empregado para flores, raízes, madeiras e cascas.

O método de destilação por arraste a vapor “[...] é uma operação unitária, utilizada principalmente para materiais sensíveis à temperatura, sendo baseada na diferença de volatilidade de determinados compostos presentes na matéria-prima vegetal”, segundo Steffani (2003) apud Silveira e Busato *et al.* (2012, p. 2044). Neste processo o material vegetal geralmente é moído ou triturado. O sistema extrator é composto por um caldeira, geradora de calor, um extrator (destilador) no qual é colocado a matéria vegetal, um condensador e uma frasco para a coleta (ex: vaso florentino). Todo processo é semelhante a hidrodestilação, porém com o diferencial de que a matéria vegetal não entra em contato direto com a água. Steffani (2003) descreve “O vapor é percolado através do leito de sólidos, no interior do vaso extrator, arrastando o óleo essencial. A mistura vapor-óleo segue então para o condensador, onde ocorre a separação das fases, por diferença de polaridade, já que os óleos essenciais são apolares ou pouco polares” e Machado e Fernandens Jr. (2011) completam “Posteriormente o óleo essencial é envasado em vidro âmbar e mantido em local abrigado de temperaturas elevadas e luminosidade”, ambos citados por Silveira, Busato, *et al.* (2012, p. 2044). A grande vantagem quanto a este sistema de extração estão acerca da obtenção dos compostos voláteis em curtos intervalos de tempo de extração e também da possibilidade de adaptação dos itens do sistema, pode ser trabalhado em escala, é de simples operação, não agride o meio ambiente e ainda resulta um óleo de alta qualidade (SILVEIRA, BUSATO, *et al.*, 2012).

“Determinados tipos de óleo são muito instáveis, não suportando aumentos de temperatura. Neste caso, utilizam-se solventes orgânicos para sua extração, tais como hexano, benzeno, metanol, etanol, propanol, acetona, pentano e diversos solventes clorados [...] (FILIPPIS, 2001 apud SILVEIRA, BUSATO, *et al.*, 2012, p. 2044). É importante ressaltar que para a utilização desse método deve-se observar as especificidades de cada óleo, evitando-se assim reações secundárias, que podem influenciar na qualidade final do óleo essencial. Este método se caracteriza por ser mais brando e ter maior rendimento, porém tem por desvantagem a interferência do solvente no óleo, que resulta em perda de ceras e pigmentos. Em si este processo consiste em colocar um solvente orgânico em contato com a matriz vegetal, após um determinado espaço de tempo, efetua-se a transferência dos

constituintes solúveis presentes na planta. O óleo é obtido então à partir da evaporação do solvente presente na fase líquida (SILVEIRA, BUSATO, *et al.*, 2012).

“Um fluido supercrítico é aquele em que o gás encontra-se a uma temperatura em que o mesmo não pode ser liquefeito por compressão isotérmica. A temperatura a partir da qual este fenômeno acontece é chamada de temperatura crítica” (SILVEIRA, BUSATO, *et al.*, 2012, p. 2046). Quando um gás está em condição de temperatura e pressão em níveis superiores aos valores críticos. Nesta condição o mesmo apresenta baixa viscosidade e elevada densidade, o que permite o processo de extração de solutos a partir de matrizes sólidas. Uma das vantagens da extração com fluido super crítico é a condição operacional de extração, fora que esta tecnologia é considerada limpa. Porém a principal desvantagem é a periculosidade da operação, devido as altas pressões (SILVEIRA, BUSATO, *et al.*, 2012).

3 METODOLOGIA

O projeto em questão compreende um grande processo, que trata da investigação experimental, do poder antifúngico de um extrato bioativo vegetal, mais precisamente do óleo essencial da manjerona, obtido através da destilação por arraste à vapor. Porém como este processo se caracteriza pela demasiada importância do fator “tempo”, o mesmo foi subdividido em tópicos, sendo que o primeiro compreende o estudo aprofundado da eficiência da extração do óleo, intitulado como: “1ª Etapa: Eficiência da extração do Óleo Essencial”.

Nesta etapa, o principal objetivo é fazer uma análise quantitativa do processo de extração, sendo analisado as variáveis que envolvem este processo, como: massa do material vegetal, tempo de extração e volume do óleo extraído.

O passo a passo do processo de extração se dá da seguinte forma:

a) Coleta do material vegetal:

A coleta compreende a tarefa de coletar de fato a manjerona, esta deve ser feita com a ajuda de um objeto cortante, como por exemplo uma tesoura, já que o caule da planta é caracteristicamente lenhoso. O material vegetal deve ser retirado da planta em formato de pequenos “caules”, para facilitar o manuseio, sendo que deve ser imediatamente armazenado em saco plástico ou semelhante, para se evitar a degradação do mesmo. Deve-se ressaltar ainda que o horário de coleta influencia no fator qualitativo e quantitativo do produto final, este deve ser o mais próximo possível ao de trabalho no laboratório, para se evitar perdas;

b) Montagem do sistema de extração:

O sistema deve ser montado antes da limpeza e preparação do material vegetal, para que assim a matéria prima (manjerona), fique o menor tempo possível exposto, antes da extração. Este sistema se caracteriza pela sua “teórica” simplicidade na montagem, já que há a necessidade de poucas vidrarias e outros materiais. O mesmo é composto, de forma genérica, por: 1 fonte de calor (ex: Bico de Bunsen, Manta Térmica ou Chapa Aquecedora), 1 recipiente para a alocação da água, o qual estará sobre influência de uma fonte de calor, no intuito de se gerar vapor (ex: Balão de Destilação ou Tubo de Kitasato), 1 recipiente para a alocação do material vegetal (ex: Balão de Destilação com saída lateral), 1 condensador (ex: Condensador Friedrich, Liebig ou Graham), 1 frasco coletor (ex: Becker ou Erlenmeyer), 1 termômetro, além de conectores em vidro, tubos de silicone (também conectores), rolhas de silicone (ou

outro material) e cerca de 3 suportes universal com garra reguláveis. Na figura 5 pode-se visualizar a forma básica para a montagem do sistema de extração por arraste à vapor indireta, a mesma q

Que pode sofrer alterações, devido a disponibilidade dos materiais presente no laboratório;

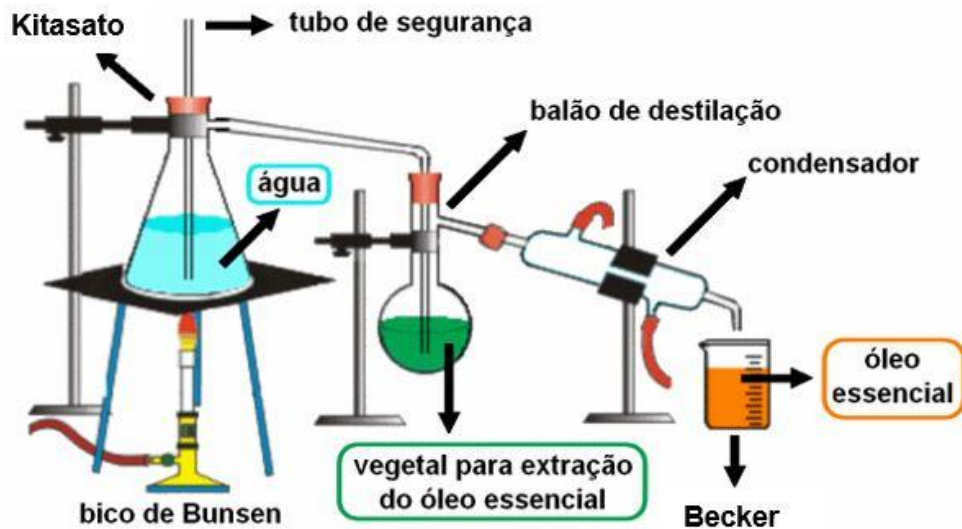


Figura 5 - Sistema genérico de extração por arraste à vapor, de forma indireta.
Fonte: Site Associação Brasileira de Química (2015).

c) Limpeza do material vegetal:

Já no laboratório, se o material vegetal se apresentar visualmente sem particulados grandes do solo, o mesmo não precisa passar sob água corrente, caso contrário deve-se limpar os “caules”, de forma delicada e ágil. Então deve-se efetuar a retirada das folhas, atentando-se para a necessidade da retirada do pecíolo, e por fim diminuir o tamanho das mesmas por corte ou trituração, isso para que haja uma maior área de contato do vapor com a folha. Logo após a preparação do material vegetal o mesmo deve ser armazenado em recipiente fechado, ou mesmo com a abertura vedada, para que desta forma se evite a perda das moléculas do óleo essencial, que são extremamente voláteis;

d) Início do processo:

Este método é empregado para separar as misturas imiscíveis, o que neste caso compreende a mistura de água, que é polar e, o material vegetal (manjerona) que é apolar, sendo que desta forma há um decréscimo do ponto de ebulição da mistura, este comparado ao ponto de ebulição dos componentes individuais, propriamente dito.

Sendo assim, após a montagem do sistema de destilação e a preparação do material vegetal, deve-se colocar cerca de 100 ml de água destilada no primeiro balão, juntamente com pérolas em vidro, para facilitar o aquecimento da água. No segundo balão, deve-se adicionar 5 g de material vegetal, juntamente com 25 ml de água destilada (as medidas citadas, podem ser alteradas conforme a necessidade e metodologia adotada, as mesmas foram escolhidas de forma aleatória, com base na bibliografia encontrada, se caracterizam por se pequenas, pelo fator tempo). Após a adição destes, faz-se necessário a conexão de todas as partes, e se necessário a vedação com papel alumínio, esta que deve ser disposta sobre as conexões ou juntas, com o objetivo de se evitar a condensação do vapor d'água. Posteriormente a fonte de calor deve ser acionada, para que então comece, de fato, o processo de ebulição da água, o qual irá gerar o vapor necessário. É importante se atentar para o fato da necessidade do sistema em ser fechada, para evitar a perda de vapor.

Nesta etapa, e ao longo das demais, ainda são utilizados outros materiais, como: pinça de inox, proveta, tesoura, tábua de vidro, álcool 70°, panos de algodão, balança digital de precisão com capela, funil, detergente e estufa de secagem de vidrarias.

e) Coleta e armazenagem do produto final:

Após o início do processo de extração, pode-se demorar horas, para que comece a obter resultados, ou seja, ocorra captação de uma solução final, na fase líquida, após a passagem pelo condensador. Então quando o mesmo ocorrer, o material coletado que geralmente compreende a mistura de óleo essencial e hidrolato composto, deve ser armazenado em frasco fechado até o momento da separação dos mesmos, esta que deve ser realizada com o auxílio de um funil de separação, sendo que o óleo de separação deve-se obrigatoriamente ser armazenado em frasco âmbar, sempre fechado, já que o óleo é extremamente volátil.

Neste estudo, após a extração do óleo, se avaliou a eficiência do método de extração e também o rendimento do material vegetal, sendo que seus resultados e as discussões à cerca dos mesmos serão apresentadas no próximo tópico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O material vegetal, mais precisamente os “caules” de manjerona, foram obtidos à partir da parceria com a Emater/RS da cidade de Alegrete, de forma que foram coletadas amostras de duas propriedades. A primeira propriedade, figura 6, se encontra na localidade dos Pinheiros, na cidade de Alegrete/RS, sendo a proprietária a estudante e pequena agricultora Bruna Benin Bicca. Já a segunda propriedade, figura 7, localiza-se na localidade do Caverá, também no município de Alegrete/RS, esta que pertence ao produtor Cleber Adair Severo Figueira. Em ambas as propriedades, as visitas para coleta, foram acompanhadas pelo técnico responsável pela assistência nas mesmas, o senhor Clóvis Duarte, este que é técnico agropecuário, formado pela antiga Escola Agrotécnica Federal de Alegrete (EAFA), atual Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete, o mesmo tem anos de experiência, e é responsável pelo setor da olericultura e apicultura da Emater de Alegrete. Após a coleta o material vegetal este foi armazenado em sacolas plásticas, para evitar, ou ao menos minimizar a degradação do mesmo.



*Figura 6 - Localidade dos Pinheiros, em Alegrete/RS, proprietária Bruna Benin Bicca.
Fonte: Almeida, L. O. (2015).*



*Figura 7 - Localidade do Caverá, em Alegrete/RS, proprietário Cleber Adair Severo Figueira.
Fonte: Almeida, L. O. (2015).*

A parte experimental se realizou no Laboratório de Química do Instituto Federal Farroupilha, na cidade de Alegrete. Esta etapa teve auxílio integral da técnica responsável do laboratório, a mestre em Ciências Fisiológicas Maria Laura Lacava Lordello, houve também a contribuição e auxílio do técnico em agropecuária da Universidade Federal do Pampa, Jhon Pablo Lima Cornélio, este que é licenciado em Química.

Como o objetivo principal desta primeira etapa é a análise quantitativa da eficiência da extração do óleo essencial da manjerona, pelo método de destilação por arraste à vapor indireta, foram feitos alguns estudos quanto aos fatores pertinentes, estes que serão discutidos a seguir.

A massa do material vegetal, utilizada na extração, sofre alterações conforme o seu preparo. Para quantificar esta perda, foram realizadas três repetições do método de preparação, no qual foram medidas: Massa Total, em gramas, esta que é constituída por todo o ramo ou caule da manjerona; Massa das Folhas com pecíolo, em gramas; Massa das Folhas sem pecíolo, em gramas; Massa das Folhas já picadas, em gramas; Massa dos Caules, em gramas; e Comprimento dos Caules, em centímetros. Na figura 8 estão apresentados as amostras coletadas/separadas, para a realização do estudo, que relaciona as massas e o comprimento dos caules da manjerona.



*Figura 8 - Amostras 1, 2 e 3, utilizadas na análise da relação massa e comprimento.
Fonte: Almeida, L. O. (2015).*

Após a repetição do método de preparação do material vegetal, este que compreende a separação das partes até a obtenção da folha sem o pecíolo, foram encontrados os seguintes dados que estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Dados coletados à partir da análise da relação entre massa e comprimento das amostras

Repetição	Massa Total (g)	Massa Folhas (g)			Massa Caule (g)	Comprimento dos Caules (cm)
		c/ pecíolo	s/ pecíolo	Picadas		
1	1,8032	1,5060	1,3433	1,3278	0,2645	24,3000
2	1,9260	1,5638	1,4159	1,3959	0,3001	25,9500
3	2,5902	1,8751	1,5939	1,5759	0,5418	26,7000
Média	1,9260	1,5638	1,4159	1,3959	0,3001	25,9500

Fonte: Almeida, L. O. (2015).

A relação entre as massas medidas e o comprimento podem ser analisados, de forma global, na figura 9.

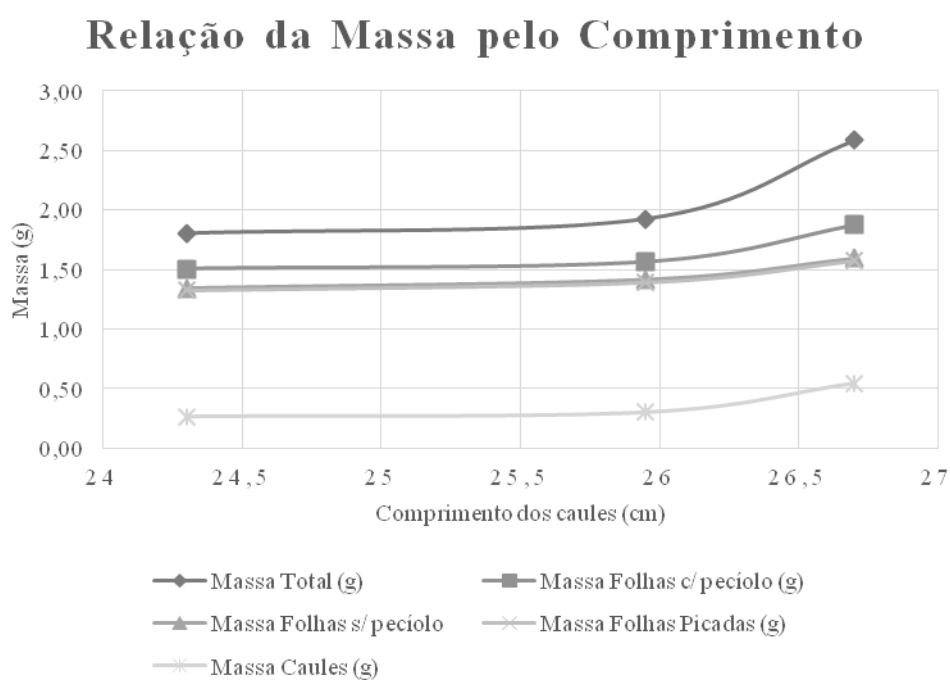


Figura 9 - Relação das massas pelo comprimento.

Fonte: Almeida, L. O. (2015).

Pode-se notar que as massas são proporcionais, em sua maioria, seguindo assim uma linha de tendência, com diferença nos valores. Esta relação de proporcionalidade estabelecida então, entre as massas e o comprimento do caule, pode ser expresso pela divisão do primeiro pelo segundo, sendo assim esta relação se estabelece como um coeficiente, que transforma todo o apanhado dos dados na tabela 3.

Tabela 3 - Divisão entre massas médias e comprimento do caule.

	Massa Total por comprimento (g/cm)	Massa Folhas por comprimento (g/cm)			Massa Galhos por comprimento (g/cm)
		c/ pecíolo	s/ pecíolo	picadas	
Unitário	0,074	0,060	0,055	0,054	0,012
Média Parcial	0,074		0,056		0,012
Média Total			0,047		

Fonte: Almeida, L. O. (2015).

Observa-se a partir da tabela 3, podemos então ver a proximidade dos valores dos coeficientes, principalmente os relativos as massas da folha, os quais variam entre 0,054 e 0,060 g.cm⁻¹. Sendo ainda os valores relativos a massa total e a massa de galhos, os extremos, já que contemplam a maior e menor massas. Além disso pode se fazer uma relação com a eficiência de acordo com o comprimento do caule, o que gera um valor médio de massa por comprimento, este que extremamente útil no momento da coleta do material vegetal.

Analisando mais precisamente a evolução dos dados relativos as massas da folha da manjerona, podemos notar que ocorre um decréscimo nestes. Esta visão está exposta na figura 10, na qual pode-se notar facilmente o decréscimo de fato da massa.

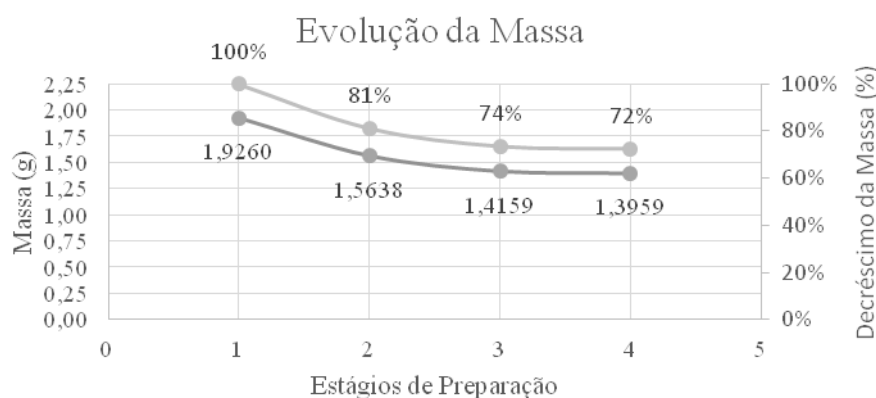


Figura 10 - Evolução da massa.

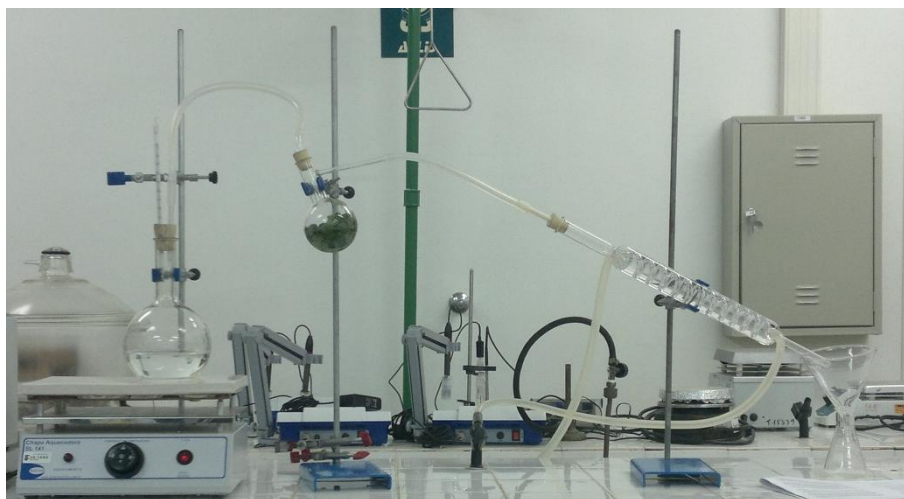
Fonte: Almeida, L. O. (2015).

Na figura 10 foram associados os dados de evolução da massa do material vegetal, em formato numérico, o qual compreende o valor real da massa em gramas, e em formato percentual, para se facilitar a visualização da evolução da massa em outros casos, ou seja, para transcrever os valores médios como números genéricos, para outras situações. Estes

estão dispostos no tempo, que é representando pelo eixo x, este denominado “Estágios de Preparação”, no qual os números representam: 1 – Massa Total; 2 – Massa Folhas com pecíolo; 3 – Massa Folhas sem pecíolo; e por fim 4 – Massa Folhas picadas. Esta análise está diretamente relacionada ao rendimento da massa do material vegetal e do volume de óleo extraído.

Quanto a parte do experimento realizada no laboratório, foram feitas algumas tentativas, para a execução do sistema de destilação por arraste a vapor. Aplicou-se um resumo da metodologia citada na revisão bibliográfica. Porém a falta de descrições de metodologias com detalhes mais precisos e, de variações quanto as condições, como por exemplo climáticas, dificultaram o mesmo.

Depois da coleta do material vegetal, foi executada a montagem do sistema de arraste a vapor. Nesta primeira tentativa, o sistema foi montado como ilustra a figura 11.



*Figura 11 - 1ª tentativa da montagem do sistema de extração por arraste a vapor.
Fonte: Almeida, L. O. (2015).*

Nesta primeira tentativa foram utilizados um balão de fundo chato de 1000 ml, preenchido com 350 ml de água destilada, um balão de destilação com saída lateral, com capacidade de 250 ml, preenchido com 100 ml de água destilada e 16,8 g de massa vegetal (que nesta primeira tentativa foi empregado de forma integral, ou seja, folha mais pecíolo), uma chapa aquecedora modelo SL 141 da marca Solab, um condensador do tipo Graham, um erlenmeyer, um termômetro, um funil, três suportes universais juntamente com as garras, rolhas de borracha e cortiça, e conexões de silicone (maleáveis) e vidro (rígidas). No momento desta montagem foi perceptível o empecilho relativo a falta de equipamentos específicos no laboratório de química, sendo mais prejudicial a ausência das conexões em

vidro. De forma que as conexões foram improvisadas, utilizando-se de pedaços de vidrarias não específicas, e até mesmo tubos plásticos, sendo as ligações em si realizada através de tubos de silicones, estes que por não serem tão numerosos, mas extremamente essenciais, não podiam sofrer corte e diminuições de tamanho. Sendo assim, após tudo pronto, a chapa aquecedora foi acionada, esta que permaneceu ligada por 1 hora e 18 minutos. Neste dia, assim como nos outros, a temperatura estava relativamente baixa e chovia, o que dificultou o processo do aquecimento da água. O que resultou, juntamente ao pouco tempo, ao não deslocamento do vapor d'água para o balão o qual continha o material vegetal, sendo assim esta primeira tentativa não gerou resultados expressivos e positivos.

Na segunda tentativa, o sistema foi montado praticamente igual ao da primeira, com as seguintes diferenças: chapa aquecedora de menor área, o que possibilita uma maior rapidez no seu aquecimento, sem modelo específico, da marca Logen, esta que foi colocado sobre um apoio improvisado, para o alcance do balão de fundo chato; foram utilizadas pérolas de vidro no recipiente com água, para o aumento da capacidade de se armazenar calor; outra diferença é que o sistema foi montado no sentido contrário, para facilitar a saída e entrada de água no condensador. Nesta as medidas adotadas de água destilada e material vegetal, são as mesmas descritas anteriormente na metodologia do trabalho. Na figura 12 pode-se visualizar o esquema da montagem do sistema, na segunda tentativa.



Figura 12 - 2ª tentativa da montagem do sistema de extração por arraste a vapor
Fonte: Almeida, L. O. (2015).

Nesta segunda tentativa notou-se que o tempo inicial para que o sistema se aqueça é bem grande, sendo que se ativado pela manhã, só começa a dar resultados cerca de duas a três horas depois, o que varia também de acordo com as condições climáticas. Um fator preocupante, que foi visualizado nesta tentativa, é o fato do vapor condensar na conexão entre os dois balões, devido ao comprimento e temperatura externa, isso resultou em apenas uma fração de vapor chegando no balão com saída lateral, e o restante pingando sobre o material vegetal. Após 4 horas e 10 minutos, da ativação da chapa aquecedora, com intervalo de 1 hora, no qual o sistema ficou em temperatura mínima, apenas estabilizado, obtive-se o resultado de uma solução aquosa, visualmente leitosa, que ficou armazenada na serpentina do destilador, já que o seu volume e nem a pressão gerada foram capazes de mover a mesma até o frasco coletor. O volume do mesmo foi mínimo, sendo próximo a 2 ml, porém deve-se ressaltar que este volume não é composto pelo óleo essencial puramente dito, o qual significa uma mísera porcentagem. É importante frisar que nesta tentativa, utilizou-se o aparelho de ar condicionado, em 25 °C, o que interfere como fator facilitador.

No mesmo dia o processo foi repetido, caracterizando assim a terceira tentativa, porém não se obteve resultados, já que o tempo hábil foi de cerca de 1 hora e 30 minutos. Nesta o material vegetal não foi colocado imerso em água destilada, no intuito de se testar esta possibilidade, porém ao final do tempo de exposição notou-se que a chegada do vapor quente e também da água em estado líquido, diretamente sobre as folhas, gerou um processo mais acelerado de deterioração das mesmas, as quais ficaram mais escuras.

Na quarta tentativa foram modificados alguns detalhes, estes são: utilização de um balão fornecedor de vapor menor, de 250 ml, para a otimização do aquecimento e também diminuição da distância percorrida entre o vapor e a saída; vedação das conexões com o auxílio de papel alumínio; e utilização de uma manta aquecedora elétrica, sob o balão com o material vegetal, para que a temperatura da vidraria se estabilizasse. Nesta tentativa o aparelho de ar condicionado foi utilizado desde o início, em 25 °C. O sistema permaneceu ligado por cerca de 5 horas e 15 minutos, permanecendo 30 minutos estabilizado na menor temperatura, no meio do turno. Foi nesta tentativa que se obteve mais sucesso, já que a partir do mesmo, foram obtidos cerca de 10,5 ml de um líquido leitoso, com odor forte e penetrante, que visualmente não se distingue em duas fases, mas que se passado contra a pele se torna possível sentir uma textura oleosa. Este foi armazenado juntamente com o primeiro extrato, em vidro âmbar, fechado. Na figura 13 é possível visualizar o sistema montado na quarta tentativa.

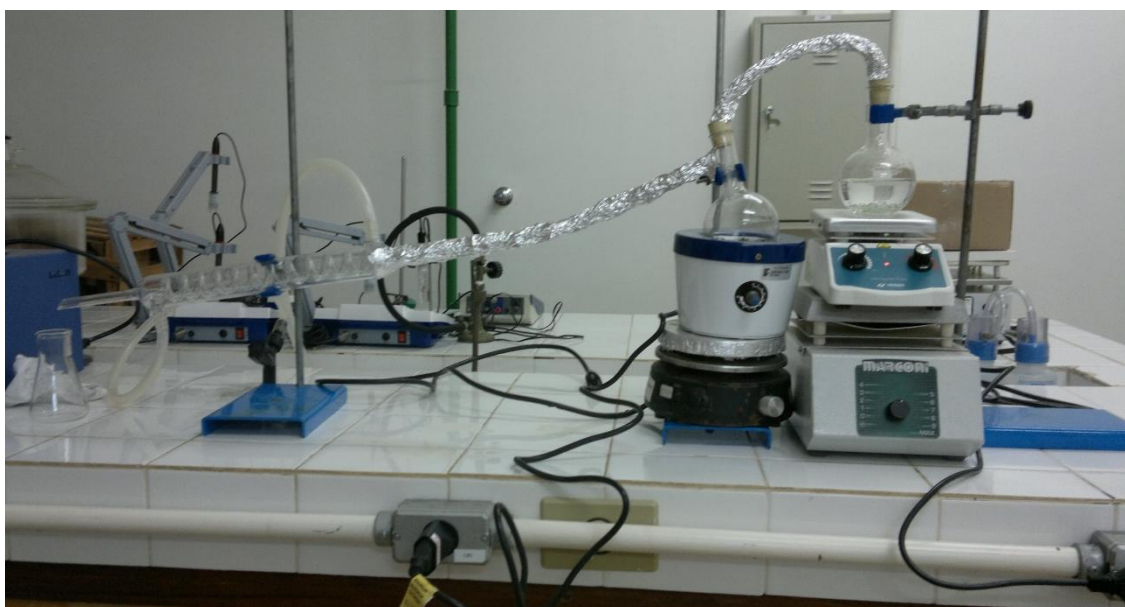


Figura 13 - 4ª tentativa da montagem do sistema de extração por arraste a vapor.
Fonte: Almeida, L. O. (2015).

Nesta tentativa, deve-se ressaltar, que como o balão que continha o material vegetal mais água destilada, estava em contato com a manta aquecedora, teve momentos em que a temperatura se elevou ao ponto de se iniciar o processo de ebulição, de forma a gerar mais calor, o que provavelmente influenciou no valor maior coletado após o condensador.

É importante ressaltar também que durante os dias de execução dos experimentos, as temperaturas estavam baixas, devido ao período de outono/inverno, e que em alguns dos dias havia a existência de precipitação.

Outro detalhe importante é que a utilização tanto da chapa aquecedora pequena (marca Logen), quanto da manta aquecedora, se fez sem poder afirmar ao certo a temperatura em que ambas se encontravam, já que não se teve acesso aos manuais das mesmas, e pelo fato de ser botões reguladores apenas apresentarem porcentagens ou números aleatórios, e não propriamente dito as temperaturas. Para o auxílio deste fator foi empregado um termômetro encaixado na rolha que vedava o primeiro balão, isso nas tentativas 1, 2 e 3, o que não pode acontecer na tentativa 4, pelo fato de se ter mudado o primeiro balão para um volume menor, conseqüentemente a rolha foi trocada, extinguindo assim a possibilidade de se empregar o termômetro.

Na tabela 4 estão dispostos os dados obtidos ao longo das quatro tentativas, essas que por sua vez representam as demais. Nesta também estão apresentado os resultados dos dados de eficiência do sistema de extração, este que estão relacionados ao maior valor como valor integral, ou seja, o qual representam 100%. Os valores de temperatura média foram obtidos no

site do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), sendo que estes são resultados das médias entre as temperaturas instantâneas obtidas para o período de tempo, em que se executou experimento.

Tabela 4 - Resumo dos dados obtidos nas quatro tentativas.

Amostra	Hora		Tempo de pausa (min)	Tempo Total (min)	Massa Folhas picadas (g)	Temperatura Média (°C)		Volume Obtido (ml)	Relações		Eficiência	
	Início	Término				Externa	Interna		Massa / Volume (g/cm ³)	Volume / Tempo (ml/min)	Massa / Volume (%)	Volume / Tempo (%)
1	10h42	12h00	0	78	16,8000	10,55	10,55	0	0,0000	0,0000	0,00%	0,00%
2	10h50	15h00	60	190	5,0835	11,42	25,00	2	2,5418	0,0105	19,05%	28,57%
3	15h00	16h40	0	100	5,0142	13,90	25,00	0	0,0000	0,0000	0,00%	0,00%
4	09h45	15h00	30	285	5,1369	14,39	25,00	10,5	0,4892	0,0368	100,00%	100,00%

Fonte: Almeida, L. O. (2015).

Pode-se notar nesta tabela que das quatro avaliações realizadas, apenas duas foram satisfatórias, ou seja, resultaram em volumes extraídos. Sendo que a quarta amostra obteve maior eficiência na extração, em ambos os quesitos, enquanto a amostra dois, em comparação, obteve menos da metade da sua eficiência.

A compilação de todos os dados obtidos, em forma escrita, se dará no próximo tópico, no qual serão apresentadas as conclusões.

5 CONCLUSÃO

A partir da execução deste trabalho, que teve como principal objetivo a análise da eficiência da extração do óleo essencial da manjerona, com o sistema de extração por destilação com arraste à vapor direta, pode-se concluir muitas coisas. Estas que elucidam tal processo, de forma a desmistificar, ou mesmo, aproximar a metodologia clássica, as características singulares do local no qual o mesmo foi executado.

Desta forma, pode-se concluir que:

- I. A metodologia de extração por arraste à vapor, de forma indireta, ou seja, aquela que a fonte de calor não entra em contato direto com o material vegetal, não é de tão simples reprodução, como a maioria das metodologias citam, já que para o sucesso da mesma há necessidade de que não ocorra a condensação da água entre as conexões, o que é fortemente influenciado pela temperatura externa no ambiente;
- II. Faz-se necessário a utilização de conexões em vidraria, as quais não possuíamos no laboratório de química, ao invés das utilizadas neste trabalho, que eram de silicone, já que desta forma pode-se realizar o emprego do Bico de Bunsen, para aquecer as mesmas, evitando assim a condensação e a prolongação do tempo de extração;
- III. A relação da eficiência da extração, num comparativo interno, se demonstrou satisfatório, já que em 50% das tentativas foram obtidos resultados. Mais importante do que os valores em si da extração, é a otimização do processo, que foi obtida, sendo diminuída a necessidade de massa de material vegetal e acrescida o volume resultando em função do tempo;
- IV. Que para a posterior utilização do processo de extração do óleo essencial, para a continuidade do projeto, faz-se necessário a aprimoração do processo, em relação aos materiais componentes do mesmo;
- V. A solução obtida, através da extração por arraste à vapor, é composta por uma mínima fração de óleo essencial em si, e que se obteve como subproduto um líquido conhecido como hidrolato composto, que segundo Nascimeto *et. al* (2009) é caracterizado como fração aquosa, a qual contém o óleo essencial emulsionado, que por sua vez também tem caráter antifúngico, o que abre o precedente para que o mesmo também seja alvo do estudo;

- VI. Que faz-se necessário um grande volume de material vegetal, para a extração de um volume pequeno de óleo;
- VII. Que ainda, posteriormente, deve ser realizado um estudo aprofundado de caráter qualitativo, para a identificação da composição química do óleo e também do hidrolato, o qual pode ser realizado com a metodologia de identificação à partir da cromatografia;
- VIII. E por fim, conclui-se que o presente estudo, foi de extrema importância para as próximas etapas do projeto, sendo de grande valia para o agregamento do conhecimento e experiência na vida acadêmica e profissional.

REFERÊNCIAS

- ABIMILHO. AbiMilho - Associação Brasileira das Indústrias de Milho. **Milho**, 2014. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/milho>>. Acesso em: 14 Dezembro 2014.
- ALVES, H. C. R.; AMARAL, R. F. D. Informe Rural ETENE. **Banco do Nordeste**, 2011. Disponível em: <www.bnb.gov.br_content_aplicacao_etene_etene_docs_ire_ano5_n16>. Acesso em: 01 Dezembro 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA. Associação Brasileira de Química. **Associação Brasileira de Química**, 2015. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/>>. Acesso em: 16 maio 2015.
- BIOMATRIX. Biomatrix - Tecnologia e confiança, 2015. Disponível em: <<http://www.biomatrix.com.br/pt/BM3061.php>>. Acesso em: 2 Junho 2015.
- CRUZ, J. C. et al. Cultivo do Milho - Cultivares. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª Edição. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/cultivares.htm>. Acesso em: 01 Dezembro 2014.
- DUARTE, J. D. O. et al. Cultivo do Milho - Economia da Produção. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª Edição. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/puclicacoes/milho_6_ed/economia.html>. Acesso em: 01 Dezembro 2014.
- EMBRAPA. Cultivo do Milho - Fertilidade de Solos. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. ISSN 1679_012X Versão Eletrônica - 6ª Edição. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/puclicacoes/milho_6_ed/fertilidade.htm>. Acesso em: 1 Dezembro 2014.
- EMBRAPA. Cultivo do Milho - Irrigação. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª Edição. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/puclicacoes/milho_6_ed/irrigacao.htm>. Acesso em: 01 Dezembro 2014.

EMBRAPA. Cultivo do Milho - Manejo. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª Edição. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejo.htm>. Acesso em: 01 Dezembro 2014.

EMBRAPA. Cultivo do Milho - Plantio. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª Edição. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/plantio.htm>. Acesso em: 01 Dezembro 2014.

EMYDGDIO, B. M.; TEIXEIRA, M. C. C.; SILVA, S. D. D. A. E. Escolha da Cultivar de Milho. In: SANTOS, H. P. D.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T. **Sistema de Produção para Milho, sob Plantio Direto**. 1ª. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, v. Único, 2007. Cap. 4, p. 344.

FANCELLI, A. L.; NETO, D. D. **Produção de Milho**. 1ª. ed. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda., v. 1, 2000.

FAOSTAT. Dados comparativos entre culturas. **ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA**, 2009 à 2015. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/S>>. Acesso em: 07 Junho 2015.

FARONI, L. D. **Avaliação qualitativa e quantitativa dos grãos de milho e soja armazenados em silo bag**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 7. 2005.

FONSECA, M. J. D. O. Cultivo do Milho - Colheita e pós-colheita. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicações/milho_6_ed/colsecagem.htm>. Acesso em: 01 Dezembro 2014.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da Segurança Alimentar**. 1ª. ed. Porto Alegre: Artmed, v. Único, 2002.

GOULART, A. C. P. Tratamento de sementes de milho (*Zea mays* L.) com fungicidas. **Revista Brasileira de Sementes**, Dourados, v. 15, n. 2, p. 165 - 169, Novembro 1993.

KARAM, D. et al. Cultivo do Milho - Plantas Daninhas. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª Edição. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/puublicacoes/milho_6_ed/plantasdaninhas.htm>. Acesso em: 01 Dezembro 2015.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. Cultivo do Milho - Clima e Solo. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª Edição. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/puublicacoes/milho_6_ed/climaesolo.htm>. Acesso em: 01 Dezembro 2014.

LÁZZARI, F. A. Monitoramento de fungos em milho em grão, grits e fubá. **Ciência dos Alimentos e Tecnologias**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 1 - 18, 1998. ISSN 1678-457X.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Cultivo do Milho - Ecosiologia. **Embrapa Milho e Sorgo**, Setembro 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª Edição. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/puublicacoes/milho_6_ed/ecofisiologia.htm#v15>. Acesso em: 01 Dezembro 2015.

NASCIMENTO, É. M. et al. Efeito anti-helmíntico do hidrolato de *Mentha villosa* Huds. (Lamiaceae) em nematóides. **Ciências Rurais**, Santa Maria, maio/Junho 2009. 817-824 (vol. 39).

PASTORE, M.; MACEDO, G. A. Utilização de fungos na indústria de alimentos. In: ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. D. **FUNGOS: Uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia**. 2ª. ed. Caxias do Sul: EDUCS, v. Único, 2010. Cap. 20, p. 638.

PEIXOTO, C. D. M. O milho no Brasil, sua importância e evolução. **Du Pont Pioneer**, 2014. Acesso em: 01 Dezembro 2014.

PELCZAR JR, M. J. et al. **Microbiologia - Conceitos e Aplicações**. 2ª. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, v. I, 1997.

PEREIRA, M. C. et al. Inibição do desenvolvimento fúngico através da utilização de óleos essenciais de condimentos. **Ciências Agrotecnicas**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 731 - 738, jul./ago. 2006.

QUIMILAB. QuimiLab - Soluções em Qupimica, 2015. Disponível em: <<http://www.quimilab.com.br/>>. Acesso em: 15 Janeiro 2015.

RODRIGUES, M. R. A. **Estudo dos óleos essenciais presentes em manjerona e orégano**. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Química. Porto Alegre, p. 181. 2002.

RODRÍGUEZ, J. C. et al. **Armazenamento de Grãos em Bolsas Plásticas: Sistema Silobag**. EEA Inta Balcarce - Argentina. [S.l.], p. 25. 2005.

SANS, L. M. A.; GUIMARÃES, D. P. Cultivo do Milho - Zoneamento Agrícola. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª Edição. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/zoneamento.htm>. Acesso em: 01 Dezembro 2014.

SANTOS, C. C. et al. Massa específica e porosidade de grãos pelo método de complementação de líquidos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, 8, n. 15, 30 Novembro 2012. 1178 - 1184.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T. **Sistema de Produção para Milho, sob Plantio Direto**. 1ª. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, v. Único, 2007.

SILVA, L. C. Fungos e Micotoxinas em Grãos Armazenados. **Agais**, 2005. Disponível em: <<http://www.agais.com/fungos.htm>>. Acesso em: 07 Novembro 2014.

SILVEIRA, J. C. et al. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 2038 - 2052, Novembro 2012.

SOUZA, A. E. F.; ARAÚJO, E.; NASCIMENTO, L. C. Atividade Antifúngica de Extratos de Alho e Capim-Santo sobre o Desenvolvimento de *Fusarium proliferatum* Isolado de Grãos de Milho. **Fitopatologia Brasileira**, Areia, 11 Dezembro 2007. 465 - 471.

TRANCOSO, M. D. Projeto Óleos Essenciais: extração, importância e aplicações no cotidiano. **Práxis**, v. V, n. 9, p. 89 - 96, Junho 2013. ISSN 1984-4239.