

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar
Centro de Ciências da Natureza – CCN
Campus – Lagoa do Sino

LARISSA DOMINGUES BARROS

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E
TECNOLÓGICAS DE DIFERENTES VARIEDADES DE SOJA CULTIVADAS NO
SUDOESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Buri - SP
2020

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar
Centro de Ciências da Natureza – CCN
Campus – Lagoa do Sino

LARISSA DOMINGUES BARROS

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E
TECNOLÓGICAS DE DIFERENTES VARIEDADES DE SOJA CULTIVADAS NO
SUDOESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Alimentos na
Universidade Federal de São Carlos.

Orientação: Prof. Dr. Gustavo das Graças Pereira

Buri - SP

2020

Barros, Larissa Domingues

Avaliação das características físicas, físico-químicas e tecnológicas de diferentes variedades de soja cultivadas no sudoeste do Estado de São Paulo / Larissa Domingues Barros -- 2020.
39f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri
Orientador (a): Gustavo das Graças Pereira
Banca Examinadora: Gustavo das Graças Pereira, Miriam Mabel Selani, Moysés Naves de Moraes
Bibliografia

1. Caracterização . 2. Glycine Max. 3. Óleo de soja . I. Barros, Larissa Domingues. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

LARISSA DOMINGUES BARROS

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E
TECNOLÓGICAS DE DIFERENTES VARIEDADES DE SOJA CULTIVADAS
NO SUDOESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Alimentos pela Universidade
Federal de São Carlos.

Aprovado em: 29/10/2020.

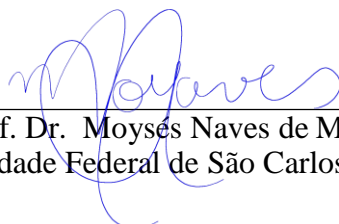
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Gustavo das Graças Pereira
(Orientador) Universidade Federal de São
Carlos (UFSCar)



Prof.^a. Dr.^a. Miriam Mabel Selani
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)



Prof. Dr. Moyses Naves de Moraes
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

AGRADECIMENTO

Primeiramente à Deus, por me permitir chegar até aqui, me dando forças para conquistar os meus objetivos e a Nossa Senhora Aparecida por interceder por mim em todos os momentos de necessidade.

À minha mãe Marina, por me apoiar e acreditar em mim desde sempre e pelo amor incondicional e dedicação doada a mim todos os dias.

À minha avó Virgínia e meu avô falecido Ivo, por ajudarem minha mãe a me criar de forma tão sólida e amorosa.

Aos meus tios Márcio e Marinete por acreditarem em mim e serem como segundo pais. E aos meus primos Rita e João Pedro por serem como irmãos para mim.

Ao meu namorado Eduardo pelo apoio, amor e companheirismo em todas as situações.

À minha sogra Rita por todo apoio financeiro e emocional, por se preocupar comigo de forma fraternal e me considerar como filha.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo das Graças Pereira, pela oportunidade de aprendizado e desenvolvimento profissional, por estar sempre disposto a me auxiliar nas dificuldades e por todo conhecimento transmitido a mim.

Ao professor Moysés e a professora Miriam, por aceitarem fazer parte da banca e também ao professor Daniel por todos os conselhos e conhecimento dispensados a mim de forma benevolente.

Às minhas amigas Amanda, Fabiana, Isabelle e Kellen, por tornarem a experiência da graduação ainda mais prazerosa e sempre estarem ao meu lado de forma bem humorada e afetuosa.

À Universidade Federal de São Carlos pela oportunidade de formação profissional, pela estrutura concedida para as análises e todos seus funcionários e colaboradores.

À todo corpo docente, pelo aprendizado, conhecimento transmitido e amizade compartilhada, sendo que cada professor ficará registrado em minha memória para sempre.

RESUMO

BARROS, Larissa. **Avaliação das características físicas, físico-químicas e tecnológicas de diferentes variedades de soja cultivadas no sudoeste do estado de São Paulo**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2020.

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das matérias-primas de maior destaque nos cenários nacional e internacional em decorrência da sua composição química, da importância econômica e diversidade de aplicação no mercado de alimentos. A composição da soja pode apresentar diferenças significativas a depender da variedade utilizada, do manejo agrícola empregado, do local de cultivo e das condições edafoclimáticas. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho consistiu em avaliar as características físicas, físico-químicas e tecnológicas de diferentes variedades de soja agricultadas no Sudoeste do Estado de São Paulo. A parte experimental foi dividida em três etapas. A primeira consistiu em caracterizar quatro variedades de soja comercial (SA, SB, RA e RB) quanto a alguns parâmetros físicos e físico-químicos usualmente aplicados no controle de qualidade de grãos. Na segunda etapa obteve-se a farinha das cultivares de soja e estas foram avaliadas quanto a determinados parâmetro físico-químicos e tecnológicos. Por fim na terceira etapa, os óleos extraídos, via solvente, a partir das distintas variedades, foram avaliados quanto a extinção específica e acidez livre. Com esse trabalho foi possível identificar as similaridades e diferenças em relação aos constituintes químicos e às características físicas destas variedades de soja. As variedades de alta eficiência agrônômica (SA e SB) se destacaram quanto aos parâmetros físicos, sendo que a variedade SB também obteve maior teor de proteína (40 %), que juntamente com o teor lipídico apresentam os principais parâmetros físico-químicos. Quanto às características tecnológicas a variedade tradicional SB, mais uma vez, se sobressaiu às demais em relação à capacidade de absorção de água (2,85 g água/ g de amostra). Em contrapartida a variedade refúgio RA se destacou quanto à capacidade emulsificante (61,44 %). Em relação à qualidade dos óleos obtidos, o óleo extraído da variedade SB apresentou maior acidez e extinção específica. Foi possível concluir que as variedades de soja, tanto as utilizadas como estratégia de refúgio quanto aquelas de alta produtividade, diferiram em relação as suas características químicas, físicas e tecnológicas. Assim, os resultados obtidos neste

trabalho podem auxiliar na tomada de decisão quanto à escolha de determinada (s) variedade (s) para uma aplicação específica na indústria de alimentos.

Palavras-chave: caracterização, *Glycine max*, óleo de soja, parâmetros de qualidade.

ABSTRACT

Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] is one of the most important raw materials in the national and international scenarios due to its chemical composition, economic importance and diversity of application in the food market. The composition of soybeans can present significant differences depending on the variety used, the agricultural management, the place of cultivation and the edaphoclimatic conditions. In this sense, the objective of this work was to evaluate the physical, physical-chemical and technological characteristics of different soybean varieties cultivated in the southwest of the State of São Paulo. The experimental part was divided into three stages. The first consisted of characterizing four varieties of commercial soybean (SA, SB, RA and RB) regarding some physical and physical-chemical parameters usually applied in grain quality control. In the second stage, the soybean's flour cultivars was obtained and these were evaluated for certain physical-chemical and technological parameters. Finally, in the third stage, the oils extracted from the different varieties were evaluated for the specific extinction and free acidity. With this work it was possible to identify the similarities and differences in relation to the chemical constituents and the physical characteristics of these soybean varieties. The varieties of high agronomic efficiency (SA and SB) stood out in terms of physical parameters, and the SB variety also had higher protein content (40%), which together with the lipid content presents the main physical-chemical parameters. As for technological characteristics, the traditional SB variety, once again, stood out from the others in relation to the water absorption capacity (2.85 g water / g sample). In contrast, the RA refuge variety stood out in terms of emulsifying capacity (61.44%). Regarding the quality of the oils obtained, the oil extracted from the SB variety showed greater free acidity and specific extinction. It was possible to conclude that the soybean varieties, both those used as a refuge strategy and those of high productivity differed in relation to their chemical, physical and technological characteristics. Thus, the results obtained in this work can assist in decision making regarding the choice of certain varieties for a specific application in the food industry

Keywords: characterization, *Glycine max*, soybean oil, quality parameters.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
4.1. MATERIAIS	20
4.2. DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E DOS PROCEDIMENTOS DE IMPLANTAÇÃO, CONDUÇÃO A CAMPO E COLHEITA	20
4.3. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE SOJA	21
4.4. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DOS GRÃOS 22	
4.4.1. Peso de 100 grãos	22
4.4.2. Dimensão dos grãos	22
4.4.3. Cinética de absorção de água	22
4.4.4. Umidade	23
4.4.5. Atividade de água	23
4.5. OBTENÇÃO DA FARINHA	23
4.6. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS FARINHAS DE SOJA.....	23
4.6.1. pH	23
4.6.2. Teor de lipídeos	23
4.6.3. Teor de proteína bruta	23
4.6.4. Teor de cinzas	24
4.7. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS TECNOLÓGICOS DAS FARINHAS DE SOJA 24	
4.7.1. Absorção de água	24
4.7.2. Capacidade emulsificante	24
4.8. EXTRAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DOS ÓLEOS.....	25
4.8.1. Extração do óleo de soja	25
4.8.2. Avaliação dos parâmetros de qualidade do óleo de soja	25
4.8.2.1. <i>Acidez livre</i>	25
4.8.2.2. <i>Extinção específica</i>	25

4.9. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1. PARÂMETROS FÍSICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DO GRÃO DE SOJA.....	26
5.2. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA FARINHA DE SOJA.....	29
5.3. PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS DE SOJA	31
5.4. PARÂMETROS DE QUALIDADE DOS ÓLEOS DE SOJA.....	32
6. CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma planta oleaginosa muito antiga e de grande destaque no cenário internacional. O Brasil é o maior produtor mundial de soja e tem nesta cultura um dos principais pilares do sucesso atribuído ao agronegócio nacional. O país também se destaca por ser o maior exportador mundial da oleaginosa. Segundo a Secretária de Comércio Exterior do Ministério da Economia de janeiro a julho de 2019, o Brasil exportou cerca de 45,34 milhões de toneladas de grãos de soja (CONAB, 2019). No âmbito nacional os principais estados produtores são Mato Grosso, com uma produção de 35,885 milhões de t, Paraná (21,598 milhões de t) e Rio Grande do Sul (11,444 milhões de t) (EMBRAPA, 2020).

A soja é constituída basicamente de água (9,59%), proteínas (32,77%), lipídeos (15,74%), fibras (7,56%) e minerais (3,64%) (CIABOTTI et al., 2006). Além destes, existem compostos minoritários que proporcionam à soja diversas propriedades benéficas à saúde e funcionais, que atraem o olhar do consumidor e da indústria. A título de exemplificação, estudos apontam que as isoflavonas reduzem a incidência de câncer de próstata e a perda óssea da coluna em mulheres na menopausa (KUMAR et al., 2004; MA et al., 2008). Em relação às propriedades funcionais, podem-se citar as principais proteínas presentes na soja, glicinina e β -conglucina, que auxiliam na formação de géis mais estáveis e na estabilização de emulsões, sendo que elas também possuem propriedades espumantes e de retenção de água (AÑON; GONZÁLEZ, 2001; RICKERT; JOHNSON; MURPHY, 2004; REMONDETTO; SHAO; LIN; KAO, 2016).

Existe um amplo espectro de produtos derivados da soja utilizados para consumo humano, tais como o *shoyu*, *tempeh*, *miso*, *natto* e *tofu*, que são produtos largamente consumidos no continente asiático. Adicionalmente, pode-se produzir a proteína texturizada de soja e os concentrados e isolados proteicos, que tem potencial para serem utilizados como aditivos ou ingredientes em formulações de outros produtos alimentícios (MEDIC; ATKINSON; HURBURGH, 2014; DANTAS et al., 2009; PEREIRA et al., 2011). O óleo de soja é outro exemplo de produto derivado utilizado para fins culinários e industriais.

Devido a diversos fatores, tais como exigência de produtividade do mercado e melhoria de características, tanto para o plantio no campo, quanto para a destinação da soja para diferentes utilizações, fez-se necessário desenvolver novas variedades a partir de modificações biotecnológicas nas plantas. Assim, existe, atualmente, um extenso catálogo de cultivares de sementes de soja disponíveis no mercado (PÍPOLO et al., 2007).

Dessa forma, é fundamental desenvolver trabalhos voltados para a caracterização da composição química, dos atributos físicos, físico-químicos e tecnológicos de diferentes variedades de soja a fim de subsidiar a escolha da melhor aplicação para cada variedade.

2. OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo geral caracterizar diferentes variedades de soja agricultadas no sudoeste do Estado de São Paulo.

Os objetivos específicos foram:

- Caracterizar os grãos de quatro variedades de soja quanto aos parâmetros físicos, umidade e atividade de água;
- Caracterizar as farinhas obtidas a partir das quatro variedades de soja quanto aos parâmetros físico-químicos usualmente aplicados nas análises de controle de qualidade de grãos;
- Inferir sobre determinadas propriedades tecnológicas das farinhas de soja;
- Avaliar alguns parâmetros de qualidade dos óleos brutos extraídos via solvente.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma planta ‘leguminosa’, pertencente à Família botânica Fabaceae, altamente valorizada como matéria-prima para diversos mercados, sobretudo o de alimentos, graças ao seu alto teor e qualidade das proteínas, além de ser uma das principais fontes para extração de óleo vegetal (KIIHL; CALVO, 2008).

O uso da soja tem sua origem datada no século XI a.C no continente asiático, mais especificamente na China. Diversos historiadores afirmam que a soja foi descrita primordialmente pelo imperador chinês Shen Nung, considerado o “pai da agricultura”, em 2838 a.C, que em sua obra descreveu os cinco grãos sagrados para os chineses, e dentre eles estava a soja. Posteriormente à sua domesticação, a relevância da soja para a alimentação se consolidou e cientistas europeus tiveram acesso a sementes através de um botânico alemão que as trouxe a Europa, difundindo-as aos jardins botânicos. Por muitos anos subsequentes a soja foi considerada como uma curiosidade botânica e não como uma planta de grande interesse econômico. A primeira citação da soja na literatura foi nos Estados Unidos em 1804 por James Mease. Em 1898 o United States Department of Agriculture introduziu ao seu domínio uma ampla quantidade de variedades de soja oriundas de países asiáticos (MORSE, 1949).

Em relação ao Brasil, as primeiras experiências com a soja datam de 1882, onde um sitiante realizou as primeiras semeaduras e cultivos de soja no Estado da Bahia. Em seguida, a soja foi cultivada no Estado de São Paulo, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em 1892. Apesar dessas primeiras incursões no nordeste e sudeste, a soja se apresentou como uma cultura viável, do ponto de vista econômico, no Estado do Rio Grande do Sul em 1950 (KIIHL; CALVO, 2008). No decorrer do tempo, as pesquisas relacionadas ao melhoramento genético e a introdução de novas variedades com tolerância às diferentes condições edafoclimáticas permitiu que a soja se enquadrasse como uma das principais matérias-primas produzidas no Brasil de destaque no cenário mundial.

A produção mundial de soja tem números expressivos. Os dados da safra 2019/2020 apontam que foram produzidos 337,298 milhões de toneladas em uma área plantada de 122,647 milhões de hectares. O Brasil se enquadra como o maior produtor da leguminosa, contando com uma produção de 124,845 milhões de t em

uma área de 36,950 milhões de ha, o que representa uma produtividade de 3.379 kg/ha (cerca de 58 sacas/ha). Os Estados Unidos são o segundo maior produtor, apresentando uma produção de 96,676 milhões de t em 30,332 milhões de ha de área plantada, conferindo uma produtividade de 3.187 kg/ha (54 sacas/ha) (EMBRAPA, 2020). A produção mundial de soja é praticamente dominada por Estados Unidos, Brasil e Argentina, que são responsáveis por aproximadamente 80% da soja produzida (CONAB, 2018).

No âmbito nacional, o Estado do Mato Grosso é o principal estado produtor de soja, contando com uma produção de 35,885 milhões de t na safra 2019/2020, seguido por Paraná e Rio Grande do Sul, que obtiveram até então uma produção de 21,598 milhões de t e 11,444 milhões de t, respectivamente. Em relação à região Sudeste, Minas Gerais (6.172,4 t) e São Paulo (3.958,7 t) foram os principais produtores na safra 2019/2020 (EMBRAPA, 2020; CONAB, 2020). Estes resultados demonstram a importância desta leguminosa, que também é classificada como uma oleaginosa, para a economia nacional.

A partir da soja, uma gama de produtos pode ser originada, tais como o farelo de soja, óleo de soja, extrato de soja, *shoyu*, *tempeh*, *miso*, *natto*, tofu, farinha de soja, proteína texturizada de soja, além dos concentrados e isolados proteicos (MEDIC; ATKINSON; HURBURGH, 2014).

O principal derivado produzido e consumido no Brasil é o óleo de soja, uma vez que o país apresenta alta oferta da oleaginosa, como já explanado anteriormente através dos dados econômicos. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), em 2019, no Brasil, foram processadas 43.454 t de soja, a produção de óleo de soja atingiu 8.791 t e o consumo interno do mesmo chegou a 7.909 t (ABIOVE, 2020). O processamento do óleo de soja se inicia com operações de pré-processamento, que engloba as etapas de recebimento, controle de qualidade, secagem e limpeza. Em seguida ocorre o preparo da matéria-prima, onde ocorre o descascamento, condicionamento, trituração/ laminação e cozimento. Após essas etapas ocorre a extração do óleo, sendo a extração com solvente o método mais utilizado, uma vez que essa oleaginosa possui baixo teor de óleo. A soja laminada é colocada no extrator e o solvente (geralmente hexano) extrai o óleo formando micelas (óleo + solvente). Em seguida esse solvente é evaporado e recuperado, obtendo-se assim o óleo de soja bruto. Esse óleo bruto segue para as etapas de refino, a fim de melhorar a aparência, odor e sabor. Dessa forma é

submetido à degomagem (remoção fosfolipídios), neutralização (adição de soluções alcalinas para remoção principalmente de ácidos graxos livres), branqueamento (remoção de pigmentos restantes) e desodorização (remoção de odores e sabores desagradáveis) (MANDARINO; HIRAKURI; ROESSING, 2015). Em relação a sua composição, o óleo de soja é constituído principalmente por triacilgliceróis e compostos minoritários, tais como os tocoferóis. Segundo Pereira et al. (2013), a maior parte dos ácidos graxos do óleo de soja são insaturados, sendo que o ácido oleico (C 18:1) representa 21,9%, o ácido linoleico (C 18:2) 51,3% e o ácido linolênico (C 18:3) 6,0%. Segundo Lima e Gonçalves (1997), os principais isômeros de tocoferol encontrados no óleo de soja são α , β e δ .

Os produtos derivados da soja também podem ser utilizados como ingredientes e/ou aditivos na formulação de alimentos, a exemplo da utilização de farinha de soja em produtos de panificação e dos concentrados e isolados proteicos em sorvetes (DANTAS et al., 2009; PEREIRA et al., 2011). Além disso, um estudo demonstrou que a proteína texturizada de soja foi utilizada em barras de cereais, originando um produto com maior teor de proteínas e menor teor de lipídeos, além de ter apresentado propriedades sensoriais agradáveis e alta aceitabilidade (PEUCKERT et al., 2010). Waliszewski, Pardo; Carreon (2002) introduziram diferentes porcentagens de okara na formulação de tortilhas e observaram que as tortilhas enriquecidas com 10% de okara apresentaram incremento nos teores de lisina e triptofano.

Em geral, a soja é composta por água (7,89 a 14,89%), proteínas (39,39 a 42,32%), lipídios (18,02 a 19,75%), fibras (11,50 a 17,13%) e minerais (4,97 a 5,21%) (GRIESHOP; FAHEY, 2001). Além destes constituintes básicos, a soja ainda é constituída, por isoflavonas, ácido fítico, ácidos graxos essenciais (linoleico e linolênico) e saponinas. A composição química está diretamente relacionada aos efeitos benéficos à saúde proporcionados pelo consumo da soja e derivados, assim como às suas propriedades funcionais tão valorizadas pela indústria de aditivos.

A título de exemplificação, estudos apontam que as isoflavonas da soja reduzem a incidência de câncer de próstata e a perda óssea da coluna em mulheres na menopausa (KUMAR et al., 2004; MA et al., 2008). A estaquiose e rafinose, principais oligossacarídeos presentes na soja, são consideradas agentes prebióticos, ou seja, seu consumo favorece o desenvolvimento da microbiota benéfica no intestino (INOUCHI et al., 2011). O α -tocoferol, que apresenta

atividade vitamínica (E), previne os efeitos da peroxidação lipídica nas membranas celulares, além de reduzir a incidência de doenças crônicas (TRABER; FREI; BECKMAN, 2008). De acordo com Pereira et al. (2013), o óleo proveniente da soja contém 801 ppm de tocoferóis totais, sendo 15% referente ao isômero α -tocoferol. Em relação às propriedades funcionais, as principais proteínas presentes na soja, glicinina e β -conglícinina, auxiliam na formação de géis mais estáveis e na estabilização de emulsões, respectivamente (RICKERT; JOHNSON; MURPHY, 2004). As proteínas da soja também apresentam propriedades espumantes e de retenção de água (REMONDETTO; AÑON; GONZÁLEZ, 2001; SHAO; LIN; KAO, 2016).

A composição química do grão de soja pode apresentar variações em decorrência da variedade utilizada, das condições climáticas do local de cultivo e das tecnologias empregadas, a exemplo da irrigação (IRINA et al., 2008). Karr-Lilienthal et al. (2004) observaram variações no teor total de aminoácidos essenciais e não essenciais em grãos de soja provenientes de cinco países. De acordo com estes autores, a amostra oriunda da China apresentou os maiores teores de aminoácidos essenciais e não essenciais, enquanto a de origem argentina apresentou os menores resultados. Similarmente, a soja de origem chinesa apresentou maior teor de lisina, que é um dos aminoácidos limitantes desta leguminosa. Carrão-Panizzi (1996), quando compararam variedades de soja cultivadas em Londrina, no Estado do Paraná e em Porangatu, no Estado de Goiás, concluiu que os teores de isoflavonas podem ser influenciados (além da variedade utilizada), pela temperatura de cultivo, sendo que temperaturas mais elevadas diminuem os teores desse composto. Dessa forma as temperaturas mais amenas encontradas no Estado do Paraná favoreceram o desenvolvimento do mesmo.

Atualmente existem diferentes variedades de soja disponíveis no mercado. Estas foram obtidas por modificações genéticas com o intuito de se obter certas características, tais como: maior adaptabilidade a uma determinada região climática, elevação do potencial produtivo e tolerância ao estresse hídrico, resistência ao acamamento e aos nematoides de cisto e de galhas e ciclo adequado (PÍPOLO et al., 2007).

As modificações biotecnológicas promovidas na planta para o desenvolvimento de variedades específicas podem alterar o seu metabolismo e, assim, influenciar na síntese e/ou teor de um determinado componente. Gonçalves et al. (2014), ao

avaliar a composição química e tecnológica de duas variedades de soja, BRS 284 e BMX Potência RR, observaram diferenças nos seus teores de umidade, lipídios, proteínas e isoflavonas. Irina et al. (2008) relataram que a variedade Danubiana apresentou menor teor de lipídios e maiores teores de proteína e minerais em relação a variedade Columna. Além disso, estes autores não observaram diferença significativa na composição em ácidos graxos entre as duas variedades. Rao; Chaitanya (2015) relataram uma variação nos teores de α -tocoferol (0,506 a 1,046 mg/g, em base seca) em dezoito variedades de soja cultivadas na Índia. Segundo Ávila et al. (2007), que estudaram diferentes variedades de soja (BR 36, EMBRAPA 48, BRS 133, BRS 184, BRS 213 e BRS 214) cultivadas em Maringá e Umuarama, ambas cidades do Estado do Paraná, obtiveram como resultado que, o teor total de isoflavonas nos dois locais foi menor para variedade BR 36. Rigo et al. (2015), em um estudo que caracterizou as farinhas de uma variedade convencional (Vmax) e duas destinadas a alimentação humana (BR 257 e BRS 267), concluíram que a variedade BR 267 apresentou maior conteúdo proteico (44,02%), podendo ser utilizada para melhorar a qualidade nutricional de alimentos a base de soja. A variedade Vmax apresentou maior teor lipídico, podendo ser destinada para a indústria de óleos vegetais e a variedade BR 257, demonstrou como vantagem a não necessidade de processo térmico para obter a inativação da enzima lipoxigenase.

Carrão-Panizzi et. al. (2009) avaliaram a produção de variedades especiais da Embrapa para o processamento, demonstrando o destino indicado para as variedades avaliadas. A primeira variedade especial desenvolvida pela empresa, a BRS 155 oriunda do cruzamento dos cultivares Paraná (2) e PI 157440, demonstrou um baixo teor de inibidor de tripsina Kunitz, melhorando, assim, a digestibilidade das proteínas. Em decorrência dessa característica, ela foi considerada adequada, principalmente, para a alimentação animal. Além disso, visando melhorar o sabor da soja, foram desenvolvidas novas variedades como a BRS 213 e BRS 257, que não apresentam as isoenzimas lipoxigenases (L1, L2 e L3), devido à introdução de um genótipo nulo desta enzima. Dessa forma, minimiza o *flavor* de feijão cru típico dessa oleaginosa e também não há a necessidade de um tratamento térmico para sua inativação. Tais variedades podem ser destinadas à produção de farinha e extrato de soja, além da possibilidade de melhorar o sabor do tofu, favorecendo seu consumo em países ocidentais.

Diante do exposto, fica nítido que a escolha da variedade de soja, assim como do seu local de semeadura e as estratégias de manejo, podem influenciar de forma decisiva, às características do produto final, ou seja, do grão de soja.

Neste sentido, este trabalho apresenta um caráter inovador por propor a avaliação de quatro variedades de soja ainda não investigadas na literatura quanto às propriedades físicas e físico-químicas. Destas variedades, duas são de estratégia refúgio e duas são consideradas tecnologicamente com elevado potencial de produtividade e eficiência agrônômica. Além disso, este estudo propõe avaliar as características destas variedades agricultadas no Sudoeste do Estado de São Paulo, que reconhecidamente não é um Estado com grande produção de soja, mas que apresenta grande potencial de cultivo desta oleaginosa em determinadas regiões.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Materiais

Os seguintes materiais foram utilizados neste trabalho:

(i) Quatro variedades de soja, conforme descrição abaixo:

a) SA apresenta alta adaptabilidade para a região agrícola pertencente a esta proposta, ciclo produtivo tardio, resistência ao acamamento, elevado potencial de ramificação e exigência média de fertilidade;

b) SB recomendada para áreas com altitude abaixo de 600 m. Apresenta ciclo de maturação tardio (141 dias) com resistência ao acamamento e excelente sanidade foliar;

c) RA material amplamente utilizado como estratégia de 'refúgio' para reduzir a incidência de pragas e doenças sobre as demais variedades locais, recomendada para áreas com altitude abaixo de 700 m. Este material vegetal apresenta ciclo semiprecoce de maturação (125 dias após a semeadura, DAS), resistência ao acamamento e estabilidade de produção;

d) RB material que apresenta amplitude de plantio e resistência ao acamamento, sendo amplamente utilizado como estratégia de 'refúgio' para reduzir incidência de pragas e doenças sobre as demais variedades locais. Este material vegetal apresenta ciclo semiprecoce de maturação (122-126 dias após a semeadura, DAS).

(ii) Reagentes, solventes e padrões adquiridos junto a fornecedores regionais/nacionais.

4.2. Descrição da área experimental e dos procedimentos de implantação, condução a campo e colheita

O experimento a campo foi implantado em área experimental pertencente a uma fazenda produtiva situada no Estado de São Paulo, com altitude de 596 metros. O solo do local é classificado como Latossolo Eutroférico Vermelho (EMBRAPA, 2013), conforme análise química do solo.

No momento da semeadura foi aplicado o fertilizante químico 'NPK' (nitrogênio, fósforo e potássio, elementos minerais considerados essenciais para esta espécie) com a formulação de 240 kg/ha do formulado ('02-20-20', valores que garantem a

composição em porcentagem de cada um destes elementos no produto comercial, empresa Ultrafertil® - Brasil) + 1 kg/ha de boro (H_3BO_3 , produto comercial Borax®).

A semeadura a campo foi realizada com o auxílio de semeadora hidráulica (dotada de conjunto mecânico com 7 linhas de semeadura) engatada e arrastada por trator traçado, com profundidade de semeadura no solo entre 3-5 cm em sistema de cultivo conhecido como semeadura-direta (semeadura realizada diretamente em área com palhada de cultivo anterior, por exemplo, milho (*Zea mays* L.), Família Botânica Poaceae (sinonímia botânica 'Graminae'). Foi adotado espaçamento de 0,5 m entre as 'linhas' de semeadura e espaçamento para a todas as variedades e população final (stand) de 360.000 plantas por hectare (ha) ou 18 sementes por metro linear para as variedades RA, RB e SB e 280.000 plantas/ha ou 14 sementes por metro linear para a cultivar SA, conforme recomendações dos fabricantes para a região climática do local experimental. A colheita dos grãos foi realizada quando o teor de umidade dos mesmos fosse igual ou inferior a 16% com o auxílio de colhedora mecânica dotado de sistema ativo de limpeza que proporciona melhor rendimento de trilha e separação de grãos, resultando em alta capacidade e grãos mais limpos.

4.3. Caracterização das amostras de soja

Após a obtenção das matérias-primas, a parte experimental deste trabalho foi dividida em quatro etapas. Na primeira delas, as diferentes variedades de soja foram caracterizadas quanto à determinadas características físicas e quanto ao teor de umidade e atividade de água. Na segunda etapa, obtiveram-se farinhas de cada variedade de soja e estas foram analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos usualmente aplicados no controle de qualidade de grãos. Por sua vez, na terceira etapa, avaliaram-se algumas propriedades tecnológicas das farinhas obtidas a partir de cada variedade. E por fim, o óleo extraído por meio de solvente foi avaliado em relação à acidez livre e extinção específica.

Todas as análises propostas no procedimento experimental foram conduzidas em triplicata, com exceção da análise de determinação da dimensão dos grãos, que foi conduzida em 20 repetições.

4.4. Avaliação dos parâmetros físicos e físico-químicos dos grãos

4.4.1. Peso de 100 grãos

A massa de 100 grãos de soja foi determinada em balança analítica. Para evitar interferência do teor de água no resultado, determinou-se a massa dos 100 grãos com um valor fixo de umidade (12%) (DELLA MODESTA; CABRAL 1987).

4.4.2. Dimensão dos grãos

O comprimento, a largura e a espessura de 20 grãos de soja foram determinadas com auxílio de um paquímetro. Para fins de padronização das medidas, o comprimento foi mensurado a partir da região transversal ao hilo dos grãos, conforme representação esquemática da Figura 1.

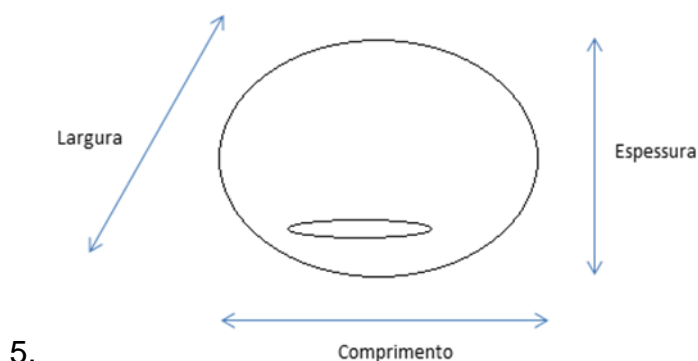


Figura 1. Representação esquemática das dimensões do grão de soja.

A partir dos valores das dimensões do grão, determinou-se o seu volume de acordo com Equação 1 (GUEDES et al., 2011):

$$6. V (cm^3) = \frac{4}{3} \times \pi \times a \times b \times c \quad (1)$$

Sendo a, b e c os raios dos valores obtidos para cada uma das dimensões avaliadas.

4.4.3. Cinética de absorção de água

Para simular a absorção de água, os grãos de soja de cada variedade foram macerados em água à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, com relação de 1:5 (m:m/soja:água), por um período de 8 h, conforme metodologia proposta por Gonçalves et al. (1998) com algumas adaptações. As avaliações foram realizadas a cada 1 h.

4.4.4. Umidade

A umidade das amostras de soja foi determinada por secagem direta em estufa, a 105°C, até obtenção de massa constante (IAL, 2008). A umidade foi expressa em porcentagem (m/m).

4.4.5. Atividade de água

A atividade de água dos grãos foi determinada utilizando o analisador Aqualab 4TE (Decagon Devices, Inc., Estados Unidos), que se baseia no princípio do ponto de orvalho (AOAC, 1990).

4.5. Obtenção da farinha

As quatro variedades de soja foram transformadas em farinha com o intuito de garantir sua estabilidade sob temperatura ambiente. Para tal, cada variedade foi submetida à moagem em um moinho de facas da marca Cienlab CE-430/macro (Brasil), cuja peneira apresentava 0,2 mm de diâmetro. A posteriori, as farinhas foram submetidas à secagem, a 105 °C, até obtenção de massa constante.

4.6. Avaliação dos parâmetros físico-químicos das farinhas de soja

4.6.3. pH

Diluíram-se as amostras de soja previamente trituradas em água, na proporção de 10 g/100 mL, para determinação do pH (IAL, 2008).

4.6.4. Teor de lipídeos

O teor de lipídios foi obtido por meio de extração contínua em aparelho Soxhlet, utilizando hexano como solvente. Expressou-se o resultado em porcentagem de lipídios (m/m) (IAL, 2008).

4.6.5. Teor de proteína bruta

O teor de proteína bruta foi determinado indiretamente a partir do teor de nitrogênio presente nas amostras utilizando o método de MicroKjeldahl.

Adicionalmente, se empregou o fator de conversão de nitrogênio total para proteína de 6,25. O resultado foi expresso em porcentagem de proteína (m/m) (IAL, 2008).

4.6.6. Teor de cinzas

A fração de cinzas foi quantificada a partir da carbonização das amostras, seguida por incineração em mufla a 550°C até a obtenção de massa constante (IAL, 2008). O teor de cinzas foi expresso em porcentagem (m/m).

4.7. Avaliação dos parâmetros tecnológicos das farinhas de soja

4.7.3. Absorção de água

A absorção de água das farinhas foi determinada através da modificação das metodologias propostas por Okezie; Bello (1988) e Sosulski (1962). Dessa forma, 0,2g de cada amostra foram diluídas em tubo de ensaio com 10 mL de água destilada. Agitou-se a mistura, manualmente, por 30 segundos até toda farinha ficar em suspensão. Posteriormente, a mistura foi centrifugada a 2300 rpm por 25 minutos e permaneceu sob repouso por 10 minutos. O sobrenadante foi separado, os tubos foram mantidos em estufa a 50°C por 30 minutos e, por fim, determinou-se a massa do tubo. A capacidade de absorção de água foi expressa em g de água por g de farinha.

4.7.4. Capacidade emulsificante

A capacidade emulsificante das farinhas foi determinada a partir de adaptações da metodologia de Yasumatsu et al. (1972). Pesou-se 3,5 g de amostra e adicionou-se 50 mL de água destilada e 50 mL de óleo de soja refinado. Posteriormente, essa mistura foi submetida à agitação com auxílio de um mixer da marca Britânia em sua velocidade 1, durante 20 segundos, sendo em seguida, centrifugada a 1200 rpm por 10 minutos. Posteriormente, com o auxílio de uma régua, determinou-se a altura do volume total da amostra no tubo e apenas da emulsão formada. A capacidade emulsificante foi expressa em porcentagem.

4.8. Extração e avaliação dos parâmetros de qualidade dos óleos

4.8.1. Extração do óleo de soja

Os óleos foram extraídos pela imersão de 30 g de farinha de soja em 120 mL de hexano durante 5 h, sob temperatura ambiente. Após a extração, a miscela foi filtrada duas vezes. Na primeira para remoção da torta e na segunda com auxílio de sulfato de sódio anidro para remoção de água. Posteriormente, a miscela foi transferida para rotaevaporador para remoção do solvente. O óleo obtido foi armazenado sob congelamento (-18°C) até o momento das análises.

4.8.2. Avaliação dos parâmetros de qualidade do óleo de soja

4.8.2.1. Acidez livre

Obteve-se a acidez livre do óleo conforme o método da AOCS Ca 5a-40 (AOCS, 2009).

4.8.2.2. Extinção específica

As amostras de óleo foram dissolvidas em isooctano e seus respectivos valores de extinção específica nos comprimentos de onda de 232 e 270 nm foram determinados em um espectrofotômetro Model Nova 1600 UV (Nova Instruments, Brasil) de acordo com o método da AOCS Ch 5-91 (AOCS, 2009).

4.9. Análises estatísticas

As análises descritivas (média e desvio-padrão) dos resultados foram conduzidas no software Excel 2007 (Microsoft Co., USA), enquanto as análises do teste Scott-Knott, com nível de significância de 0,05, foram realizadas no software Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Parâmetros físicos e físico-químicos do grão de soja

De acordo com a Tabela 1, o teor de umidade diferiu de forma significativa entre as cultivares ($p < 0,05$), de tal forma que as amostras SB e RB apresentaram os maiores teores de umidade (16,56 e 14,62%, respectivamente), enquanto que as amostras SA e RA apresentaram resultados semelhantes (10,92 e 10,88%, respectivamente) ($p > 0,05$). Ademais, a Tabela 1 também demonstra que todas as variedades apresentaram atividade de água acima de 0,6, sobretudo as amostras SB e RB; portanto, estas últimas estão mais propensas às alterações bioquímicas e microbiológicas durante a estocagem. Entretanto, vale ressaltar que as variedades utilizadas neste trabalho foram amostradas logo após a colheita e, portanto, não foram submetidas ao processo convencional de secagem dos grãos, que visa padronizar o teor de água nos mesmos previamente ao armazenamento. Além da susceptibilidade às alterações, o teor de umidade no momento da colheita pode acarretar danos mecânicos aos grãos. Sementes colhidas com teor de umidade acima de 15% estão mais propensas aos danos mecânicos latentes, ao passo que àquelas colhidas abaixo de 13% umidade são mais sensíveis aos danos mecânicos imediatos (PORTUGAL; SILVEIRA, 2019). Costa, Mesquita; Henning (1979) afirmaram que as perdas e danos mecânicos dos grãos no momento da colheita foram maiores para soja com umidade inferior a 11,5%. Dessa forma, dentre as variedades utilizadas, apenas a amostra RB foi colhida dentro da faixa recomendada para minimizar possíveis perdas de matéria-prima.

Tabela 1 – Umidade e atividade de água dos grãos de soja^a.

Variedade	Umidade (%)	Atividade de água
SA	10,92±0,07 ^c	0,70±0,01
SB	16,56±0,04 ^a	0,84±0,01
RA	10,88±0,14 ^c	0,70±0,01
RB	14,62±0,10 ^b	0,79±0,01

^aResultados expressos como média ± desvio-padrão (n=3). Linhas com as letras distintas indicam que houve diferenças significativas entre as variedades de soja de acordo com teste Scott Knot ($p < 0,05$).

A Tabela 1 também mostra uma ampla faixa de umidade (10,88 a 16,56%) entre as diferentes variedades, apesar destas serem cultivadas nas mesmas condições edafoclimáticas. Uma possível justificativa para esta amplitude pode estar relacionada ao dia e/ou horário da colheita. Holtz; Reis (2013) constataram que a umidade dos grãos de soja diferiu de forma significativa a depender das datas ou horários de colheita. Estes autores demonstraram que o teor de umidade da soja colhida no período da manhã foi superior em relação ao grão colhido no período da tarde.

A Tabela 2 demonstra que as variedades de soja apresentaram diferenças significativas em relação aos parâmetros físicos ($p < 0,05$).

Tabela 2 – Análises físicas dos grãos de soja^a.

Variedade	Peso de 100 grãos (g)	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Espessura (cm)	Volume (cm³)
SA	18,82±0,46 ^b	0,71±0,02 ^a	0,68±0,04 ^a	0,63±0,03 ^a	0,16±0,02 ^a
SB	22,53±0,49 ^a	0,71±0,04 ^a	0,65±0,03 ^b	0,62±0,04 ^a	0,15±0,02 ^a
RA	18,84±0,53 ^b	0,70±0,03 ^a	0,65±0,04 ^b	0,60±0,03 ^a	0,14±0,02 ^a
RB	16,11±0,23 ^c	0,64±0,03 ^b	0,62±0,02 ^c	0,57±0,03 ^b	0,12±0,01 ^b

^aResultados expressos como média ± desvio-padrão (n=20), exceto para o peso de 100 grãos (n=3). Linhas com as letras distintas indicam que houve diferenças significativas entre as variedades de soja de acordo com teste Scott Knot ($p < 0,05$).

A amostra SB apresentou o maior peso de 100 grãos (22,53 g) ($p < 0,05$), seguido pelas amostras SA e RA (18,82 e 18,84 g, respectivamente) e, por fim, pela amostra RB (16,11 g) (Tabela 2). Dessa forma, pode-se inferir que a variedade SB apresenta grande potencial para utilização na indústria de derivados da soja, visto que exibiu maior rendimento mássico dos grãos. A título de comparação, Benassi et al. (2011) identificaram peso de 100 grãos variando de 10,83 a 22,16 g para oito cultivares de soja brasileira. Rambo et al. (2003) encontraram uma média de peso de 100 grãos igual a 17,3 g para a cultivar BRS 137. Navarro; Costa (2002), ao avaliar seis cultivares de soja, obtiveram peso de 100 grãos entre 11,96 e 16,78 g. Portanto, os resultados encontrados neste trabalho corroboram com os descritos na literatura.

A Tabela 2 também demonstra que a amostra SB, apesar de apresentar maior peso de 100 grãos, não diferiu significativamente ($p>0,05$), em relação às amostras SA e RA, quanto ao comprimento, espessura e volume dos grãos. Por outro lado, a amostra RB apresentou o menor peso de grãos e os menores valores para dimensão (comprimento, largura e espessura) e, conseqüentemente para o volume dos grãos ($p<0,05$). Estes resultados sugerem que o peso de 100 grãos apresenta uma certa relação com as dimensões do grão, mas que outros fatores, a exemplo da característica genética, também influenciam este parâmetro.

A partir da Tabela 3, observa-se que a amostra SB apresentou menor capacidade de absorção de água após 8 h de maceração, aproximadamente 104%, em relação às demais ($p<0,05$), que, por sua vez, não diferiram significativamente entre si ($p>0,05$). Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com aqueles citados por Della Modesta; Cabral (1987), que, ao avaliar as características de algumas variedades de soja de tegumento colorido, constataram que absorção mínima de água durante um tempo de maceração de 8 horas foi de aproximadamente 110%. Ao comparar as Tabelas 2 e 3 observa-se que as amostras com maior peso de 100 grãos foram as que apresentaram menor capacidade de água, o que permite inferir que estes parâmetros físicos se relacionam inversamente.

Tabela 3 – Capacidade de absorção de água dos grãos de soja após 8h de maceração^a.

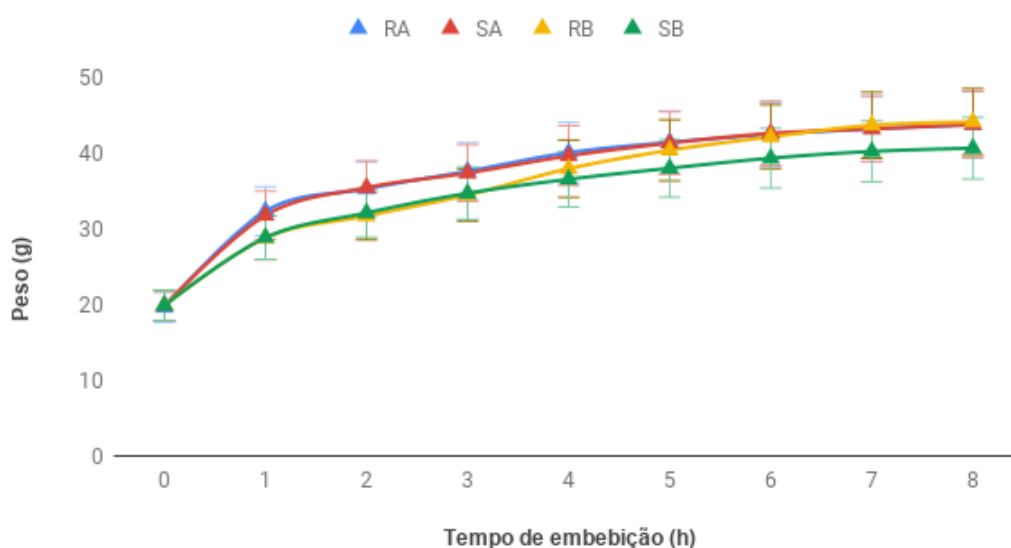
Variedade	Absorção de água (%)
AS	120,46±2,11 ^a
SB	104,31±2,45 ^b
RA	119,57±0,95 ^a
RB	121,97±2,44 ^a

^aResultados expressos como média ± desvio-padrão (n=3). Linhas com as letras distintas indicam que houve diferenças significativas entre as variedades de soja de acordo com teste Scott Knot ($p < 0,05$).

A Figura 2 ilustra a cinética de absorção de água das diferentes variedades. Apesar das amostras SA, RA e RB apresentarem a mesma capacidade de absorção durante 8h de maceração ($p>0,05$), a cinética de hidratação destas variedades foi

distinta. As amostras SA e RA absorveram água mais rapidamente durante as 5 primeiras horas de maceração, enquanto a amostra RB se hidratou mais rapidamente nos períodos finais. Segundo Lam-Sánchez et al. (1981), o tempo de hidratação é definido como o tempo necessário para que os grãos, quando embebidos em água, tenham o seu peso dobrado. Dessa forma é possível observar que a amostra SA e RA dobraram seu peso, aproximadamente, em 4 h de maceração. A partir do exposto, as variedades SA e RA se despontam para uma possível aplicação na área alimentícia, pois grande parte dos processos pelos quais a soja deve passar, a exemplo da produção de tofu, requer a embebição em água.

Figura 2 – Cinética de absorção de água dos grãos de soja^a.



^aResultados expressos como média \pm desvio-padrão (n=3).

Em relação às propriedades físicas pode-se afirmar que as cultivares SA, SB e RA apresentaram os melhores resultados, com exceção do peso de 100 grãos, que teve destaque da amostra SB. Dentre estas, chama-se a atenção da variedade RA, que, apesar de ser utilizada usualmente como estratégia de refúgio, demonstrou resultados satisfatórios para dimensão, volume e capacidade de absorção de água.

5.2. Parâmetros físico-químicos da farinha de soja

Os grãos das diferentes variedades foram moídos e secos a 105°C até peso constante com o intuito de garantir sua estabilidade para a condução das análises

de composição proximal. Inclusive, vale mencionar que a atividade de água das farinhas obtidas foi inferior a 0,12.

A Tabela 4 representa os resultados dos parâmetros físico-químicos das farinhas obtidas a partir das quatro variedades de soja. Observa-se que houve diferenças significativas entre as amostras em relação à composição ($p < 0,05$), exceto para o teor de cinzas.

Tabela 4 – Composição proximal das farinhas de soja^a.

Variedade	pH	Proteína (%)	Lipídios (%)	Cinzas (%)
SA	6,56±0,03 ^a	36,10±1,47 ^b	17,33±1,01 ^b	5,19±0,13 ^a
SB	6,47±0,02 ^b	40,00±1,18 ^a	17,89±0,31 ^b	5,19±0,11 ^a
RA	6,50±0,01 ^b	38,35±0,54 ^a	18,15±0,48 ^b	5,16±0,09 ^a
RB	6,51±0,01 ^b	36,00±1,07 ^b	19,37±0,29 ^a	5,03±0,23 ^a

^aResultados expressos como média ± desvio-padrão (n=3). Linhas com as letras distintas indicam que houve diferenças significativas entre as variedades de soja de acordo com teste Scott Knot ($p < 0,05$).

A variedade SA apresentou maior valor de pH e diferiu significativamente em relação as outras amostras ($p < 0,05$), que por sua vez, não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$) (Tabela 4).

A Tabela 4 demonstra que o teor de proteínas nas diferentes amostras variou de 36 a 40%. Estes resultados corroboram com aqueles obtidos na literatura. Rigo (2015) observou que o teor proteico de diferentes cultivares de soja variou entre 36,62 a 42,14%. Grieshop; Fahey (2001) afirmaram que a concentração de proteínas de diferentes amostras de soja cultivadas em cinco estados do Brasil variou entre 39,39 a 42,32%. Dentre as amostras avaliadas neste trabalho, as variedades SB e RA apresentaram os maiores teores de proteína ($p < 0,05$). Dessa forma, estas apresentam maior potencial para determinadas aplicações, a exemplo do processamento de isolados e concentrados proteicos, pois permitem obter melhores rendimentos no processo. Também vale destacar que a amostra RA, usualmente destinada como estratégia de refúgio, demonstrou elevada concentração proteica, o que sugere que a sua utilização pode não se restringir apenas a função de ser utilizada como estratégia de refúgio, mas que esta pode se destacar em função de sua composição. Sabe-se que o teor proteico é um dos

principais atributos físico-químicos da soja, seja pelos aspectos nutricionais ou funcionais.

Assim como as proteínas, os lipídios representam outro importante constituinte da soja. Os resultados da Tabela 4 demonstram que a variedade RB apresentou maior teor de lipídios (19,37%) ($p < 0,05$), enquanto as demais não difeririam significativamente entre si ($p > 0,05$). Dessa forma, essa variedade utilizada como estratégia de refúgio demonstra uma vantagem competitiva para aplicação na indústria de óleos vegetais, pois possibilita um melhor rendimento (L de óleo/ton. de soja) a partir de extração. Para fins de comparação, Silva; Carrão-Panizzi; Prudêncio (2009) encontraram um teor de lipídeos (18,15 a 19,97%) em diferentes variedades de soja similares aos obtidos no presente trabalho. Por sua vez, Vieira; Cabral; Paula (1999) obtiveram teor lipídico entre 22,24 e 23,80% para distintas cultivares; portanto, ligeiramente superiores à faixa aqui encontrada.

A partir dos resultados apresentados neste item, verifica-se que a composição proximal da soja é influenciada pela variedade cultivada. Ademais, as variedades com estratégia de refúgio apresentaram altos teores de lipídios e proteínas.

5.3. Propriedades tecnológicas das farinhas de soja

Os resultados das análises de propriedades tecnológicas ou funcionais das farinhas estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 – Análises tecnológicas da farinha^a.

Tratamento	Capacidade de absorção de água (g água/ g de amostra)	Capacidade emulsificante (%)
SA	2,43±0,07 ^b	59,40±0,36 ^b
SB	2,85±0,05 ^a	58,65±0,60 ^c
RA	2,52±0,07 ^b	61,44±0,55 ^a
RB	2,75±0,06 ^a	58,45±1,66 ^c

^aResultados expressos como média ± desvio-padrão (n=3). Linhas com as letras distintas indicam que houve diferenças significativas entre as variedades de soja de acordo com teste Scott Knot ($p < 0,05$).

As variedades SB e RB não diferiram significativamente entre si e apresentaram os maiores valores de capacidade de absorção de água ($p < 0,05$) (Tabela 5).

Quando comparados com a literatura, os resultados obtidos neste trabalho foram similares ao do trabalho de Costa *et al.* (2002), que afirmaram que a capacidade de absorção de água de farinha de soja foi de 2,48 g/g. O teor de proteínas, de certa forma, apresentou relação com a capacidade de absorção de água, pois a amostra SB, que apresentou maior capacidade de absorção de água juntamente com a amostra RA, também apresentou maior teor de proteínas. Contudo, não somente o teor de proteínas interfere na propriedade de absorção de água da farinha, já que a conformação e disposição dos grupamentos hidrofílicos são muito importantes. Neste sentido, a amostra RB, apesar de não apresentar o maior teor proteico ($p < 0,05$), provavelmente contém uma melhor distribuição e disposição de grupamentos hidrofílicos na molécula da proteína. O teor e tipo de fibras presentes na farinha, que não foi avaliado neste trabalho, também podem favorecer a absorção de água.

A Tabela 5 mostra que a amostra RA apresentou maior capacidade emulsificante em comparação às demais cultivares ($p < 0,05$). Assim, como mencionado no parágrafo anterior, o teor de proteínas influenciou neste resultado, visto que a amostra RA apresentou maior teor proteico juntamente com a amostra SB. Entretanto, a disposição dos grupos hidrofílicos e hidrofóbicos na molécula da proteína também interferem na capacidade de estabilização de emulsões.

5.4. Parâmetros de qualidade dos óleos de soja

Os resultados obtidos para acidez e extinção específicas dos óleos brutos extraídos das amostras de soja estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Atributos de qualidade dos óleos brutos extraídos das variedades de soja^a.

Tratamento	Acidez (% ácido oleico)	Extinção Específica 232 nm	Extinção Específica 270 nm
	SA	0,42 ± 0,05 ^b	4,51 ± 0,07 ^c
SB	1,15 ± 0,04 ^a	7,02 ± 0,14 ^a	0,50 ± 0,02 ^a
RA	0,25 ± 0,00 ^c	4,85 ± 0,12 ^b	0,36 ± 0,02 ^c
RB	0,44 ± 0,04 ^b	4,20 ± 0,15 ^d	0,41 ± 0,01 ^b

^aResultados expressos como média ± desvio-padrão (n=3). Linhas com as letras distintas indicam que houve diferenças significativas entre as variedades de soja de acordo com teste Scott Knot ($p < 0,05$).

É possível verificar que a acidez livre nos óleos de soja diferiu significativamente entre as amostras ($p < 0.05$), exceto para as variedades SA e RB, que foram similares estatisticamente ($p > 0,05$) (Tabela 6). Adicionalmente, a variedade SB apresentou maior acidez (1,15%). Tal resultado, possivelmente, está relacionado à atividade enzimática das lipases, responsáveis pela hidrólise dos triacilgliceróis em ácidos graxos livres e acilgliceróis parciais. A atividade destas enzimas é favorecida em grãos colhidos com maiores valores de umidade. Neste sentido, observa-se que a variedade SB apresentou maior umidade (Tabela 1), o que justifica sua maior acidez.

Similarmente, a amostra SB também apresentou maiores valores para extinção específica a 232 e 270 nm, o que indica que esta variedade se encontrava em um grau oxidativo superior ao das demais amostras. No caso da soja, a principal via de oxidação é de origem enzimática, a partir da lipoxigenase. Assim, pode-se inferir que a amostra SB apresentou maior atividade enzimática, o que pode estar relacionado ao teor de enzimas e/ou às condições que favorecem sua atuação, a citar o teor de umidade do grão. Dessa forma, a maior umidade da amostra SB pode ter favorecido à atuação da lipoxigenase.

A partir do exposto, é necessário realizar o pré-processamento dos grãos de soja de forma adequada para minimizar a atuação de determinadas enzimas que podem influir de forma negativa na qualidade do óleo bruto obtido. Sabe-se que óleos brutos de qualidade inferior perdem competitividade no mercado e podem requerer condições de refino mais onerosas, a exemplo da maior necessidade de hidróxido de sódio na etapa de neutralização.

6. CONCLUSÕES

Conclui-se que as variedades de soja, tanto as utilizadas como estratégia de refúgio quanto aquelas de alta produtividade, diferiram em relação às suas características químicas, físicas e tecnológicas. Dessa forma, o conhecimento prévio de tais características permite selecionar as variedades de soja mais adequadas para uma dada aplicação, o que pode favorecer de forma significativa o rendimento dos processos de obtenção dos derivados da soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Balanço de Ofeta/Demanda – Gerência de Economia**. Jul. 2020.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **Official methods and recommended practices of the AOCS**, AOCS, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. AOAC, 1990. v.1, 1117 p.

ÁVILA, M. R. *et al.* Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 111-127, 2007.

BENASSI, V. T.; BENASSI, M. T.; PRUDENCIO, S. H. Cultivares brasileiras de soja: características para a produção de tofu e aceitação pelo mercado consumidor. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1901-1914, 2011.

CARRÃO-PANIZZI, M. C. Avaliação de Cultivares de Soja Quanto aos Teores de Isoflavonoides. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n.10, p. 691 – 698, 1996.

CARRÃO-PANIZZI, M.C. *et al.* **Breeding specialty soybean cultivars for processing and value-added utilization at Embrapa in Brazil**. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 8. 2009, Beijing. Abstracts for oral presentations and posters...Beijing: The Chinese Academy of Agricultural Sciences,. p.113, 2009

CIABOTTI, S. et al. AVALIAÇÕES QUÍMICAS E BIOQUÍMICAS DOS GRÃOS, EXTRATOS E TOFUS DE SOJA COMUM E DE SOJA LIVRE DE LIPOXIGENASE. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 920-929, set./out., 2006.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. V. 7, Safra 2019/20. N 12 set. 2020.

CONAB. **Análise Mensal – soja**. Eng. Agr. Leonardo Amazonas. abr. 2018.

CONAB. **Perspec. agropec.**, Brasília, v.7, Safra 2019/2020, p. 1-100, out. 2019

COSTA, J. A. et al. Variedades de soja diferem na velocidade e capacidade de absorver água. **Redalyc**, , v. 3, p.91-96, 2002.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; HENNING, A. A. Avaliação das perdas e qualidade de semente na colheita mecânica de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 1, p.60-70, 1979.

COWARD, L. et al. Genistein, daidzein, and their. beta.-glycoside conjugates: antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, n. 11, p. 1961-1967, 1993.

DANTAS, M. I. S. *et al.* Farinhas mistas de trigo e de soja agregam valor nutricional e sensorial em pães. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 68, p. 209-214, 2009.

DELLA MODESTA, R. C.; CABRAL, L. C. **Características do grão de algumas linhagens de soja de tegumento colorido**. EMPRAPA – CTAA, 17 p. 1987.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Dados econômicos**, 2019. Acesso em: 23 ago 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Dados econômicos**, 2020. Acesso em: 12 out. 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA, 353 p. 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp.

109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

GONÇALVES, E. B.; CABRAL, L. C.; OLIVEIRA, F. A. Métodos estatístico-sensoriais para otimizar absorção da água em soja durante a maceração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, 1998.

GONÇALVES, L. C. *et al.* Composição química e propriedades tecnológicas de duas cultivares de soja. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 3, p.33-40, 2014.

GRIESHOP, C. M.; FAHEY, G. C. Comparison of quality characteristics of soybeans from Brazil, China, and the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 2669-2673, 2001.

GUEDES, M. A., *et al.* Caracterização Física De Grãos De Soja Utilizando-Se Processamento Digital De Imagens. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, n 13, p 279–294, 2011.

HOLTZ, V.; REIS, E. F.. Perdas na colheita mecanizada de soja: uma análise quantitativa e qualitativa. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p.347-353, 2013.

INOGUCHI, S. *et al.* Effects of non-fermented and fermented soybean milk intake on faecal microbiota and faecal metabolites in humans. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 63, p. 402-410, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Ed. IV. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IRINA, V. *et al.* Comparative study on biochemical particularities of several soybean varieties used in animal nutrition. **Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies**, v. 41, p. 581-585, 2008.

KARR-LILIENTHAL, L. K. *et al.* Chemical composition and protein quality comparisons of soybeans and soybean meals from five leading soybeanproducing countries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 6193-6199, 2004.

KIIHL, R. A. S.; CALVO, E. S. A soja no Brasil: mais de 100 anos de história, quatro décadas de sucesso. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. v. 1. EMBRAPA Informação Tecnológica, 2008. 1337 p.

KUMAR, N. B. *et al.* The specific role of isoflavones in reducing prostate cancer risk. **The Prostate**, v. 59, p. 141-147, 2004.

LAM – SÁNCHEZ. A. *et al.* Características agronômicas, nutricionais e de processamento de germoplasma de soja com tegumentos coloridos. **Arch. Latinoam. Nutri.**, n 31, p 586 – 603, 1981.

LIMA, J. R.; GONÇELVES, L. A. G. Quantificação de tocoferóis em óleos de milho, soja, castanha-do-pará e castanha de caju por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa. **Alim. Nutr.**, São Paulo, 8, p. 65-73, 1997.

MA, D. F. *et al.* Soy isoflavone intake increases bone mineral density in the spine of menopausal women: meta-analysis of randomized controlled trials. **Clinical Nutrition**, v. 27, p. 57-64, 2008.

MANDARINO, J. M. G.; HIRAKURI, M. H.; ROESSING, A. C. **Tecnologia para produção de óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2015.

MEDIC, J.; ATKINSON, C.; HURBURGH, C. R. Current knowledge in soybean composition. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 91, p. 363-384, 2014.

MORSE, W. J. CARTTER, J. L. WILLIAMS, L. F. **Soybeans: culture and varieties**. US. Department of Agriculture. 1949.

NAIM, M. *et al.* Soybean isoflavones. Characterization, determination, and antifungal activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 22, n. 5, p. 806-810, 1974.

NAVARRO, H. M. COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 37, p 269-274, 2002.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and Functional Properties of Winged Bean Flour and Isolate Compared with Soy Isolate. **Journal Of Food Science**. v. 53, p. 450-454, 1988.

PEREIRA, G. G. *et al.* Evolution of oxidation in soybean oil and its biodiesel under the conditions of the oxidation stability test. **Grasas y Aceites**, v. 64, p. 482-488, 2013.

PEREIRA, G. G. *et al.* Influence of the partial substitution of skim milk powder for soy extract on ice cream structure and quality. **European Food Research and Technology**, v. 232, p. 1093-1102, 2011.

PEUCKERT, Y. P *et al.* Caracterização e Aceitabilidade de Barras de Cereais Adicionadas de Proteína Texturizada de Soja e camu - camu (myrciaria dúbia). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, p.147-152, mar. 2010.

PÍPOLO, A. E. *et al.* **Desenvolvimento de germoplasma e cultivares de soja**. Londrina: Embrapa Soja - Circular Técnica, 2007.

PORTUGAL, F. A. F.; SILVEIRA, J.M. **Árvore do Conhecimento Soja**. Disponível em:<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_127_271020069134.html#>. Acesso em: 27 ago. 2019.

RAMBO, L. *et al.* Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33 n 3, p 405–411, 2003.

RAO, D. E.; CHAITANYA, K. V. Varietal differences in the antioxidative properties of soybean [*Glycine Max* (L.) Merr.] seeds. **Journal of Food Biochemistry**, v. 39, p. 398-408, 2015.

REMONDETTO, G.; AÑON, M. C.; GONZÁLEZ, R. J. Hydration properties of soybean protein isolates. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 44, p. 425-431, 2001.

RICKERT, D. A.; JOHNSON, L. A.; MURPHY, P. A. Functional Properties of Improved Glycinin and β -nglycinin Fractions. **Journal of Food Science**, v. 69, p. 303-311, 2004..

RIGO, A. A.. **Obtenção e caracterização de farinhas de soja de variedades geneticamente melhoradas para alimentação humana**. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2015, Campinas. **Anais [...]** . Campinas: UNICAMP, 2015.

SHAO, Y. Y.; LIN, K. H.; KAO, Y. J. Modification of Foaming Properties of Commercial Soy Protein Isolates and Concentrates by Heat Treatments. **Journal of Food Quality**, v. 39, p. 695-706, 2016.

SILVA, J. B.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; PRUDÊNCIO, S. H. Chemical and physical composition of grain-type and food-type soybean for food processing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 777-784, 2009.

SOSULSKI, F. W.: The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheat. **Cereal Chemistry**, 39, 1962, 344-350.

TRABER, M. G.; FREI, B.; BECKMAN, J. S. Vitamin E revisited: do new data validate benefits for chronic disease prevention?. **Current Opinion in Lipidology**, v. 19, p. 30-38, 2008.

VIEIRA, C. R.; CABRAL, L. C.; DE PAULA, A. C. O. Composição centesimal e conteúdo de aminoácidos, ácidos graxos e minerais de seis cultivares de soja destinadas à alimentação humana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 7, p. 1277-1283, 1999.

WALISZEWSKI, K. N.; PARDIO, V.; CARREON, E. Physicochemical and Sensory Properties of Corn Tortillas Made from Nixtamalized Corn Flour Fortified with Spent Soymilk Residue (okara). **Journal of Food Science**, v. 67, n. 8, p. 3194-3197, out. 2002.

YASUMATSU, K. *et al.* Whipping and Emulsifying Properties of Soybean Products. **Agricultural Biology Chemical**. v. 36, n. 5, p.719-727, 1972.