

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**INFLUÊNCIA DO TEOR DE IMPUREZAS NAS PROPRIEDADES
FÍSICAS DE MILHO, SOJA E ARROZ EM CASCA**

MARJORIE CRISTINE AMORIM SOBREIRA

**SINOP
MATO GROSSO – BRASIL
2017**

MARJORIE CRISTINE AMORIM SOBREIRA

**INFLUÊNCIA DO TEOR DE IMPUREZAS NAS PROPRIEDADES
FÍSICAS DE MILHO, SOJA E ARROZ EM CASCA**

Orientador: Prof. Dr. Fernando Mendes Botelho

Trabalho de Curso apresentado à
Universidade Federal de Mato Grosso -
UFMT - *Campus* Universitário de Sinop,
como parte das exigências para obtenção
do Título de Engenheiro Agrícola.

**SINOP
2017**

A524i Amorim Sobreira, Marjorie Cristine.
INFLUÊNCIA DO TEOR DE IMPUREZAS NAS
PROPRIEDADES FÍSICAS DE MILHO, SOJA E ARROZ EM
CASCA / Marjorie Cristine Amorim Sobreira. -- 2017
35 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Fernando Mendes Botelho.
TCC (graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) -
Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências
Agrárias e Ambientais, Sinop, 2017.
Inclui bibliografia.

1. Massa específica aparente. 2. Porosidade. 3. Ângulo
de repouso. 4. Zea mays. 5. Glycine max. I. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL
COMISSÃO DE TRABALHO DE CURSO



TERMO DE APROVAÇÃO DE TC

TÍTULO DO TRABALHO: Influência do teor de impurezas nas propriedades físicas de milho, soja e arroz em casca.

ACADÊMICA: Marjorie Cristine Amorim Sobreira

ORIENTADOR: Dr. Fernando Mendes Botelho

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr. Fernando Mendes Botelho
Orientador

Dra. Roberta Martins Nogueira
Membro

Dra. Sílvia de Carvalho Campos Botelho
Membro

DATA DA DEFESA: 24 de junho de 2017.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu avô, Expedito Sobreira (*in memoriam*), e à minha querida avó Expedita Sobreira, com todo o meu amor e gratidão por tudo que fizeram por mim ao longo da minha vida. Desejo ter sido merecedora de toda dedicação, empenho e investimento em todos os aspectos, especialmente na minha formação.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por ter estado ao meu lado em todos os momentos, principalmente nos difíceis, por ter me mantido focada nos meus objetivos, pela família maravilhosa que tenho, pela família que ganhei e pelas oportunidades na minha vida.

Agradeço a minha família, em especial aos meus avós Expedita e Expedito (*in memoriam*), pois sem eles nada seria possível. As minhas tias Sonia e Geusinha pelo apoio, carinho, cuidado e dedicação incondicional. A minha mãe Marcia pelo carinho, atenção, apoio e amor. Ao meu pai Severino pelo incentivo. Aos meus irmãos pelo carinho, amor e alegrias compartilhadas. Ao meu namorado José Carlos por todo o apoio, companheirismo, dedicação, incentivo, amor e carinho e por estar ao meu lado enquanto estive distante da minha família.

Aos amigos que fiz, que permanecem ou não no meu convívio. E a todos que passaram pela minha vida, pois de uma forma ou outra contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Botelho pela confiança, por toda ajuda, orientação, atenção e dedicação na realização deste trabalho.

A todos os professores do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental pelo conhecimento a mim passado ao longo da graduação.

E a todos que contribuíram de alguma forma para chegar a este momento.

Sumário	
RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Soja	4
2.2 Milho	4
2.3 Arroz	5
2.4 Propriedades físicas	6
2.4.1 Teor de água	6
2.4.2 Massa específica aparente e unitária	7
2.4.3 Porosidade	7
2.4.4 Cor	8
2.4.5 Ângulo de repouso	9
2.5 Impureza	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Matéria-prima	11
3.2 Teor de água	11
3.3 Massa específica aparente	11
3.4 Porosidade	11
3.5 Cor	13
3.6 Ângulo de repouso	13
3.7 Análise estatística	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5. CONCLUSÕES	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

RESUMO

O estudo das propriedades físicas dos grãos tem grande importância no dimensionamento e aperfeiçoamento de equipamentos, na otimização de processos industriais, bem como nas técnicas usadas na armazenagem e na construção de silos. Dentre os fatores que afetam as propriedades físicas dos grãos, os principais são: o teor de água, a temperatura de secagem e as impurezas. Estas, além de influenciar nas propriedades físicas, comprometem a eficiência da aeração e contribuem para gerar condições favoráveis ao desenvolvimento de fungos e pragas. Diante disso, objetivou-se com este trabalho determinar, experimentalmente, os valores das propriedades físicas massa específica aparente, porosidade, ângulo de repouso, teor de água e cor de grãos de milho, soja e arroz em casca, em função da quantidade de impurezas na massa de grãos. Com os resultados concluiu-se que, com exceção da diferença total de cor, o aumento do nível de impurezas na massa de grãos influencia a massa específica aparente, a porosidade, o ângulo de repouso e o teor de água dos produtos avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Massa específica aparente, Porosidade, Ângulo de repouso, *Zea mays*, *Glycine max*, *Oriza sativa*.

ABSTRACT

The grains physical properties study has great importance in the equipments measurement and improvement and in the industrial optimization processes, as well as in the techniques used in storage and silos construction. Among the factors that affect the physical properties of grains, the main ones are: moisture content, drying temperature and impurities. These, in addition to influencing the physical properties, compromise aeration efficiency and contribute to favorable conditions for the development of fungi and pests. Therefore, the objective of this work was to determine experimentally the values of the physical properties of the bulk density, porosity, angle of repose, moisture content and color content of corn, soybean and shelled rice, as a function of the quantity of impurities in the mass of grains. With the results, it was concluded that, except for the total color difference, the increase of the level of impurities in the grain mass influences the bulk density, the porosity, the angle of repose and the moisture content of the evaluated products.

KEY WORDS: bulk density, porosity, angle of repose, *Zeamays*, *Glycinemax*, *Oriza sativa*.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca no cenário mundial como um dos principais produtores e fornecedores de alimentos devido a sua extensão de terras cultiváveis e ao clima favorável para a agricultura. Dentre as principais culturas plantadas no país estão soja, milho, arroz, feijão e cana de açúcar (MAPA, 2016).

A demanda por alimentos cresce na proporção da população mundial, principalmente por produtos básicos gerados a partir da agricultura, que deve ser avaliada de maneira qualitativa e quantitativa, sendo exigidas características diferenciadas dos produtos (SILVEIRA, 2005).

A predição da deterioração qualitativa em grãos é importante pois necessita-se armazenar de uma safra para outra e, o tempo de armazenamento seguro é dependente da relação quantitativa entre taxa de deterioração, e condições de conservação (ARAUJO, 2014).

Didaticamente as perdas em grãos podem ser classificadas em quantitativas e qualitativas. As perdas quantitativas ocorrem devido o metabolismo dos grãos e/ou organismos associados, o que resulta na diminuição da matéria seca dos grãos. As qualitativas se devem basicamente à presença de grãos avariados e impurezas, que resultam na redução do valor nutricional, germinativo e comercial (ELIAS et al., 2015).

As principais características que determinam a qualidade de grãos são índices físicos que estão relacionados direta ou indiretamente à sua cor, forma, tamanho, massa, estado sanitário, percentuais de impureza, susceptibilidade à quebra, danos pelo calor (trincas internas), dentre outros. Já fatores relacionados à deterioração podem ocorrer ainda no campo por intempéries climáticas, durante a operação de colheita, debulha, transporte e limpeza devido aos danos mecânicos, durante a secagem devido aos danos térmicos e durante o armazenamento, pelo ataque de fungos, insetos e roedores. Todos estes danos contribuem para a perda de qualidade dos grãos (SILVA, 2008).

Para pesquisas com produtos alimentícios é fundamental se estudar as propriedades físicas, pois quando submetidos a diferentes condições de secagem, aquecimento e resfriamento essas informações predizem a velocidade de secagem para alimentos com composição e formas geométricas variadas. Além disso, o dimensionamento e aperfeiçoamento de equipamentos e a avaliação de processos que envolvam transferência de calor e massa (RIBEIRO et al., 2002), bem como para a otimização de processos industriais e estudos aerodinâmicos (SILVA; CORRÊA 2008; RESENDE et al., 2008) estão estreitamente atrelados ao conhecimento das propriedades físicas.

As propriedades físicas dos produtos agrícolas são afetadas principalmente pelo teor de água (RIBEIRO et al., 2005), pela temperatura de secagem (BOTELHO et al., 2015) e pelas impurezas (LOPES et al., 2015).

Segundo Elias et al. (2015), as impurezas são uma parte da planta que gerou o grão e as matérias estranhas são os demais materiais, por exemplo, areia e sementes de plantas daninhas. O teor de impurezas e/ou matérias estranhas aumentam a pressão estática requerida para movimentação de ar na massa de grãos e ainda tornam a região contaminada mais vulnerável à deterioração.

Impurezas e/ou matérias estranhas podem estar ligadas a maior incidência de micotoxinas nos grãos, causando a não conformidade destes em relação à segurança alimentar. Segundo Oliveira et al. (2010) se grãos de soja forem armazenados de forma correta, ou seja, isentos de impurezas haverá baixa probabilidade de ocorrência de micotoxinas, visto que, a presença de impurezas na massa de grãos potencializa a formação de aflatoxina B1 e zearalenona.

A presença de impurezas é bastante variável na massa de grãos de acordo com a etapa considerada. Logo após a colheita a presença de impurezas na massa de grãos é normalmente bastante elevada e seu quantitativo em relação à massa de grãos é bastante dependente da espécie, do ponto de colheita e da tecnologia empregada nesta etapa. Já após o processamento, que consiste as etapas de limpeza e secagem, o produto deve conter, no máximo, 1% de impurezas, visto ser este o teor máximo permitido para a comercialização. Além disso, é prática comum em algumas unidades armazenadoras retirar praticamente toda a impureza após a limpeza, visto os problemas associados a sua presença na massa de grãos.

Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a influencia da presença de impurezas nas propriedades físicas da massa de grãos de milho, soja e arroz em casca. Para isso foram avaliados, para diferentes níveis de impureza na massa de grãos de milho, soja e de arroz em casca, a massa específica aparente, a massa específica unitária, a porosidade, o ângulo de repouso, a cor e o teor de água.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Soja

A soja (*Glycine max*), pela alta concentração de proteínas e lipídios, é utilizada para a produção de ração animal, óleo vegetal e consumo humano. O grão vem de uma planta herbácea da família das leguminosas, em que seus frutos se apresentam na forma de vagem (FERNANDEZ, 2007).

O Brasil ocupa a segunda posição na produção mundial de soja, atrás apenas dos Estados Unidos. Na safra 2015/2016 a cultura teve uma produção de 95,63 milhões de toneladas, ocupando uma área de 33,17 milhões de hectares, com uma produtividade média de 2.882 kg ha⁻¹. No Brasil o grão se destaca por ser a cultura que mais cresceu nas últimas décadas atingindo 49% de toda a produção de grãos do país, o crescente aumento da produtividade esta relacionado com os avanços tecnológicos e eficiência da produção (EMBRAPA, 2016 a; MAPA, 2016 a).

O Brasil como importante fornecedor em escala mundial de produtos agrícolas, deve estar atento para organizar sua cadeia produtiva, fornecendo produtos segregados e certificados com qualidades específicas exigidas. Isso possibilita ao país agregar valor socioeconômico à soja, devido à importância de seus subprodutos, principalmente farelo, óleo vegetal e seus derivados, tanto para o mercado interno como externo (FERNANDEZ, 2007).

A soja é alvo de intensas pesquisas que possibilitem aumentos de produtividade. O desenvolvimento da soja é influenciado por inúmeros fenômenos ambientais, entre estes a temperatura, a precipitação, a umidade relativa do ar, a umidade do solo e, principalmente o fotoperíodo, a época de semeadura exerce influência decisiva sobre a quantidade e a qualidade da produção (MOTTA et al., 2000).

2.2 Milho

O milho (*Zea mays*) destaca-se no cenário agroindustrial brasileiro, visto que além de suas virtudes como alimento *in natura*, é usado como ingrediente básico na produção industrial de produtos como amido, óleo e proteínas, bebidas alcoólicas, edulcorantes alimentícios e combustível (ARAUJO, 2014).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, atrás apenas dos Estados Unidos e da China, e juntamente com a Argentina, quarto maior produtor, esses países somam a maior parte da produção mundial. O país chegou a este patamar com avanços tecnológicos, como sementes mais produtivas, variedades mais resistentes a pragas ou tolerantes a doenças, adubação correta para a necessidade do solo, resultando em uma alta produtividade (SANTOS, 2013).

A produção de milho assume o segundo lugar entre os grãos mais cultivados no Brasil sendo responsável por aproximadamente 38,80% da produção total no país considerando a 1º e 2º safra juntas, sendo cultivados em uma área de aproximadamente 15,746 milhões de hectares (CONAB, 2016).

De acordo com dados da CONAB (2017) a estimativa de produção da safra 2016/17 de milho é de 92,9 milhões de toneladas, com boa expectativa de recuperação da sua produtividade em relação à safra anterior.

2.3 Arroz

Considerado um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional, o arroz (*Oryza sativa*) fornece 20% da energia e 15% da proteína necessária ao homem. A cultura se adapta a diferentes condições de solo e clima. Entre 2008 e 2014 o Brasil foi responsável por 79,3% da produção do Mercosul, produzindo entre 11 e 13 milhões de toneladas (SANTOS et al., 2006; SOSBAI, 2014). Juntamente com o trigo tem grande importância na dieta do brasileiro, tendo um consumo anual médio de 25 kg por habitante (MAPA, 2016 b).

Segundo dados da CONAB (2016), a produção de arroz ocupa o quinto lugar entre os grãos mais cultivados no Brasil, sendo responsável por aproximadamente 11,6% da produção, com uma área cultivada de cerca de 2.106,3 milhões de hectares.

O arroz está em segundo lugar dentre os cereais mais cultivados do mundo. Este tem grande importância para a nutrição humana, servindo como base alimentar para cerca de três bilhões de pessoas. O arroz tem o maior potencial de aumento de produção dentre os cereais, apesar de ser um produto com comércio internacional pequeno, quando comparado as demais culturas. Os maiores produtores são, em ordem decrescente, China, Índia, Indonésia, Vietnã, Tailândia, Brasil, USA e Paquistão (SOSBAI, 2014).

O arroz é obtido por meio de dois sistemas de cultivo: o cultivo irrigado e o de sequeiro. Cerca de 75% da produção mundial de arroz provém do sistema de cultivo irrigado, no Brasil, este sistema é responsável por aproximadamente 65% da produção nacional. Apesar do cultivo irrigado estar presente em todo o território brasileiro, é na região Sul que se tem a maior representatividade, com cerca de 60% de toda a produção brasileira (EMBRAPA, 2016 b).

Na década de 60 a região do cerrado brasileiro foi a pioneira na produção do arroz de sequeiro, também chamado de arroz de terras altas, com pouca exigência de insumos e com tolerância a terras ácidas. Apesar da redução de área plantada a produção nesta região continua basicamente a mesma da década de 70, tendo em vista que houve aumento na produtividade por conta do incremento de cultivares e insumos (EMBRAPA, 2016 c).

2.4 Propriedades físicas

É de suma importância o conhecimento das propriedades físicas dos produtos de origem vegetal, para a construção e otimização dos equipamentos necessários para o processamento destes produtos (BOTELHO, 2009). Além disso, a indústria alimentícia precisa cada vez mais de produtos homogêneos e com menor teor de impurezas, e a engenharia vem aprimorando os processos de beneficiamento por meio de informações sobre as propriedades físicas criando novos projetos de máquinas e equipamentos para evitar o desperdício dos produtos (FIGUEIREDO NETO et al., 2012).

O início de processos de deterioração dos grãos e o grau de atuação de fatores como: umidade, oxigênio, organismos associados, entre outros, estão vinculados às características dos grãos. Estas irão determinar propriedades como longevidade, manutenção da qualidade e a capacidade industrial e de consumo da massa de grãos (ELIAS et al., 2015)

Em se tratando de qualidade o conhecimento a respeito da finalidade do produto é fundamental. Para adquirir um produto com a qualidade esperada é importante o comprador especificar qual será sua utilidade e as características que deseja no grão (SILVA, 2008).

2.4.1 Teor de água

Em se tratando de prevenção da deterioração do grão armazenado, o teor de água é de suma importância, pois juntamente com a temperatura, regulam o ataque de microrganismos, a respiração do grão e o crescimento fúngico. O teor de água tem muita influência em processos como colheita, manuseio, secagem, tempo de armazenagem, germinação e processamento. Assim, é indispensável o conhecimento do teor de água desde a colheita até o processamento. Os modos de se expressar o teor de água do produto são: base úmida (b.u.) e base seca (b.s.). Sendo a base úmida a razão entre o peso da água e o peso total da amostra, e a base seca a razão entre o peso da água e o peso da matéria seca (SILVA et al., 2008).

Produtos com teor de água ideal aumentam seu potencial de conservação pós-colheita, preservando suas características físicas e propriedades tecnológicas, assim atribuindo alto valor comercial (REINATO, 2006).

A determinação do teor de água é um procedimento fundamental na armazenagem de grãos. Valores de teor de água considerados seguros para um adequado armazenamento do produto são conhecidos e devem ser respeitados para que a qualidade dos grãos se mantenha durante a estocagem (VALENTINI et al., 1998).

Para se obter qualidade elevada na produção de grãos, há a necessidade de que o produto seja colhido saudável e antecipadamente, tendo em vista as mínimas perdas causadas no campo pelos ataques de pragas. Todavia, quanto mais cedo o produto for

retirado do campo, maior a necessidade do mesmo ser processado o quanto antes. A secagem compõe uma das operações de grande importância entre as técnicas envolvidas na conservação das qualidades desejáveis de produtos de origem vegetal, sendo esse processo necessário devido ao teor de água elevado por ocasião da colheita, (RIBEIRO et al., 2005; SILVA, 2008).

2.4.2 Massa específica aparente e unitária

A massa específica pode ser determinada pela razão entre a massa e o volume ocupado por determinado produto. Este conceito aplicado para uma determinada massa ou quantidade de produto estabelece a definição da massa específica aparente ou granular. Já a aplicação do conceito para a massa e volume de apenas um grão determina a massa específica real ou unitária (SILVA et al., 2003).

Segundo Silva (2008) a massa específica aparente (ρ_{ap}) consiste em uma relação entre a massa da amostra e o volume ocupado pela mesma (Equação 1).

$$\rho_{ap} = Ma/Vt \quad (1)$$

Em que:

Ma: massa de uma amostra de grãos, kg; e

Vt: volume total ocupado pela amostra de grãos, m³.

A massa específica aparente e unitária são propriedades de grande importância. Informações fornecidas por esta propriedade física podem auxiliar no dimensionamento de silos, no cálculo de transportadores, separadores e classificadores de sementes e grãos. Fatores como: teor de água, forma e superfície dos produtos afetam a massa específica aparente (ARAUJO et al., 2014).

O crescimento da massa específica aparente dos grãos agrícolas depende da porcentagem de grãos danificados, do teor de água inicial, da temperatura conseguida durante a secagem, do teor de umidade final e da variedade do produto (BROOKER et al., 1992).

Para o milho-pipoca, durante processo de secagem, a massa específica aparente e unitária diminuíram a medida que se aumentou o teor de água, apresentando assim características semelhantes da maioria dos produtos agrícolas (RUFFATO et al., 1999).

2.4.3 Porosidade

A porosidade intergranular (ε) de um produto agrícola é a relação entre o volume de vazios de uma massa de grãos (V_a) e o volume total que esta massa ocupa (V_t) (SILVA; CORRÊA, 2008).

$$\varepsilon = V_a/V_t \quad (2)$$

Essa propriedade é muito afetada pelo teor de água, forma, tamanho, rugosidade do produto, dentre outras. É um dos principais índices a serem avaliados em projetos que envolvem movimentação de ar em produtos agrícolas (ELIAS, 2003).

Estudos realizados por Lopes et al. (2015) concluíram que a presença de diferentes teores de impurezas na massa de grãos de soja, proporcionou variação nas suas propriedades físicas. De modo geral quanto maior o teor de impurezas finas, menor a porosidade e quanto maior o teor de impurezas grossas maior a porosidade intergranular.

A adição de impurezas finas na massa de grãos de duas variedades de feijão fez com que a porosidade diminuísse, e a adição de impurezas grossas fez com que a porosidade da massa do produto aumentasse (CORRÊA et al., 2001).

2.4.4 Cor

A cor normalmente é o primeiro parâmetro físico a ser considerado, pois, a aparência visual é um fator determinante para a aceitação ou rejeição de um produto e está relacionada diretamente com a qualidade do mesmo (SANTANA et al., 2010).

Um dos equipamentos utilizados para se fazer a determinação da cor dos grãos é o colorímetro, que realiza leituras diretas de reflectância das coordenadas “L” (relacionado ao branco e ao preto), “a” (relacionado ao vermelho e verde) e “b” (relacionado ao amarelo e azul) (AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003), tomando-se como base o sólido de Hunter (Figura 1).

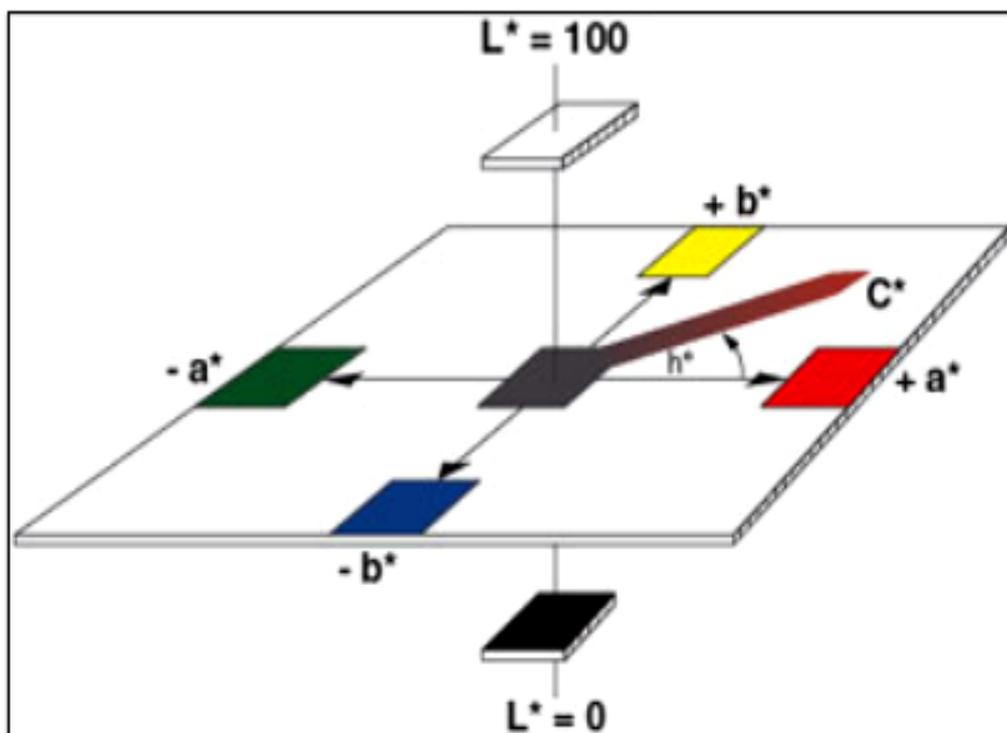


Figura 1: Sólido de cores do sistema CIE "L", "a", "b" e descrição do ângulo "h°" (hue) e do índice de saturação "C" (croma).

Além do sistema de avaliação da cor pelas coordenadas "L", "a" e "b", a cor pode ser avaliada por um sistema de coordenadas angulares pelo ângulo hue que descreve a tonalidade da cor e pelo croma que reflete a saturação de pigmentos da cor ou sua intensidade (MENDONÇA et al., 2003).

2.4.5 Ângulo de repouso

Ângulo de repouso é o ângulo que se forma pela superfície livre e o plano horizontal. Pode ser determinado pelo monte de produto granular que se forma com o basculamento deste sobre uma superfície plana. Esta propriedade está relacionada com a capacidade estática, carregamento e descarga em silos e armazéns (PUZZI, 2000). Sofre influência principalmente do teor de água, tamanho, forma e constituição externa do grão. A determinação da capacidade estática dos silos, de correias transportadoras, dimensionamento de moegas, dutos e rampas de descarga de grãos dependem desta propriedade (SILVA; CORRÊA, 2008).

2.5 Impureza

Impurezas são definidas como materiais encontrados na massa de grãos que podem ou não ser da mesma variedade, e quando pertencentes a mesma variedade estão fragmentados. Diminuem a porosidade dos produtos agrícolas, pois ocupam os espaços intergranulares. A sua presença é danosa sendo um agente contaminante e as vezes

aumentando a umidade da massa de grãos armazenados ao longo do tempo (MATA; DUARTE, 2002).

Estando nas mesmas condições de temperatura e umidade do ar, as impurezas apresentam teores de água mais elevados que o produto, proporcionando assim o surgimento de uma massa compacta e úmida que propicia o desenvolvimento de microorganismos e acelera a deterioração do produto (BRAGATTO; BARRELA, 2001).

Corrêa et al. (2001) avaliou o efeito do nível e tamanho de impurezas nas propriedades físicas de feijão, e concluíram que, com aumento do nível de impurezas finas houve aumento da massa específica aparente e diminuição da porosidade, e que elevando o nível de impurezas grossas houve redução da massa específica aparente e aumento da porosidade da massa de grãos.

Avaliando o efeito de diferentes percentuais de impureza na resistência ao fluxo de ar em vagens de amendoim FIGUEIREDO NETO et al. (2012) concluíram que houve aumento na perda de carga das vagens na medida em que se foi aumentando os percentuais de impurezas menores que as vagens de amendoim.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de Qualidade e Pós-colheita, localizado na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), *campus* universitário de Sinop, MT.

3.1 Matéria-prima

Foram utilizados grãos pré-processados de milho, arroz em casca e soja coletados de unidades armazenadoras localizadas no município de Sinop.

Inicialmente os produtos adquiridos foram completamente limpos e foi feita a retirada de todos os tipos de grãos avariados e de toda a impureza, ou seja, foram utilizados apenas os grãos inteiros e sadios. Após o processo de limpeza dos grãos, foram adicionadas porções de impurezas que correspondiam a aumentos proporcionais de 1% no teor de impureza da massa de grãos até o teor final de 10%. Foram utilizadas impurezas retiradas das máquinas de limpeza das mesmas unidades armazenadoras onde os grãos foram adquiridos. Sem separação ou classificação da impureza obtida, por tamanho ou tipo, por exemplo.

A partir da obtenção das amostras com diferentes níveis de impurezas, as seguintes propriedades físicas dos grãos foram determinadas e avaliadas: teor de água, massa específica aparente, porosidade, diferença total de cor e ângulo de repouso.

3.2 Teor de água

O teor de água dos grãos foi determinado segundo recomendações da Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009) utilizando-se uma estufa com circulação forçada de ar à $105 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 h. Foi utilizada uma amostra de cada produto e de cada teor de impurezas.

3.3 Massa específica aparente

A determinação da massa específica aparente dos grãos de soja foi feita baseada no método da acomodação natural. Foi utilizado um recipiente com volume conhecido de 1 L, em que relação entre o diâmetro e a altura é igual a um. Para garantir que os grãos se acomodassem naturalmente foi usado um funil preso a um suporte metálico para que haja descarga uniforme e constante dos grãos sobre o cilindro. Para a medição da massa dos grãos contidos no recipiente, foi usada uma balança com resolução de 0,01 g. Para cada produto e para cada teor de impurezas foram feitas cinco repetições.

3.4 Porosidade

A porosidade da massa de grãos foi determinada indiretamente de acordo com os resultados obtidos com a Equação (3) sugerida por (MOHSENIN, 1986), em função da massa específica unitária e massa específica aparente.

$$\varepsilon(\%) = 100 [1 - (\rho_{ap}/\rho_u)] \quad (3)$$

Em que:

ε : porosidade, adimensional;

ρ_{ap} : massa específica aparente do grão, kg m^{-3} ; e

ρ_u : massa específica unitária kg m^{-3} .

A determinação da massa específica unitária para os grãos de milho e soja foi feita por meio do método da diferença de volume utilizando óleo vegetal em uma bureta graduada, com uma resolução de 0,01 ml. Neste método, é colocado um determinado volume de óleo vegetal na bureta e anota-se o volume, adiciona-se uma certa quantidade de grãos, que foram previamente pesados, e determina-se o volume destes grãos pela diferença de volume do óleo que foi deslocado. Foram feitas 5 repetições para cada produto.

Para a determinação da massa específica unitária do arroz foi utilizado o método da atribuição de forma geométrica. Neste caso, considerou-se que o grão tem a forma geométrica de um esferoide, possibilitando assim obter o volume dos grãos por meio da determinação das suas dimensões características. Um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm foi utilizado para a obtenção das dimensões características principais dos grãos de arroz, como apresentado na Figura 2 (FARIA, 2015).

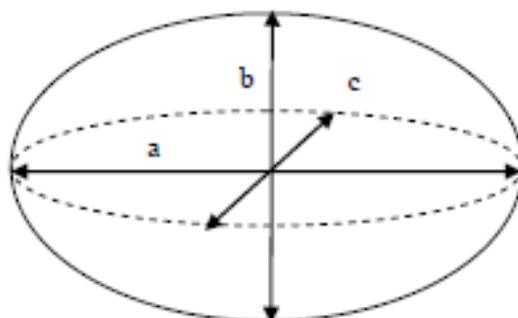


Figura 2. Representação esquemática de um esferoide, em que: a (maior), b (intermediária), e c (menor) são as dimensões características do sólido.

Após as medições, o volume dos grãos (V_g) foi determinado com base na Equação (4)

$$V_g = \pi (a b c)/6 \quad (4)$$

Em que:

V_g: Volume m³;

a: maior dimensão característica, m;

b: dimensão característica intermediária, m; e

c: menor dimensão característica, m.

Em seguida os grãos foram pesados em uma balança com resolução de 0,001 g. Foi determinada a massa específica unitária (ρ_u) pela Equação (5).

$$\rho_u = \left[\frac{m_g}{V_g} \right] = \left[\frac{6 m_g}{\pi (abc)} \right] \quad (5)$$

3.5 Cor

Para a determinação da cor dos grãos foi utilizado um colorímetro tristímulo com leitura direta da reflexão das coordenadas L* (luminosidade), a* (tons entre vermelho e verde) e b* (tons entre amarelo e azul), empregando a escala Hunter-Lab e utilizando o iluminante 10°D60. Para cada produto e para cada teor de impurezas foram feitas 5 repetições.

Foi calculada a diferença total de cor (ΔE) entre a massa de grãos com 0% de impurezas e com adição de percentuais de impurezas. A diferença total de cor foi determinada de acordo com a Equação (6).

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*_{*0})^2 + (a^* - a^*_{*0})^2 + (b^* - b^*_{*0})^2} \quad (6)$$

Onde:

ΔE : diferença total de cor;

L*, a*, b*: parâmetros de cor das amostras;

L*₀, a*₀, b*₀: parâmetros de cor padrão (amostras sem impurezas).

3.6 Ângulo de repouso

A determinação do ângulo de repouso foi feita por meio de um dispositivo feito de fibra de média densidade (MDF), com capacidade para, aproximadamente 20 L de produto e com uma das laterais feita de vidro para que seja possível visualizar o produto como mostrado na Figura 3. O dispositivo possui um alçapão, que quando aberto, possibilita o escoamento do produto, a formação e a medida do seu talude (BOTELHO, 2012). Foram realizadas 5 repetições para cada teor de impurezas e para cada produto.



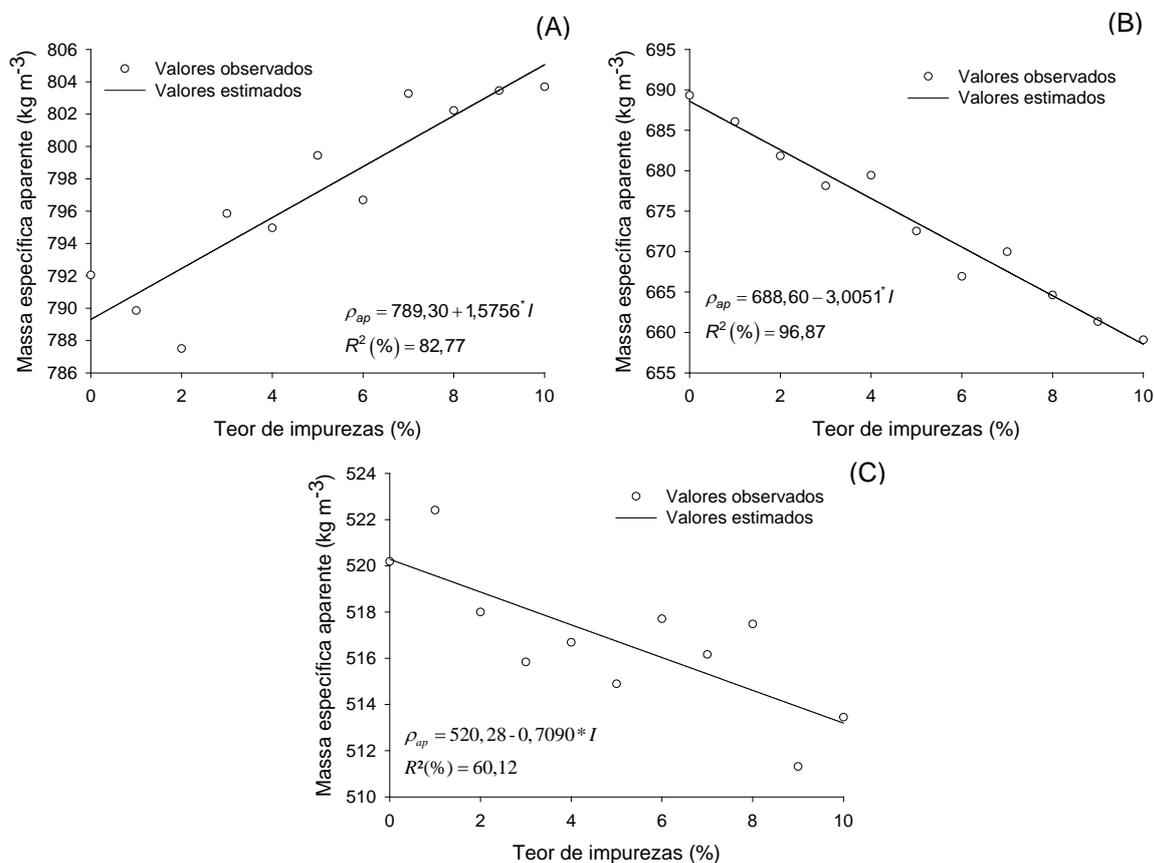
Figura 3. Dispositivo para determinação experimental do ângulo de repouso.

3.7 Análise estatística

Os dados obtidos experimentalmente das propriedades físicas dos grãos de soja arroz em casca e milho em função do teor de impurezas foram submetidos à análise de variância seguido de regressão linear com estimadores avaliados pelo teste “t” com probabilidade de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 estão apresentados os valores observados e estimados da massa específica aparente dos grãos de milho (4A), soja (4B) e arroz em casca (4C) em função do teor de impureza.



Significativo à 5% de probabilidade.

Figura 4. Valores observados e estimados da massa específica aparente do milho (A), soja (B) e arroz em casca (C) para diferentes teores de impurezas.

Notou-se que para todos os produtos analisados a propriedade massa específica aparente se mostrou dependente da quantidade de impurezas na massa de grãos.

Observou-se, no entanto que a dependência entre essas variáveis não foi a mesma para todos os produtos. Notou-se que, enquanto que a massa específica aparente do milho aumentou para a soja e o arroz em casca essa propriedade reduziu linearmente com o aumento do teor de impurezas na massa de grãos.

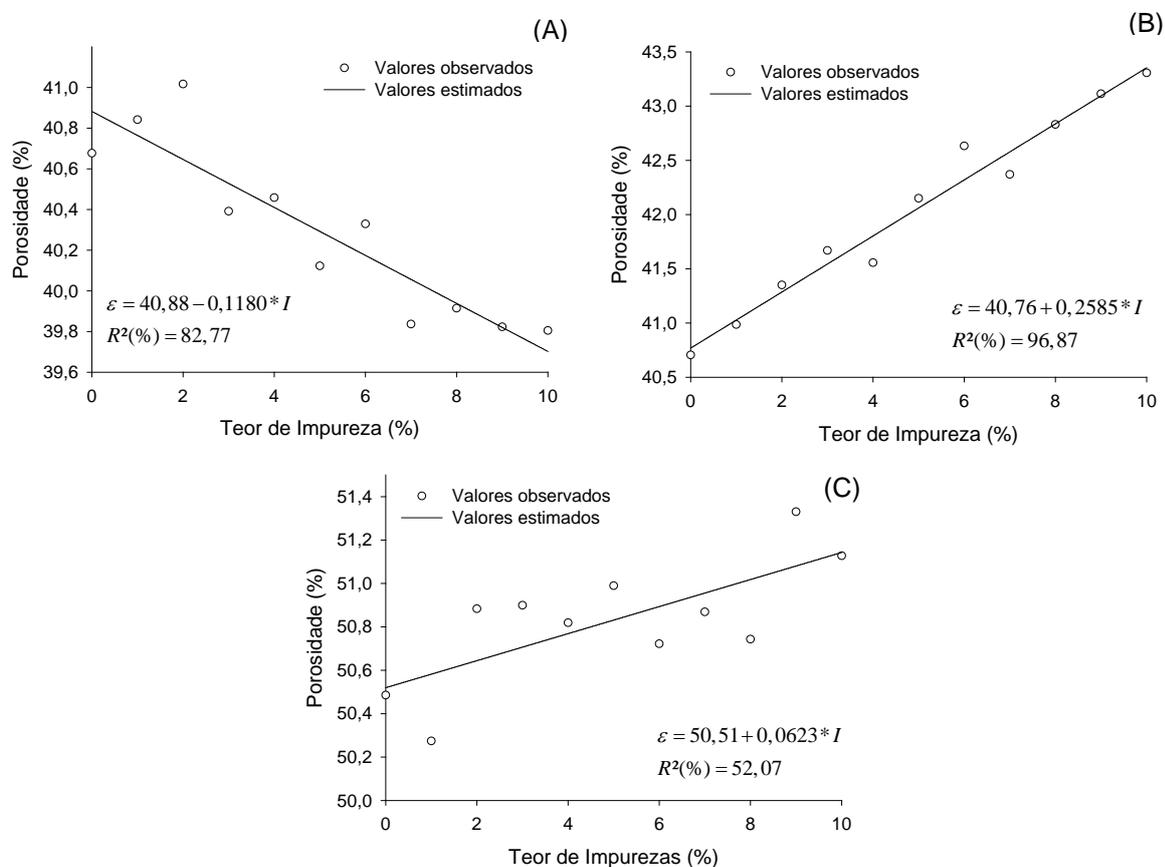
Essa diferença na variação da massa específica aparente apresentada para esses produtos pode ser explicada pela característica da impureza utilizada neste trabalho. As impurezas do milho possuíam em sua maioria material fino (menores que o grão inteiro) e relevante percentual de grãos quebrados, ou seja, material que possui a mesma massa

específica unitária do grão inteiro. Desta forma, ao serem inseridas as impurezas, ocupavam os espaços intergranulares na massa de grãos aumentando assim a massa específica aparente. Para os grãos de soja e arroz em casca as impurezas eram mais variadas, principalmente em tamanho, contendo fragmentos maiores e menores que os grãos. Neste caso, as impurezas maiores que os grãos alteraram o arranjo de um grão com outro, favorecendo o aumento dos espaços intergranulares, fazendo com que a massa específica aparente diminuísse de acordo com o aumento da quantidade de impurezas na massa de grãos.

Observou-se que para o milho a massa específica aparente, variou de 787,51 para 803,69 kg.m^{-3} . Já para a soja e o arroz em casca, a massa específica aparente diminuiu, de 689,33 para 659,09 kg.m^{-3} e 522,41 para 511,31 kg.m^{-3} , respectivamente, à medida que o teor de impurezas aumentou.

Tendência semelhante ao da massa específica aparente do milho foi encontrado por Corrêa *et al.* (2001) para grãos de feijão, utilizando impurezas finas (menores que o grão). Entretanto quando foi utilizada para o mesmo produto impurezas grossas (maiores que os grãos) a massa específica aparente do feijão diminuiu, assim como para a soja e o arroz em casca.

Na Figura 5 estão apresentados os dados observados e estimados da porosidade dos grãos de milho (5A), soja (5B) e arroz em casca (5C) em função de diferentes teores de impureza.



Significativo à 5% de probabilidade.

Figura 5. Valores observados e estimados da porosidade do milho (A), soja (B) e arroz em casca (C) para diferentes teores de impurezas.

Assim como para a massa específica aparente, a porosidade dos produtos analisados também apresentou dependência com a variação do teor de impurezas. Entretanto, notou-se que a porosidade variou de maneira inversa à massa específica quando se aumentou a quantidade de impurezas na massa de grãos, ou seja, houve aumento da porosidade da massa de grãos de arroz em casca e da soja e redução da porosidade da massa de grãos de milho.

A porosidade avalia o percentual de espaços vazios em relação ao volume total ocupado por uma massa de grãos. Desta forma, neste caso como as impurezas do milho eram predominantemente menores que os grãos, elas ocuparam os espaços intergranulares, diminuindo assim a porosidade da massa de grãos. De forma contrária, no caso do arroz em casca e da soja, a presença de maior quantidade de impurezas maiores

que os grãos, alteram o arranjo natural de um grão com outro, favorecendo o aumento da porosidade da massa de grãos.

A porosidade intergranular pode depender de fatores como forma e tamanho do produto, desuniformidade do produto, percentual de grãos danificados, umidade, teor de impurezas (MATA; DUARTE, 2002) e o tamanho da impureza (CORRÊA et al., 2001).

Notou-se que para o milho os valores da porosidade decresceram de 41,02 para 39,81%. Já para os grãos de soja e arroz em casca os dados aumentaram de 40,71 para 43,31% para a soja e de 50,27 para 51,33% para o arroz em casca, para uma variação de 0 a 10% no teor de impurezas.

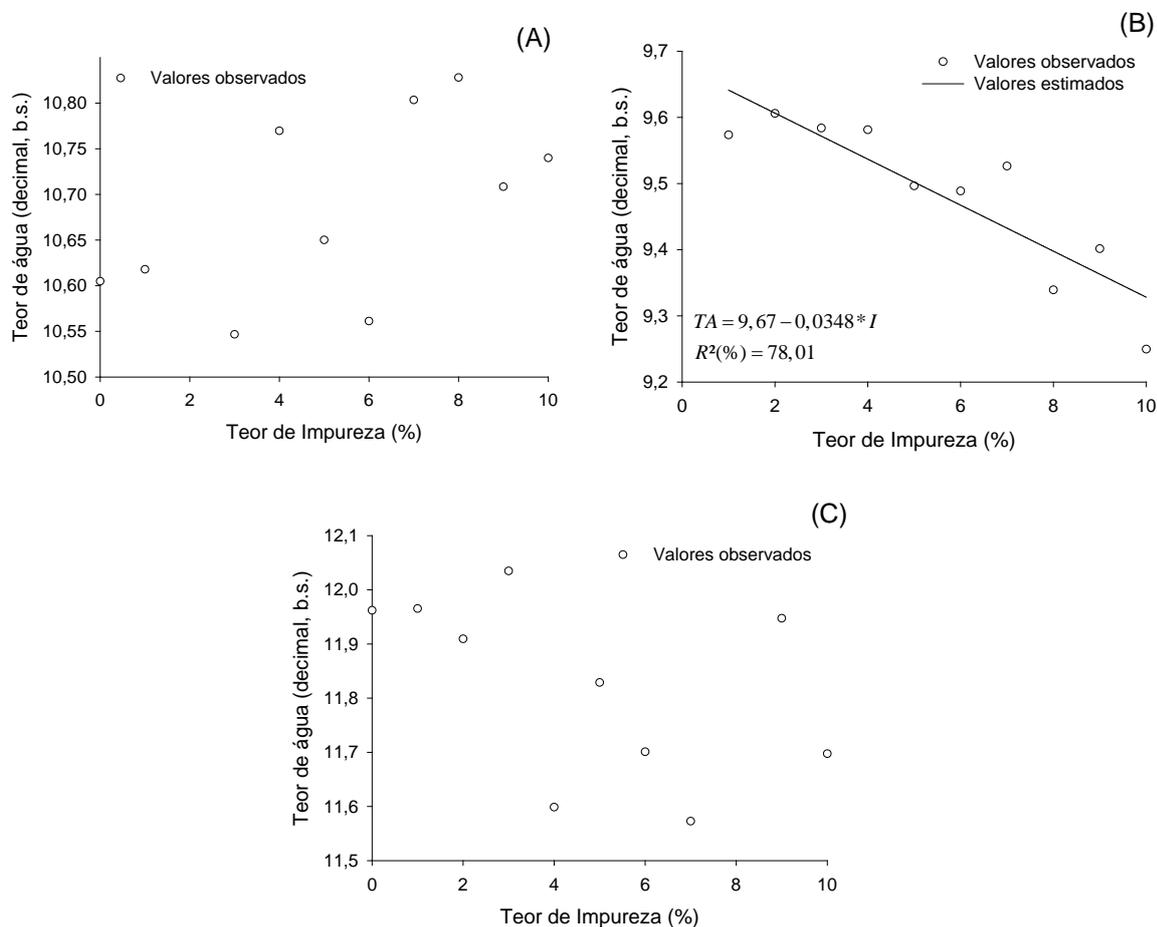
Resultados semelhantes foram observados por Corrêa et al. (2001), onde a porosidade das cultivares de feijão diminuiu com o aumento de impurezas finas como observado para o milho neste experimento, e com a elevação de impurezas grossas houve o aumento da porosidade assim como para os grãos de soja e arroz em casca.

A porosidade tem grande influência na resistência à passagem de ar que atravessa a massa de grãos. Em um experimento com vagens de amendoim, Figueiredo Neto et al. (2012) concluíram que a medida em que diferentes percentuais de impurezas menores que as vagens foram adicionadas a massa do produto, ocorreu aumento na resistência ao fluxo de ar das vagens de amendoim. Uma massa de grãos ou vagens contendo grande quantidade de impurezas menores oferecem menos espaços ao deslocamento de fluxo de ar, ou seja, diminui-se a porosidade intergranular.

Porosidade elevada é sempre desejável numa massa de grãos, visto ser ela necessária para a movimentação de ar. Todavia, o fato de se notar que o aumento da quantidade de impurezas aumentou a porosidade da massa de grãos de soja e do arroz em casca, que poderia ser visto como um fator positivo deve ser visto com cautela. Isto porque, a presença de impurezas na massa de grãos é altamente indesejável pelos problemas associados à sua presença, principalmente quando o grão está armazenado. Normalmente, onde se concentram as impurezas na massa de grãos é onde ocorrem problemas com insetos, desenvolvimento fúngico, aparecimento de bolsões de calor, dentre outros.

O produto que contém impurezas e/ou matérias estranhas contém maior quantidade de microrganismos e aumenta as condições para deterioração, sendo que o teor de água das impurezas é mais altos do que o dos grãos sob a mesma condição de armazenagem. A principal fonte de contaminação por micotoxinas associadas aos grãos são as impurezas e/ou matérias estranhas presente na massa de grãos permitidas na legislação brasileira até o limite de 1% (SILVA, 2008; OLIVEIRA et al., 2010).

Na Figura 6 estão apresentados os valores observados do teor de água em função do teor de impureza para o milho (6A) e para o arroz em casca (6C) e os valores observados e os estimados do teor de água em função do teor de impurezas para a soja (6B).



Significativo à 5% de probabilidade.

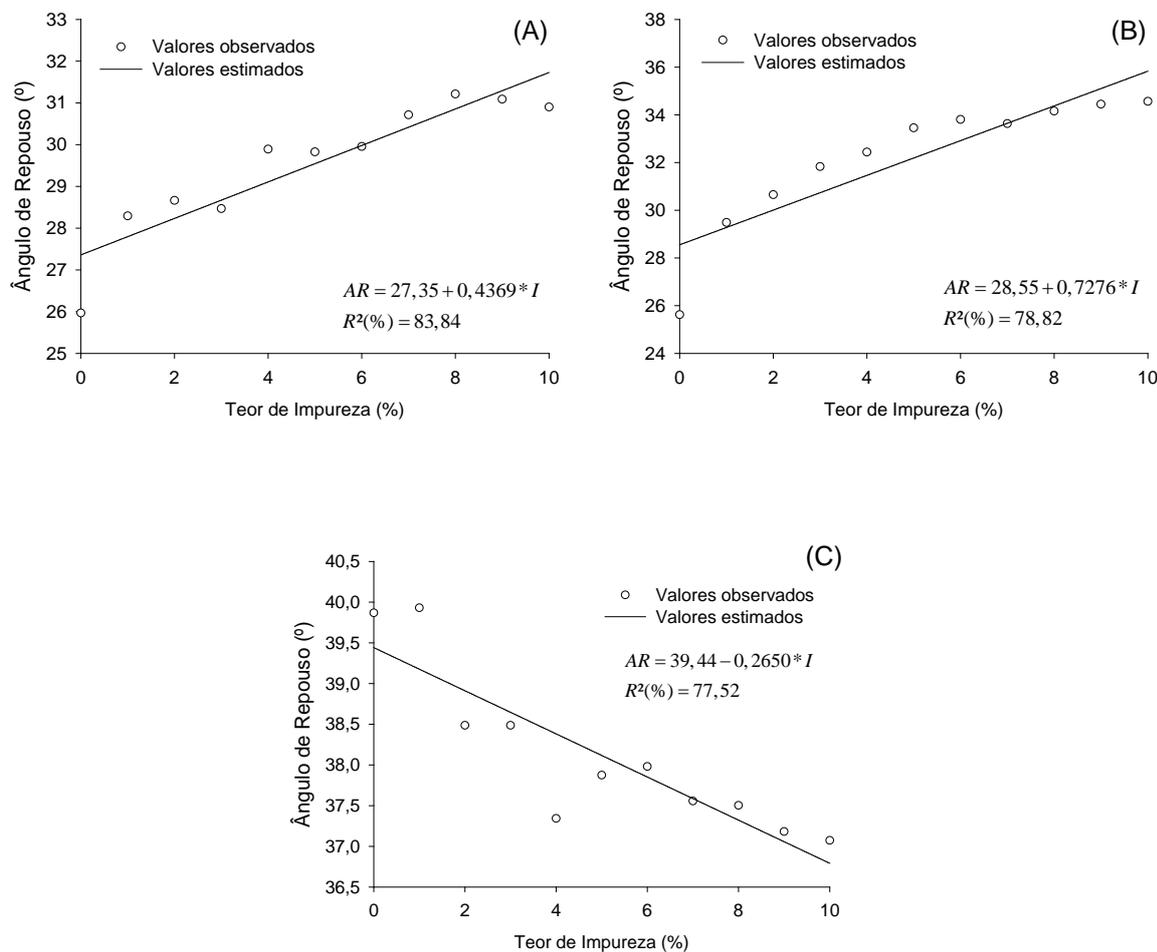
Figura 6. Valores observados e estimados do teor de água do milho (A), soja (B) e arroz em casca (C) para diferentes teores de impurezas.

O teor de água não mostrou dependência em relação ao teor de impurezas para o milho e arroz em casca. Já no caso da soja os valores do teor de água reduziram proporcionalmente à medida que se aumentou o teor de impurezas da massa de grãos. Isso, possivelmente ocorreu pelo fato de que as impurezas adicionadas à massa de grãos de milho e arroz apresentavam teor de água semelhante ao dos grãos, diferentemente da soja que provavelmente foram adicionadas impurezas com teor de água menor que o do produto.

Observa-se que para a soja os dados de teor de água foram reduzidos de maneira linear com o aumento do teor de impureza de 0 a 10% variando de 9,57 a 9,25%. Para os

grãos de milho e arroz em casca o teor de água médio para a mesma faixa de variação de teor de impurezas foi de 10,58 e 10,74%, respectivamente.

Os valores observados e estimados do ângulo de repouso para o milho (7A), soja (7B) e arroz em casca (7C) para as diferentes faixas de teor de impureza avaliados estão demonstrados na Figura 7.



Significativo à 5% de probabilidade.

Figura 7. Valores observados e estimados do ângulo de repouso do milho (A), soja (B) e arroz em casca (C) para diferentes teores de impurezas.

Verificou-se que para ambos os produtos analisados o ângulo de repouso mostrou dependência em relação ao teor de impurezas. As magnitudes do ângulo de repouso do milho e da soja aumentaram, enquanto que para o arroz em casca diminuíram com o aumento do teor de impurezas. Essa dependência entre as variáveis analisadas provavelmente ocorreu por que a impureza alterou a fluidez da massa de grãos dos produtos analisados quando essa foi submetida ao escoamento.

Impurezas geralmente aumentam o ângulo de repouso (PIUCO, 2014) e a maneira com que os dados dessa propriedade variam para os diferentes produtos está relacionada

com o teor de água, tamanho, forma e constituição externa do grão (CORRÊA; SILVA, 2008).

Verificou-se que, tanto para o milho quanto para a soja o ângulo de repouso aumentou linearmente com o aumento do teor de impurezas. Para o milho a variação foi de 25,96 para 31,21° e para a soja de 25,62 para 34,56° para a faixa de teor de impureza de 0 a 10 %. Já para o arroz em casca houve redução do ângulo de repouso que variou de 39,87 para 37,07° para a mesma faixa de teor de impureza.

A Figura 8 apresenta os dados observados da diferença de cor (DE) para o milho (8A), soja (8B) e arroz em casca (8C) em função do teor de impurezas.

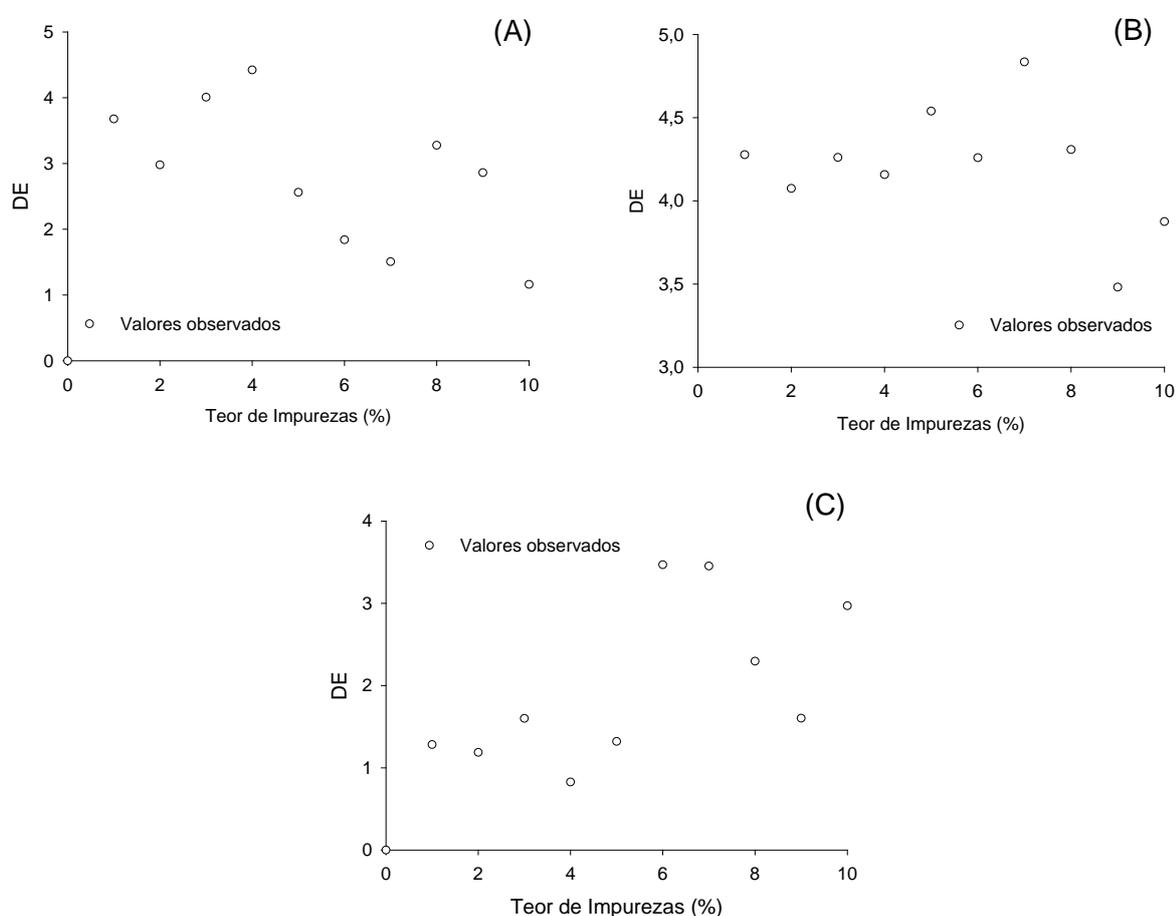


Figura 8. Valores observados e estimados da diferença de cor (DE) do milho (A), soja (B) e arroz em casca (C) para diferentes teores de impurezas.

A diferença total de cor é medida comparando-se numericamente a amostra e o padrão. Indica as diferenças absolutas nas coordenadas de cor entre a amostra analisada e o padrão estabelecido.

Nota-se que a diferença de cor não foi afetada pela quantidade de impureza na massa de grãos dos produtos analisados. Neste caso, certamente as impurezas usadas neste experimento apresentavam cor consideravelmente semelhante às da massa de grãos isenta de impurezas. É sabido, ainda, que esta propriedade sofre influência de outros fatores, como: temperatura de secagem (SILVA et al., 2008) e teor de água (ALENCAR et al., 2009).

A diferença total de cor média observada foi de 2,57 para o milho, 3,82 para a soja e 1,81 para o arroz em casca.

5. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- À exceção da diferença total de cor, o aumento do teor de impurezas na massa de grãos influencia a massa específica aparente, a porosidade, o ângulo de repouso e o teor de água.
- As impurezas geradas no pré-processamento do milho, soja e arroz em casca não são semelhantes e podem alterar a forma como influenciam as propriedades físicas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 27, p. 1268-1276, 2003.

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

ARAUJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTE, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 278-286, 2014.

ARAUJO, M. M. V. **Indicadores de qualidade em grãos de soja submetidos a diferentes condições de armazenamento**. Dissertação (Pós-graduação em Agricultura Tropical), Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá – MT, p 11, 2014.

BOTELHO, F. M. **Absorção de água por grãos de milho com diferentes níveis de danificação mecânica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, p 94, 2009.

BOTELHO, F. M. **Cinética de secagem, propriedades físicas e higroscópicas dos frutos e caracterização do processo de torrefação dos grãos de *Coffea canéfora***. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, p 142, 2012.

BOTELHO, F. M.; GRANELA, S. J.; BOTELHO, S. C. C.; GARCIA, T. R. Influência da temperatura de secagem sobre as propriedades físicas dos grãos de soja. **REVENG, Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 212-219, maio de 2015

BRAGATTO, S. A.; BARRELLA, W. D. Otimização do sistema de armazenagem de grãos: um estudo de caso. **Revista Produção**, v. 1, n.1, outubro de 2001.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regra para análises de sementes**. Brasília, p. 399, 2009.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.H. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: AVI, 1992. 450p.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, v. 3- Safra 2015/16, nº 9, p. 1-174, jun. 2016.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, v. 4- Safra 2016/17, nº 9, p. 1-161, jun. 2017.

CORRÊA, P. C.; GUIMARÃES, W. T.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Efeito do nível e do tamanho de impurezas nas propriedades físicas da massa granular de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n. 1, p 97-100, 2001.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L.; FERREIRA, C. D. **Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, p 7, 2015.

ELIAS, M. C. **Armazenamento e Conservação de Grãos**. 2003. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA2bQAG/armazenamento-conservacao-graos>. Acesso em: 20 de julho de 2016.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em: 05 de jun. de 2016 a.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<http://www.abiarroz.com.br/uploads/artigos/33e75ff09dd601bbe69f351039152189.pdf>> Acesso em: 05 de jun. de 2016 b.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000g1wcnzza02wx5ok0ha2lipwbeel46.html>> Acesso em: 07 de jun. de 2016 c.

FARIA, B. M. E. M. **Comparação entre metodologias para determinação de massa específica aparente e massa específica unitária de grãos**. Trabalho de curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental), Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop-MT, p. 13, 2015.

FERNANDEZ, A.J.C. **Do cerrado à Amazônia: as estruturas sociais da economia da soja em Mato Grosso**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural. Porto Alegre – RS, p. 228, 2007.

FIGUEIREDO NETO, A.; DANTAS, B. F.; SILVA, J. C.; OLIVER, N. C.; SILVA, M. F. **Resistência ao fluxo de ar das vagens de amendoim com diferentes percentuais de impurezas**. Nucleus, v. 9, n. 1, 2012.

LOPES, M.A. da S.; RESENDE, O.; BESSA, J. F. V.; LIMA, R.R. Determinação das propriedades físicas de grãos de soja com diferentes proporções de impureza e defeitos. **Anais IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano**, 2015.

MATA, M.; DUARTE, M. E. M. Porosidade intergranular de produtos agrícolas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 79-93, 2002.

MAPA, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>> Acesso em: 05 de jun. de 2016 a.

MAPA, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/arroz>> Acesso em: 05 de jun. de 2016 b.

MENDONÇA, K.; JACOMINO, A. P.; MELHEM, T. X.; KLUGE, R. A. Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de limão 'siciliano'. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 179-183, 2003.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986.

MOTTA., I.S.; BRACCINI., A. L.; SCAPIM., C.A.; GOLÇALVES., A.C.A.; LANA BRACCINI., M.C. Influência da época de semeadura na produção de sementes de soja – Características

econômicas e componentes de produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 22, nº 2, p.153-162, 2000.

OLIVEIRA, M. A.; LORINI, I.; MALLMANN, C. A. **As micotoxinas e a segurança alimentar na soja armazenada**. 3º simpósio de segurança alimentar, Florianópolis – SC, p. 2, 2010.

PIUCO, U. D. **Dimensionamento e análise de um sistema de aeração para armazém graneleiro de fundo plano**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi-RS, 2014.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: ICEA, p. 604. 2000.

REINATO, C. H. R. **Secagem e armazenamento do café: aspectos qualitativos e sanitários**. Tese (Pós-graduação Stricto Sensu em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2006.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.32, n. 1, p. 225-230, jan./fev., 2008.

RIBEIRO, V. S.; SOBRAL, M. C.; ALMEIDA, M. M.; SILVA, G. F. Propriedades físicas de produtos agrícolas. **Revista brasileira de produtos agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p. 1-6, 2002.

RIBEIRO, D. M.; CORRÊA, P. C.; RODRIGUES, D. H.; GONELI, A. L. D. Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. **Revista Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 25, nº 3, p. 611-617, 2005.

RUFFATO, S.; CORREA, P.C.; MARTINS, J.H.; MONTOVANI, B.H.M.; DA SILVA, J. N. Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 45-48, 1999.

SANTANA, A. S.; OLIVEIRA, L. A.; VIANA, E. S.; SILVEIRA, S. M.; SOUZA, M. R.; AMORIN, E. P. **Avaliação da cor dos frutos de diferentes genótipos de bananeiras por**

colorímetro digital. Embrapa Mandioca e Fruticultura – Artigo anais, Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010.

SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil.** EMBRAPA arroz e feijão, Santo Antônio de Goiás – GO, 2006.

SANTOS, V. M.; **Expectativas para a safra 2012/2013 de grãos e impactos logísticos.** Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba - SP, 2013.

SILVA, F. S.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, R. M.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Efeito do beneficiamento nas propriedades físicas e mecânicas dos grãos de arroz de distintas variedades. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.5, n.1, p 33-41, 2003.

SILVA, J.S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** Viçosa, MG, editora aprenda fácil, 2008.

SILVA, J. S.; CORRÊA, P. C. **Estrutura, Composição e Propriedades dos Grãos. Secagem e Armazenagem De Produtos Agrícolas.** 2ª Ed. Editora Aprenda Fácil, p. 19-33, 2008.

SILVA, J. S.; BERBERT, P. A.; AFONSO, A. D. L.; RUFATO, S. **Estrutura, composição e propriedades dos grãos. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** 2ª Ed. Editora Aprenda Fácil, p. 63-104. 2008.

SOSBAI, Sociedade Sul-Brasileira de arroz irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil.** Bento Gonçalves – RS, p. 9, 2014.

VALENTINI, S. R.T .; CASTRO, M. F.P M. ; ALMEIDA, F. H. de. **Determinação do teor de umidade de milho utilizando aparelho de microondas.** Ciênc. Tecnol. Aliment. , Campinas, v. 18, n. 2, p. 237-240, maio de 1998.