



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



JOSELITO DE SOUSA MORAES

TESE

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA
DESPELICULAR SEMENTES DE GERGELIM**

Fevereiro – 2018
Campina Grande – Paraíba

JOSELITO DE SOUSA MORAES

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA
DESPELICULAR SEMENTES DE GERGELIM**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande, área Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Francisco de Assis
Cardoso Almeida

Fevereiro – 2018
Campina Grande – Paraíba

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M827d

Moraes, Joselito de Sousa.

Desenvolvimento e avaliação de um protótipo para despelicular sementes de gergelim / Joselito de Sousa Moraes. – Campina Grande, 2018.

105 f. : il. color.

1. Máquina Agrícola. 2. Processo de Despeliculação. 3.
Sesamum indicum L. I. Almeida,

CDU 631.3(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

JOSELITO DE SOUSA MORAES

**“DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA
DESPELICULAR SEMENTES DE GERGELIM”**

APROVADO: 27 de fevereiro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Francisco de Assis Cardoso Almeida
Orientador – UAEA/UFCEG

Dr. Vicente de Paula Queiroga
Examinador - EMBRAPA ALGODÃO

Dr. Jaime José da Silveira Barros Neto
Examinador – IFS

Dr. Bruno Adelino de Melo
Examinador - Pesquisador CNPq

Dra. Josivanda Palmeira Gomes
Examinador - UEAG/CTRN/UFCEG

A minha esposa **Flavia Candido Freires**, maior incentivadora e motivadora para que
este trabalho se tornasse realidade.
Aos meus filhos **Ana Carolina e Arthur Menfis**, maior presente de Deus.

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

À **Deus** e a **mãe natureza**, que, de graça, me dá tudo que preciso.

Aos **meus pais, irmãs, tias** e demais familiares que sempre oraram e torceram por mim.

A minha **esposa e filhos** que souberam compreender minha ausência durante este período.

Ao meu orientador, **Prof. Francisco de Assis Cardoso Almeida**, pela confiança, dedicação, compreensão, ensinamentos, paciência, cobranças, conversas e amizade.

Aos doutores **Jaime José da Silveira Barros Neto** (IFS), **Jorgerson Pinto Gomes Pereira** (UAEA/UFCG) e **Pablo Radamés Cabral de França** (IFPE) pela valiosa contribuição dada para melhoria desse trabalho.

Aos parceiros **Metalúrgicas Dantas e Icomeg, e Studio Orus**, pelo apoio na construção do protótipo.

A **Embrapa Algodão** e a pesquisadora **Nair Helena Castro Arriel**, por ceder todo o gergelim utilizado neste trabalho.

A amiga e pesquisadora da Embrapa Algodão, **Roseane Cavalcanti dos Santos**, pela amizade, apoio e por ter me encaminhado para o mundo da pesquisa.

Aos amigos **Antonio Jackson e Bruno Adelino** pela amizade e enorme contribuição na execução dos trabalhos durante o curso.

A todos os **professores** do curso pelos conhecimentos transmitidos e pelas contribuições para meu aprendizado.

A todos os **colegas** do curso pelas contribuições durante esta jornada.

À **CAPES** pela concessão da bolsa.

À **Universidade Federal de Campina Grande** pela oportunidade.

À **banca examinadora**, pela revisão e contribuições.

À **Biblioteca Central/UFCG/Campus Campina Grande** pela valiosa colaboração.

Meu muito obrigado!

RESUMO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma oleaginosa da família pedaliaceae, cultivado e consumido em várias partes do mundo, no entanto, suas sementes possuem uma pele composta por fibras indigesta e ácido oxálico que torna o produto amargo. A indústria remove a pele do gergelim com o uso de agentes químicos, prática que melhora o valor nutricional e agrega valor ao produto, porém, demanda muita água e ainda pode deixar resíduos, daí a necessidade de remoção da mesma por outro meio. Assim, objetivou-se desenvolver e avaliar o protótipo de uma máquina para remover mecanicamente a película que envolve as sementes de gergelim sem o emprego de agente químico. O presente trabalho foi dividido em quatro etapas e realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. Onde na primeira, foi realizada uma busca de patentes de despeliculadora de gergelim e desenvolvido um protótipo e um processo para realizar a despliculação mecânica. Na segunda etapa, estudou-se a avaliação de desempenho do protótipo. Na terceira foi realizado um estudo da quantidade de pele e da facilidade de despliculação de cinco cultivares de gergelim e, na quarta etapa foi avaliado o rendimento do processo e a qualidade do gergelim despliculado e armazenado por 180 dias. A busca de patentes não apontou nenhum registro no Brasil para este tipo de máquina. Desenvolveu-se então um protótipo e um processo que remove a pele do gergelim sem uso de aditivo químico. A remoção da pele se dá através do sistema de rotação da câmara despeliculadora que submete as sementes a um atrito entre si e entre as paredes da câmara. Após a despliculação o material é descarregado, lavado e submetido a secagem, limpeza e embalagem. As avaliações realizadas permitiram concluir que o protótipo e o processo de despliculação desenvolvido é eficiente para remover mecanicamente a pele do gergelim sem o emprego de agente químico, com rendimento acima de 90%, tendo potencial para ser aproveitado por agricultores familiares e pela indústria para aumentar as opções de oferta de alimentos saudáveis.

Palavras-chave: Máquina agrícola. Processo de despliculação. *Sesamum indicum* L.

ABSTRACT

Sesamum indicum L. is an oilseed of the family pedaliaceae, grown and consumed in several parts of the world, however, its seeds have a skin composed of indigestible fibers and oxalic acid that makes the product bitter. The industry removes the skin of the sesame with the use of chemical agents, a practice that improves the nutritional value and adds value to the product, however, it requires a lot of water and can still leave residues, hence the need to remove it by other means. Thus, the objective was to develop and evaluate the prototype of a machine to mechanically remove the film that surrounds the sesame seeds without the use of chemical agent. The present work was divided in four stages and carried out in the Laboratory of Storage and Processing of Agricultural Products of the Center of Technology and Natural Resources of the Federal University of Campina Grande, Paraíba. Where in the first one, a search of patents of sesame despeliculadora was carried out and developed a prototype and a process to carry out the mechanical despeluculation. In the second stage, the performance evaluation of the prototype was studied. In the third, a study of the amount of skin and the ease of de-fungulation of five sesame cultivars was carried out and, in the fourth stage, the yield of the process and the quality of the sesame was evaluated and stored for 180 days. The search for patents did not indicate any record in Brazil for this type of machine. A prototype and process was then developed that removes sesame skin without the use of a chemical additive. Removal of the skin takes place through the rotating system of the desiccant chamber which submits the seeds to a friction between them and between the walls of the chamber. After de-pelleting the material is discharged, washed and subjected to drying, cleaning and packaging. The evaluations carried out allowed us to conclude that the prototype and the de-fungulation process was efficient to mechanically remove sesame skin without the use of a chemical agent, with a yield of more than 90% and could be used by family farmers and industry to increase the options of healthy food offerings.

Keywords: Agricultural machine. De-icing process. *Sesamum indicum* L.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Máquinas para despelicular gergelim comercializadas pela internet. A, B, C e D.	28
Figura 2 – Principais características dos cultivares de gergelim utilizadas neste estudo.	30
Figura 3 – Vista isométrica do protótipo despeliculador de gergelim	32
Figura 4 – Vista frontal do protótipo despeliculador de gergelim	33
Figura 5 – Protótipo desenvolvido para despelicular sementes de gergelim	45
Figura 6 – Sistema de sustentação	46
Figura 7 – Sistema de acionamento	46
Figura 8 – Sistema de despliculação.....	47
Figura 9 – Sistema de giro e travamento para operação de despliculação e descarga	48
Figura 10 – Fluxograma do processo de despliculação mecânica sem aditivos químicos.....	49
Figura 11 – Teor de ácido oxálico (%) dos grãos de cinco cultivares de gergelim integrais e despeliculados mecanicamente	63
Figura 12 – Teor de ácido oxálico (%) dos grãos de cinco cultivares de gergelim despeliculados mecanicamente comparados a três marcas comerciais. .	64
Figura 13 – Teor de ácido oxálico, em sementes de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculadas e armazenadas em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Produção e produtividade média dos principais países produtores de gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.).....	21
Quadro 2 – Valor nutricional e composição mineral de gergelim in natura.	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias da porcentagem de despliculação das sementes de gergelim em função do número de rotações da câmara de despliculadora do protótipo.	50
Tabela 2 – Médias da porcentagem de despliculação das sementes de gergelim em função do ângulo de inclinação da câmara despliculadora do protótipo.	51
Tabela 3 – Médias da porcentagem de despliculação das sementes de gergelim em função do tempo de processamento na câmara despliculadora do protótipo.	51
Tabela 4 – Médias da porcentagem de despliculação das sementes de gergelim em função da interação da rotação, ângulo e tempo de trabalho da câmara de despliculação do protótipo.	52
Tabela 5 – Teor de água inicial de sementes de cinco cultivares de gergelim.	53
Tabela 6 – Facilidade de despliculação, médias do tempo (minutos) de soltura da pele em função da interação, temperatura da água de umedecimento x cultivares de gergelim.	54
Tabela 7 – Peso médio da massa seca de mil sementes integrais, despliculadas e porcentagem de pele de cinco cultivares de gergelim.	55
Tabela 8 – Porcentagem de sementes despliculadas de cinco cultivares de gergelim, submetidas ao processo mecânico de despliculação.	57
Tabela 9 – Teor água (%), em sementes integrais e despliculadas de cinco cultivares de gergelim.	58
Tabela 10 – Teor de carboidratos (%), em sementes integrais e despliculadas de cinco cultivares de gergelim.	59
Tabela 11 – Teor de proteínas (%), em sementes integrais e despliculadas de cinco cultivares de gergelim.	60
Tabela 12 – Teor de lipídeos (%) em sementes integrais e despliculadas de cinco cultivares de gergelim.	61
Tabela 13 – Teor de cinzas (%), em sementes integrais e despliculadas de cinco cultivares de gergelim.	62
Tabela 14 – Teor de carboidratos, proteínas, lipídeos, cinzas e água, em sementes de gergelim (Cultivar Anahí), despliculadas e armazenadas em embalagens	

de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.	66
Tabela 15 – Acidez titulável, atividade de água e parâmetros de cor em sementes de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculadas e armazenadas em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.	67

LISTA DE APÊNDICE

Apêndice 1 – Imagens do soprador.....	80
Apêndice 2 – Quadro de análise da variância dos dados da porcentagem de despliculação obtidos em função da rotação, do ângulo de inclinação e do tempo de agitação da câmara despliculadora.	81
Apêndice 3 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de água de cinco cultivares de gergelim.....	82
Apêndice 4 – Quadro de análise da variância dos dados da facilidade de despliculação de cinco cultivares de gergelim.	83
Apêndice 5 – Quadro de análise da variância dos dados da massa de mil sementes integrais de cinco cultivares de gergelim.	84
Apêndice 6 – Quadro de análise da variância dos dados da massa de mil sementes despliculadas de cinco cultivares de gergelim.	84
Apêndice 7 – Quadro de análise da variância dos dados da porcentagem de pele de cinco cultivares de gergelim.	85
Apêndice 8 – Quadro de análise da variância dos dados da porcentagem de despliculação de cinco cultivares de gergelim.	85
Apêndice 9 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de água em sementes integrais e despliculadas de cinco cultivares de gergelim.....	86
Apêndice 10 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de carboidratos em sementes integrais e despliculadas de cinco cultivares de gergelim.....	87
Apêndice 11 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de proteínas em sementes integrais e despliculadas de cinco cultivares de gergelim.....	88
Apêndice 12 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de lipídeos em sementes integrais e despliculadas de cinco cultivares de gergelim.....	89
Apêndice 13 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de lipídeos em sementes integrais e despliculadas de cinco cultivares de gergelim.....	90
Apêndice 14 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de carboidratos dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	91
Apêndice 15 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de proteínas dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despliculados e armazenados em	

embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	92
Apêndice 16 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de lipídeos dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	93
Apêndice 17 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de cinzas dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	94
Apêndice 18 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de água dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	95
Apêndice 19 – Quadro de análise da variância dos dados da acidez titulável (% de ácido oleico) dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	96
Apêndice 20 – Quadro de análise da variância dos dados da atividade de água (aw) dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	97
Apêndice 21 – Quadro de análise da variância dos dados da cor referente ao parâmetro “L” dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	98
Apêndice 22 – Quadro de análise da variância dos dados da cor referente ao parâmetro “a” dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	99
Apêndice 23 – Quadro de análise da variância dos dados da cor referente ao parâmetro “b” dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	100

Apêndice 24 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de ácido oxálico (%) dos grãos de cinco cultivares de gergelim integrais e despelculados mecanicamente.	101
Apêndice 25 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de ácido oxálico (%) dos grãos de cinco cultivares de gergelim despelculados mecanicamente comparados a três marcas comerciais.	102
Apêndice 26 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de ácido oxálico (%) dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despelculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.....	103

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Preparo de algumas soluções para determinação de ácido oxálico.....105

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	Revisão bibliográfica	19
2.1.	O gergelim.....	19
2.2.	Mercado mundial de gergelim.....	20
2.3.	Mercado nacional de gergelim.....	21
2.4.	Características físico-químicas das sementes	22
2.5.	O ácido oxálico	24
2.6.	Técnicas de despliculação de sementes de gergelim	25
2.6.1.	Despliculação manual.....	25
2.6.2.	Despliculação mecânica	25
2.6.3.	Despliculação física	26
2.6.4.	Despliculação química ou industrial.....	26
2.7.	Comparação das tecnologias de despliculação de gergelim.....	27
3.	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1.	local dos experimentos	29
3.2.	Sementes de gergelim utilizadas nos experimentos	29
3.3.	Etapa I – Busca de patentes e desenvolvimento do protótipo para desplicular gergelim.....	31
3.3.1.	Material utilizado e construção do protótipo para desplicular gergelim	31
3.4.	Etapa II – Avaliação e caracterização do protótipo despliculador de gergelim	34
3.4.1.	Material utilizado.....	34
3.4.2.	Avaliação da capacidade despliculadora (rendimento de gergelim despliculado nesse processo).....	35
3.4.3.	Delineamento experimental e análise estatística	35
3.5.	Etapa III – Avaliação da facilidade de despliculação e da quantidade de pele de cinco cultivares de gergelim.....	36
3.5.1.	Preparo do material	36
3.5.2.	Material utilizado.....	36
3.5.3.	Determinações	36
3.6.	Etapas IV – Avaliação da eficiência do processo.....	38
3.6.1.	Material utilizado.....	38

3.6.2.	Avaliação da quantidade de gergelim despelculado nesse processo.....	38
3.6.3.	Avaliação da qualidade do gergelim despelculado	38
3.6.4.	Avaliação da qualidade do gergelim despelculado e armazenado durante 180 dias.....	42
3.6.5.	Modelo estatístico.....	43
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1.	Etapa I – Busca de patentes e desenvolvimento do protótipo para despelcular gergelim.....	44
4.1.1.	Descrição geral do protótipo	44
4.1.2.	Sistema de sustentação	46
4.1.3.	Sistema de acionamento	46
4.1.4.	Sistema de despelculação	47
4.1.5.	Sistema de giro e travamento para operação de despelculação e descarga.....	47
4.1.6.	Funcionamento do protótipo	48
4.1.7.	O processo de despelculação.....	49
4.2.	Etapa II – Avaliação e caracterização do protótipo despelculador de gergelim.	50
4.2.1.	Capacidade despelculadora (rendimento de gergelim despelculado nesse processo).....	50
4.3.	Etapa III – Avaliação da facilidade de despelculação e da quantidade de pele de cinco cultivares de gergelim.	53
4.4.	Etapa IV – Avaliação da eficiência do processo	57
4.4.1.	Avaliação da quantidade de gergelim despelculado nesse	57
4.4.2.	Avaliação da qualidade do gergelim despelculado	58
4.4.3.	Avaliação da qualidade do gergelim despelculado nesse processo e armazenado por 180 dias	65
5.	CONCLUSÕES	70

1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de grãos, na safra 2016/ 2017, atingiu 238,78 milhões de toneladas de grãos, aumento de 28%. E ocupou uma área de 60,9 milhões de hectares, confirmando a maior área semeada da história. Essa área está concentrada em duas culturas, soja e milho, que corresponde a 85% da área total de grãos semeada no país. A soja alcançou 114 milhões de toneladas e o milho 97,71 milhões de toneladas, distribuídas entre primeira e segunda safra (CONAB, 2017).

A CONAB aponta como motivos para o aumento da produção e da produtividade a maior utilização de tecnologia no campo, presente em sementes, técnicas de cultivo, uso de irrigação e principalmente de máquinas e implementos.

Em 2014, segundo o IBGE (2016) a indústria brasileira produziu quase duzentas mil toneladas de inseticidas, aproximadamente quinhentas mil toneladas de herbicidas, mais de cinco milhões de toneladas de fertilizantes químicos e cerca de cinquenta e cinco mil e seiscentos tratores agrícolas, neste mesmo ano produziu 6549 máquinas para limpeza e seleção de grãos e 42076 máquinas para moagem, trituração ou tratamento de cereais ou grãos, para uso industrial e comercial.

Por outro lado, Louzada (2015) confirma que estamos observando o surgimento de um problema grave, a troca de alimentos nutritivos por outros de alta densidade energética, açúcares e gorduras, ricos em sal, que matam a fome e são mais baratos, porém, além de não alimentarem adequadamente as pessoas, causam obesidade, que é uma forma de insegurança alimentar, considerada leve ou moderada.

A ONU (2015) aprovou a Agenda 2030, que estabelece o compromisso de erradicar a fome e a miséria no prazo de quinze anos, melhorar a nutrição e tornar mais sustentáveis os sistemas alimentares, apostando no casamento da biotecnologia com a agroecologia e à agricultura familiar.

A cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma alternativa de grande importância nutricional, econômica e social para as condições semiáridas do Nordeste brasileiro, por ser um cultivo fácil, por apresentar tolerância à estiagem e por gerar renda e ocupação aos produtores(as) familiares.

Queiroga et al. (2012), citando vários autores afirmam que as sementes de gergelim são uma excelente fonte de ácidos graxos insaturados e fito esteróis, no entanto, sua pele, contém fibras indigestas e uma quantidade de ácido oxálico que pode reduzir a absorção do cálcio na alimentação humana além de proporcionar um

sabor amargo às sementes. A retirada desta pele pode ser realizada por processos manual, mecânico, físico e químico (AUGSTBURGER et al., 2000), podendo reduzir o teor de ácido oxálico, tornando-as mais suaves, saborosas e melhorando a digestibilidade das proteínas. Assim, a despeliculação de sementes de gergelim é a condição de ampliar a sua utilização no campo alimentar.

A remoção da película torna o grão mais palatável e de melhor qualidade alimentícia e aspecto visual, agregando valor ao produto, que terá melhor preço no mercado por elevar sua qualidade alimentícia, podendo chegar a duplicar ou triplicar o seu valor em relação aos grãos in natura (QUEIROGA et al., 2007).

O processo mecânico de despeliculação do gergelim é um dos mais recomendáveis pelos pesquisadores por não inclui nenhum agente químico e, após o processo de separação da película, os grãos conservam todos os seus atributos naturais e nutricionais (QUEIROGA e SILVA, 2008). No entanto, não se encontra no mercado máquinas de despeliculação do gergelim que realize esta operação sem o emprego de produtos químicos e, tão pouco, que atenda ao produtor familiar. As grandes máquinas industriais, de preço proibitivo, operam em processo misto: mecânico e químico.

Motivado por esse cenário, objetivou-se desenvolver um protótipo para remover mecanicamente a película que envolve as sementes de gergelim sem o emprego de agente químico, que seja acessível e possa atender as necessidades do produtor(a) familiar. Como consequência, aumentar as opções de oferta de alimentos saudáveis. Objetivos específicos:

1. Projetar e construir uma despeliculadora de gergelim (*Sesamum indicum L.*) em nível de laboratório que não utilize produto químico;
2. Desenvolver um processo de despeliculação que seja rápido e eficiente;
3. Estudar o desempenho da despeliculadora, considerando diferentes rotações, ângulo de inclinação e tempo de processamento;
4. Avaliar o desempenho da despeliculadora para diferentes cultivares de gergelim
5. Avaliar a qualidade do gergelim despeliculado quanto ao seu valor nutricional e tempo de armazenamento.
6. Comparar o teor de ácido oxálico do gergelim despeliculado mecanicamente com algumas marcas comerciais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O GERGELIM

O gergelim (*Sesamum indicum L.*) pertence à família Pedaliaceae, é uma das mais antigas oleaginosas conhecida e a nona mais cultivada no mundo. É originário da África e da Ásia, onde estão os grandes produtores, como Nigéria e Índia, e o seu cultivo está espalhado por 67 países, sendo 27 na Ásia e 23 na África. No mundo são mais de 6,62 milhões de hectares cultivados, dos quais, menos de 1% no Brasil, onde se destacam os estados do Mato Grosso e Goiás (ARRIEL, 2013).

Por ser uma espécie de distribuição tropical e subtropical e tolerante à seca, assume uma posição proeminente no âmbito social com produção oriunda de pequenos e médios agricultores e ostentando grande importância no mercado nacional e internacional (SILVA, 1993; FIRMINO et al., 2001; LAGO et al., 2001; BARBOSA, 2013).

É uma planta oleaginosa de ampla adaptabilidade, seu cultivo se estende de 25º S e 25º N, porém pode ser encontrado também até 40º N na China, Rússia e USA a 30º S na Austrália e a 35º S na América do Sul. O cultivo desta oleaginosa prospera em regiões de alta temperatura, baixa altitude e iluminação solar abundante. Em geral, é resistente à seca e apto para o cultivo em zonas áridas e semiáridas e em épocas de escassa precipitação (BELTRÃO et al., 2013).

Em razão do baixo nível de tecnologia empregado e da contínua reutilização de sementes da própria lavoura, os rendimentos situam-se em torno de 600 a 800 kg/ha. Embora exista no mercado cultivares melhoradas de ciclo médio e precoce desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético do gergelim da Embrapa Algodão com potencial produtivo capaz de alcançar até 2 toneladas por hectare. (ARRIEL, 2013).

A utilização principal é "in natura", e compo os produtos da indústria alimentícia e de panificação, por possuir alta estabilidade química, a oleaginosa é usada ainda na produção de margarinas, lubrificantes, remédios, sabão, tintas e inseticidas, além de uma grande diversidade de produtos. Muitos pesquisadores consideram o óleo de gergelim semelhante ao azeite de oliva. A semente possui entre 48 a 56% de óleo e 20% de proteínas, sendo também bastante utilizada na ração animal (QUEIROGA et al., 2008; ARIEL, 2016). A proteína do gergelim pode ser

reticulada com ácidos orgânicos carboxílicos para a fabricação de filmes, e quando estes são obtidos a partir do processo de fermentação, são considerados produtos químicos verdes e os filmes podem ser utilizados para aplicações de embalagem de produtos alimentares (SHARMA et al., 2018).

O campo mais recentemente explorado é o do gergelim orgânico, visto como uma alternativa viável para agricultores familiares, especialmente no Nordeste do Brasil. Ele apresenta tolerância à seca, facilidade de cultivo e ampla adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região, além de ser pouco exigente em insumos e registrar baixa incidência de doenças e com tendência crescente no mercado nacional e internacional (CRUZ et al., 2010). Outra vantagem é prescindir da utilização de defensivos químicos, acarretando em menor agressão ao ecossistema (ARRIEL, 2013).

2.2. MERCADO MUNDIAL DE GERGELIM

O gergelim é uma oleaginosa com comercialização mundial em plena ascensão, devido ao aumento significativo de seu uso na industrialização de diversos produtos, principalmente indústria alimentícia, no processamento de doces, balas e nos produtos de panificação, além de seu emprego na culinária caseira para produção de iguarias regionais gersal, cocada, tijolinhos, fubá e pé-de-moleque (COSTA, 2007, citando Rossetti).

Dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO) demonstram que quase 97% da produção mundial de gergelim concentra-se na Ásia (48,5%) e África (48%), o restante, 3,4% é produzido na América e apenas 0,1% na Europa (FAO, 2016).

A produção mundial está estimada em 4.903.598 toneladas, colhidas em 8.983.143 hectares, com uma produtividade média de 549 kg/ha. O Brasil é um pequeno produtor com apenas 6.200 toneladas produzidas em 9.400 hectares, e produtividade em torno de 660 kg/ha (FAOSTAT, 2016). No Quadro 1 está apresentada a produção e a produtividade média dos principais países produtores de gergelim.

Quadro 1 - Produção e produtividade média dos principais países produtores de gergelim (*Sesamum indicum* L.).

País	Produção (mil toneladas)	Produtividade (Kg/há)
Índia	785	400
Myanmar	670	500
China	614	1400
Sudão	490	270
Nigéria	450	1000

Fonte: FAOSTAT (2016)

Apesar do Brasil ser um pequeno produtor de gergelim, sua produtividade média supera a dos maiores produtores mundiais, perdendo apenas para a China e Nigéria. Ressalta-se que o Brasil possui cultivares com produtividade acima de 2 ton.ha⁻¹

2.3. MERCADO NACIONAL DE GERGELIM

Cerca de 90% do gergelim produzido mundialmente é destinado ao consumo como alimento. A produção de gergelim no Brasil ainda é inferior à da maioria das oleaginosas cultivadas, tais como soja, coco, dendê, amendoim, girassol e mamona. Embora o cultivo de gergelim represente uma excelente opção agrícola, ao alcance de agricultores familiares e médios produtores, por exigir práticas agrícolas simples e fáceis, no entanto na região Nordeste, a comercialização do gergelim é bastante pulverizada e de difícil organização, principalmente por ser proveniente dos agricultores familiares, em cuja posse se concentra a maior parte da produção (SILVA et al., 2016).

Nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, esta oleaginosa é parte do consumo popular da classe de baixa renda, apresentando-se como importante opção, por se constituir em mais uma alternativa para os pequenos e médios produtores. A partir de 1986, nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba foram estruturados projetos de fomento à pesquisa com objetivo de oferecer ao produtor nordestino, outra opção de cultivo que melhorasse seu padrão alimentar, proporcionando renda adicional (BELTRÃO e VIEIRA, 2002).

O Brasil é responsável por menos de 1% da produção mundial de gergelim – cerca de 10 mil toneladas – e chega a importar 50% do que consome. Por isso, um programa de incentivo ao cultivo gergelim está sendo proposto para aumentar a produção, especialmente, para a agricultura familiar ter mais uma alternativa de remuneração (ARRIEL, 2013). A área plantada é de apenas oito mil hectares, concentrados principalmente na região Centro-Oeste, que detém em torno de 70% da produção. O Estado de Goiás é o maior produtor nacional (EMBRAPA, 2014).

Devido a preços compensadores, facilidade de cultivo e amplas possibilidades de bons rendimentos constitui-se opção extremamente significativa para o semiárido nordestino, não só por se constituir em mais uma alternativa de renda para o agricultor familiar e médio produtor da região, mas, também, por existir no Brasil um mercado crescente nos setores de panificação e na indústria de biscoitos e potencialidade do óleo do gergelim ser explorado de forma significativa no mercado nacional no consumo alimentar, fitoterápico e fito cosmético (SILVA et al., 2016).

2.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS SEMENTES

As sementes de gergelim apresentam tamanho reduzido (3 mm de comprimento, 2 mm de largura e 1 mm de espessura); o peso de 1000 sementes varia de dois a quatro gramas, dependendo da cultivar e do ambiente, e sua cor varia do branco ao preto (BELTRÃO et al., 2010).

As sementes de gergelim têm teor e qualidade de óleo superior aos de outras oleaginosas como soja e girassol (COSTA et al., 2007). É considerado um alimento riquíssimo em cálcio e fósforo, possuindo em sua composição óleo de ótima qualidade, proteínas, lecitina, vitaminas A, E, B1, B2, niacina e minerais (QUEIROGA et al., 2010).

O óleo de gergelim apresenta altos teores de ácidos graxos (100 gramas de gergelim possui; 7,8 g de ácidos graxos saturados, 19,9 g de ácidos graxos monoinsaturados e 22,5 g de ácidos graxos poli-insaturados (TACO, 2011).

No Quadro 2 encontram-se o valor nutricional e a composição mineral de sementes de gergelim in natura.

Quadro 2 – Valor nutricional e composição mineral de gergelim in natura.

Valor Nutricional (g /100g)								
Kcal	Proteína	Lipídeos	Carboidratos			Fibra alimentar	Cinzas	
584	21,2	50,4	21,6			11,9	2,9	
Composição mineral (mg)								
Cálcio	Potássio	Magnésio	Manganês	Fósforo	Ferro	Sódio	Cobre	Zinco
825	546	361	2,67	741	5,4	3	1,51	5,2

Fonte: TACO (2011)

Além de todos os nutrientes apresentados no Quadro 2. Uma porção de 100 gramas de sementes de gergelim possui 5,92 mg de niacina, 0,94 mg de tiamina, 0,13 mg de piridoxina, traços de riboflavina e vitamina C (TACO, 2011).

Após a extração do óleo o farelo ou farinha, possui cerca de 40% de proteínas; o óleo tem alta porcentagem de ácido graxo oleico; portanto, é um alimento rico em proteínas e sais minerais (QUEIROGA et al., 2008).

Entre os constituintes menores do óleo de gergelim, encontra-se a sesamina, sesamolina e o sesamol. Este último com suas propriedades antioxidantes dá ao óleo uma elevada estabilidade. Outra característica peculiar do óleo de gergelim é a sua função de ativador de certas substâncias inseticida, cujos efeitos tóxicos são aumentados em presença do óleo de gergelim. Esta propriedade não foi encontrada em nenhum outro óleo e, no gergelim, é atribuída principalmente a sesamina (BELTRÃO e VIEIRA, 2002).

Shin et al. (2016) relatam a existência de quantidades diferentes de sesamol e sesamolina entre cultivares de gergelim e a variação destes componentes dentro de cada cultivar de acordo com os locais e práticas de cultivo. A estabilidade oxidativa do óleo é elevada, em virtude da presença de lignanas, sesamolina e sesamina e de seus produtos de degradação, sesamol e sesamolol, que são potentes antioxidantes (ANTONIASSI et al., 2013). Para Barbosa (2013) o consumo da pasta de gergelim representa importante estratégia nutricional devido a sua capacidade de reduzir o estado inflamatório, estresse oxidativo e de induzir reparo do tecido muscular em atletas de futebol, particularmente em atletas abatidos.

Silva et al. (2011) citando diferentes autores, enumera alguns benefícios proporcionados pelo consumo do gergelim que têm sido reportados por diversos

autores devido aos teores consideráveis de fibra alimentar e de antioxidantes, com destaque para o conteúdo de compostos fenólicos, fitatos, lignanas e tocoferóis. Incluem a melhora da função reprodutiva, em decorrência de seus efeitos antioxidantes e do aumento nos níveis de testosterona; o controle glicêmico e do peso corporal; o aumento da atividade de enzimas antioxidantes em condições de estresse oxidativo; a redução do colesterol sérico; e o aumento da capacidade antioxidante na hipercolesterolemia.

Segundo Antoniassi et al. (2013) o efeito antienvhecimento do gergelim foi atribuído ao efeito sinérgico entre os tocoferóis e lignanas, além de redução de colesterol no sangue, em virtude da aceleração da decomposição de álcool no fígado, atividade anti-hipertensiva e anticarcinogênica, dentre outras.

2.5. O ÁCIDO OXÁLICO

O ácido oxálico é um ácido orgânico dicarboxílico, que também parece interagir com o cálcio, formando sal insolúvel ou oxalato de cálcio. O oxalato é considerado fator promotor da litogênese renal (PINTO, 2012).

O efeito tóxico do ácido oxálico no organismo deve-se à formação de oxalato de cálcio na urina e ao aumento do risco de formação de cálculos renais, pois o oxalato de cálcio é pouco solúvel na urina e diminui a disponibilidade do cálcio para realização de numerosos processos fisiológicos (BENEVIDES, 2011).

A presença de fatores antinutricionais, como o ácido fítico e o ácido oxálico, também é uma característica que precisa ser investigada nas espécies vegetais e nas suas sementes, pois sua alta concentração pode implicar a diminuição da biodisponibilidade de minerais catiônicos da dieta, especialmente cálcio, ferro, zinco e magnésio, pela formação de sais insolúveis ou quelatos, o que pode, dessa forma, desestimular seu uso na dieta (PINTO, 2012).

As sementes de gergelim são uma excelente fonte de ácidos graxos insaturados e fito esteróis, no entanto, sua pele, além de possuir fibras indigestas, possui uma grande quantidade de ácido oxálico que pode reduzir a absorção do cálcio na alimentação humana além de proporcionar um sabor amargo às sementes. A retirada desta pele pode reduzir o teor de ácido oxálico de 3% para 0,25% tornando-as mais suaves, saborosas e melhorando a digestibilidade das proteínas (MACHINE, 2016). Assim, a despeliculação de sementes de gergelim é a condição de ampliar a

sua utilização no campo alimentar, sendo, considerado como um processo preliminar de industrialização do gergelim; o mais recomendado seria o mecânico, principalmente quando se tratar de gergelim orgânico (QUEIROGA et al., 2007).

2.6. TÉCNICAS DE DESPELICULAÇÃO DE SEMENTES DE GERGELIM

A pele da semente do gergelim, por possuir componentes antinutricionais, deve ser removida. Por isso, vários processos foram ou estão sendo desenvolvidos, são eles:

2.6.1. Despeliculação manual

O processo manual de despeliculação consiste em colocar os grãos com casca numa bacia de plástico e adicionar água para o umedecimento dos mesmos por um período de 12 horas. Depois de umedecidos, os grãos são esfregados numa superfície rugosa (peneira de malha ou de metal) manualmente por determinado período de tempo e, em seguida, são lavados com água limpa. Uma vez separados das sujeiras por densidade, os grãos ficam expostos ao sol para secar durante 3 horas ou até atingirem teor de água em torno de 5%. Depois devem ser ventilados para retirada das películas remanescentes (QUEIROGA et al., 2007).

2.6.2. Despeliculação mecânica

Neste processo de despeliculação, os grãos são umedecidos em água por 6 horas. Depois são colocados no misturador ou bateadeira industrial por 5 minutos (MAZZANI, 1999). Completada essa operação de despeliculação, os grãos devem ser separados das películas por flutuação e fricção manual, posteriormente são expostos ao sol para secar até alcançarem 5% de umidade, bem como antes do ensacamento é realizada a ventilação para eliminação total da película (tegumento) (QUEIROGA, 2007). Esta técnica de fricção mecânica não inclui nenhum agente químico e, após o processo de separação da película, os grãos conservam todos seus atributos naturais e nutricionais. Esses grãos despeliculados podem ter preço duplicado ou triplicado,

quando são destinados para padarias, em relação aos grãos convencionais e representam 62% do mercado de gergelim (QUEIROGA et al., 2010).

2.6.3. Despeliculação física

Este método consiste em tostar sementes de gergelim numa frigideira seca durante 5 a 10 minutos a 180°C em fogo baixo. Uma vez tostados, os grãos são naturalmente descascados (método físico de eliminação das películas). Após esfriar, ventilar e limpar manualmente (peneirar), para então armazenar. (QUEIROGA et al., 2010).

2.6.4. Despeliculação química ou industrial

Considerado um processo mais eficiente na eliminação de películas das sementes (acima de 98%). Consiste no umedecimento das sementes por 3 h em água normal num tanque, posteriormente as mesmas são transportadas para um segundo tanque, onde se adicionam água (90 °C) e soda caustica (solução de 0,06%), deixando o produto em repouso por 1 minuto (RAMACHANDRA et al., 1970; SHAMANTHAKA et al., 1970). Em seguida, a água e a soda caustica são drenadas e o grão umedecido é levado ao descascador - uma espécie de bateadeira -, onde, por fricção e adição de água fria (25 °C), se tira a película do grão (MAZZANI, 1999). Quando o gergelim sai da bateadeira, os grãos são transportados para tanques de decantação com água renovada, para eliminar objetos pesados como metais, areia ou qualquer vestígio de material não desejável; ainda neste tanque, o gergelim é lavado com água fria sob pressão, para eliminar completamente a película, posteriormente os grãos são centrifugados, levados a um secador até atingir umidade entre 3 e 5% em base úmida. Após secagem os grãos são submetidos à classificação para separar os com pele dos sem pele, depois são embalados e armazenados (DELTATECH, 2005 citado por QUEIROGA et al, 2010).

2.7. COMPARAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE DESPELICULAÇÃO DE GERGELIM

Queiroga et al. (2012) realizou análises físicas de percentagem de remoção de películas e massa de mil semente; composição química: teor de água, teor de óleo, teor de proteína e teor de cinza e composição mineral: Fósforo, Potássio, Cálcio e Enxofre para avaliar a qualidade das sementes de gergelim submetidas aos processos de despeliculação: manual, físico e mecânico, encontrou diferenças altamente significativas entre os três métodos de despeliculação, provavelmente influenciadas pelas características intrínsecas das sementes utilizadas (Cultivar BRS Seda), com pouca facilidade de remoção de suas películas. Em comparação as sementes intactas, houve uma correlação positiva entre a percentagem de películas removidas das sementes pelos diferentes métodos estudados e o seu teor de cálcio e elementos minerais fósforo e potássio e para a composição química teor de óleo em relação às sementes com casca (testemunha).

Mazzani (1999) realizando trabalho de despeliculação de gergelim na Venezuela observou que o índice de peróxido (oxidação) foi ligeiramente maior na amostra descascada mecanicamente nas seis semanas de armazenamento, quando comparada com a amostra descascada quimicamente (hidróxido de sódio a 0,06%). Entretanto, esta última amostra apresentou maior deterioração a partir da oitava semana de armazenamento, ficando mais acentuada a mudança de cor.

Calvette et al. (1993), estudando o processamento do gergelim, afirmam ter obtido sementes com aparência bastante homogênea, com percentuais de óleo e proteína superiores aos da semente integral e 86,52% de sementes despeliculadas utilizando a técnica de maceração em álcali com adaptações, de acordo com os parâmetros propostos por Shamanthaka et al. (1974), que consiste na maceração em solução de Hidróxido de Sódio a 0,6% a 86 °C por segundos, imersão em água 28 °C e lavagem em água corrente até pH neutro, drenagem e retirada da camada externa da semente com auxílio de uma despoldadora de frutos com adaptações. Em pesquisa realizada nas principais base de dados sobre patentes, não foi encontrado referência da existência de despeliculadora mecânica para o gergelim no mercado brasileiro. No entanto, encontra-se alguns sites que anunciam a possibilidade de fabricação deste equipamento sob encomenda no Brasil, ou a importação do mesmo diretamente da China (Figura 1).

Figura 1 – Máquinas para despelicular gergelim comercializadas pela internet. A, B, C e D.

<p>Imagem A</p> 	<p>Imagem B</p> 
<p>Modelo: Modelo PZM-1 Características: Capacidade 200-250kg/h Motor 3 kw 380 v 50 hz</p>	<p>Modelo: Modelo ASP - 120 Características: Capacidade 4-5 t/d Motor 4 kw</p>
<p>Imagem C</p> 	<p>Imagem D</p> 
<p>Modelo: Modelo HPTP 1200 Características: Capacidade 200-250 kg/h Motor 5,5 kw</p>	<p>Modelo: Fabricado por encomenda Características: Capacidade 100kg/h</p>

Fonte: Alibaba (2016) (A, B e C) e Mfrural (2016) (D)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL DOS EXPERIMENTOS

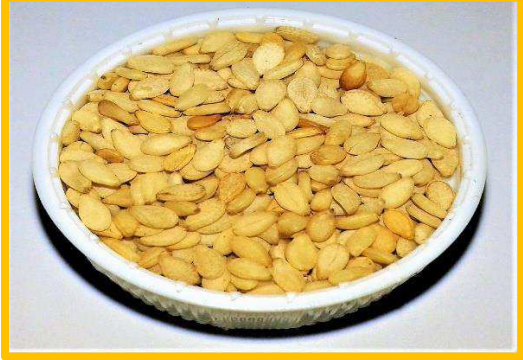
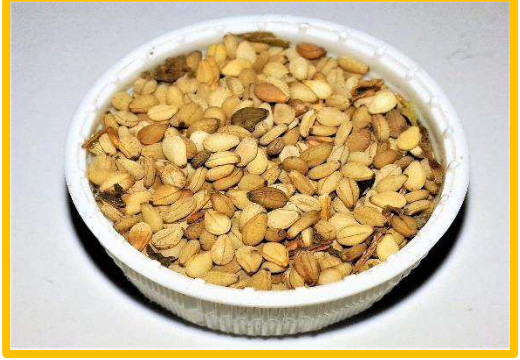


Com exceção do protótipo despeliculador de gergelim que foi realizado nas Metalúrgicas Dantas e Icomeg, e Studio Orus no município de Campina Grande – Paraíba em parceria com a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), seguindo princípios de funcionamento de uma betoneira¹. Os demais experimentos foram desenvolvidos na (UAEA) da (UFCG), os quais foram levados a cabo em quatro etapas, onde na primeira foi realizada uma pesquisa de patentes de despeliculadora de gergelim e desenvolvido um protótipo para realizar a despeliculação mecânica do gergelim e estudar o processo. Na segunda etapa, estudou-se a avaliação de desempenho do protótipo. Na terceira foi realizado um estudo da quantidade de pele e da facilidade de despeliculação de cinco cultivares de gergelim e, na quarta etapa foi avaliado o rendimento do processo e a qualidade do gergelim despeliculado e armazenado por 180 dias.

3.2. SEMENTES DE GERGELIM UTILIZADAS NOS EXPERIMENTOS

Nos diversos experimentos deste estudo, foram utilizadas sementes integrais de gergelim das cultivares BRS Seda, BRS Anahí, BRS G4, e das linhagens avançadas: Avermelhada e Pretinha (Figura 2), todas cedidas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Algodão, produzidas na Estação Experimental da Embrapa Algodão de Patos, PB, na safra 2016. Também foram utilizadas sementes de gergelim de três marcas comerciais despeliculadas por processos industriais e adquiridas no comércio local.

¹ Betoneira: Máquina compacta provida de um tambor giratório movida à energia elétrica ou combustível, que prepara o concreto ou mistura as argamassas: <http://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-betoneira.html> Copyright © E-Civil

Figura 2 – Principais características dos cultivares de gergelim utilizadas neste estudo.

<p>Cultivar: BRS Anahí Massa de 1000 sementes (g): 4,22 Teor de óleo (%): 50-52</p>	<p>Cultivar: BRS G4 Massa de 1000 sementes (g): 3,10 Teor de óleo (%): 48-50</p>
	
<p>Cultivar: BRS Seda Massa de 1000 sementes (g): 3,22 Teor de óleo (%): 50-52</p>	<p>Linhagem Vermelhada Massa de 1000 sementes (g): 3,40 Teor de óleo (%): 49-52</p>
	
<p>Linhagem Pretinha Massa de 1000 sementes (g): 3,20 Teor de óleo (%): 48-50</p>	
	

Fonte: CNPA G4, BRS Seda e BRS Anahí (Folder Embrapa Algodão); As linhagens (comunicação pessoal)

3.3. ETAPA I – BUSCA DE PATENTES E DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO PARA DESPELICULAR GERGELIM

Para conhecer as patentes existentes envolvendo o beneficiamento do gergelim no Brasil e no mundo para o processo de despeliculação foi realizada uma pesquisa nos bancos de dados das bases brasileira INPI, europeia **Espacenet** e Google **patentes**, utilizou-se os termos: gergelim (*sesame*), despeliculação (*dehulling*), máquina despeliculadora (*decking machine*), máquina descascadora (*peeling machine*) e *Sesamum indicum* L. Em seguida, fez-se uma filtragem dos dados utilizando os dois principais códigos internacionais: A23N - (Máquinas ou aparelhos para tratamento de frutas, legumes ou bulbos de flores colhidos a granel, não incluídos em outro local; descascamento de legumes ou frutas a granel; aparelhos para o preparo de produtos alimentícios para animais.) e B02B – (Beneficiamento preliminar do grão antes da moagem; refinação de frutas granulosas para produtos comerciais pelo beneficiamento da superfície do produto).

O layout do protótipo, a forma, as principais dimensões, os arranjos dos componentes os desenhos detalhados das peças a serem fabricadas, foram realizados no software *SketchUp 2015*, definindo todas as suas dimensões e selecionados os materiais de fabricação e as peças ou componentes que seriam adquiridos. Foi desenhado também, a montagem do protótipo, como um todo, bem como de alguns de seus subsistemas.

Dos desenhos, partiu-se para a fabricação do protótipo, o qual foi construído utilizando-se máquinas cortadoras a laser e equipamentos convencionais de ferramentaria, tais como, torno mecânico, furadora, dobradora de chapas, morsa, soldadora elétrica, micro retífica, lixadeira, compressor para pintura, dentre outros. Após a construção, as peças foram pintadas e posteriormente montadas, resultando no protótipo despeliculador de gergelim.

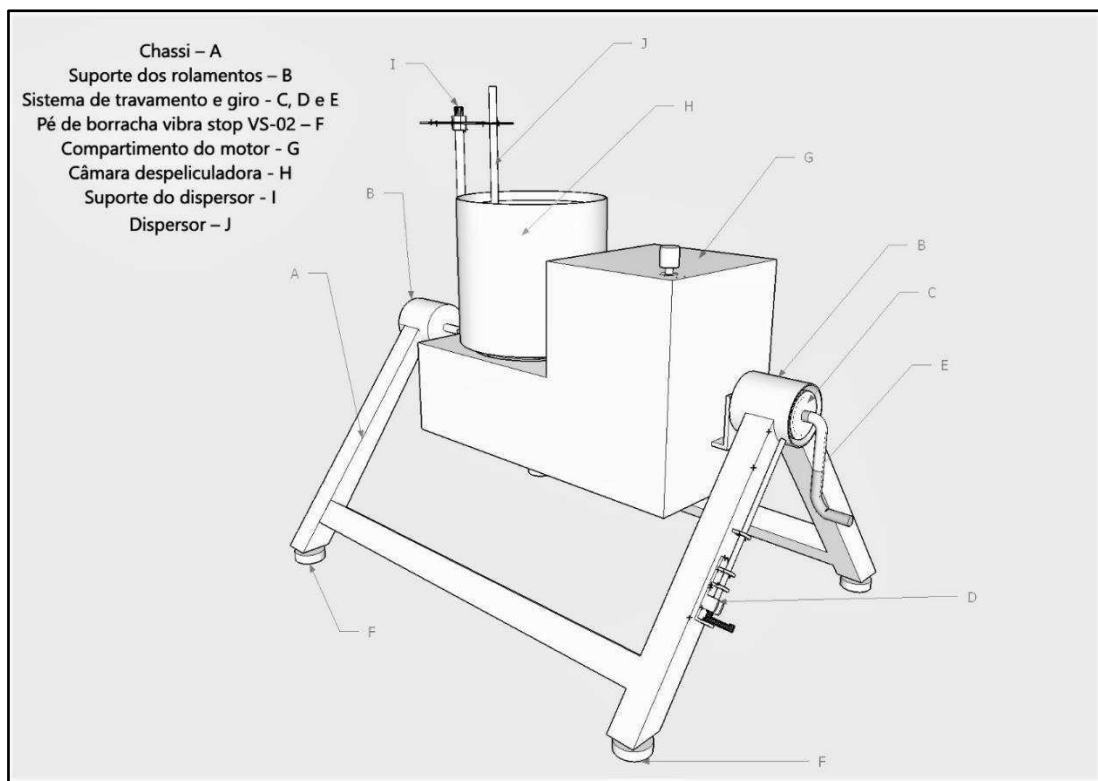
3.3.1. Material utilizado e construção do protótipo para despelicular gergelim

O protótipo para despelicular gergelim foi construído em peças metálicas, fibra de vidro e alguns acessórios em nylon e borracha (Figura 3).

O chassi do protótipo despeliculador de gergelim ou base tipo cavalete foi construído com tubo de liga de aço quadrado 25 x 25 x 2 mm (Figura 3. A).

Na parte superior de cada lado do chassi foi soldado um cilindro metálico medindo 50 x 50 x 2 mm para abrigar os rolamentos que comportam a árvore central do conjunto despeliculador (Figura 3. B).

Figura 3 – Vista isométrica do protótipo despeliculador de gergelim



O sistema de travamento e giro do conjunto despeliculador foi montado no lado direito da árvore principal, próximo ao rolamento, onde foi soldado um cilindro chato (40 mm de diâmetro x 10 mm de espessura) com aberturas laterais de 5 mm (Figura 3. C) para possibilitar o travamento do sistema através da trava adaptada com mola na “perna” da frente do lado direito do protótipo despeliculador de gergelim. (Figura 3. D).

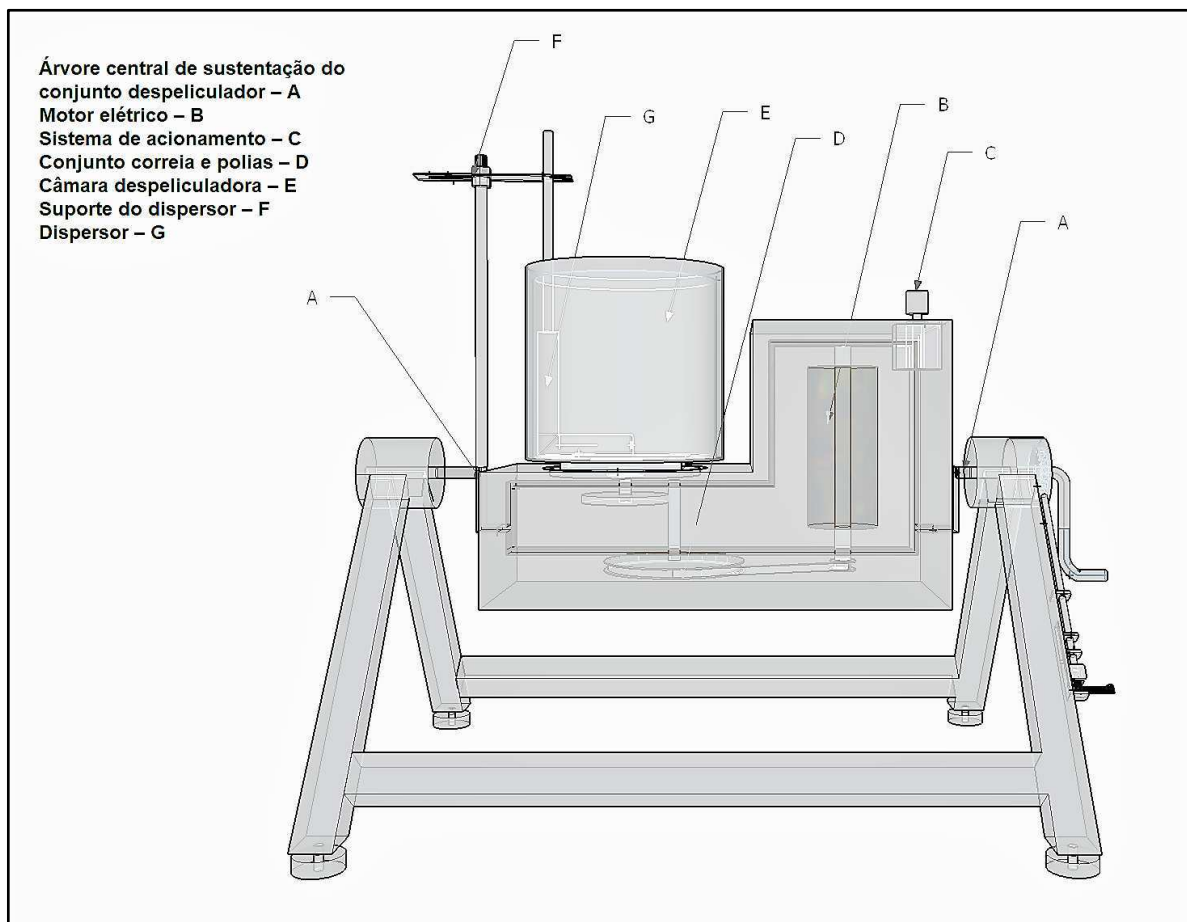
No eixo central do cilindro chato foi soldada uma barra de ferro redondo 4,76 mm de diâmetro x 150 mm de comprimento dobrada em “S” invertido (Figura 3. E) que funciona como manivela para girar o conjunto despeliculador

Na parte inferior de cada “perna do cavalete” foi rosqueado um pé de borracha vibra stop VS-02 (Figura 3. F).

O conjunto despeliculador é formado pelo compartimento do motor, construído em fibra de vidro (Figura 3. G), câmara despeliculadora (Figura 3. H), suporte do dispersor (Figura 3. I) e dispersor (Figura 3. J).

A árvore central (Figura 4. A) foi construída em barra metálica rosqueada com diâmetro 7,94 mm e dá sustentação e mobilidade (giro) ao conjunto despeliculador através dos rolamentos existentes em suas extremidades.

Figura 4 – Vista frontal do protótipo despeliculador de gergelim



O conjunto despeliculador consta de um motor elétrico de 500 Watts, 220 V (Figura 4. B), cuja velocidade é controlada por um dimmer² de 600 Watts (Figura 4. C)

² Dimmers são dispositivos utilizados para variar a intensidade de uma corrente elétrica média em uma carga.

e através de um conjunto de correias e polias (Figura 4. D) faz a câmara despeliculadora girar em torno do próprio eixo (Figura 4.E).

O conjunto correia e polias é formado pela polia motora com diâmetro de 20 mm e pela polia movida com diâmetro de 98 mm em cujo eixo, existe uma engrenagem de 7 mm de diâmetro e 7 dentes, estes movem uma engrenagem de 80 mm de diâmetro e 72 dentes cujo eixo gira a câmara despeliculadora.

A câmara despeliculadora é formada por dois cilindros construídos em aço-inox 316, chapa 22. O cilindro interno da câmara despeliculadora mede 140 mm de diâmetro e 120 mm de profundidade, foi perfurado (\emptyset do furo 0,5 mm) de centímetro em centímetro na horizontal e na vertical de forma que, sua superfície interna ficasse áspera para retirar a película das sementes e permitir a passagem de água. Para fazer estes furos, foi utilizado uma ponteira de aço inox de 8 mm de diâmetro x 150 mm de comprimento com ponta cônica. O cilindro externo cuja função é proteger o cilindro interno e reter a água utilizada no processo de despeliculação mede 160 mm de diâmetro e 130 mm de profundidade.

O suporte do dispersor (Figura 4. F) foi soldado do lado esquerdo sobre a árvore central, formando um ângulo de 90°, este é formado por uma barra metálica rosqueada de 7,94 mm de diâmetro x 250 mm de altura, na extremidade superior desta barra rosqueada existe duas porcas sextavadas que prendem uma chapa de inox 25 x 110 x 2 mm onde é fixado o dispersor.

O dispersor (Figura 4. G) é uma escova com cerdas de nylon, dobrada em “L”, com tamanho de 150 mm de comprimento por 15 mm de diâmetro.

3.4. ETAPA II – AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROTÓTIPO DESPELICULADOR DE GERGELIM

3.4.1. Material utilizado

Para a realização da Etapa II, foram utilizadas sementes de gergelim de cor branca, cultivar BRS Anahí descrita no item 3.2.

Para determinação do melhor desempenho do protótipo despeliculador de gergelim foram avaliadas 3 (três) rotações do cilindro despeliculador: R1 – 215 rpm, R2 – 230 rpm e R3 – 245 rpm; 3 (três) ângulos de inclinação do cilindro: A1 – 45°, A2 – 60°, e A3 – 75°; e 3 (três) tempos de agitação: T1 – 5 min, T2 – 7 min, T3 – 9 min,.

Utilizando-se amostras de 30 g de sementes de gergelim que foram submetidas ao processo de despeliculação.

3.4.2. Avaliação da capacidade despeliculadora (rendimento de gergelim despeliculado nesse processo)

A despeliculação foi realizada após a imersão das amostras de 30 g de sementes em água a 90 °C durante 3 m e agitadas no protótipo nas condições experimentais citadas no item anterior. Após a conclusão do processo de despeliculação, realizado conforme a descrição acima. Tomou-se alíquotas de aproximadamente 3,5 g para separação manual das sementes com e sem pele.

Calculou-se a porcentagem de despeliculação através da Eq. 1

$$D = \frac{Msd}{Msi + Msd} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

D – Porcentagem de despeliculação

Msi – Massa de sementes integrais

Msd – Massa de sementes despeliculadas.

3.4.3. Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido de acordo com o DIC e disposto em esquema fatorial 3 x 3 x 3 com 4 repetições, totalizando 108 unidades experimentais, que foram codificados para evitar qualquer influência do pesquisador quando da análise dos resultados

Os dados obtidos, neste ensaio, foram avaliados com o uso do software ASSISTAT, versão 7.7 (SILVA e AZEVÊDO, 2016), submetidos a ANOVA e as médias, quando necessário, foram comparadas pelo teste de Tukey.

3.5. ETAPA III – AVALIAÇÃO DA FACILIDADE DE DESPELICULAÇÃO E DA QUANTIDADE DE PELE DE CINCO CULTIVARES DE GERGELIM

3.5.1. Preparo do material

Após a recepção das sementes no LAPPA, as mesmas foram submetidas ao processo de limpeza em um soprador construído com este objetivo (Apêndice 1) para retirada de todas as impurezas e, em seguida obtenção das amostras para determinação do teor de água. De cada lote de sementes tomou-se amostras de 70 gramas que foram utilizadas no estudo.

3.5.2. Material utilizado

Para a realização deste estudo, foram utilizadas sementes integrais de gergelim das cultivares BRS Seda, BRS Anahí, BRS G4, e das linhagens avançadas: Avermelhada e Pretinha descritas no item 3.2.

3.5.3. Determinações

3.5.3.1. Teor de água

Para essa determinação utilizou-se de 5g da amostra em cápsula de metal, previamente tarada, que foi seca em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 h. Decorrido esse tempo, retirou-se o material da estufa, transferindo-o para um dessecador para resfriar por aproximadamente 30 min e posterior pesagem (BRASIL, 2009).

3.5.3.2. Facilidade de despeliculação

A determinação da facilidade de despeliculação foi realizada após o desenvolvimento de uma metodologia que consistiu em umedecer aproximadamente 5 gramas de sementes em água a diferentes temperaturas: ambiente $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 40°C , 50°C , 60°C , 70°C , 80°C e 90°C .

O umedecimento das sementes foi realizado utilizando-se beakers de 150 mL onde foram colocadas 5 g de sementes de cada material mais 50 ml de água para cada temperatura estudada. A cada intervalo de tempo (1 minuto) friccionava-se uma amostra de 10 sementes entre os dedos polegar e indicador, quando, por três repetições consecutivas, 100% das sementes soltavam a pele, era marcado o tempo.

3.5.3.3. Massa de mil sementes

Após a secagem e limpeza das sementes, foram retiradas ao acaso, 4 amostras de 1000 sementes de cada cultivar e pesadas em balança com precisão de 0,0001 g. marca Marte Científica, modelo ATY-224. A massa de 1000 sementes foi utilizada como índice do tamanho da semente e/ou grão, tanto com pele (integral) como sem pele (despeliculada) (BRASIL, 2009).

3.5.3.4. Porcentagem de pele

A porcentagem de pele foi calculada pela diferença de massa das amostras de mil sementes, integrais e despeliculadas, de cada cultivar estudado, através da Eq. 2.

$$P = \frac{M_{si} - M_{sd}}{M_{si}} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

P – Porcentagem de pele

M_{si} – Massa seca de mil sementes integrais

M_{sd} – Massa seca de mil sementes despeliculadas.

3.5.3.5. Modelo estatístico

O experimento foi conduzido de acordo com o DIC e disposto em esquema 7 x 5, (7 temperaturas x 5 cultivares) e 4 repetições, totalizando 140 unidades experimentais. Os dados obtidos, neste ensaio, foram avaliados com o uso do software ASSISTAT, versão 7.7 (SILVA e AZEVÊDO, 2016), submetidos a ANOVA e as médias, quando necessário, foram comparadas pelo teste de Tukey.

3.6. ETAPAS IV – AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO

Esta avaliação foi determinada através da quantidade e da qualidade do gergelim despelculado e armazenado por 180 dias.

3.6.1. Material utilizado

Para a realização deste estudo, foram utilizadas sementes integrais de gergelim das cultivares BRS Seda, BRS Anahí, BRS G4, e das linhagens Vermelhada e Pretinha, descritas no item 3.2.

3.6.2. Avaliação da quantidade de gergelim despelculado nesse processo

A avaliação da quantidade de gergelim despelculado nesse processo foi determinada em porcentagem utilizando-se a mesma metodologia descrita no item 3.4.2.

3.6.3. Avaliação da qualidade do gergelim despelculado

Após a conclusão do processo de despelculação as sementes de gergelim foram submetidas a avaliação da qualidade físico-químicas, avaliou-se o teor de água, lipídeos, proteínas, carboidratos e de cinzas, cor, atividade de água, acidez titulável e também o teor de ácido oxálico. O teor de ácido oxálico dos cinco genótipos estudados foi comparado ao de três produtos comerciais, os quais, foram identificados neste estudo como Gc1 – Marca comercial 1, Gc2 – Marca comercial 2 e Gc3 – Marca comercial 3. Os grãos de gergelim das marcas comerciais identificadas como Gc1 e Gc2, apresentavam em seus rótulos a descrição “gergelim branco sem pele”, enquanto a marca comercial identificada como Gc3, apresentava em seu rótulo a descrição “gergelim preto, misto, despelculado por tosta”.

3.6.3.1. Teor de água

O teor de água foi determinado como já descrito no item 3.3.4.2

3.6.3.2. Determinação de lipídeos

A determinação de lipídeos foi realizada utilizando a metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959), sendo pesada uma massa de 2,5 a 3,5 gramas para as determinações. Os percentuais foram obtidos utilizando-se a Eq. 3.

$$\% \text{ lipídios totais} = \left(\frac{p \times 4}{g} \right) \times 100 \quad (3)$$

Em que:

p – peso dos lipídios (g) contidos em 5 mL

g – peso da amostra(g)

3.6.3.3. Teor de proteína

O teor de proteínas foi determinado através do método Kjeldahl modificado, de acordo com a metodologia descrita por AOAC (1996) e por Nogueira e Souza (2005). Quantidades de 0,2 g de amostra foram pesadas e transferidas para tubos digestores de Kjeldahl, onde foram adicionados 5 mL de ácido sulfúrico e cerca de 0,5 g da mistura catalítica. Em seguida foram levados para aquecimento até 400°C em bloco digestor, em capela, até a solução se tornar azul-esverdeada, formando o sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄). Posteriormente, com o material já à temperatura ambiente, adicionou-se 3 gotas do indicador fenolftaleína a 1%. Logo após o tubo foi imediatamente levado ao conjunto de destilação, onde o sulfato de amônio foi tratado com hidróxido de sódio 40% (NaOH), em excesso, ocorrendo a liberação de amônia e garantindo um ligeiro excesso de base. Iniciou-se o processo de destilação com o aquecimento, onde a amônia que despreendeu na reação foi coletada em Erlenmeyer de 250 mL (cerca de 25 mL de destilado) contendo ácido bórico a 4% e indicador misto. O destilado foi titulado com ácido clorídrico a 0,1N.

O nitrogênio total (NT) foi determinado pela seguinte Eq. 4.

$$NT = \frac{((Va - Vb) \times F \times 0,1 \times 0,014 \times 100)}{M1} \quad (4)$$

Em que:

NT – teor de nitrogênio total na amostra, em percentagem;

Va – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, em mililitros;

Vb – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco, em mililitros;

F – fator de correção para o ácido clorídrico 0,01 mol/L;

M1 – massa da amostra (em gramas).

Na determinação da proteína bruta, multiplica-se o valor do nitrogênio total encontrado pelo método de Kjeldahl por um fator que converte o nitrogênio em proteína. Para gergelim foi usado o fator 6,25, o mesmo indicado para a soja, tendo em vista que a soja é uma oleaginosa. A Eq. 5 foi utilizada para determinar a proteína bruta:

$$PB = NT \times FN \quad (5)$$

Em que:

PB – teor de proteína bruta na amostra, em percentagem;

FN – fator de conversão do nitrogênio;

NT – teor de nitrogênio total.

3.6.3.4. Teor de carboidratos

O teor de carboidrato totais foi calculado por diferença (100 – teor de água, proteínas, lipídeos e cinzas), segundo a resolução RDC nº 360, de 23/12/2003 (ANVISA, 2003).

3.6.3.5. Cinzas

Para as determinações das cinzas, 2 g da amostra foi pesada em cápsula de porcelana e levada a mufla à temperatura de 550 a 570 °C para serem incineradas.

Estas permaneceram sob esta temperatura até que a amostra fosse totalmente carbonizada (BRASIL, 2008).

3.6.3.6. Acidez titulável

Foi obtida conforme recomendações de Brasil (2008), onde se pesou uma amostra de 1g do material e adicionou 50 mL de água destilada, sendo posteriormente titulada com NaOH (0,1N) até atingir o ponto de viragem na presença de um indicador. A acidez foi determinada utilizando a Eq. 6 e os resultados expressos em percentagem de ácido oleico.

$$\text{acidez titulável (\%)} = \frac{N_{\text{NaOH}} \times \text{Eq}_{\text{ácido}} \times V_{\text{NaOH}} \times f_{\text{NaOH}} \times 100}{m_{\text{amostra}}} \quad (6)$$

Em que:

N_{NaOH} – normalidade da solução de NaOH

$\text{Eq}_{\text{ácido}}$ – equivalente do ácido = 0,06404

V_{NaOH} – volume de solução de NaOH

f_{NaOH} – fator de correção da solução de NaOH

m_{amostra} – massa da amostra (g)

3.6.3.7. Atividade de água (a_w)

Para determinar a atividade de água, das sementes despelculadas, foram usados capsulas de polietileno com diâmetro interno de 3,8 cm, sendo adicionada quantidade suficiente do material a ser analisado na capsula e em seguida levada para o equipamento medidor de atividade de água do tipo Aqualab digital, modelo 3TE-B.

3.6.3.8. Cor

A determinação deste parâmetro deu-se com o auxílio de um colorímetro (Minolta modelo CR400) que utiliza sistema de coordenadas retangulares que definem a cor em termos do valor L^* , a^* e b^* , em que a coordenada L^* representa quão claro ou escuro é o material em estudo, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100

(totalmente branco). A Coordenada a^* pode assumir valores entre -80 a +100, cujos extremos correspondem, respectivamente, ao verde e ao vermelho. A coordenada b^* pode variar de -50 a +70, com intensidade do azul ao amarelo.

3.6.3.9. Teor de ácido oxálico

Foram pesados 2,5g de cada amostra e colocados em 250 mL de solução de HCl 0,25 N. A amostra foi mantida em banho Maria a 70 °C por uma hora, resfriada e mantida a temperatura ambiente por 12 horas, depois filtrada em papel de filtro quantitativo lento. Foram pipetados 5 mL em tubo de centrífuga, resfriados em banho de gelo por 20 minutos e adicionados de 1 mL de reagente de precipitação (Anexo 1) com a realização de agitação. Foram mantidos refrigerados a 4°C por cerca de 12 horas, sendo posteriormente centrifugados a 3800 rpm por 5 minutos. Foi descartado o sobrenadante e foi dissolvido o precipitado em 5 mL de solução de lavagem (Anexo 2), foi centrifugado novamente, como já descrito, sendo descartado o sobrenadante. Os tubos com o precipitado foram secos a 100 °C por 30 minutos, o precipitado dissolvido em 5 mL de H₂SO₄ 2 N, aquecido e titulado em 0,02 N de KMnO₄ em microbureta até a persistência da cor rosa claro. A porcentagem de ácido oxálico foi calculada multiplicando-se o volume em ml gasto de KMnO₄ na titulação pelo fator 1,8 conforme Moir (1953).

3.6.4. Avaliação da qualidade do gergelim despelucado e armazenado durante 180 dias

A cultivar que apresentou melhor resultado foi armazenada e avaliada durante 180 dias. O armazenamento foi realizado em condições ambientais sem controle de temperatura e umidade relativa do ar. As sementes despelucadas foram acondicionadas em embalagens de polietileno transparente, tipo zip lock, apropriadas para alimentos. Durante o armazenamento avaliou-se o teor de água, lipídeos, proteínas, carboidratos e de cinzas, cor, atividade de água, acidez titulável e também o teor de ácido oxálico conforme descritos no item 3.6.3.

3.6.5. Modelo estatístico

Para todos os experimentos dessa etapa empregou-se o DIC. Os experimentos de avaliação da quantidade e o da qualidade de gergelim despelculado foram executados com 5 tratamentos (cultivares) e 4 repetições. O experimento de avaliação do teor de ácido oxálico seguiu o modelo fatorial 5 x 2 (5 cultivares x 2 beneficiamento – integral e sem pele) com 3 repetições. O Experimento de avaliação do teor de ácido oxálico do gergelim despelculado comparado com as marcas comerciais foi executado com 8 tratamentos (cultivares) e 3 repetições. As avaliações da qualidade do gergelim despelculado e armazenado foram realizadas com 7 tratamentos (tempos de armazenamento) e 3 repetições. Os dados do teor de ácido oxálico do gergelim armazenado foram submetidos a análise de regressão. Os dados obtidos, neste ensaio, foram avaliados com o uso do software ASSISTAT, versão 7.7 (SILVA e AZEVÊDO, 2016), submetidos a ANOVA e as médias, quando necessário, foram comparadas pelo teste de Tukey.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ETAPA I – BUSCA DE PATENTES E DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO PARA DESPELICULAR GERGELIM.

Inicialmente, a pesquisa registrou 108 patentes na base europeia *Espacenet*, no entanto, o sistema do banco de dados encontrou apenas 101 patentes. Na base brasileira INPI foram encontradas apenas 2 patentes, totalizando 110 patentes selecionadas em agosto de 2016. A pesquisa realizada no *Google Patents*, registrou 11 patentes para o termo Gergelim, 36.062 para o termo *Sesame*, 4.739 para o termo *Dehulling*, 6 para o termo descascamento e 31.887 para o termo *Barking*.

A pesquisa de patentes na base de dados do INPI, não retornou nenhum registro quando pesquisado sobre despeliculação de sementes de gergelim. Quando usado o termo gergelim foram encontrados 2 registros, porém com os códigos A23L, que se refere as patentes de alimentos, produtos alimentícios ou bebidas não alcoólicas e A61K que trata de patentes de preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas.

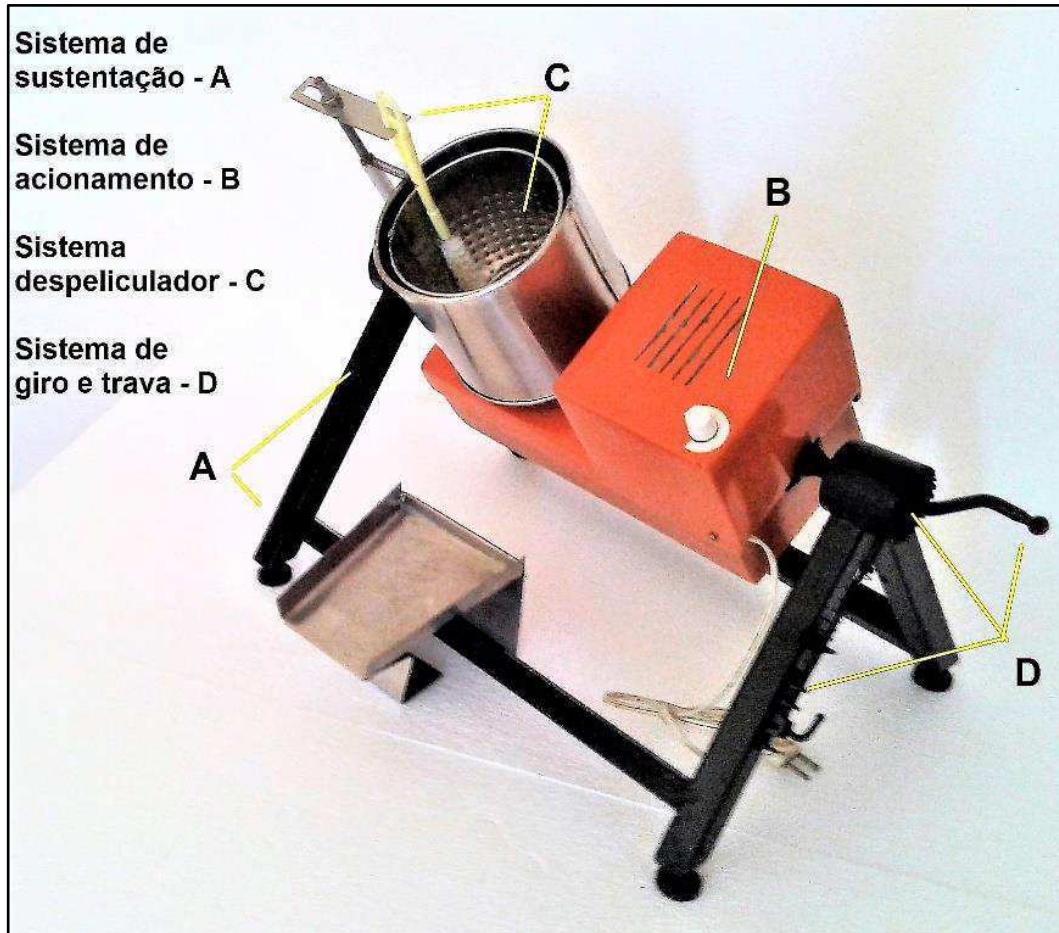
Mediante os resultados do estudo (busca de patentes) não se encontrou referências da existência de máquinas de despeliculação de gergelim produzidas no Brasil quer pelo processo exclusivamente mecânico quer pelo processo misto. E, no mercado internacional pelo processo exclusivamente mecânico, uma vez que se encontra despeliculadoras industriais de fabricação Chinesa que utilizam o processo misto (mecânico-químico).

4.1.1. Descrição geral do protótipo

O protótipo é uma máquina de bancada construída em peças metálicas, fibra de vidro e alguns acessórios em nylon e borracha caracterizado por realizar a remoção da pele de grãos integrais de gergelim e é constituído pelo sistema de sustentação, sistema de acionamento, sistema de despeliculação e sistema de giro, travamento e descarga. É um equipamento compacto, de fácil operação, manutenção, regulagem e limpeza, podendo ser operado por apenas uma pessoa sem necessitar de esforço físico do operador. Cada ciclo (etapa de operação) de despeliculação tem duração de 5 a 7 (minutos) e pode despelicular de 30 a 50 gramas

Na Figura 5, observa-se o protótipo desenvolvido para despelicular sementes de gergelim, a ser utilizado por agricultores familiares, associações de produtores, panificadores, adeptos da culinária vegetariana, dentre outros.

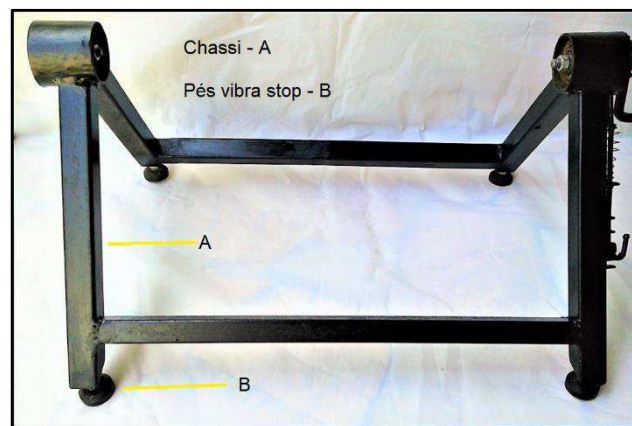
Figura 5 – Protótipo desenvolvido para despelicular sementes de gergelim



4.1.2. Sistema de sustentação

O sistema de sustentação ou chassi do protótipo despeliculador de sementes gergelim é construído com tubo de liga de aço quadrado 25 x 25 x 2 mm e dá sustentação a árvore central do conjunto despeliculador e está apoiado sobre quatro pés de borracha vibra stop (Figura 6).

Figura 6 – Sistema de sustentação



4.1.3. Sistema de acionamento

O sistema de acionamento do conjunto despeliculador é formado por uma chave giratória liga/desliga de um dimer de 600 Watts, um motor elétrico de 500 Watts, 220 V e de um conjunto de correia e polias que aciona a câmara despeliculadora fazendo-a girar em torno do próprio eixo com uma rotação que pode ser ajustada entre 215 e 245 rpm. (Figura 7).

Figura 7 – Sistema de acionamento



4.1.4. Sistema de despeliculação

O sistema de despeliculação é formado pela câmara despeliculadora e pelo dispersor. A câmara despeliculadora possui dois cilindros construídos em aço-inox 316, chapa 22, sendo um cilindro maior, cuja função é proteger o cilindro menor (interno) e reter o excesso de água da massa de sementes a ser despeliculada. O cilindro interno da câmara despeliculadora tem a função de, junto com o dispersor (escova de nylon dobrada em “L”), retirar a pele do gergelim (Figura 8) sendo ajustada ao ângulo de inclinação de trabalho.

Figura 8 – Sistema de despeliculação

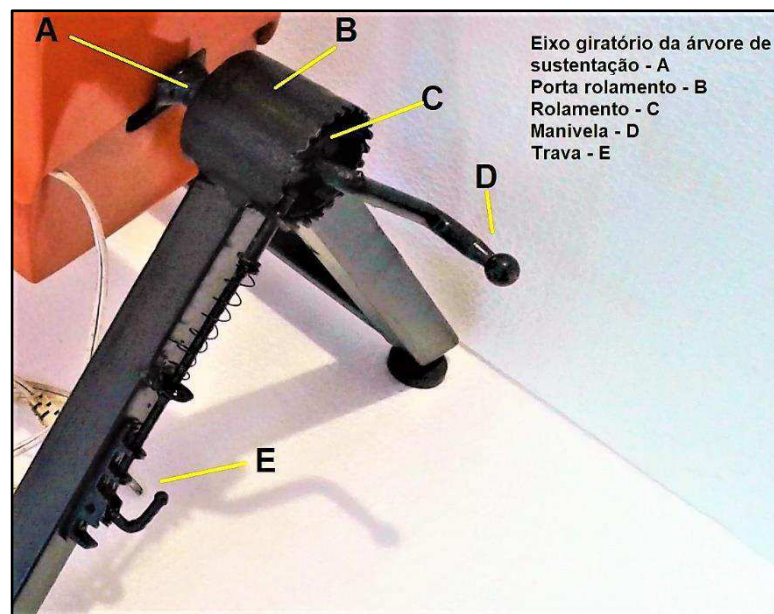


4.1.5. Sistema de giro e travamento para operação de despeliculação e descarga

O sistema de giro e travamento para operação de despeliculação e descarga do conjunto despeliculador permite ajustar o ângulo de inclinação entre $+45^\circ$ e $+90^\circ$ (em relação a linha horizontal) para realizar o trabalho de despeliculação ou -45° (em relação a linha horizontal) para realizar a operação de descarga. Este sistema, está fixado no lado direito da árvore principal, próximo ao rolamento, onde um cilindro chato (40 mm de diâmetro x 10 mm de espessura) com aberturas laterais de 5 mm possibilita o travamento do conjunto despeliculador através da trava existente na “perna” da

frente do lado direito do protótipo. Do eixo central do cilindro chato parte uma manivela, construída com uma barra de ferro cilíndrica com 4,76 mm de diâmetro x 150 mm de comprimento dobrada em “S” invertido (Figura 9) cuja função é girar o conjunto despeliculador.

Figura 9 – Sistema de giro e travamento para operação de despeliculação e descarga



4.1.6. Funcionamento do protótipo

A operação do protótipo inicia-se com o abastecimento da câmara despeliculadora que é realizado manualmente com as sementes de gergelim selecionadas, limpas e umedecidas em água aquecida. Aciona-se o motor elétrico através da chave giratória do controlador dimmer, fazendo girar a câmara despeliculadora que pode trabalhar com uma inclinação variável entre 45° e 90° e 215 a 245 RPM. O sistema de rotação submete as sementes de gergelim a um atrito entre si e entre as paredes da câmara despeliculadora e as cerdas do dispensor. Completado o tempo de despeliculação, desliga-se a chave de acionamento, destrava-se o sistema de giro e inclina-se o conjunto despeliculador, com o auxílio de um jato de água completa-se a operação de descarga da massa de grãos em um recipiente limpo.

4.1.7. O processo de despeliculação

A invenção do protótipo para despelicular sementes de gergelim gerou paralelamente a criação de um processo para a realização da remoção da pele destas sementes sem o uso de aditivos químicos, o processo consiste em: realizar a limpeza dos grãos em um soprador seguido da separação das sementes de outros materiais que não sejam sementes. Após a limpeza, as sementes são imersas em água quente (ideal 90°C por 3 minutos) para facilitar a remoção da pele do gergelim que após a drenagem da água quente, o produto é levado para a máquina despeliculadora (protótipo) onde permanecerá por alguns minutos (ideal é 7 minutos). Decorrido o tempo de processamento na máquina, as sementes são lavadas com água para auxiliar na separação parcial dos resíduos (pele das sementes) dos grãos (sementes de gergelim). Em seguida, os grãos são levados para secagem (ideal é secagem em estufa com circulação de ar a 60°C por 3 horas) e, posteriormente são limpas em soprador e classificadas, sendo o processo finalizado com a embalagem e o armazenamento dos grãos. O processo de despeliculação é realizado seguindo o fluxograma apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Fluxograma do processo de despeliculação mecânica sem aditivos químicos



4.2. ETAPA II – AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROTÓTIPO DESPELICULADOR DE GERGELIM.

4.2.1. Capacidade despeliculadora (rendimento de gergelim despeliculado nesse processo)

O quadro de análise dos dados da porcentagem de despeliculação obtidos em função da rotação, do ângulo de inclinação e do tempo de agitação da câmara despeliculadora, estão disponíveis no Apêndice 2. A análise de variância para estes três fatores e para interação entre eles revelou valores de F altamente significativos.

Os resultados referentes às médias de cada fator de operação do protótipo encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3. Comparando-se os resultados, observa-se que a para a rotação 3 foi obtida maior porcentagem de despeliculação, ou seja, a maior rotação (245 rpm) proporciona uma movimentação mais rápida das sementes dentro da câmara despeliculadora e conseqüentemente uma maior fricção das mesmas com a parede da câmara de despeliculação, retirando assim, mais facilmente as peles dos grãos de gergelim.

Tabela 1 – Médias da porcentagem de despeliculação das sementes de gergelim em função do número de rotações da câmara de despeliculadora do protótipo.

Tratamentos	Porcentagem de despeliculação
R1 – 215 rpm	82,61 b
R2 – 230 rpm	80,87 c
R3 – 245 rpm	85,77 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando-se as médias da porcentagem de despeliculação das sementes de gergelim obtidas em função do ângulo de inclinação da câmara de despeliculação do protótipo, verifica-se que, o tratamento A3 foi superior aos demais. Isto é, quando o protótipo trabalhou com a inclinação 45° com a horizontal, houve uma maior porcentagem de despeliculação, fato que se deve, provavelmente, a uma melhor

distribuição dos grãos dentro da câmara despeliculadora, conseqüentemente, um maior contato com as paredes da câmara despeliculadora e com a escova dispersora.

Tabela 2 – Médias da porcentagem de despliculação das sementes de gergelim em função do ângulo de inclinação da câmara despeliculadora do protótipo.

Tratamentos	Porcentagem de despliculação
A1 – 75° c/a horizontal	81,36 b
A2 – 60° c/a horizontal	80,69 c
A3 – 45° c/a horizontal	87,19 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando-se as médias da porcentagem de despliculação das sementes de gergelim obtidas em função do tempo de processamento dentro da câmara de despliculação do protótipo, verifica-se que, o tratamento T3 (maior tempo estudado - 9 min) foi superior aos demais, com 86,61% de rendimento. Isto se deve provavelmente, ao fato de que, quando as sementes passam mais tempo sendo agitadas dentro da câmara despeliculadora, há um maior tempo de contato com as paredes da câmara despeliculadora e com a escova dispersora, e, conseqüentemente, um maior número de sementes são submetidas ao atrito necessário a retirada da pele.

Tabela 3 – Médias da porcentagem de despliculação das sementes de gergelim em função do tempo de processamento na câmara despeliculadora do protótipo.

Tratamentos	Porcentagem de despliculação
T1 – 5 minutos	78,63 c
T2 – 7 minutos	84,00 b
T3 – 9 minutos	86,61 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na análise dos fatores rotação, inclinação e tempo realizada isoladamente (Tabelas 1, 2 e 3), percebe-se que a porcentagem de despliculação foi maior para a

maior rotação, inclinação e tempo, sendo 85,77, 87,19 e 86,61% respectivamente. Ao analisar os efeitos da interação entre os fatores estudados (Tabela 4), onde são encontrados os dados médios da porcentagem de despeliculação das sementes de gergelim em função da interação entre rotação, ângulo (inclinação) e tempo de trabalho da câmara de despeliculação do protótipo, observa-se que a interação dos três fatores surtiu efeito positivo, proporcionando maior rendimento em porcentagem de sementes despeliculadas.

Tabela 4 – Médias da porcentagem de despeliculação das sementes de gergelim em função da interação da rotação, ângulo e tempo de trabalho da câmara de despeliculação do protótipo.

Rotação x ângulo	T1 – 5m	T2 – 7m	T3 – 9m
R1 – 215 rpm x A1 – 75°	80,73 bB	82,06 dB	88,39 bA
R1 – 215 rpm x A2 – 60°	84,40 aB	87,70 bA	89,02 bA
R1 – 215 rpm x A3 – 45°	85,97 aA	86,24 bA	87,43 cA
R2 – 230 rpm x A1 – 75°	63,70 eC	75,05 fB	80,64 eA
R2 – 230 rpm x A2 – 60°	81,02 bB	81,92 dB	83,80 dA
R2 – 230 rpm x A3 – 45°	85,67 aB	87,12 bB	88,91 bA
R3 – 245 rpm x A1 – 75°	74,19 dC	78,27 eB	81,83 eA
R3 – 245 rpm x A2 – 60°	75,00 dC	84,45 cB	86,32 cA
R3 – 245 rpm x A3 – 45°	77,03 cB	93,21 aA	93,19 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4, observa-se que não houve efeito da interação entre os três fatores apenas para rotação mais baixa (R1 – 215 rpm) e a menor inclinação (A3 – 45°) independente do tempo de processamento, enquanto, para as demais rotações e inclinações o aumento do tempo de processamento aumentou o rendimento do processo até estabilizar próximo aos 93% de despeliculação na maior rotação (R3 – 245 rpm), menor inclinação (A – 45°) e maior tempo (T3 – 9 minutos), não havendo, no entanto diferença estatística para as mesmas condições e o tempo (T2 – 7 minutos). Este incremento no rendimento de sementes despeliculadas pode-se explicar pelo fato de que a maior rotação, a menor inclinação e o maior tempo de processamento, propiciou contato (atrito) de maior quantidade de sementes e por mais

vezes, entre a parede da câmara despeliculadora e as cerdas da escova dispersora, removendo assim, pele de mais sementes. Este princípio de despeliculação também foi estudado por Güngör (2004) ao desenvolver um equipamento para despelicular gergelim, no entanto, o mesmo, só conseguiu atingir 95% de sementes despeliculadas depois de embeber as sementes em uma solução Peelzyme-1 0,2% (v / v) durante 15 minutos e passá-las pelo tubo despeliculador por 5 vezes consecutivas a uma velocidade de 840 rpm.

4.3. ETAPA III – AVALIAÇÃO DA FACILIDADE DE DESPELICULAÇÃO E DA QUANTIDADE DE PELE DE CINCO CULTIVARES DE GERGELIM.

O quadro de análise dos dados do teor de água, facilidade de despeliculação, massa de mil sementes integrais e despeliculadas e da porcentagem de pele de cinco cultivares de gergelim estão disponíveis nos Apêndices 3, 4, 5, 6 e 7, respectivamente. A análise de variância para o teor de água revelou F não significativo, enquanto para as demais variáveis os valores de F foram altamente significativos.

Na Tabela 5 está apresentado o teor de água dos cinco cultivares de gergelim estudados, onde pode ser observado que não houve diferença estatística significativa entre eles.

Tabela 5 – Teor de água inicial de sementes de cinco cultivares de gergelim.

Cultivares	Teor de água (%)
Anahí	6,13 a
Avermelhada	6,14 a
BRS G4	6,31 a
BRS Seda	6,02 a
Linhagem Pretinha	6,29 a
DMS** 0,47	CV% 2,83

*Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.; **D.m.s: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Observa-se na tabela 5 que as sementes estavam armazenadas com o teor de água adequado ao armazenamento, aproximadamente 6%, umidade apropriada ao

armazenamento de sementes de gergelim, semelhante ao grau de umidade das sementes armazenadas por Almeida et al. (1999).

Os resultados da facilidade de despeliculação obtida através do tempo de soltura da pele em função da interação temperatura da água x tempo de umedecimento das sementes de cinco cultivares de gergelim, estão apresentados na Tabela 6, onde, pode ser observado que as sementes dos cultivares estudados, apresentaram comportamento semelhantes quanto a facilidade de despeliculação, quando submetidas ao umedecimento, diminuindo o tempo de soltura da pele com o aumento da temperatura da água, reduzindo em aproximadamente 95% o tempo de umedecimento favorável a soltura da pele quando elevada de 26 para 90 °C.

Tabela 6 – Facilidade de despeliculação, médias do tempo (minutos) de soltura da pele em função da interação, temperatura da água de umedecimento x cultivares de gergelim.

Cultivar	Temperaturas da água de umedecimento						
	26 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
Anahí	60 bA	20 cB	15 cC	9 bD	7,33 bE	2,67 bF	2,33 bF
Avermelhada	120 aA	35 aB	20 aC	11,67 aD	9,67 aE	7,33 aF	6,00 aF
BRS G4	60 bA	20 cB	15 cC	4,67 cD	4,33 cDE	3,00 bEF	2,67 bF
BRS Seda	60 bA	15 dB	12 dC	3,67 cD	3,33 cD	2,67 bD	2,67 bD
Pretinha	120 aA	28 bB	18 bC	8,33 bD	7,33 bDE	6,33 aEF	5,67 aF

DMS** linha 1,5477

DMS** coluna 1,4297

*Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.; **D.m.s: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Constatou-se, também, que os cultivares de pele clara BRS Anahí, BRS G4 e BRS Seda, levam cerca de 50% menos tempo para soltar a pele que os cultivares de pele escura. Este fato pode ocorrer provavelmente devido a espessura ou a composição da pele desses cultivares.

Em estudo realizado por Queiroga et al. (2012) utilizando a cultivar BRS Seda, foi constatado que o aumento do período de umedecimento das sementes de 2 para 3 h à temperatura ambiente e o aumento do tempo de atritos na bateadeira de 5 para 10 minutos, proporcionou um incremento significativo no processo de remoção da pele

do gergelim, passando de 48,5% para 72,25% de pele removida respectivamente, valores inferior ao obtido neste estudo para este cultivar, onde foi obtido 100% de despeliculação das sementes umedecidas em água à 90°C durante 3 min de umedecimento, após fricção entre os dedos polegar e indicador, comprovando que o uso da água a 90 °C, além de aumentar a porcentagem de despeliculação reduz o tempo de umedecimento em 95%.

Analisando-se os dados da Tabela 7, verifica-se igualdade estatística da massa de mil sementes integrais para os cultivares Anahí, BRS Seda e Linhagem avermelhada, as quais foram superiores a BRS G4 e a Pretinha. Em análise a massa das sementes despeliculadas, tem igualdade estatística para as variedades BRS Seda e Linhagem avermelhada com valores superiores a BRS G4 e Linhagem Pretinha que também não diferiram entre si e foram menos pesadas que a cultivar Anahí a qual superou, em peso, todas as linhagens e cultivares estudadas. Com relação a porcentagem de pele, a cultivar Anahí é a de menor porcentagem, seguida da BRS Seda e BRS G4 que não diferiram entre si. Ficando a Linhagem avermelhada, isoladamente, detentora da maior porcentagem de pele (8,14%).

Tabela 7 – Peso médio da massa seca de mil sementes integrais, despeliculadas e porcentagem de pele de cinco cultivares de gergelim.

Cultivar/Linhagem	Massa de mil sementes integrais (g)	Massa de mil sementes despeliculadas(g)	% de pele
Anahí	3,61 a	3,45 a	4,26 c
BRS G4	3,01 b	2,80 c	6,89 b
BRS Seda	3,53 a	3,31 b	6,37 b
Linhagem avermelhada	3,54 a	3,25 b	8,14 a
Linhagem Pretinha	3,07 b	2,84 c	7,41 ab
D.m.s.*	0,08	0,06	1,14
CV %	1,12	1,02	7,89

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1%.

*D.m.s: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 1%.

Os resultados indicam que a porcentagem de pele dos materiais trabalhados é uma característica intrínseca de cada cultivar e, que as cultivares de maior massa de

mil sementes integrais não foram, também, os que apresentaram a maior porcentagem de pele. Comportamento contrário se observa para as cultivares com menor massa de mil sementes integrais

Os resultados para a porcentagem de pele do gergelim, obtidos com os materiais estudados, divergem do encontrado na literatura, em que Queiroga et al. (2017), revisando o tema, apresenta resultado de trabalho em que a pele da semente representa 17% do seu peso, vez que o maior percentual de pele encontrado no presente trabalho, deu-se para a Linhagem Avermelhada que foi de 8,14%.

Embora os valores da porcentagem de pele encontrados neste trabalho sejam divergentes do valor citado por Queiroga et al. (2017) e Machine (2016), estes são bem consistentes, conforme os indicadores estatísticos da Tabela 7.

4.4. ETAPA IV – AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO

4.4.1. Avaliação da quantidade de gergelim despeliculado nesse

O quadro de análise dos dados da porcentagem de despeliculação de cinco cultivares de gergelim estão disponíveis no Apêndice 8. A análise de variância para a variável estudada revelou valor de F altamente significativo.

Analisando os dados contidos na Tabela 8, constata-se que as sementes de pele clara, apresentaram maior porcentagem de despeliculação, variando entre 77,08% da cultivar BRS G4 e 90,98% da cultivar BRS Anahí, quando comparada com as sementes avermelhadas com 49,72% e as pretas com 36,32% e submetidas as mesmas condições de despeliculação.

Tabela 8 – Porcentagem de sementes despeliculadas de cinco cultivares de gergelim, submetidas ao processo mecânico de despeliculação.

Cultivares	Porcentagem de despeliculação
Anahí	90,98 a
Avermelhada	49,72 d
BRS G4	77,08 c
BRS Seda	86,52 b
Linhagem Pretinha	36,32 e
DMS** 2,93	CV% 1,97

*Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.; **D.m.s: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Constata-se ainda, na Tabela 8, que houve diferença na porcentagem de despeliculação entre todos as cultivares estudados, provavelmente por características intrínsecas de cada cultivar, uma vez que, a umidade inicial das sementes e as condições do processo de despeliculação; velocidade, tempo e ângulo de funcionamento da câmara despeliculadora foram as mesmas para todos os cultivares, bem como o tempo de umedecimento e a temperatura da água e, como pode ser constatado na Tabela 6, os cultivares de pele escura necessitam do dobro do tempo de umedecimento para soltar a pele. Resultados semelhantes foi obtido por Mazzani (1999) que obteve pouco mais de 50% de sementes despeliculadas trabalhando com

sementes de pele clara e menos de 50% de despeliculação para sementes de cor escura.

4.4.2. Avaliação da qualidade do gergelim despeliculado

Os quadros de análise dos dados dos parâmetros de qualidade; teor de água, carboidratos, proteínas, lipídeo e cinzas, avaliados de cinco cultivares de gergelim integrais e despeliculados mecanicamente, estão disponíveis nos Apêndices 9, 10, 11, 12 e 13 respectivamente. A análise de variância para os fatores estudados revelou valor de F não significativo para o teor de água e F altamente significativo para os demais parâmetros.

4.4.2.1. Teor de água

O teor de água, em sementes integrais e despeliculadas de cinco cultivares de gergelim são encontrados na Tabela 9, onde observa-se que não houve diferença significativa para a variável cultivar, quanto a diferença observada para a variável pele, esta é justificada pelo fato de que as sementes integrais foram submetidas a determinação de umidade da forma como foram recebida para a realização deste trabalho, enquanto as sementes despeliculadas foram submetidas ao processo de secagem artificial logo após o processo de despeliculação.

Tabela 9 – Teor água (%), em sementes integrais e despeliculadas de cinco cultivares de gergelim.

Cultivar	Integrais	Despeliculadas
Anahí	6,13	4,56
Avermelhada	6,38	5,28
BRS G4	6,31	4,66
BRS Seda	6,02	4,29
Pretinha	5,86	4,95
Média	6,14 a	4,75 b

4.4.2.2. Teor de carboidratos

Os resultados referentes às médias do teor de carboidratos encontram-se na Tabela 10. Comparando-se os resultados, observa-se que o maior teor de carboidratos, aproximadamente 13%, foi observado nas sementes integrais das linhagens avançadas avermelhada e pretinha e menor, próximo de zero, nas sementes despelculadas das mesmas linhagens, provavelmente pela maior porcentagem de pele e maior concentração de carboidratos na pele destas linhagens.

Tabela 10 – Teor de carboidratos (%), em sementes integrais e despelculadas de cinco cultivares de gergelim.

Cultivares	Integrais	Despelculadas
Anahí	6,1967 cA	4,0667 bB
Avermelhada	12,8367 aA	0,7567 cB
BRS G4	8,7367 bA	5,7367 aB
BRS Seda	4,9833 dB	5,5467 aA
Pretinha	13,3833 aA	0,1500 cB
D.m.s. **	Linha 0,4643	Coluna 0,6673

*Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.; **D.m.s: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Já as sementes integrais de pele clara possuem teor de carboidratos variando entre 4,9 e 8,7%, inferior ao das linhagens de pele escura, porém quando despelculadas, estas sementes, apresentaram teor de carboidratos superior ao das sementes de pele escura, provavelmente estas sementes concentrem boa parte dos carboidratos no endosperma. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Silva et al. (2011) que pesquisando a capacidade antioxidante e a composição química de grãos integrais de gergelim encontrou 7% de carboidratos nos grãos de cor creme, enquanto o gergelim preto, apresentou todo seu conteúdo de carboidrato (24%) na forma de fibra alimentar total, ou seja, na pele.

4.4.2.3. Teor de proteína

Na Tabela 11, estão apresentados os valores médios do teor de proteínas das sementes de cinco cultivares de gergelim integrais e despelculados. Analisando-se os dados referentes ao teor de proteínas das sementes integrais observa-se que há diferença entre os cultivares estudados, com as cultivares BRS G4 e BRS Seda apresentando maior teor de proteínas, aproximadamente 37%, seguidos pelas linhagens avermelhada e pretinha com cerca de 35%, enquanto a cultivar Anahí tem o menor teor, 32%. Esta diferença além de ser característica intrínseca de cada cultivar, pode ocorrer até mesmo dentro da própria cultivar por fatores ligados as condições edafoclimáticas e de cultivo como afirma Ali et al. (2016).

Tabela 11 – Teor de proteínas (%), em sementes integrais e despelculadas de cinco cultivares de gergelim.

Cultivares	Integrais	Despelculadas
Anahí	31,9899 cA	32,8370 cA
Avermelhada	35,4309 bB	37,3539 bA
BRS G4	37,1492 aB	39,1328 aA
BRS Seda	37,0378 aB	38,3199 abA
Pretinha	35,6114 bB	39,4118 aA
D.m.s.**	Linha 0,9242	Coluna 1,3283

*Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.; **D.m.s: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Observa-se ainda, ao analisar o teor de proteínas das sementes despelculadas que a retirada da pele favoreceu o aumento da concentração de proteínas em quatro dos genótipos estudados em até aproximadamente 10%, exceto na cultivar Anahí, onde não foi observada diferença, provavelmente, pela pouquíssima quantidade de pele apresentada por esta cultivar. Os valores obtidos neste estudo, são superiores aos obtidos por Queiroga et al. (2010) ao comparar a composição química de três cultivares de gergelim e Queiroga et al. (2012) que não encontrou diferença significativa ao comparar a composição de sementes integrais de gergelim da cultivar BRS Seda despelculadas por diferentes métodos, embora tenha obtido o mesmo incremento no teor de proteína. Esta divergência provavelmente tenha ocorrido devido

a quantidade de pele de cada genótipo e/ou pela eficiência do sistema de despeliculação adotado neste estudo.

4.4.2.4. Teor de lipídeos

Analisando-se os resultados do teor de lipídeos das sementes integrais (Tabela 12), observa-se que os genótipos estudados possuem teor de lipídeos diferentes, sendo maior nos grãos de pele clara, variando entre 42 e 52% e menor nos grãos de pele escura, aproximadamente 40%.

Tabela 12 – Teor de lipídeos (%) em sementes integrais e despeliculadas de cinco cultivares de gergelim.

Cultivares	Integrais	Despeliculadas
Anahí	51,5867 aB	55,3933 aA
Avermelhada	40,8867 dB	53,8600 bA
BRS G4	42,9000 cB	47,0500 eA
BRS Seda	48,0800 bB	49,0700 dA
Pretinha	40,4033 dB	52,2967 cA
D.m.s.**	Linha 0,7691	Coluna 1,1054

*Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; **D.m.s: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Observa-se ainda, que o processo de despeliculação favoreceu o aumento da concentração destes, ocorrendo um incremento maior nos genótipos com maior porcentagem de pele, linhagens avançadas avermelhada e pretinha (Tabela 7), concordando com Queiroga et al. (2012) que obtiveram teor de lipídeos mais elevado em sementes descascadas independentemente do método utilizado de despeliculação, quando comparado com as sementes integrais.

Provavelmente, essa maior resposta do teor de óleo da semente descascada de gergelim seja devido a maior concentração do seu óleo no endosperma, após a eliminação do tegumento (película) da semente.

Os resultados obtidos, embora numericamente diferentes dos obtidos por Queiroga et al. (2010; 2012), apresentam-se equivalentes. O teor de lipídeos das sementes integrais e despeliculadas dos genótipos estudados, seguiu a relação de

proporcionalidade existente entre teor de lipídeo e massa de mil sementes admitida por Beltrão e Vieira (2001).

4.4.2.5. Teor de Cinzas

Em análise aos dados da Tabela 13, onde são encontrados os resultados médios do teor de cinzas, observa-se que, excetuando-se as sementes despelculadas da cultivar BRS Seda e da linhagem Avermelhada, os demais tratamentos apresentaram teor de cinzas elevado, acima do valor 2,9 referenciado na Tabela TACO (Brasil, 2011). Porém, semelhantes aos encontrados por Queiroga et al. (2010; 2012) e os resultados obtidos por Silva et al. (2011) quando compararam a composição química de grãos integrais de gergelim de cor creme e preta.

Observa-se ainda que as sementes integrais tem maior concentração de cinzas, 3,8 - 4,9% que as sementes despelculadas, 2,7 - 3,4% e que não houve diferença no teor de cinzas das sementes integrais dos genótipos Anahí e BRS Seda, com valores inferiores aos dos genótipos das linhagens avermelhada, pretinha e da cultivar BRS G4, resultados coerentes com a massa de mil sementes e com a porcentagem de pele apresentados na Tabela 3., e semelhantes os obtidos por Queiroga et al. (2010; 2012), Silva et al. (2011) e Oliveira et al. (2015).

Tabela 13 – Teor de cinzas (%), em sementes integrais e despelculadas de cinco cultivares de gergelim.

Cultivares	Integrais	Despelculadas
Anahí	4,0967 cA	3,1433 bB
Avermelhada	4,4633 bA	2,7567 cB
BRS G4	4,8933 aA	3,4200 aB
BRS Seda	3,8767 cA	2,7767 cB
L. Pretinha	4,7433 aA	3,1967 abB
D.m.s. **	Linha 0,1685	Coluna 0,2422

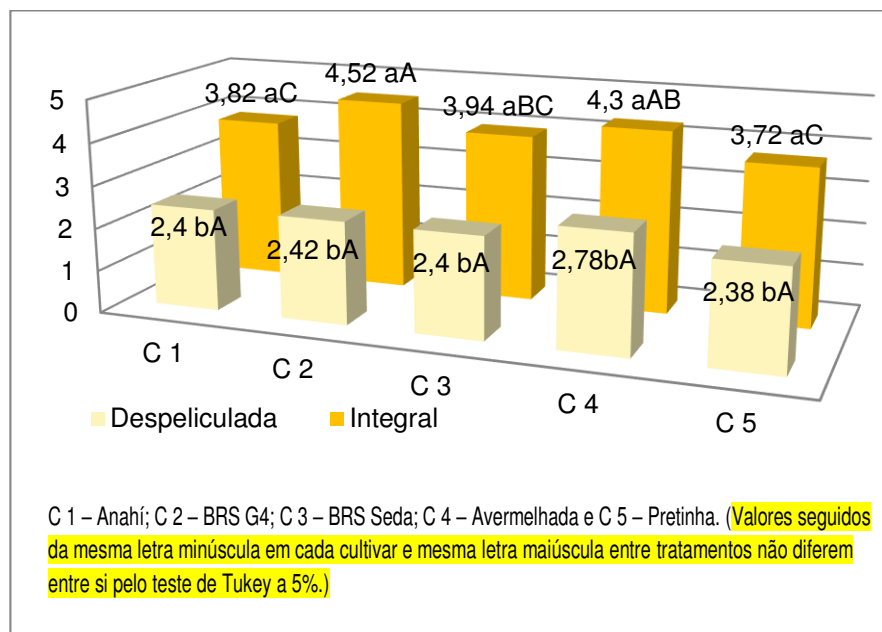
*Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; **D.m.s: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5%.

4.4.2.6. Teor de ácido oxálico

O quadro de análise da variância dos dados do teor de ácido oxálico (%) dos grãos de cinco cultivares de gergelim, integrais e despeliculados mecanicamente, está disponível no Apêndice 24. A análise de variância para os fatores estudados revelou valor de F altamente significativo para os fatores cultivar e pele estudados isoladamente e, revelou valor de F significativo, para interação entre estes fatores.

Na Figura 11 encontram-se os teores de ácido oxálico dos grãos de cinco cultivares de gergelim integrais e despeliculados mecanicamente, onde se observa que o teor de ácido oxálico das sementes integrais variou entre 3,72% da cultivar de pele preta e 4,52% da cultivar de pele bege, isto significa que o conteúdo de ácido oxálico é uma característica intrínseca de cada cultivar, independentemente da cor da pele. Estes valores são superiores aos 2 - 3% citados Johnson et al., (1979) e por Singh (1973) que, pesquisando ácido oxálico em diversos alimentos consumidos na Índia, encontrou 1,35% e 1,58% de ácido oxálico para o gergelim branco e preto respectivamente.

Figura 11 – Teor de ácido oxálico (%) dos grãos de cinco cultivares de gergelim integrais e despeliculados mecanicamente



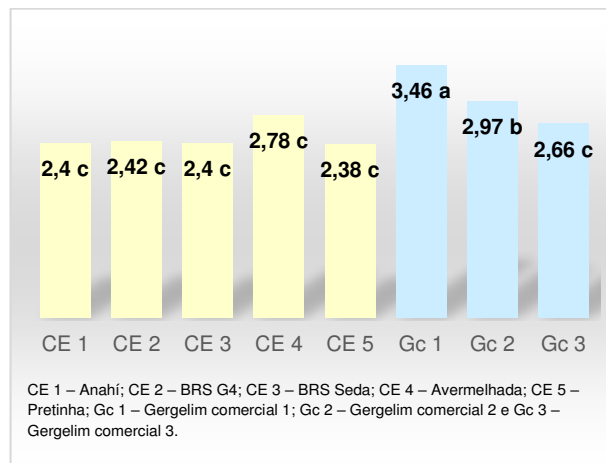
Ao analisar os dados da Figura 11, observa-se que não houve diferença significativa do teor de ácido oxálico das sementes despeliculadas dos cinco cultivares estudados. E também que o processo de despeliculação propiciou uma redução do conteúdo de ácido oxálico de 35% até aproximadamente 50%. Estes resultados

diferem dos relatados por Johnson et al. (1979), que estudando sementes de gergelim de pele branca e preta relata redução de até 90% no teor de ácido oxálico, após despeliculação. Esta divergência, dá-se, talvez, pela metodologia utilizada na despeliculação ou pela própria composição da casca de cada cultivar estudado como afirma Pandey et al. (2017).

O quadro de análise da variância dos dados do teor de ácido oxálico (%) dos grãos de cinco cultivares de gergelim despeliculados mecanicamente, comparados a três marcas comerciais despeliculadas, está apresentado no apêndice 25, onde, observa-se valor de F altamente significativo.

Na Figura 12 visualiza-se o teor de ácido oxálico (%) dos grãos de cinco cultivares de gergelim despeliculados mecanicamente, comparados a três marcas comerciais despeliculadas, onde constata-se que não houve diferença significativa entre os cinco cultivares de gergelim despeliculados mecanicamente e a marca comercial “Gc3”. As outras marcas comerciais “Gc1 e Gc2”, apresentaram teor de ácido oxálico aproximadamente 45% a mais que os demais, esta constatação, nos leva a crer que o processo de despeliculação industrial utilizado, não foi tão eficiente, provavelmente o químico ou misto (químico-mecânico), que, embora não seja informado nas embalagens da maioria dos produtos industrializados, é o mais utilizado pela indústria.

Figura 12 – Teor de ácido oxálico (%) dos grãos de cinco cultivares de gergelim despeliculados mecanicamente comparados a três marcas comerciais.



4.4.3. Avaliação da qualidade do gergelim despeliculado nesse processo e armazenado por 180 dias.

Os quadros de análise dos dados dos parâmetros de qualidade da cultivar que apresentou melhor resultado (Anahí), armazenado e avaliado durante 180 dias estão disponíveis nos Apêndices 14 a 23. A análise de variância para os fatores estudados revelou valor de F não significativo para os teores de carboidratos, proteínas, lipídeos e cinzas (Apêndices 14, 15, 16 e 17 respectivamente), revelou valor de F significativo para o conteúdo de água (Apêndice 19) e valor de F altamente significativo para acidez titulável, atividade de água e para os parâmetros de cor “L”, “a” e “b” (Apêndices 19, 20, 21, 22 e 23).

4.4.3.1. Teor de carboidratos, proteínas, lipídeos, cinzas e água

Em análise aos dados da Tabela 14, onde são encontrados os valores médios dos indicadores da qualidade nutricional (Teor de carboidratos, proteínas, lipídeos, cinzas e água), em sementes de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculadas e armazenadas em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias. Observa-se que, não houve diferença ou perda da qualidade nutricional dos grãos de gergelim durante o armazenamento. Isto pode ser explicado por fatores como: O pré-tratamento, imersão em água a 90°C por 3 minutos, que, além de facilitar a soltura da pele, funcionou como branqueamento, tratamento térmico brando que faz uso de temperaturas entre 70 e 100°C e tempos que variam de 1 a 5 minutos e além de inativar enzimas, destrói microrganismos (VASCONCELOS E FILHO, 2012).

Outros fatores importantes na manutenção da qualidade durante o armazenamento foram: O baixo teor de água, 3,47%, fator de maior significância na prevenção da deterioração de grãos durante o armazenamento. Segundo Berbert et al. (2008), a manutenção do teor de água e da temperatura do grão em nível baixo minimiza o ataque de microrganismos e a respiração do grão. A embalagem utilizada, pois, diversos autores, entre eles, Azevedo et al. (2003), Moraes, (1996) e Almeida et al. (1999) afirmam que embalagens impermeáveis preservam a qualidade de grãos

ou sementes armazenadas e a própria composição do gergelim, que possui mais de 50% de lipídeos de alta estabilidade.

Tabela 14 – Teor de carboidratos, proteínas, lipídeos, cinzas e água, em sementes de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculadas e armazenadas em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

Tempo (dias)	Carboidratos (%)	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Cinzas (%)	Água (%)
0	4,51 a	32,88 a	56,01 a	3,13 a	3,46 a
30	4,65 a	33,19 a	55,55 a	3,12 a	3,47 a
60	4,44 a	33,02 a	55,93 a	3,13 a	3,46 a
90	4,17 a	32,88 a	56,33 a	3,13 a	3,48 a
120	4,75 a	32,90 a	55,76 a	3,11 a	3,46 a
150	4,48 a	33,89 a	55,01 a	3,13 a	3,47 a
180	5,37 a	32,96 a	55,04 a	3,13 a	3,48 a
Dms**	1,73720	2,4949	1,71383	0,02509	0,10610
CV%	13,46	2,70	1,10	0,29	1,10

*Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

**D.m.s: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5%.

4.4.3.2. Acidez titulável, atividade de água e parâmetros de cor

Na Tabela 15 são encontrados os valores da acidez titulável, atividade de água e parâmetros de cor obtidos durante o armazenamento das sementes despeliculadas de gergelim (Cultivar Anahí), onde, constata-se que houve um aumento na acidez titulável nos primeiros trinta dias de armazenamento, permanecendo constante, durante os 180 dias de armazenamento, isto se deve provavelmente a alta estabilidade dos constituintes das sementes de gergelim, principalmente das proteínas e do óleo, cuja estabilidade oxidativa é elevada, em virtude da presença de lignanas, sesamolina e sesamina (ANTONIASSI et al., 2013).

Tabela 15 – Acidez titulável, atividade de água e parâmetros de cor em sementes de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculadas e armazenadas em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

Tempo (dias)	Ac.T. (% de ácido oleico)	Aw (%)	L	a	b
0	0,5523 b	0,474 d	66,70 e	3,38 b	21,83 c
30	0,5619 a	0,656 c	67,12 d	3,14 c	22,17 c
60	0,5605 a	0,680 a	69,55 b	2,78 d	22,53 bc
90	0,5592 a	0,650 c	71,30 a	2,48 e	22,48 c
120	0,5614 a	0,658 bc	71,22 a	2,98 c	23,21 b
150	0,5627 a	0,666 abc	68,25 c	3,44 b	24,52 a
180	0,5635 a	0,674 ab	68,05 c	3,75 a	25,22 a
Dms**	0,0067	0,0164	0,42	0,19	0,71
CV%	0,43	0,93	0,42	4,35	2,13

*Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**D.m.s: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Quanto a atividade de água, observa-se que houve variação durante o período de armazenamento, isto provavelmente, devido a variações na temperatura e na umidade relativa do ambiente de armazenamento, embora as sementes tenham sido armazenadas em embalagens impermeável. No entanto, a variação verificada na atividade de água durante os 180 dias de armazenamento ficou entre 0,47 e 0,68, nesta faixa, segundo Shibata (2016), citando Beuchat, é praticamente impossível a proliferação microbiana, e segundo Aguiar et al. (2001), quanto mais baixa a atividade de água (Aw) menor o crescimento de microorganismo e a oxidação das sementes.

Analisando-se os dados da cor apresentados na Tabela 15, verifica-se que durante o armazenamento houve variação dos parâmetros L* a* b*, onde L* variou de 66,7 a 71,3 ou seja, as sementes despeliculadas permaneceram com alta luminosidade, próximo a cor branca, quanto aos parâmetros a* e b* houve variação de 2,48 a 3,75 e 21,83 a 25,22 respectivamente durante o armazenamento, indicando baixa intensidade de vermelho e intensidade de amarelo considerada regular, vez que sua faixa vai de -60 a +60, ficando os valores de b* positivos e maior que 20. Esta pequena variação verificada na cor durante o armazenamento não é detectada pela

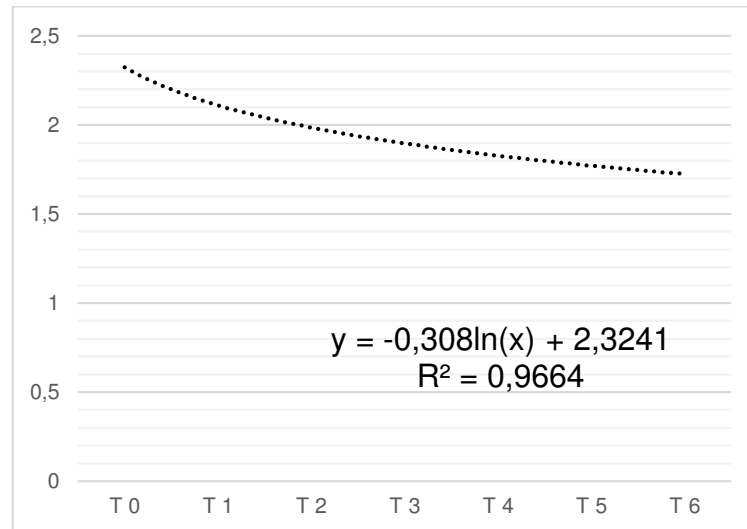
visão humana e embora tenha diferido estatisticamente durante o armazenamento não indica degradação das sementes como foi constatado através das análises do valor nutricional, acidez titulável e de atividade de água. Ramos et al. (2008), atribuem a tendência ao vermelho às reações de escurecimento enzimáticos e/ou não enzimáticos, onde de acordo com Fellows (2006), a taxa de escurecimento em produtos de frutas armazenados depende da atividade de água do alimento e da temperatura de estocagem e, segundo Schwartz, Elbeee, Giusti (2010), muitos pigmentos alimentares são instáveis durante o processamento e armazenamento de alimentos. Para os parâmetros a^* e b^* , os valores obtidos durante os 180 dias de armazenamento, apresentaram oscilações entre os resultados, porém com intensidade positiva, podendo ser indicativo de concentrações significativas de bioativos (carotenoides e flavonoides) que, de acordo com Schwartz, Elbeee, Giusti (2010) apresentam variações na coloração para carotenoides (amarelo-alaranjado-avermelhado) e flavonoides (laranja-vermelho-azul-amarelo), cores essas dependentes do tipo de compostos (caroteno, licopeno, antocianinas, flavonoides, taninos).

4.4.3.3. Teor de ácido oxálico

O quadro de análise da variância dos dados do teor de ácido oxálico (%) dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias está apresentado o apêndice 26.

Na Figura 13 observa-se a curva que representa o teor de ácido oxálico, em sementes de gergelim armazenadas por 180 dias, cuja equação de regressão apresentou R^2 acima de 95%. Onde constata-se uma redução no teor de ácido oxálico mais acentuada nos primeiros 60 dias, tendo em seguida se estabilizado (60 - 120 dias) para nova redução com tendência a estabilidade até o final do armazenamento (180 dias), acumulando após 6 meses de armazenamento uma redução de aproximadamente 30%. Resultado semelhante foi obtido por Benevides et al. (2013) com os feijões verde *Vigna unguiculata* (L., Walp.) e andu *Cajanus cajan* (L. Mill sp.) ao pesquisar antinutricionais de alimentos em conserva armazenados por 180 dias.

Figura 13 – Teor de ácido oxálico, em sementes de gergelim (Cultivar Anahí), despelculadas e armazenadas em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.



Esta redução do ácido oxálico com tendência a estabilização, possivelmente ocorreu devido às diferentes características químicas dessa substância e suas interações entre os nutrientes.

5. CONCLUSÕES

- ✓ O protótipo desenvolvido é eficiente para remover mecanicamente a pele do gergelim sem o emprego de agente químico, com rendimento acima de 90%, tendo potencial para ser aproveitado por agricultores familiares e pela indústria para aumentar as opções de oferta de alimentos saudáveis.
- ✓ O melhor desempenho da despeliculadora foi obtido quando se operou a 245 RPM com uma inclinação de 45° durante 7 minutos;
- ✓ Foi constatada diferença de rendimento de sementes despeliculadas entre os cultivares avaliados;
- ✓ A remoção da pele proporcionou um aumento no conteúdo de proteínas e lipídios e redução dos carboidratos e cinzas não havendo diferença no teor de água nem perda de qualidade durante o tempo de armazenamento;
- ✓ O teor de ácido oxálico do gergelim despeliculado mecanicamente foi reduzido em até 35% quando comparado as sementes integrais, também foi inferior ao ácido oxálico das sementes comerciais despeliculadas e diminuiu com o tempo de armazenamento.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. H.; FANTINATTI, J. B.; GROTH, D.; USBERTI, R. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 23, nº 1, p.134-139, 2001

Ali, S., Jan, A., Zhikuan, J. et al. Growth and fatty acid composition of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes as influence by planting dates and nitrogen fertilization in semiarid region of Northwest, Pakistan **Russian Agricultural Sciences**. (2016) 42: 224. <https://doi.org/10.3103/S1068367416030046>

ALIBABA¹ (2016) Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/trade-assurance-sesame-seeds-sheller-machine-sesame-dehusk-machine-sesame-peeler-60315581750.html> Acesso:11/2016

ALIBABA² (2016) Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/factory-new-design-sesame-peeling-peeler-peel-machine-60557841340.html> Acesso:11/2016

ALIBABA³ (2016) Disponível em: https://portuguese.alibaba.com/g/sesame-peeler_3.html Acesso:11/2016

ALMEIDA, F.A.C.; FONSECA, K. S.; GOUVEIA, J. P. G. Influência da embalagem e do local de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.2, p.195-201, 1999 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB

ANTONIASSI, R.; ARRIEL, N. H. C.; GONÇALVES, E. B.; FREITAS, S. C.; ZANOTTO, D. L.; BIZZO, H. R. Influência das condições de cultivo na composição da semente e do óleo de gergelim **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 301-310, mai/jun, 2013

Anvisa. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Ministério da Saúde - MS. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 12 out. 2017

AOAC Internacional. 1996. Official Methods of analysis of AOAC, 16th ed. 2nd rev. Method 984.13.

ARRIEL, N. H. C. Gergelim orgânico é opção de cultivo rentável no semiárido. Brasil Rural, 2013.a Disponível em: <https://economia.terra.com.br/brasil-rural/gergelim-organico-e-opcao-de-cultivo-rentavel-no-semiarido,552c79fd9a41f310VgnVCM4000009bcceb0aRCRD.html> ACESSO 23/09/2016

ARRIEL, N.H.C. Cultivo do gergelim é uma alternativa para o semiárido. EMPARN, 2013.b Disponível em: <http://ruralcentro.uol.com.br/noticias/cultivo-do-gergelim-e-uma-alternativa-para-o-semiarido-70288> ACESSO 23/09/2016.

AUGSTBURGER, F.; BERGER, J.; CENSKOWSKY, U.; HEID, P.; MILZ, J.; STREIT, C. Ajonjolí Sésamo: parte especializada: producción orgánica de ajonjolí. Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. 1.ed., Gräfelfing, Alemanha: Naturland, 2000. 30p.

AZEVEDO, F. de L. A. A. **Valor nutricional, capacidade antioxidante e utilização de folhas de espinafre (*Tetragonia tetragonoídes*) em pó como ingrediente de pão de forma.** Tese (doutorado) UFPB/CTA 130p. João Pessoa, 2012.

AZEVEDO, M. R. de Q. A.; Gouveia, J. P. G. de; Trovão, D. M. M.; Queiroga, V. de P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.519-524, 2003.

BARBOSA, C. V. S. **Avaliação dos efeitos do consumo de pasta de gergelim *Sesamum indicum* L. no estado fisiológico de atletas de futebol.** Dissertação de mestrado. UFPB. João Pessoa-PB, 2013

BELTRÃO, N. E. de M. e VIEIRA, D. J. (2001). O agronegócio do gergelim no Brasil. (1ª ed.). Campina Grande, Embrapa Algodão.

BELTRÃO, N. E. DE M.; FERREIRA, L. L.; QUEIROZ, N. L.; TAVARES, M. DA S.; ROCHA, M. DO S.; ALENCAR, R. D.; PORTO, V. C. N. **O gergelim e seu cultivo no semiárido brasileiro** – Natal: IFRN, 2013. 225p. : il.

BELTRÃO, N. E. M. e VIEIRA, D. J. O agronegócio do gergelim no Brasil. Brasília: Embrapa, 2002.

BELTRÃO, N. E. M. et al. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.5, p. 67-73, 2010.

BENEVIDES, C. M. de J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, 182: 67-79, 2011.

http://www.unicamp.br/nepa/publicacoes/san/2011/XVIII_2/docs/fatores-antinutricionais-em-alimentos-revisao.pdf Acesso 24/07/2016

BENEVIDES, C.M.J.; SOUZA, R.D.B.; SOUZA, M.V.; LOPES, M.V. efeito do processamento sobre os teores de oxalato e tanino em maxixe (*Cucumis anguria* L.), jiló (*Solanum gilo*), feijão verde (*Vigna unguiculata* L. Walp) e feijão andu (*Cajanus cajan* L. mill sp). **Alimentos e Nutrição**, v.24, n.3, p. 321-327, 2013.

Berbert, P. A.; Silva, J. S.; Rufato, S.; Afonso, A. D. L. **Indicadores da qualidade dos grãos**. In: Silva, J. S. (Ed) Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. p.63-107.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 1022 p.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CALVETTE, Y. M.; MAIA, G. A.; TELLES, F. J. S.; MONTEIRO, J. C. S.; SALES, M. G. Processamento do gergelim *Sesamum indicum*, L. **Ciência Agrônômica**, 24 1/2 pág. 57-62 Junho/Dezembro, 1993

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Indicadores da Agropecuária. Observatório Agrícola. Ano XXVI, Nº 12 Dezembro 2017, p. 01-108. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_12_21_17_27_35_revista_dezembro_2017__versao_final_internet.pdf. Acesso em 10/01/2018

COSTA, M. de L. M.; GONDIM, T. M. de S.; ARAÚJO, I. M. da S.; MILANI, M.; SOUSA, J. dos S. S.; FEITOSA, R. M. Características Físico-químicas de Sementes de Genótipos de Gergelim. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 867-869, jul. 2007

CRUZ, R. N.; AZEVEDO, C. A. V.; NASCIMENTO, J. J. V. R.; LEITE, P. G.; LIMA, V. L. A. Diagnóstico socioeconômico do cultivo de gergelim no assentamento Nova Vida, PB in: Congresso Brasileiro de Mamona, 4 & Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 363-368.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Potencial econômico e nutricional do gergelim mobiliza pesquisa. 2014 Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2202864/potencial-economico-e-nutricional-do-gergelim-mobiliza-pesquisa> Acesso 02/2018

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016) FAOSTAT Production Crops. [on-line]. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/home/#DOWNLOAD>>. Acesso em: 20/09/2016.

FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática. Porto Alegre, Artmed–1ª edição, 2006, 602 p.

FIRMINO, P. T. et al. Valor proteico do grão, importância na alimentação humana e aplicações na fitoterapia e fitocosmética. In: BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J.(Ed.) **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão. 2001. P. 303-325

GÜNGÖR, U. **Design of a new equipment for sesame seed dehulling**. - The graduate school of natural and applied sciences of the middle east technical university, 2004. 89 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa industrial. Rio de Janeiro, v. 33, n.2, p.1-168, 2014 Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>. Acesso em 20/09/2016

JOHNSON, LA, SULEIMAN, TM, LUSAS, EW. Sesame protein: A review and prospectus. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.56, p. 463-468, 1979

LAGO, A. A. et al. Maturação e produção de sementes de gergelim cultivar IAC-China. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 363-369, 2001.

LOUZADA, M. L. da C. et al. Alimentos ultraprocessados e perfil nutricional da dieta no Brasil. **Revista de Saúde Pública**. vol. 49, São Paulo 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-8910.2015049006132> Acesso em: 20/001/2016

MACHINE: Disponível em: <http://www.biodiesel-machine.com/pt/sesame-process.html> Acesso em 29/04/2016

MAZZANI, B. **Investigación y tecnología de cultivo del ajonjolí em Venezuela**. Caracas: Conicit, 1999. 115p. Edición del Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Tecnológicas

MFRURAL (2016) Disponível em:

<http://www.mfrural.com.br/busca.aspx?palavras=despeliculadora+gergelim>

Acesso:11/2016

MOIR, K.W. Determination of oxalic acid in plant Queensland. **The Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 1, p. 1-3, jan. 1953.

MORAES, J. de S. **Qualidade fisiológica de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) acondicionadas em três embalagens e armazenadas em duas microrregiões do estado da Paraíba**. 1996. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola) - UFPB/CCT/DEAg, Campina Grande, 1996.

MOURA, N. C. de; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação da disponibilidade de ferro de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em comparação com carne bovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 26, n. 2, p. 270-276, 2006.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313p. 2005

OLIVEIRA, Y.; LEMOS, L. T. M.; ALDRIGUE, M.L. Composição centesimal da semente de gergelim (*Sesamum indicum*) da variedade preta. In: Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, 11, Campina, SP, 2015.

ONU – Organização das Nações Unidas. 2015. Agenda 2030. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/> Acesso em: 20/08/2016

PANDEY, S. K., MAJUMDER, E.; DASGUPTA, T. Genotypic variation of microelements concentration in sesame (*Sesamum indicum* L.) mini core collection. **Agricultural Research**. v. 6, n. 2, p.114, 2017. <https://doi.org/10.1007/s40003-017-0252-z>

PINTO, L. C.; SOUZA, M. P. C. DE; LOPES, M. V.; FIGUEIREDO, C. A. V. Teor de fenólicos totais e atividade antioxidante das sementes da *Carpotroche brasiliensis* Raddi. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 11, n. 2, p. 170 - 176, 2012

- QUEIROGA, V. P. et al. Composição mineral de sementes de gergelim de diferentes cores - Congresso brasileiro de mamona, 4º simpósio internacional de oleaginosas energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1993-1997.
- QUEIROGA, V. P. et.al. Avaliação da qualidade das sementes de gergelim submetidas aos processos de despeliculação manual, físico e mecânico. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.14, n.4, p.307-315, 2012
- QUEIROGA, V. P.; ARRIEL, N. H. C.; SILVA, O. R. R. F. *Tecnologias para o agronegócio do gergelim*; Embrapa Algodão Campina Grande, PB. 1º ed. 2010. 264p
- QUEIROGA, V. P. et al. Cultivo Ecológico do Gergelim: Alternativa de Produção para Comunidades de Produtores Familiares da Região Semi-árida do Nordeste. EMBRAPA-CNPA, Campina Grande, p.11-51, 2007. Documentos, 171.
- QUEIROGA, V.P.; SILVA, O.R.R.F. **Tecnologias utilizadas no cultivo do gergelim mecanizado**. EMBRAPA-CNPA, Campina Grande. 2008. 142p. Documentos, 203
- QUEIROGA, V. P.; GODIM, T. M. S.; ALMEIDA, F. A. C.; ALBUQUERQUE, B. E. M. **Gergelim Orgânico – Tecnologia de Produção** (1ª ed.). Campina Grande, A Barriguda, 2017. Disponível em:
https://issuu.com/abarriguda/docs/livro_de_gergelim_org_nico_-_a_bar Acesso em: 30/03/2017
- RAMACHANDRA, B. S.; SHAMANTHAKA SASTRY, M. C.; SUBBA RAO, L. S. Process development studies on the wet dehulling and processing of sesame seeds to obtain edible protein concentrates. **Journal of Food Science and Technology**, v.7, p.127-131, Sept. 1970. [[Links](#)]
- RAMOS, A. M.; QUINTERO, A. C. F.; FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado. **Alimentação e Nutrição** v.19, n.3, p. 259-269, 2008.
- SCHWARTZ, S.J.; ELBEE, J. H. von; GIUSTI, M. M. Corantes. In: *Química de alimentos de Fennema*. Porto Alegre: Artmed – 4ª edição, 2010. Cap. 9. p. 1-900.
- SHAMANTHAKA SASTRY, M. C.; SUBRAMANIAN, N.; PARPIA, H. A. B. Effect of dehulling and heat processing on nutritional value of sesame protein. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 51, n. 4, p. 115-118, 1974.

SHAMANTHAKA, S. M. C.; SUBRAMANIAN, N.; RAJAGO LAPAN, R. Studies on the wet dehulling of sesame seed to obtain superior grade protein concentrates. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 46, p. 592-596, 1970

SHARMA, L., SHARMA, H.K.; SAINI, C.S. Edible films developed from carboxylic acid cross-linked sesame protein isolate: barrier, mechanical, thermal, crystalline and morphological properties. **Journal of Food Science and Technology** (2018) 55: 532. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2962-4>

SHIBATA, T. (2016). AQUALAB. Perguntas e respostas – Fundamentos de Atividade de Água (AW). Disponível em: <http://aqualab.decagon.com.br/noticias/perguntas-e-respostas-fundamentos-de-atividade-de-agua-aw/> Acesso em 08/02/2018

SHIN, B. R.; SONG, H. W.; LEE, J. G. et al. Comparison of the contents of benzo(a)pyrene, sesamol and sesamol, and volatiles in sesame oils according to origins of sesame seeds. **Applied Biological Chemistry**. (2016) 59: 129. <https://doi.org/10.1007/s13765-015-0138-3>

SILVA, A. C.; GONDIM, T. M. de S.; BARROS, M.A.L.; FIRMINO, P. de T.; QUEIROGA, V. de P.; ARRIEL, N. H. C.; SANTOS, R. F. AGEITEC. Árvore do conhecimento: Gergelim. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/gergelim/arvore/CONT000gjwsa9vn02wx5ok06wjwcmxmtid131.html> Acesso em 23/09/2016.

SILVA, E. R.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; ARRIEL, N. H. C.; SILVA, A. C. e RIBEIRO, S. M. R. - Capacidade antioxidante e composição química de grãos integrais de gergelim creme e preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.7, p.736-742, jul. 2011

SILVA, F. A. S, AZEVEDO, C. A. V. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. Afr. **Jornal Africano de Pesquisa Agrícola (AJAR)**. v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 29. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522

SILVA, L. C. **Cultura do gergelim**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1993. 15 p
Treinamento para assistentes de pesquisa do sistema cooperativo de pesquisa agropecuária. Campina Grande-PB, ago.1993.

SILVA, O. R. R. F.; CARVALHO, O. S.; BELTRÃO, N. E. M. **Máquinas para o Plantio**. In: Beltrão, N. E. M; Vieira, D. J. (ed.). O agronegócio do gergelim no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001, p.133-148

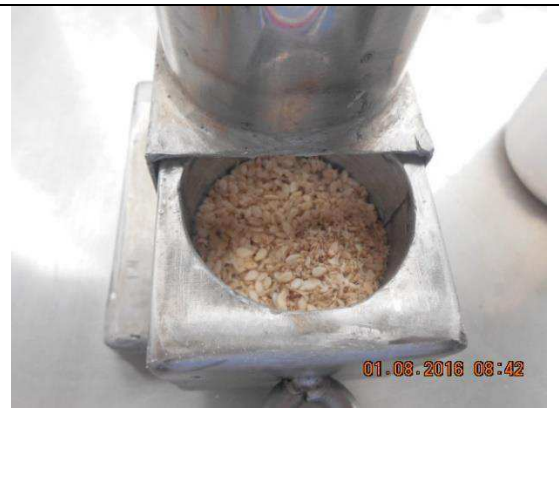
SINGH, P. P. The oxalic acid content of indian foods. Reader in Biochemistry RNT Medical College Udaipur (Ra.). **Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles**. V 22, p. 335-347, 1973. <https://doi.org/10.1007/BF01099524>

TACO - **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: UNICAMP/NEPA, 161 p. 2011. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>> Acesso em: 20/04/2016.

VALERIANO, F. R. **Morfoanatomia e composição centesimal de sementes de gergelim e cártamo**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Diamantina – Minas Gerais. (2016)

APÊNDICES

Apêndice 1 – Imagens do soprador



Apêndice 2 – Quadro de análise da variância dos dados da porcentagem de despliculação obtidos em função da rotação, do ângulo de inclinação e do tempo de agitação da câmara despliculadora.

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/01/2017
=====
Arquivo resultdesplicscot.txt Data 09/02/2017 Hora 10:24:53
```

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	2	444.45550	222.22775	193.0576 **
Fator2(F2)	2	920.89225	460.44612	400.0069 **
Fator3(F3)	2	1192.14331	596.07166	517.8299 **
Int. F1xF2	4	956.90016	239.22504	207.8238 **
Int. F1xF3	4	246.62346	61.65586	53.5628 **
Int. F2xF3	4	145.28671	36.32168	31.5540 **
Int.F1x2x3	8	342.45264	42.80658	37.1877 **
Tratamentos	26	4248.75402	163.41362	141.9636 **
Resíduo	81	93.23872	1.15110	
Total	107	4341.99274		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Fator 1 = rotação

Fator 2 = ângulo

Fator 3 = tempo

Apêndice 3 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de água de cinco cultivares de gergelim.

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/03/2017
=====
Arquivo resultadoumidadeintegrais.txt
Data 15/07/2017 Hora 20:37:44
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.17849	0.04462	1.4560 ns
Resíduo	10	0.30648	0.03065	
Total	14	0.48497		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 4 – Quadro de análise da variância dos dados da facilidade de despeliculação de cinco cultivares de gergelim.

=====

ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage <http://www.assistat.com>
 Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/03/2017

=====

Arquivo RESULTMEDECIMENTO.TXT Data 15/07/2017 Hora 16:48:34

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	4	4587.08571	1146.77143	2936.8537 **
Fator2(F2)	6	74489.29524	12414.88254	31794.2114 **
Int. F1xF2	24	9541.84762	397.57698	1018.1850 **
Tratamentos	34	88618.22857	2606.41849	6674.9742 **
Resíduo	70	27.33333	0.39048	
Total	104	88645.56190		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Fator 1 = cult

Fator 2 = tempo

Apêndice 5 – Quadro de análise da variância dos dados da massa de mil sementes integrais de cinco cultivares de gergelim.

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/01/2017
=====
Arquivo massamsitresult.txt Data 10/09/2017 Hora 20:28:30
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1.31628	0.32907	235.0500 **
Resíduo	15	0.02100	0.00140	
Total	19	1.33728		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 6 – Quadro de análise da variância dos dados da massa de mil sementes despelculadas de cinco cultivares de gergelim.

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/01/2017
=====
Arquivo massamsdespresult.txt Data 10/09/2017 Hora 20:35:01
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1.37068	0.34267	338.7183 **
Resíduo	15	0.01517	0.00101	
Total	19	1.38585		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 7 – Quadro de análise da variância dos dados da porcentagem de pele de cinco cultivares de gergelim.

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/01/2017
=====
Arquivo porcentagemdepeleresult.txt
Data 10/09/2017 Hora 20:24:37
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	34.51948	8.62987	31.6671 **
Resíduo	15	4.08778	0.27252	
Total	19	38.60726		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 8 – Quadro de análise da variância dos dados da porcentagem de despliculação de cinco cultivares de gergelim.

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/03/2017
=====
Arquivo ANALISEDESPELICULAÇÃO_CINCO.TXT
Data 12/05/2017 Hora 22:56:35
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	9167.25993	2291.81498	1273.2423 **
Resíduo	15	26.99975	1.79998	
Total	19	9194.25968		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 9 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de água em sementes integrais e despelculadas de cinco cultivares de gergelim

```

=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/01/2017
=====
Arquivo ultimaumidaderesultado.txt
Data 21/08/2017 Hora 15:41:26

```

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F	
Fator1(F1)	4	1.49892	0.37473	2.2866	ns
Fator2(F2)	1	14.56033	14.56033	88.8475	**
Int. F1xF2	4	0.79107	0.19777	1.2068	ns
Tratamentos	9	16.85032	1.87226	11.4246	**
Resíduo	20	3.27760	0.16388		
Total	29	20.12792			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 10 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de carboidratos em sementes integrais e despelculadas de cinco cultivares de gergelim

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/01/2017
=====
Arquivo CARBOIDRATOSRESULTADO.TXT
Data 17/08/2017 Hora 21:45:32
```

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	4	22.55775	5.63944	75.9009 **
Fator2(F2)	1	267.84432	267.84432	3604.9034 **
Int. F1xF2	4	234.50831	58.62708	789.0589 **
Tratamentos	9	524.91039	58.32338	784.9714 **
Resíduo	20	1.48600	0.07430	
Total	29	526.39639		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 11 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de proteínas em sementes integrais e despelculadas de cinco cultivares de gergelim

=====
 ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage <http://www.assistat.com>
 Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/03/2017
 =====

Arquivo ANALISEPROTEINAS.TXT Data 04/07/2017 Hora 20:07:43

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	4	130.74521	32.68630	111.0171 **
Fator2(F2)	1	29.02503	29.02503	98.5818 **
Int. F1xF2	4	7.62982	1.90746	6.4786 **
Tratamentos	9	167.40006	18.60001	63.1738 **
Resíduo	20	5.88851	0.29443	
Total	29	173.28858		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 12 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de lipídeos em sementes integrais e despelculadas de cinco cultivares de gergelim

```

=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/03/2017
=====
Arquivo RESULDETLIPIDEOS.TXT Data 10/07/2017 Hora 21:34:27

```

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	4	255.72015	63.93004	313.5260 **
Fator2(F2)	1	343.00245	343.00245	1682.1542 **
Int. F1xF2	4	170.67565	42.66891	209.2571 **
Tratamentos	9	769.39825	85.48869	419.2540 **
Resíduo	20	4.07813	0.20391	
Total	29	773.47639		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 13 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de lipídeos em sementes integrais e despelculadas de cinco cultivares de gergelim

```

=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 01/03/2017
=====
Arquivo CINZASRESULTADOS.TXT Data 14/07/2017 Hora 18:20:10

```

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	4	2.57160	0.64290	65.6691 **
Fator2(F2)	1	13.79052	13.79052	1408.6333 **
Int. F1xF2	4	0.60115	0.15029	15.3510 **
Tratamentos	9	16.96327	1.88481	192.5237 **
Resíduo	20	0.19580	0.00979	
Total	29	17.15907		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 14 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de carboidratos dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

=====

ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage <http://www.assistat.com>

Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017

=====

Arquivo CARBOID_ARM_RESULT.TXT Data 31/12/2017 Hora 23:29:54

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	2.56692	0.42782	1.1024 ns
Resíduo	14	5.43320	0.38809	
Total	20	8.00012		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 15 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de proteínas dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

=====

ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage <http://www.assistat.com>

Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017

=====

Arquivo PROTEINAS_ARM_RESULT.TXT Data 29/12/2017 Hora 23:12:04

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	2.40350	0.40058	0.5004 ns
Resíduo	14	11.20660	0.80047	
Total	20	13.61010		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 16 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de lipídeos dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

=====

ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage <http://www.assistat.com>

Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017

=====

Arquivo LIPIDEOS_ARM_RESULT.TXT Data 29/12/2017 Hora 23:16:51

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	4.40371	0.73395	1.9431 ns
Resíduo	14	5.28800	0.37771	
Total	20	9.69171		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 17 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de cinzas dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

```

=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017
=====
Arquivo CINZAS_ARM_RESULT.TXT Data 31/12/2017 Hora 23:27:05

```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	0.00073	0.00012	1.5098 ns
Resíduo	14	0.00113	0.00008	
Total	20	0.00187		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 18 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de água dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017
=====
Arquivo AGUA_ARM_REUSLT.TXT Data 29/12/2017 Hora 23:08:21
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	0.00160	0.00027	0.1842 *
Resíduo	14	0.02027	0.00145	
Total	20	0.02187		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 19 – Quadro de análise da variância dos dados da acidez titulável (% de ácido oleico) dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despelculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

```

=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017
=====
Arquivo ACIDEZTIT_ARM_RESULT.TXT Data 31/12/2017 Hora 23:33:07

```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	0.00026	0.00004	7.1747 **
Resíduo	14	0.00008	0.00001	
Total	20	0.00034		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 20 – Quadro de análise da variância dos dados da atividade de água (aw) dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despelculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

```

=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017
=====
Arquivo AW_ARM_RESULT.TXT Data 31/12/2017 Hora 23:35:24

```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	0.09496	0.01583	455.3068 **
Resíduo	14	0.00049	0.00003	
Total	20	0.09545		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 21 – Quadro de análise da variância dos dados da cor referente ao parâmetro “L” dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despeliculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

=====

ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage <http://www.assistat.com>
 Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017

=====

Arquivo COR_L_ARM_RESULT.TXT Data 29/12/2017 Hora 22:59:25

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	186.28595	31.04766	364.1361 **
Resíduo	56	4.77478	0.08526	
Total	62	191.06073		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 22 – Quadro de análise da variância dos dados da cor referente ao parâmetro “a” dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despelculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

=====

ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage <http://www.assistat.com>
 Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017

=====

Arquivo COR_a_ARM_RESULT.TXT Data 29/12/2017 Hora 23:02:24

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	9.97317	1.66219	89.2453 **
Resíduo	56	1.04300	0.01863	
Total	62	11.01617		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 23 – Quadro de análise da variância dos dados da cor referente ao parâmetro “b” dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despelculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2017) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017
=====
Arquivo COR_b_ARM_RESULT.TXT Data 29/12/2017 Hora 23:04:41
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	87.39990	14.56665	60.1611 **
Resíduo	56	13.55913	0.24213	
Total	62	100.95903		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 24 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de ácido oxálico (%) dos grãos de cinco cultivares de gergelim integrais e despelculados mecanicamente.

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2018) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017
=====
Arquivo AO_INT_DESP_REULT.TXT Data 26/01/2018 Hora 00:44:11
```

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	1	18.81792	18.81792	591.7585 **
Fator2(F2)	4	1.18128	0.29532	9.2868 **
Int. F1xF2	4	0.53808	0.13452	4.2302 *
Tratamentos	9	20.53728	2.28192	71.7585 **
Resíduo	20	0.63600	0.03180	
Total	29	21.17328		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 25 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de ácido oxálico (%) dos grãos de cinco cultivares de gergelim despeliculados mecanicamente comparados a três marcas comerciais.

```
=====
ASSISTAT Versão 7.7 pt (2018) - Homepage http://www.assistat.com
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017
=====
Arquivo AO_DESPE_RESULT_SCOTT.TXT Data 01/01/2018 Hora 22:34:32
```

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	7	3.05732	0.43676	10.4446 **
Resíduo	16	0.66907	0.04182	
Total	23	3.72638		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Apêndice 26 – Quadro de análise da variância dos dados do teor de ácido oxálico (%) dos grãos de gergelim (Cultivar Anahí), despelculados e armazenados em embalagens de polietileno em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura por 180 dias.

=====

ASSISTAT Versão 7.7 pt (2018) - Homepage <http://www.assistat.com>
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 02/01/2017

=====

Arquivo AO_DESP_ARMA_RESULT_SCOOT.TXT

Data 01/01/2018 Hora 22:38:11

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	0.82230	0.13705	32.0137 **
Resíduo	14	0.05993	0.00428	
Total	20	0.88223		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

ANEXOS

ANEXO 1 - PREPARO DE ALGUMAS SOLUÇÕES PARA DETERMINAÇÃO DE ÁCIDO OXÁLICO, Moir, (1953).

Soluções de preparação:

1) Solução de ácido clorídrico HCl 0,25N: preparar 1 litro.

2) Solução de precipitação (Solução A + Solução B).

Solução A

96,5 gramas de acetato de sódio anidro, dissolver em 250mL de água destilada.

Solução B

Dissolver 18 gramas de acetato de cálcio anidro em 250mL de ácido acético aquoso a 50%:

- a. Para preparar o ácido acético aquoso a 50%, deve-se utilizar um balão volumétrico de 250 mL e medir em uma proveta o volume de 125 mL de ácido acético concentrado e transferir esse volume para o balão, em seguida completar o volume com água destilada.
- b. OBS: A solução A é misturada com a solução B, logo é filtrada e logo após ser estocada por 48 horas. Se necessário, quando for usar a solução filtrar novamente.

3) Reagente de lavagem para oxalato de cálcio:

Preparar o reagente de lavagem com 240 mL de álcool a 96% P.A e misturar com 125 mL de hidróxido de amônia (Amônia P.A). Adicionar os reagentes em um balão volumétrico de 500 mL e completar o volume com água destilada.