

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA O CÁLCULO
DE MISTURA DE GRÃOS AVARIADOS E ÚMIDOS,
DESCONTOS E MASSA ESPECÍFICA**

LUCAS ALVES LIMA DE MENDONÇA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2024

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA O CÁLCULO
DE MISTURA DE GRÃOS AVARIADOS E ÚMIDOS,
DESCONTOS E MASSA ESPECÍFICA**

Lucas Alves Lima de Mendonça

Orientador: Prof. Dr. Elton Aparecido Siqueira Martins

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrícola.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

M539d Mendonça, Lucas Alves Lima De

Desenvolvimento de aplicativo para o cálculo de mistura de grãos avariados e úmidos, descontos e massa específica. [recurso eletrônico] / Lucas Alves Lima De Mendonça. -- 2024. Arquivo em formato pdf.

Orientador: Elton Aparecido Siqueira Martins.

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Pós-colheita. 2. Armazenamento. 3. Smartphone. 4. Android. 5. Blend. I. Martins, Elton Aparecido Siqueira. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA O CÁLCULO
DE MISTURA DE GRÃOS AVARIADOS E ÚMIDOS,
DESCONTOS E MASSA ESPECÍFICA**

Por

Lucas Alves Lima de Mendonça

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

Aprovado em: 29 de novembro de 2024.



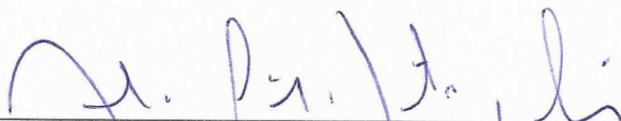
Prof. Dr. Elton Aparecido Siqueira Martins

Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dr. Valdiney Cambuy Siqueira

Membro da banca – UFGD/FCA



Prof. Dr. André Luís Duarte Goneli

Membro da banca – UFGD/FCA

*Dedico esta monografia à minha querida avó
Nilda Corrêa Alves (in memoriam),
cuja criação foi essencial no meu caráter e minha vida.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

Aos meus pais Wellen Mendonça e Jane Mendonça que acreditam em mim e me ajudam a alcançar meus objetivos e ao meu irmão Arthur Mendonça, pelo apoio que me transmitiram durante essa caminhada.

A minha falecida avó Nilda Corrêa que sempre foi meu alicerce e inspiração, além do amor e pelo apoio que sempre me transmitiu.

Ao professor Elton pela paciência e seus ensinamentos como orientador, dedicação e correções necessárias durante este processo.

Agradeço à minha namorada Angela Saturnino, que esteve ao meu lado durante o percurso do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço, a todos os professores e servidores da UFGD, aos quais tive a oportunidade de caminhar junto, e de um modo muito especial, pelas correções e ensinamentos, permitindo um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

Aos meus colegas de curso David Sanabria, Vinicius Quevedo e Daniel Duarte muito obrigado a todos por caminhar comigo nesse período.

Aos membros da banca, pelo tempo dedicado a leitura e avaliação do meu trabalho, bem como os feedbacks que contribuíram para o aprimoramento deste projeto.

Obrigado!

MENDONÇA, Lucas Alves Lima de. **Desenvolvimento de aplicativo para o cálculo de mistura de grãos avariados e úmidos, descontos e massa específica**. 2024. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2024.

RESUMO

Os produtos agrícolas após a colheita, normalmente, não apresentam condições/padrões adequadas para o armazenamento e/ou comercialização, principalmente com relação ao teor de água, impurezas e avariados. Deste modo, as unidades armazenadoras, ao receberem uma carga de grãos procedem imediatamente com a amostragem e classificação do produto recebido, para verificar as condições do produto e se for o caso aplicar descontos ao valor pago devido aos custos que haverá com as etapas de pré-limpeza e secagem para remover o excesso de impurezas e água, de modo que o produto seja condicionado aos padrões adequados para comercialização e/ou armazenamento seguro. É comum, em unidades armazenadoras, haver lotes de produtos com quantidade de avariados maior do que o aceitável para comercialização, para sanar esse problema uma prática utilizada é realizar a mistura desses lotes com outros com menor quantidade de avariados de modo a obter um lote de produto com uma quantidade de avariados aceitável comercialmente, essa técnica é denominada de blend. Nas unidades armazenadoras são executados rotineiramente cálculos de descontos devido a impurezas e teor de água, como também os cálculos de blend, além de verificação periódica da massa específica, para executar esses cálculos são utilizadas planilhas eletrônicas, sites e até mesmo aplicativos para dispositivos móveis. Com o crescente uso de smartphones na sociedade e no meio rural, surgiu a oportunidade de criar soluções que apoiem empresas e colaboradores no setor de armazenamento de grãos. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho desenvolver um aplicativo, para smartphones, que realize os cálculos relacionados à mistura de grãos (blend), massa específica e à descontos (quebra) devido a impurezas e teor de água. O aplicativo foi desenvolvido na plataforma App Inventor 2, onde foi dividido em duas etapas: na primeira, foi elaborado o layout das telas e as artes gráficas para os botões e outros componentes das telas; na segunda, foram desenvolvidos os algoritmos para execução dos cálculos e interação com os objetos das telas. O aplicativo desenvolvido foi intitulado de Silo Calc, o mesmo possui oito telas, sendo elas: a tela inicial, a qual tem a função de direcionar o usuário para as demais telas; uma tela de cálculo para mistura (blend) de produtos com diferentes quantidades de avariados; uma tela de cálculo para mistura (blend) de produtos com diferentes teores de água; tela de cálculo de massa específica; tela de cálculo para descontos (quebra) devido a impurezas e teor de água; tela de relatórios, na qual é possível acessar os relatórios gerados nas telas de cálculo; tela de ajuda e tela de créditos. A metodologia adotada permitiu a criação de um aplicativo intuitivo, de fácil utilização, que também oferece acesso às informações sobre seu uso, tornando-se uma ferramenta útil para execução de cálculos corriqueiros em unidades armazenadoras ou até mesmo por produtores.

Palavras-chave: Pós-colheita. Armazenamento. Smartphone. Android. Blend.

MENDONÇA, Lucas Alves Lima de. **Development of an application for the calculation of damaged and wet grain mixtures, deductions, and specific mass.** 2024. 38f. Undergraduate Thesis (Bachelor's in Agricultural Engineering) – Faculty of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados, Dourados, 2024.

ABSTRACT

Agricultural products after harvest are usually not in suitable conditions/standards for storage and/or commercialization, mainly in terms of moisture content, impurities, and damaged grains. Therefore, upon receiving a grain load, storage facilities immediately proceed with sampling and classifying the received product to verify its condition. If necessary, they apply discounts to the payment value due to the costs associated with pre-cleaning and drying processes, which remove excess impurities and moisture to ensure the product meets the appropriate standards for safe storage and/or commercialization. It is common for storage facilities to handle batches with a higher amount of damaged grains than is commercially acceptable. To address this issue, a common practice is to mix these batches with others that have fewer damaged grains, thus achieving a batch with a commercially acceptable level of damaged grains; this technique is called blending. In storage facilities, calculations of discounts due to impurities and moisture content, as well as blending calculations, are routinely carried out, along with periodic checks of bulk density. These calculations are typically performed using spreadsheets, websites, and even mobile device applications. With the increasing use of smartphones in society and in rural areas, there is an opportunity to develop solutions that support companies and workers in the grain storage sector. Therefore, this work aims to develop a smartphone application that performs calculations related to grain blending, bulk density, and discounts (breakage) due to impurities and moisture content. The app was developed using the App Inventor 2 platform, and its development was divided into two stages: the first stage involved designing the layout of the screens and creating the graphical elements for buttons and other screen components; the second stage focused on developing the algorithms for performing the calculations and interacting with the screen objects. The application was named Silo Calc, and it features eight screens: a home screen, which directs the user to the other screens; a calculation screen for blending products with different amounts of damaged grains; a calculation screen for blending products with different moisture contents; a bulk density calculation screen; a discount (breakage) calculation screen due to impurities and moisture content; a reports screen, where the reports generated on the calculation screens can be accessed; a help screen; and a credits screen. The adopted methodology allowed the creation of an intuitive, easy-to-use application that also provides access to usage information, making it a useful tool for performing routine calculations in storage facilities or even by producers.

Palavras-chave: Post-harvest. Storage. Smartphone. Android. Blend.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esboço da tela principal (A) e tela principal finalizada (B) do aplicativo Silo Calc.	8
Figura 2. Fluxograma da tela principal.	9
Figura 3. Esboço das telas de mistura de produtos com diferentes teores de avariados e de teor de água (A), tela de mistura de produtos com diferentes teores de avariados, (B) e tela de mistura de produtos com diferentes teores de água (C).	10
Figura 4. Caixas de seleção de unidade de medida de massa dos produtos das telas de cálculo de mistura de produtos.	10
Figura 5. Fluxograma das telas de mistura de produtos com diferentes teores de avariados ou diferentes teores de água.	12
Figura 6. Esquema do balanço de massa por componentes para mistura de grãos.	13
Figura 7. Tela de cálculo da mistura de produtos com diferentes teores de avariados com os dados preenchidos e antes de clicar no botão calcular (A) e após clicar no botão calcular (B).	15
Figura 8. Tela de blend de avariados onde após clicar no botão “RELATÓRIO” com as opções de salvar ou compartilhar o relatório gerado (A); Tela de massa específica aparente, onde após clicar em “RELATÓRIO” deve-se informar a identidade do produto calculado, com as opções de salvar ou compartilhar o relatório gerado (B).	17
Figura 9. Esboço da tela de cálculo de Massa Específica (A), tela de cálculo de Massa específica (B).	18
Figura 10. Fluxograma da tela de massa específica.	19
Figura 11. Tela de massa específica após clicar no botão calcular (A) e tela de cálculo de massa específica com as dimensões e massa do recipiente preenchidas com base no último uso da tela (B).	21
Figura 12. Esboço da tela de cálculo para desconto devido a teor de água e impurezas (A), tela para o cálculo de descontos devido a teor de água e impurezas (B).	22
Figura 13. Fluxograma da tela de descontos.	23
Figura 14. Notificação exibida na tela de cálculo de descontos (quebra) ao iniciar.	27
Figura 15. Modelo da tela descontos com todos os campos preenchidos (A), resultados exibidos na tela de descontos (quebra) após o usuário clicar em calcular (B).	27
Figura 16. Lista dos relatórios já executados (A), aviso da tela “Relatórios” quando não houver relatórios a ser consultados (B).	28

Figura 17. Tela de ajuda fornece ao usuário um demonstrativo das telas de cálculo do aplicativo, instruindo quais campos devem ser preenchidos.	29
Figura 18. Descrição sobre os desenvolvedores.	30
Figura 19. Gráfico gerado com base nos dados obtidos através do <i>Google forms</i> , de acordo com a avaliação do público nas questões 1 a 6.	31
Figura 20. Blocos do algoritmo adicionados para que o relatório seja apresentado sem alterações nas telas dos aparelhos <i>smartphones</i> ou <i>tablets</i>	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Diferentes produtos e suas massas específicas.	20
--	----

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Difusão do uso de aplicativo e desenvolvimento de aplicativos.....	3
2.2 Mistura de grãos (blend).....	4
2.3 Massa específica aparente de grãos.....	4
2.4 Quebra e descontos devido a impureza e umidade.....	5
2.5 Aplicativos e ferramentas disponíveis para cálculos de parâmetros relacionados a pós-colheita de grãos.....	6
3 DESENVOLVIMENTO.....	7
3.1 Telas do aplicativo.....	7
3.1.1 Tela principal.....	7
3.1.2 Telas para o cálculo da mistura de produtos com diferentes teores de impureza e produtos com diferentes teores de água.....	9
3.1.2.1 Descrição do relatório.....	16
3.1.3 Tela para o cálculo da massa específica	17
3.1.4 Tela de cálculo para descontos devido a impurezas e teor de água.	21
3.1.5 Tela de relatórios	28
3.1.6 Tela de ajuda para uso do aplicativo.....	29
3.1.7 Tela de créditos	29
3.1.8 Avaliação da primeira versão do aplicativo.....	30
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Normalmente os produtos agrícolas, especificamente grãos, ao serem entregues em unidades armazenadoras apresentam condições que não atendem aos parâmetros para comercialização e armazenamento adequado, principalmente com relação ao teor de água, impurezas e avariados.

Deste modo, no processo de recebimento de grãos em unidades armazenadoras, a quantificação do teor de água e de impurezas é fundamental para calcular o valor a ser pago na entrega do produto, pois em função do teor de água e de impurezas são aplicados descontos, devido ao custo com as etapas de pré-limpeza para remover o excesso de impurezas e com a secagem para remover o excesso de água para que o produto fique com condições adequadas para o armazenamento seguro e/ou expedição.

Já os grãos avariados, ou seja, que apresentam defeitos (quebrados, fermentados, mofados, germinados, ou atacados por pragas, como insetos e fungos), normalmente não são removidos da massa de produtos, diferentemente de impurezas que são removidas nas etapas de pré-limpeza e limpeza. Os grãos avariados são considerados como uma categoria de defeitos, e sua proporção no lote é levada em conta para determinar o desconto aplicado ao valor final (Gaisoto *et al.*, 2022).

É comum, em unidades armazenadoras, ter lotes de produtos com diferentes quantidades de avariados, ou seja, lotes com quantidades de avariados acima do aceito comercialmente e lotes com quantidade de avariados abaixo do valor sugerido. Uma solução para ajustar a quantidade de avariados em lotes de produtos de modo que atenda aos padrões de comercialização é misturar lotes com maior percentual de avariados com aqueles de menor quantidade, aproveitando lotes de grãos que, isoladamente, poderiam não ser comercializados, gerando um novo lote de produto com uma quantidade de avariados ajustada que atenda aos padrões de qualidade exigidos pelo mercado, essa técnica é popularmente chamada de blend.

No contexto de unidades armazenadoras, uma atividade rotineira é a quantificação da massa de produtos armazenados em silos e armazéns, a massa de produto armazenada é obtida pela multiplicação do volume de grãos armazenados no silo/armazém e da massa específica aparente do produto. Para a determinação do volume de grãos há alguns métodos como o deslocamento de água, até mesmo equipamentos como o medidor eletrônico do peso e volume de grãos, porém, independentemente do método ou equipamento utilizado para medir ou estimar o volume de grãos armazenados é de fundamental importância a determinação da massa

específica aparente, pois se a mesma não for determinada e calculada corretamente irá conduzir a uma quantificação de massa armazenada superestimada ou subestimada.

Dê um modo geral, em unidades armazenadoras de grãos é rotineiro a execução de cálculos para descontos devido a impurezas e teor de água, além de cálculos para realização de misturas de produto (blends) e de massa específica aparente. Para os cálculos de descontos devido a teor de água e impureza há alguns sites como a “AGAIS” (Silva *et al.*, 2018), que demanda acesso à internet, como também, há aplicativos para dispositivos Android disponíveis na Play Store, como o denominado “Descontos de armazenagem” (Serviços e Informações do Brasil, 2023).

Já para o cálculo de mistura de produtos, não é comum encontrar ferramentas para facilitar essa tarefa, deste modo, muitos profissionais elaboram suas próprias planilhas eletrônicas, o que torna o processo trabalhoso.

É comum que as unidades armazenadoras recorram a tabelas para a aplicação de descontos proporcionais ao excesso de água e impureza, a tecnologia tem feito parte significativa em inúmeros aspectos da atualidade, não sendo diferente no meio rural e principalmente na pós-colheita de grãos. Com a modernização da comunicação, *smartphones* e *tablets* alcançaram uma difusão social muito significativa, onde permite que *softwares* ou programas de computadores sejam substituídos, por aplicativos móveis (Silva, 2022).

Visto a necessidade de realização diária de cálculos de descontos, de mistura de produtos com diferentes teores água e avariados, além de massa específica e outros, e o uso contante de *smartphones* e *tablets*, justifica-se a importância do desenvolvimento de um aplicativo para realizar esses cálculos de maneira rápida e fácil.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho desenvolver um aplicativo para *smartphones*, que operem com sistema operacional *Android*, para calcular a mistura de grãos avariados, mistura de grãos com diferentes teores de água, determinação de massa específica e cálculos de descontos devidos a impurezas e teor de água.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DIFUSÃO DO USO DE APLICATIVO E DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS

Em 2024, o uso de aplicativos continuou a se expandir e diversificar, influenciando vários aspectos da vida cotidiana, desde a comunicação até o trabalho, o entretenimento e a saúde. O mercado de aplicativos cresceu com a popularização de plataformas como Android e iOS, mantendo uma ampla oferta de aplicativos em várias categorias, como redes sociais, jogos, produtividade, e-commerce e serviços financeiros (Silva; Megguer; Santos, 2019).

Com o aumento de aplicativos desenvolvidos em meio acadêmico, foi possível inserir a utilização destes recursos onde oferece aos acadêmicos para o ensino e pesquisa como uma ferramenta de trabalho, algo muito diferente do que ocorria anteriormente, já que os dispositivos móveis continham aplicativos voltados ao armazenamento, troca de documentos, dados e comunicação (Hinze *et al.*, 2023).

Destaca-se a relevância da conectividade desde o final do século 20, o uso de aplicativos de produtividade e trabalho remoto também se manteve em alta, uma tendência impulsionada pela pandemia de COVID-19 e pela transformação digital que se seguiu (Santana; Costa, 2023).

Enfatizasse a ISO/IEC 25010:2011 que aborda a qualidade do software, como: funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade, portabilidade, segurança e compatibilidade. Sendo estes os oito argumentos fundamentais do desenvolvimento de aplicativos moveis (ISO, 2011).

O App Inventor 2 é uma plataforma de programação desenvolvida pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), baseada no App Inventor Classic, originalmente criado pelo Google. O projeto teve suas raízes em uma dissertação de mestrado no MIT, elaborada por Ricarose Roque (Pszybylski; Motta; Kalinke, 2020).

O App Inventor 2 é um ambiente de programação visual on-line que permite a criação de aplicativos para dispositivos móveis Android, por meio de blocos de códigos. Dessa forma o processo de desenvolvimento é facilitado (Jorge; Murciano, 2022).

A empresa Google iniciou o desenvolvimento do App Inventor, em 2009. Porém anunciou, dois anos depois, que não daria continuidade à ferramenta e o Centro de Mobile Learning do MIT foi selecionado para sediar um servidor público para o App Inventor, além de tornar aberto o seu código-fonte (Risma; Farida; Andriani, 2021).

2.2 MISTURA DE GRÃOS (BLEND)

A mistura de avariados ou blend na pós-colheita e armazenagem de grãos refere-se à prática de misturar lotes de grãos de diferentes qualidades para criar um produto final que atenda a determinados padrões comerciais ou de qualidade (Aranha *et al.*, 2018). A mistura de grãos é comum, sendo esta técnica utilizada para uniformizar as características dos grãos, como umidade, cor, peso e presença de defeitos, de forma a melhorar o valor de mercado do lote final ou evitar perdas financeiras devido à deterioração, garantindo uma padronização do lote, sem que ultrapasse a quantidade permitida, em função de sua destinação (Senar, 2017).

A principal razão para misturar grãos é minimizar as perdas e maximizar o aproveitamento do produto (Aidoo, 1993). Por exemplo, em lotes onde uma parte dos grãos foi danificada por fatores como intempéries ou falhas no armazenamento (excesso de umidade ou infestação por pragas), é possível misturar esses grãos com outros de boa qualidade para atingir os padrões exigidos pelo mercado (Bilgen; Ozkarahan., 2007)

Grãos de qualidade inferior, quando misturados com grãos de qualidade superior, podem ajudar a manter o valor de mercado do lote total (Lee *et al.*, 2006). No entanto, o valor final do produto pode ser reduzido dependendo da proporção de grãos avariados usados na mistura. A prática do blend deve sempre equilibrar a qualidade final do produto com a necessidade de evitar perdas (Souza *et al.*, 2022).

2.3 MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE GRÃOS

A massa específica aparente de grãos é uma propriedade física fundamental para a avaliação e manuseio adequado desses produtos agrícolas (Botelho *et al.*, 2022). Ela se refere à relação entre a massa dos grãos e o volume que eles ocupam, sendo expressa em unidades como quilogramas por metro cúbico (kg/m^3) ou gramas por centímetro cúbico (g/cm^3). Essa medida é necessária em várias etapas do processo de pós-colheita, como transporte, armazenagem e beneficiamento, além de ser um indicativo da qualidade dos grãos (Bessa *et al.*, 2023).

Grãos com massa específica aparente baixa ocuparão mais espaço para uma mesma massa, resultando em menor eficiência logística e custos mais elevados. Os índices qualitativos dos grãos e essa propriedade é influenciada por fatores como teor de impurezas, variedade e teor de água, entretanto, grãos com massa específica elevada ocupam menos volume, facilitando o armazenamento e reduzindo custos de transporte (Berbert; Stenning, 1999).

Equipamentos para a determinação da massa específica como a balança hectolétrica, serve para medir o peso de um volume fixo de grãos, geralmente em litros, para calcular a massa específica (kg/m^3 ou g/cm^3), muito usada em grãos como trigo, milho, arroz, soja, entre outros (Andrade *et al.*, 2004).

O tamanho e a massa são as características mais importantes relacionadas à limpeza de um produto, sendo o fluxo de ar intimamente influenciado pela massa, a massa específica aparente de grãos agrícolas aumenta, geralmente, com a diminuição do teor água do produto (Couto *et al.*, 1999). Critérios da metodologia a ser utilizado para a determinação da massa específica aparente, este método envolve o uso de um recipiente de 1 litro com índice de esbeltez igual a 1, onde a amostra é colocada e a massa e o volume são medidos (Botelho *et al.*, 2018).

2.4 DESCONTOS DEVIDO A IMPUREZA E UMIDADE

A quebra refere-se à perda inevitável de quantidade ou qualidade de um produto durante o processamento, transporte, armazenagem ou manuseio, especialmente em setores como agricultura, indústrias alimentícias e logística (Nath *et al.*, 2024), a perda de umidade durante o processo de secagem em unidades armazenadoras ocorre principalmente através da evaporação da água presente nos grãos, o mesmo ocorre com a retirada das impurezas da massa total de grãos resultando em um produto mais limpo e seco (Silva *et al.*, 2017).

Descontos aplicados pela presença de vagem não debulhada, ou matéria estranha como os grãos ou sementes de outras espécies, detritos vegetais de qualquer natureza, não oriundos da soja. Aplica-se também aos grãos avariados, classificados como: queimados, ardidos, mofados, fermentados, germinados, danificados, imaturos e chochos), esverdeados, quebrados, partidos e amassados (Brasil, 2007).

Sendo a perda na secagem de grãos o gargalo da pós-colheita quase que sempre relacionado as Unidades Armazenadoras, e a forma na qual as mesmas atuam com o produto durante o armazenamento, onde produtos com maior teor de água presentes tendem a perder este excesso de água na secagem (Silva *et al.*, 2018).

2.5 APLICATIVOS E FERRAMENTAS DISPONÍVEIS PARA CÁLCULOS DE PARÂMETROS RELACIONADOS A PÓS-COLHEITA DE GRÃOS.

O aplicativo Desconto de Armazenamento disponível para dispositivos *Android*, é uma ferramenta útil para agricultores e profissionais da pós-colheita, especialmente em operações de compra e venda de grãos. Ele calcula a perda de peso causada pela secagem dos grãos, levando em consideração o teor de água atual e o teor de água padrão desejado para comercialização, além de ser possível calcular a quebra técnica (Serviços e informações do Brasil, 2023).

Há plataforma AGAIS é um site que aborda um material explicativo sobre cálculos dentro da pós-colheita, além de uma ala dentro da plataforma que aborda o desconto de impureza e umidade, permitindo ao usuário informar os campos mínimos necessários para obter a quebra. Informando o resultado, onde é apresentado em uma tabela contendo os valores do desconto expresso em percentagem e quilogramas e a massa final (Silva *et al.*, 2018).

Plataformas pagas para gerenciamento e contabilidade de perdas na pós-colheita, durante processo de secagem e limpeza de grãos, como a PROCER, permite mensurar e caracterizar as perdas durante o processo de armazenagem, reunindo informações importantes para o manejo de qualidade na unidade armazenadora, o sistema contém dados de eficiência da unidade, com informações detalhadas dos equipamentos, fluxos e amostragens de grãos, desde o recebimento até a expedição do produto e com a possibilidade de integrar com os equipamentos que já existem na unidade armazenadora, no entanto necessitam de assinatura para sua usabilidade (Procer, 2022).

3 DESENVOLVIMENTO

O aplicativo Silo Calc foi desenvolvido na plataforma App inventor 2 (MIT, 2014). Por meio da plataforma App Inventor 2 foram desenvolvidas as telas do aplicativo, utilizando botões, caixas de texto, legendas, caixas de seleção e outros objetos disponíveis na aba “Designer” da plataforma e por meio da aba “Blocos” foi desenvolvido os algoritmos de cada tela do aplicativo. Para a elaboração das artes gráficas que estão dispostas nas telas do aplicativo, como por exemplo, a representação dos botões, ícones, logo do aplicativo e etc., foi utilizada a plataforma Canva.com (Canva, 2008).

O aplicativo desenvolvido foi intitulado de Silo Calc e é composto por oito telas, sendo elas:

- tela principal do aplicativo (tela inicial), na qual há sete botões responsáveis por direcionar o usuário para as demais telas do aplicativo;
- tela de cálculo para o blend de grãos avariados;
- tela de cálculo para o blend de grãos úmidos;
- tela de cálculo de massa específica de grãos;
- tela de cálculo de descontos devido ao teor de água e a impurezas em grãos;
- tela de acesso aos relatórios salvos;
- tela de ajuda; e
- tela de créditos.

3.1 TELAS DO APLICATIVO

Nos itens a seguir será descrito como foi elaborada cada tela e suas respectivas rotinas de cálculo para o funcionamento do aplicativo.

3.1.1 Tela principal

A tela principal foi elaborada utilizando organizadores, botões, legendas e a ferramenta imagens da aba Designer da plataforma App Inventor 2, conforme esquematizado na Figura 1A.

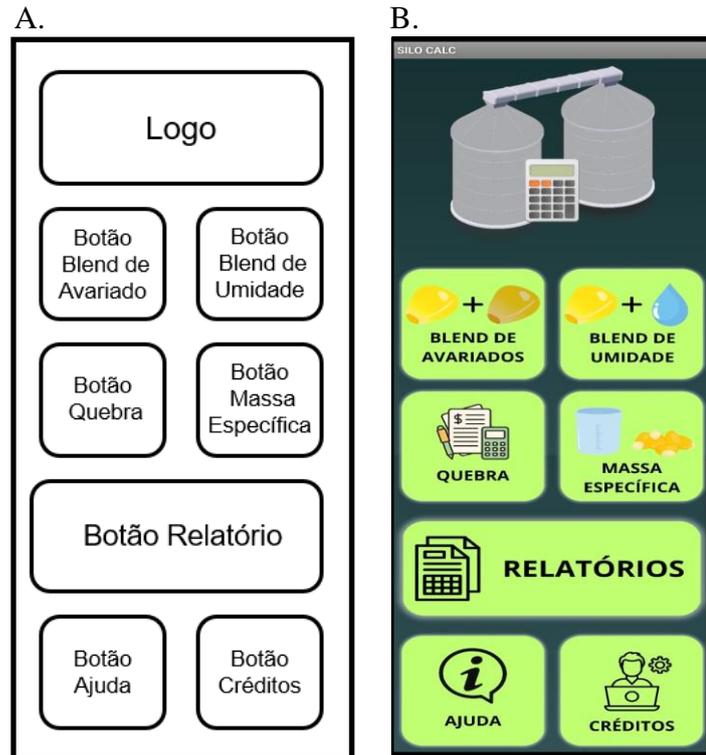


Figura 1. Esboço da tela principal (A) e tela principal finalizada (B) do aplicativo Silo Calc.
Fonte: Autor, 2024.

A partir do esboço da tela (Figura 1A) foi elaborada a tela principal do aplicativo (Figura 1B), para a elaboração da tela principal utilizou-se, também, a plataforma Canvas.com para elaborar a arte dos botões e a logo do aplicativo. A tela principal, por meio dos botões dispostos na mesma, tem por função direcionar o usuário para as telas de cálculo e para as demais telas funcionais do aplicativo, conforme esquematizado na Figura 2.

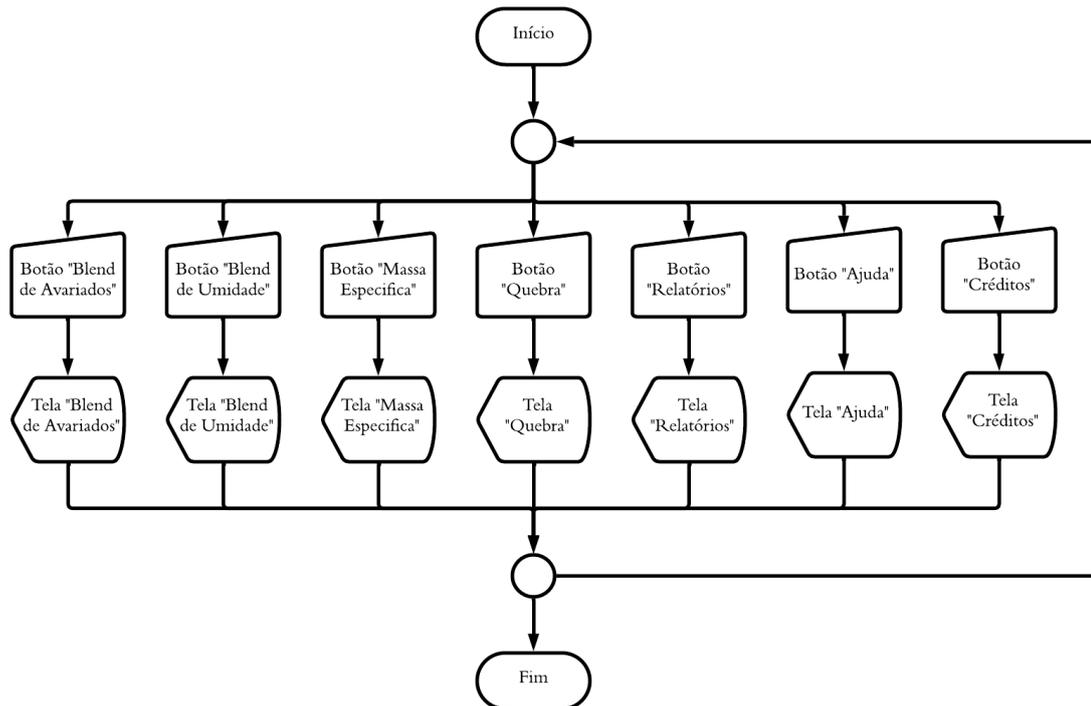


Figura 2. Fluxograma da tela principal.

Fonte: Autor, 2024.

3.1.2 Telas para o cálculo da mistura de produtos com diferentes teores de impureza e produtos com diferentes teores de água

As telas para o cálculo da mistura de produtos com diferentes teores avariados e para produtos com diferentes teores de água possuem o mesmo layout e as mesmas rotinas de cálculo. Na Figura 3A é ilustrado o esboço do layout das telas supracitadas e nas Figuras 3B e 3C, são apresentadas a proposta final das telas para mistura de produtos com diferentes teores de avariados e com diferentes teores de água, respectivamente.

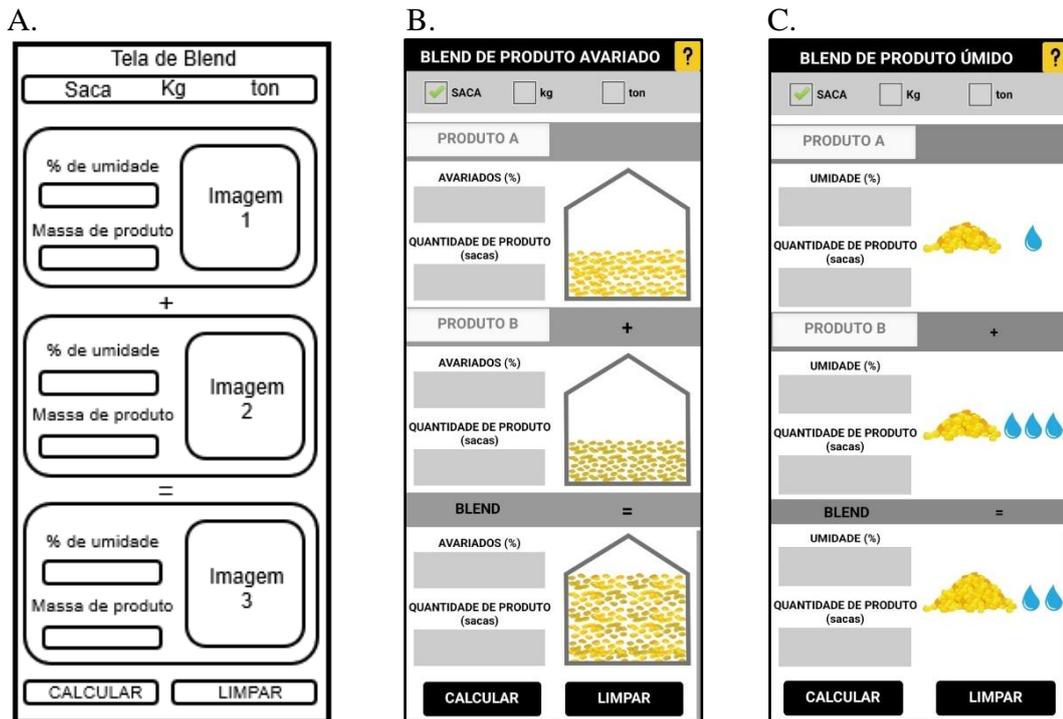


Figura 3. Esboço das telas de mistura de produtos com diferentes teores de avariados e de teor de água (A), tela de mistura de produtos com diferentes teores de avariados, (B) e tela de mistura de produtos com diferentes teores de água (C).

Fonte: Autor, 2024.

O termo “umidade” abordado na Figura 3C, (Tela de blend de produto úmido), foi escolhido devido a difusão do termo em meio prático, em âmbito acadêmico o correto é a terminologia “teor de água”, no entanto se tratando de um aplicativo destinado a fins práticos, é adotou-se o termo umidade.

As telas para o cálculo de mistura de produtos possuem poucos elementos funcionais, sendo eles: as caixas de texto, utilizadas para a entrada e saída de dados (respostas) e, também, para a identificação dos produtos utilizados na mistura; os botões para executar as ações das telas (calcular, limpar e ajuda); e na parte superior da tela (Figura 4) há três caixas de seleção para que o usuário possa selecionar a unidade de medida de massa a ser utilizada ao informar a quantidade de produto utilizada na mistura. Os demais elementos, como legendas, organizadores e figuras foram utilizados apenas para estruturar e organizar o layout das telas.



Figura 4. Caixas de seleção de unidade de medida de massa dos produtos das telas de cálculo de mistura de produtos.

Fonte: Autor, 2024.

Nas telas de mistura de produtos o usuário deve preencher apenas quatro campos, sendo eles as porcentagens de avariados ou de teor de água e apenas um dos campos referentes a quantidade de produto, sendo que a quantidade de produto informada pode ser a do “Produto A” ou do “Produto B” ou do “Blend” (mistura) e os valores dos outros dois campos referente a quantidade de produto o aplicativo irá calcular e exibir o resultado na própria caixa de texto onde seria informado a quantidade de produto. Na Figura 5 é ilustrado o fluxograma referente a rotina de cálculo das telas de mistura de produtos.

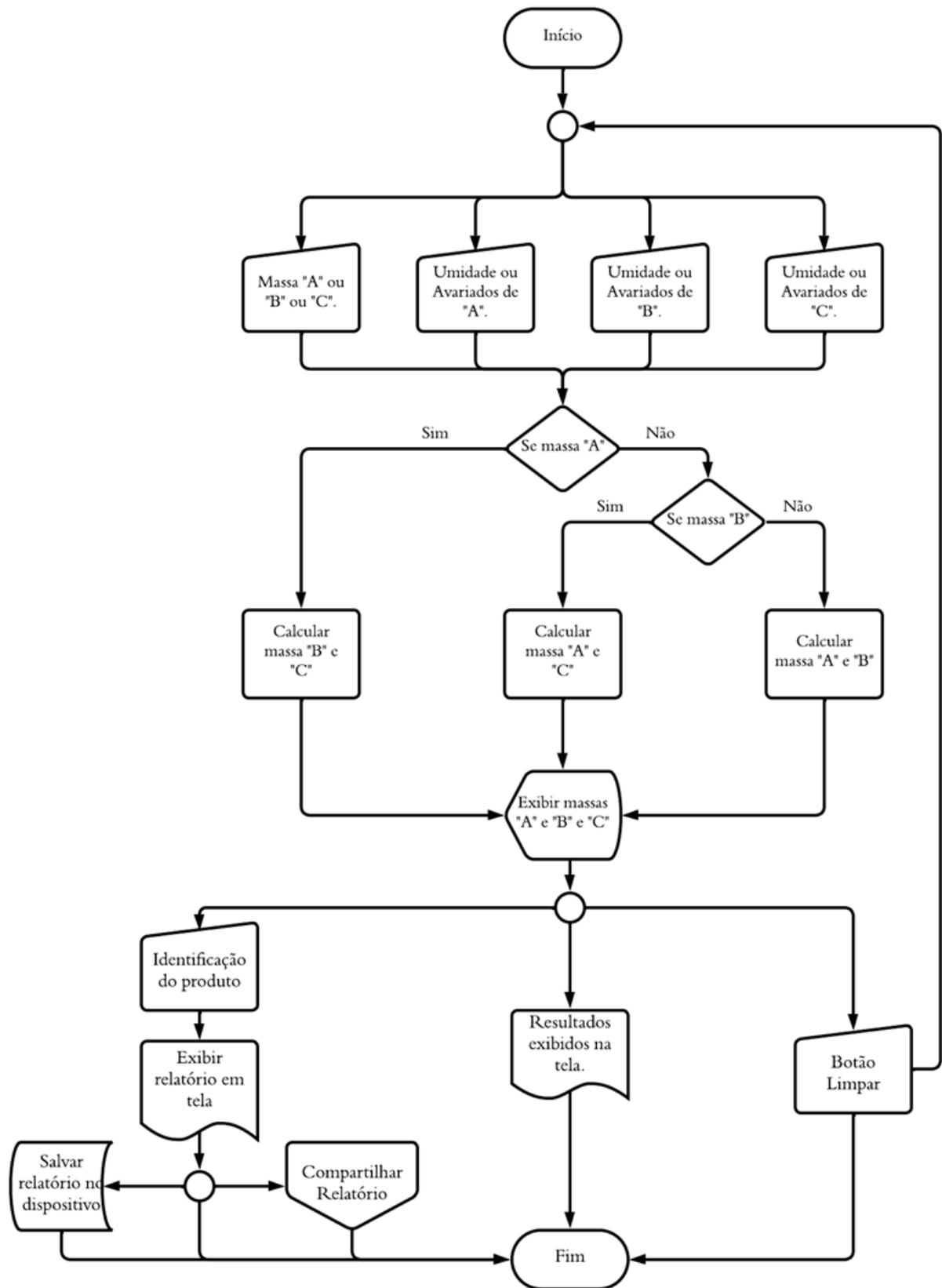


Figura 5. Fluxograma das telas de mistura de produtos com diferentes teores de avariados ou diferentes teores de água.

Fonte: Autor, 2024.

A rotina de cálculo da tela de mistura de produtos avariados é semelhante a tela de produtos úmidos, onde o algoritmo é o mesmo, sendo alterado apenas as legendas para a denominação das variáveis de cada tela.

Conforme pode ser observado na Figura 5, para que as telas de cálculo da mistura de produtos executem a rotina de cálculo o usuário deve informar as porcentagens de avariados ou umidade dos três produtos (A, B e blend) e deve informar a massa de uns dos produtos (A, B ou blend). Após o usuário informar as variáveis de entrada e clicar no botão “CALCULAR” o algoritmo verifica se foi preenchido os campos necessários (as três porcentagens e uma das massas), e em seguida, por meio de condições do tipo *If...then...else*, o algoritmo analisa qual o campo de quantidade de produto foi informado (A ou B ou blend), para posteriormente selecionar a rotina de cálculo adequada para retornar as variáveis respostas (as quantidades de produtos não informadas).

As rotinas de cálculo implementadas no algoritmo do aplicativo para calcular as quantidades de produtos com diferentes teores de avariados e água a serem misturados, foi fundamentada no método do balanço de massa por componentes (Figura 6), descrito por (Utgikar, 2019; Caroline *et al.*, 2018), conforme as Equações 1 e 2.

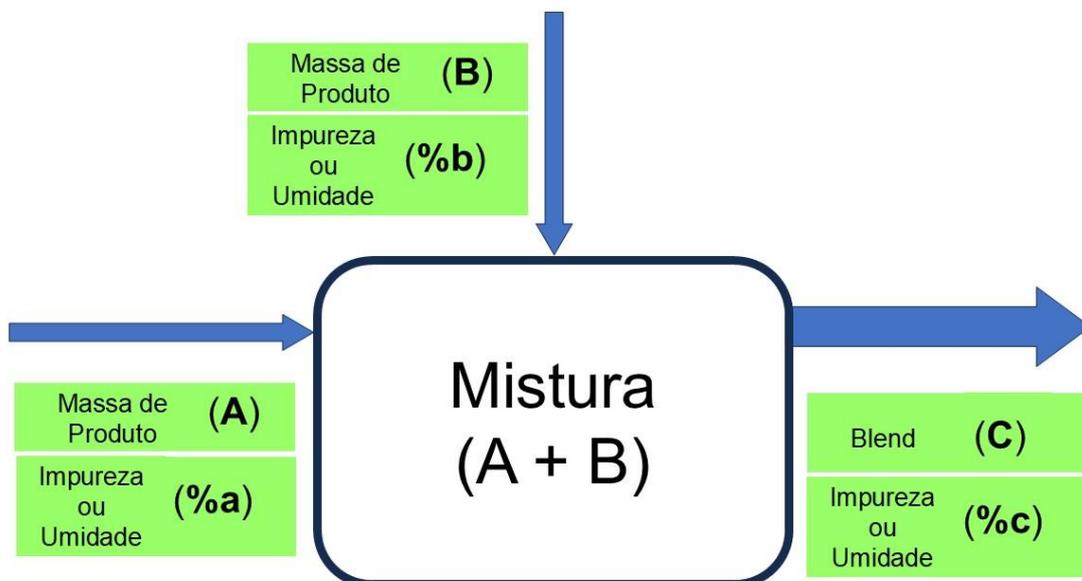


Figura 6. Esquema do balanço de massa por componentes para mistura de grãos.

Fonte: Autor, 2024.

$$A + B = C \quad (1)$$

$$(A \cdot a\%) + (B \cdot b\%) = (C \cdot c\%) \quad (2)$$

em que:

A - Massa de produto A utilizada no blend;

a% - Umidade ou porcentagem de avariados do produto “A”;

B - Massa de produto B utilizada no blend;

b% - Umidade ou porcentagem de avariados do produto “B”;

C - Massa do blend; e

c% - Umidade ou porcentagem de avariados do blend “C”.

De acordo com os dados informados pelo usuário o aplicativo seleciona uma das três rotinas de cálculo apresentadas abaixo, as quais tem como base de cálculo as Equações 1 e 2 rearranjadas algebricamente:

- **Se informada a massa do produto A:** quando informada a massa do produto A o aplicativo irá calcular as massas do produto B e C, por meio das Equações 3 e 4, respectivamente.

$$C = \frac{A \cdot (a\% - b\%)}{(a\% - c\%)} \quad (3)$$

$$B = C - A \quad (4)$$

- **Se informada a massa do produto B:** quando informada a massa do produto B o aplicativo irá calcular as massas do produto C e A, por meio das Equações 5 e 6, respectivamente.

$$C = \frac{B \cdot (a\% + b\%)}{(a\% - c\%)} \quad (5)$$

$$A = C - B \quad (6)$$

- **Se Informada a massa do blend:** quando informada a massa do blend o aplicativo irá calcular as massas do produto C e A, por meio das Equações 7 e 8, respectivamente.

$$C = \frac{-(B \cdot a\%) + (B \cdot b\%)}{(c\% - a\%)} \quad (7)$$

$$A = C - B \quad (8)$$

Após o aplicativo executar o processo de cálculo os resultados são exibidos nas caixas de texto não preenchidas, as quais são realçadas em verde para destacar os resultados (Figura 7B). Na Figura 7A é ilustrada a tela de cálculo da mistura de produtos antes de clicar no botão calcular, a partir do momento que é preenchida uma das caixas de texto referente a quantidade de produto as demais são desativadas e realçadas em vermelho, impedindo o preenchimento das mesmas, evitando assim que o usuário informe a quantidade de massa em duas caixas de texto para que não ocorra um erro de execução.



Figura 7. Tela de cálculo da mistura de produtos com diferentes teores de avariados com os dados preenchidos e antes de clicar no botão calcular (A) e após clicar no botão calcular (B).

Fonte: Autor, 2024.

Nas telas de misturas de produtos, nos campos em que estão escritos “PRODUTO A” e “PRODUTO B”, como ilustrado nas Figuras 3B e 3C, estes campos podem ser editados pelo usuário para identificar os produtos que compõem a mistura (blend), como ilustrado nas Figuras 7A e 7B. Os campos supracitados podem ser editados tanto antes quanto após o botão “CALCULAR” ser clicado, não sendo obrigatório o preenchimento destes campos.

O botão “LIMPAR”, Figura 7A e 7B, tem por função limpar os todos os campos preenchidos e reativar o botão “CALCULAR” para que seja possível realizar um novo cálculo. Após os resultados serem exibidos na tela do aplicativo é ativado o botão “RELATÓRIO” (Figura 7B). A função do botão relatório será descrita no item 3.1.2.1, devido a todas as telas de cálculo possuírem a mesma função de gerar relatório, sendo que em todas as telas é utilizado o mesmo procedimento descrito no item a seguir.

Mesmo se tratando de uma prática corriqueira, não há aplicativos ou plataformas que façam estes cálculos de blend, o que leva a utilização de planilhas para executar esta mistura.

As telas de blend apresentam bastante intuitivas ao uso, permitindo ao usuário inserir dados apenas nos campos necessários e impedindo que ocorra erros de execução caso não seja informado todos os dados de entrada, pois o aplicativo informa ao usuário os campos que não foram preenchidos.

3.1.2.1 Descrição do relatório

Em qualquer umas das telas de cálculo do aplicativo Silo Calc, ao clicar no botão “CALCULAR” o aplicativo executa os cálculos e em seguida ativa o botão “RELATÓRIO”. Quando o usuário clica no botão “RELATÓRIO” o aplicativo por meio dos comandos da ferramenta “Pintura” da plataforma App Inventor 2 gera uma imagem com o relatório referente ao cálculo realizado pelo aplicativo (Figura 8).

Nos relatórios gerados nas telas de misturas de produtos o usuário faz a identificação dos produtos por meio do preenchimento dos campos “PRODUTO A” e “PRODUTO B” (Figura 8A), já nos relatórios gerados por meio da tela de massa específica aparente e da tela de descontos (quebra) o usuário pode inserir a identificação do produto, ao preencher o campo “Id produto”, o qual é opcional (Figura 8B), ainda após o relatório gerado o usuário tem a opção de salvar o relatório no próprio dispositivo para poder consultar posteriormente, por meio da tela “Relatórios” ou compartilhar uma imagem do relatório via e-mail, aplicativos de mensagens ou outros.

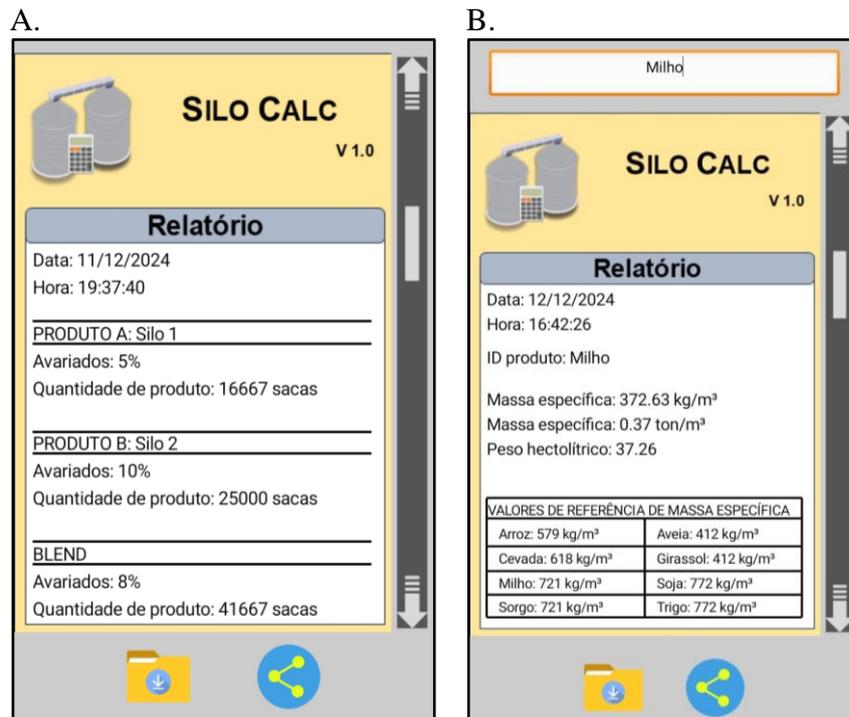


Figura 8. Tela de blend de avariados onde após clicar no botão “RELATÓRIO” com as opções de salvar ou compartilhar o relatório gerado (A); tela de massa específica aparente, onde após clicar em “RELATÓRIO” deve-se informar a identidade do produto calculado, com as opções de salvar ou compartilhar o relatório gerado (B).

Fonte: Autor, 2024.

3.1.3 Tela para o cálculo da massa específica aparente

A tela para o cálculo da massa específica aparente é composta por quatro caixas de texto para inserção de dados, sendo esses dados a altura do recipiente, o diâmetro do recipiente, massa do recipiente e massa do recipiente mais produto, há legendas que auxiliam na inserção de dados nas caixas de texto, conforme na Figura 9A. Nesta mesma tela, há dois botões, sendo eles o calcular, onde calcula a massa específica, e o limpar que apaga os dados inseridos nas caixas de texto. Há uma pintura em forma de cilindro com cotas, que na inserção dos dados de altura e diâmetro nas caixas de texto, estes dados são inseridos na pintura, onde posteriormente o volume do cilindro é apresentado, a fim de ajudar na visualização do recipiente.

Com o esboço da tela de massa específica aparente foi possível elaborar a disposição das caixas de texto e da pintura do cilindro, permitindo ao usuário uma tela lógica e funcional (Figura 9B).

A.

MASSA ESPECÍFICA

Dimensões do Recipiente

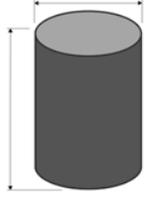
Informe a Altura "h" (cm)

Informe o Diâmetro "d" (cm)

Massa do Recipiente (g)

Massa do Recipiente + Produto (g)

Botão Calcular Botão Limpar



B.

MASSA ESPECÍFICA ?

DIMENSÕES DO RECIPIENTE

INFORME A ALTURA "h" (cm)

INFORME O DIÂMETRO "d" (cm)

MASSA DO RECIPIENTE (g)

MASSA DO RECIPIENTE + PRODUTO (g)

CALCULAR LIMPAR

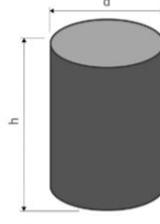


Figura 9. Esboço da tela de cálculo de Massa Específica (A), tela de cálculo de Massa específica (B).

Fonte: Autor, 2024

Para o cálculo da massa específica aparente é necessário o preenchimento de todas as caixas de texto da tela. Na Figura 10, é ilustrado, por meio de um fluxograma, a execução do algoritmo para o cálculo da massa específica.

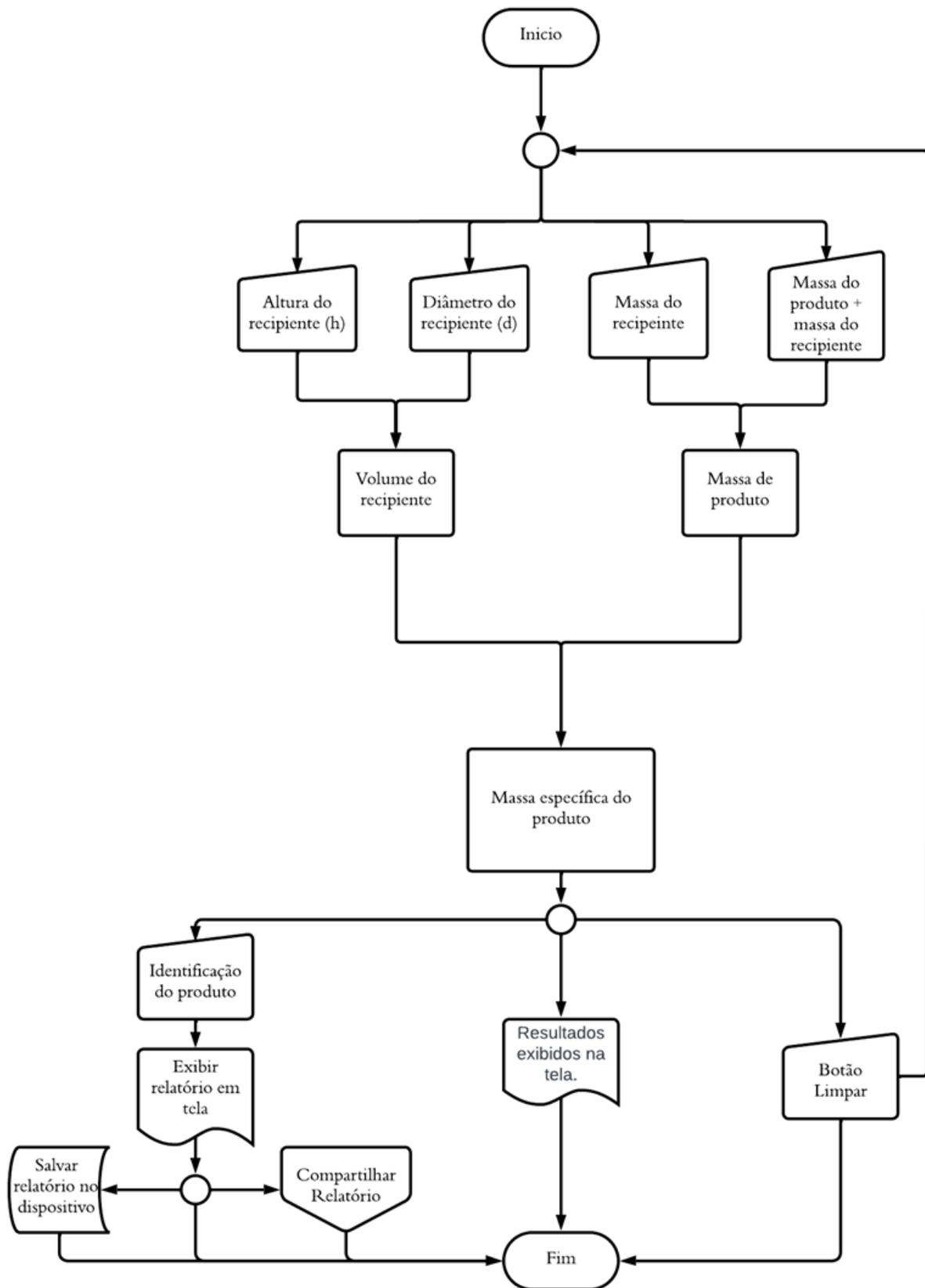


Figura 10. Fluxograma da tela de massa específica.

Fonte: Autor, 2024.

A massa específica aparente foi calculada de acordo a Equação 9 (COUTO et al., 1999).

$$\rho = \frac{M_T - M_R}{V_R} \quad (9)$$

em que:

ρ - massa específica unitária;

M_T - massa do recipiente + massa de produto, em kg;

M_R - massa do recipiente, em kg

V_R - volume do recipiente, em m³.

Após o cálculo da massa específica aparente, juntamente com o resultado da massa específica aparente calculada é exibida uma tabela com os valores de referência para massa específica aparente para os principais produtos agrícolas, de modo que o usuário possa comparar o resultado calculado com valores da literatura. Os valores de referência são apresentados na Tabela 1, a qual foi compilada com base em artigos científicos da área.

Tabela 1. Diferentes produtos e suas massas específicas aparente.

Produto	Massa específica aparente (kg m ⁻³)
Arroz	579,00
Aveia	412,00
Cevada	618,00
Girassol	412,00
Milho	721,00
Soja	772,00
Sorgo (grão)	721,00
Trigo	772,00

Fonte: Adaptado de ASAE, 1998.

Na Figura 11A é apresentada a tela de massa específica aparente com os campos preenchidos e exibindo o resultado de massa específica aparente.

Para a determinação da massa específica aparente, o profissional responsável por essa tarefa, normalmente, utiliza o mesmo equipamento, deste modo, as dimensões e a massa do recipiente são sempre as mesmas. Logo para tornar o processo de cálculo, via aplicativo, mais prático, foi utilizado um banco de dados para armazenar as dimensões e a massa do recipiente

informada na determinação anterior e automaticamente preencher os referidos campos com esses valores nos usos futuro da tela, assim, após a primeira determinação o usuário basta informar a “Massa do recipiente + produto”, reduzindo tempo para inserção de informações repetidas Figura 11B.

A. B.

MASSA ESPECÍFICA ?

DIMENSÕES DO RECIPIENTE

INFORME A ALTURA "h" (cm)

15

INFORME O DIÂMETRO "d" (cm)

10

MASSA DO RECIPIENTE (g)

246

MASSA DO RECIPIENTE + PRODUTO (g)

685

CALCULAR **LIMPAR**

Massa específica: 372.63 kg/m³
(0.37 ton/m³)

Peso hectolítrico (PH): 37.26

VALORES DE REFERÊNCIA DE MASSA ESPECÍFICA

Arroz: 579 kg/m ³	Aveia: 412 kg/m ³
Cevada: 618 kg/m ³	Girassol: 412 kg/m ³
Milho: 721 kg/m ³	Soja: 772 kg/m ³
Sorgo: 721 kg/m ³	Trigo: 772 kg/m ³

RELATÓRIO

MASSA ESPECÍFICA ?

DIMENSÕES DO RECIPIENTE

INFORME A ALTURA "h" (cm)

15

INFORME O DIÂMETRO "d" (cm)

10

MASSA DO RECIPIENTE (g)

246

MASSA DO RECIPIENTE + PRODUTO (g)

CALCULAR **LIMPAR**

Figura 11. Tela de massa específica após clicar no botão calcular (A) e tela de cálculo de massa específica com as dimensões e massa do recipiente preenchidas com base no último uso da tela (B).

Fonte: Autor, 2024.

3.1.4 Tela de cálculo para descontos devido a impurezas e teor de água.

A tela para o cálculo de descontos (quebra) é composta por seis caixas de texto usadas para a inserção dos dados de entrada (impureza inicial e final, teor de água (umidade) inicial e final, quantidade de produto e valor da saca), legendas para rotular as caixas de texto, organização e saída de dados (respostas) e botões (Figura 12A). A idealização da tela de descontos (quebra) permitiu a melhor disposição para a inserção de dados e apresentação de respostas (Figura 12B), nesta tela, há dois botões, sendo eles “CALCULAR”, onde executa o cálculo com base nos dados inseridos nas caixas de texto, e o “LIMPAR” que apaga os campos preenchidos nas caixas de texto.

A.

B.

Figura 12. Esboço da tela de cálculo para desconto devido a teor de água e impurezas (A), tela para o cálculo de descontos devido a teor de água e impurezas (B).

Fonte: Autor, 2024.

A tela para o cálculo de descontos (quebra) funciona de uma maneira bem flexível, de modo que há a possibilidade de executar 11 rotinas de cálculo, conforme a necessidade do usuário (Figura 13), quando informado as variáveis de entrada e clicar no botão “CALCULAR” por meio de condições do tipo *If...then...else*, o algoritmo analisa qual dos dados foram inseridos para posteriormente selecionar a rotina de cálculo adequada, para apresentar as variáveis respostas.

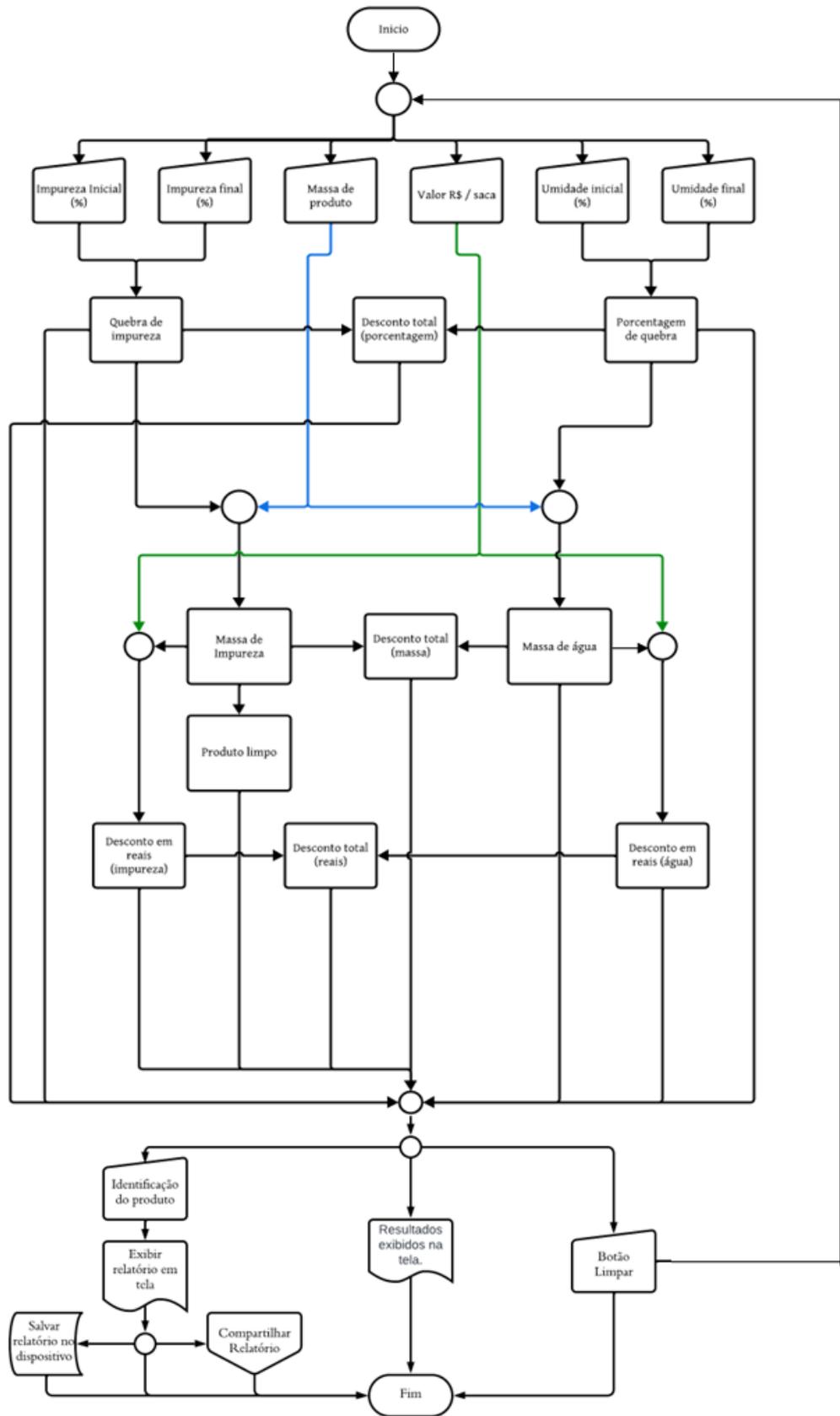


Figura 13. Fluxograma da tela de descontos.

Fonte: Autor, 2024.

As 11 rotinas de cálculo da tela de descontos (quebra) são fundamentadas nos cálculos de: quebra de impureza (Q_i), em porcentagem; massa de impureza removida ($Q_{\text{impureza removida}}$); massa de produto limpo ($Q_{\text{produto limpo}}$); desconto devido a impurezas (D_{impureza}), em reais; porcentagem de quebra (PQ), em porcentagem; massa de água removida ($Q_{\text{umidade removida}}$); desconto devido ao teor de água (D_{umidade}), em reais; desconto total devido a impurezas e teor de água ($D_{\text{total de impureza e umidade}}$), em porcentagem; desconto total ($D_{\text{total em reais}}$), em reais; e massa total removida ($Q_{\text{total removida}}$). Para os cálculos de descontos, foram utilizadas as Equações de 10 a 20, conforme Silva (2018) e Costa (2022).

$$Q_i = \left(\frac{I_{\text{inicial}} - I_{\text{final}}}{100 - I_{\text{final}}} \right) \times 100 \quad (10)$$

$$Q_{\text{impureza removida}} = Q_{\text{total}} \times Q_i \quad (11)$$

$$Q_{\text{produto limpo}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{impureza removida}} \quad (12)$$

$$D_{\text{impureza}} = Q_{\text{impureza removida}} \times \$\text{valor da saca} \quad (13)$$

$$PQ = \left(\frac{U_{\text{inicial}} - U_{\text{final}}}{100 - U_{\text{final}}} \right) \times 100 \quad (14)$$

$$Q_{\text{umidade removida}} = Q_{\text{produto limpo}} \times PQ \quad (15)$$

$$Q_{\text{umidade removida}} = Q_{\text{total}} \times PQ \quad (16)$$

$$D_{\text{umidade}} = Q_{\text{umidade removida}} \times \$\text{valor da saca} \quad (17)$$

$$D_{\text{total de impureza e umidade}} = 100 - \frac{(100 - Q_i) \times (100 - PQ)}{100} \quad (18)$$

$$D_{\text{total em reais}} = D_{\text{impureza}} + D_{\text{umidade}} \quad (19)$$

$$Q_{\text{total removida}} = Q_{\text{umidade removida}} + Q_{\text{impureza removida}} \quad (20)$$

em que:

$I_{inicial}$ - impureza inicial, %;

I_{final} - impureza final, %;

$U_{inicial}$ - umidade inicial, %;

U_{final} - umidade final, %;

Q_{total} – quantidade (massa) de produto;

$\$valor da saca$ – valor da saca, em reais;

Com base nas informações fornecidas pelo usuário na tela de descontos (quebra), o algoritmo irá executar os seguintes cálculos:

- **Se informado impureza inicial e final:** com essas variáveis de entrada será calculado a quebra de impureza (Q_i) por meio da Equação 10.
- **Se informado impureza inicial, final e massa de produto:** com essas variáveis de entrada será calculado a quebra de impureza (Q_i), massa de impureza removida ($Q_{impureza\ removida}$) e massa de produto limpo ($Q_{produto\ limpo}$), por meio das Equações 10, 11 e 12, respectivamente.
- **Se informado impureza inicial, final, massa de produto e valor da saca:** com essas variáveis de entrada será calculado a quebra de impureza (Q_i), massa de impureza removida ($Q_{impureza\ removida}$), massa de produto limpo ($Q_{produto\ limpo}$) e o desconto devido as impurezas ($D_{impureza}$), por meio das Equações 10, 11, 12 e 13, respectivamente.
- **Se informado teor de água inicial e final:** com essas variáveis de entrada será calculado a porcentagem de quebra (PQ) por meio da Equação 14.
- **Se informado teor de água inicial, final e massa de produto:** com essas variáveis de entrada será calculado a porcentagem de quebra (PQ) e massa de água removida ($Q_{umidade\ removida}$), por meio das Equações 14 e 15.

- **Se informado teor de água inicial e final, a massa de grãos e valor da saca:** com essas variáveis de entrada será calculado a porcentagem de quebra (PQ), massa de água removida ($Q_{\text{umidade removida}}$) e o desconto devido ao teor de água (D_{umidade}), por meio das Equações 14, 15 e 17.
- **Se informado impureza inicial e final, teor de água inicial e final:** com essas variáveis de entrada será calculado a porcentagem de quebra (PQ), quebra de impureza (Q_i), e o desconto total devido a impurezas e umidade ($D_{\text{total de impureza e umidade}}$), por meio das Equações 10, 14 e 18.
- **Se informado impureza inicial e final, teor de água inicial e final e massa de produto:** com essas variáveis de entrada será calculado a quebra de impureza (Q_i), massa de impureza removida ($Q_{\text{impureza removida}}$), massa de produto limpo ($Q_{\text{produto limpo}}$), desconto devido a impurezas (D_{impureza}), porcentagem de quebra (PQ), massa de água removida ($Q_{\text{umidade removida}}$), desconto devido ao teor de água (D_{umidade}) e o desconto total devido a impurezas e umidade ($D_{\text{total de impureza e umidade}}$), por meio das Equações 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18.
- **Se informado impureza inicial e final, teor de água inicial e final, massa de grãos e valor da saca:** com essas variáveis de entrada será calculado a quebra de impureza (Q_i), massa de impureza removida ($Q_{\text{impureza removida}}$), massa de produto limpo ($Q_{\text{produto limpo}}$), desconto de impureza (D_{impureza}), porcentagem de quebra (PQ), massa de água removida ($Q_{\text{umidade removida}}$), desconto devido ao teor de água (D_{umidade}), desconto total devido a impurezas e umidade ($D_{\text{total de impureza e umidade}}$), desconto total em reais ($D_{\text{total em reais}}$) e massa total removida ($Q_{\text{total removida}}$), por meio das Equações 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20.

A tela para o cálculo de descontos (quebra) tem por finalidade calcular os descontos devido as operações de limpeza e secagem do produto, com isso nem todos os campos necessitam de ser inseridos, uma notificação reforça esta informação ao usuário ao acessar a tela (Figura 14).

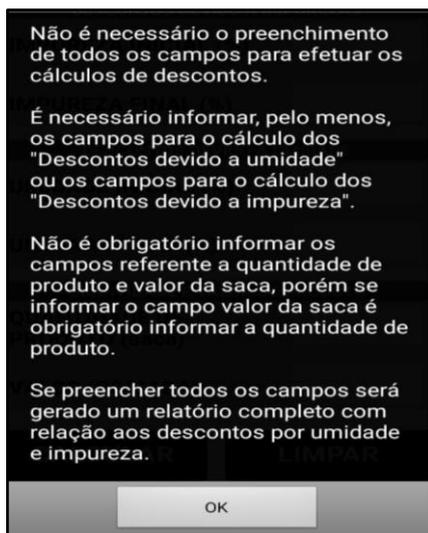


Figura 14. Notificação exibida na tela de cálculo de descontos (quebra) ao iniciar.
Fonte: Autor, 2024.

Na Figura 15A é exibido a tela de descontos com todos os campos preenchidos e na Figura 15B os descontos em função dos dados informados.

A.

DESCONTOS	
<input checked="" type="checkbox"/> Saca	<input type="checkbox"/> kg <input type="checkbox"/> ton
DESCONTOS DEVIDO A IMPUREZAS	
IMPUREZA INICIAL (%)	11
IMPUREZA FINAL (%)	1
DESCONTOS DEVIDO A UMIDADE	
UMIDADE INICIAL (%)	22
UMIDADE FINAL (%)	13
QUANTIDADE E VALOR DO PRODUTO	
QUANTIDADE DE PRODUTO (sacas)	2500
VALOR (R\$/SACA)	60
CALCULAR LIMPAR	

B.

DESCONTO IMPUREZAS
Quebra de impureza: 10.1%
Massa de impureza: 252.5 sacas
Produto limpo: 2247.5 sacas
Desconto: R\$ 15151.52
DESCONTO UMIDADE
Porcentagem de quebra: 10.3%
Massa de água: 232.5 sacas
Desconto: R\$ 13949.84
DESCONTO TOTAL
Desconto: 19.4 %
Massa total: 485.0 sacas
Desconto: R\$ 29101.36
RELATÓRIO

Figura 15. Modelo da tela descontos com todos os campos preenchidos (A), resultados exibidos na tela de descontos (quebra) após o usuário clicar em calcular (B).
Fonte: Autor, 2024.

Como já abordado anteriormente para a tela de cálculo de descontos, há distintas formas de execução dos cálculos. Há plataformas que se assemelham a esta tela, como a plataformas online AGAIS, que permite o cálculo de descontos, entretanto demanda de acesso à internet, e não é possível gerar um relatório dos cálculos executados como no aplicativo Silo Calc. Como abordado no item 3.1.2.1 há opção de gerar um relatório para a tela em questão.

Outra opção é o aplicativo Descontos de Armazenagem, onde é possível mensurar descontos, quebra e quebra técnica, não necessitando de acesso à internet, mas não tem a opção de gerar um relatório dos cálculos executados.

3.1.5 Tela de relatórios

Nesta tela o usuário consegue acessar todos os relatórios gerados e salvos nas telas de cálculo. Há uma lista nesta tela, na qual o usuário pode buscar o relatório salvo pelo nome do mesmo (Figura 16A). Ao acessar o relatório salvo o usuário também tem a opção de compartilhar o mesmo ou excluir o relatório do dispositivo (Figura 16A). Caso não haja relatórios salvos ou ao excluir todos os relatórios salvos é exibido uma mensagem ao usuário informado que não há relatórios salvos (Figura 16B)



Figura 16. Lista dos relatórios já executados (A), aviso da tela “Relatórios” quando não houver relatórios a serem consultados (B).

Fonte: Autor, 2024.

3.1.6 Tela de ajuda para uso do aplicativo

Disposto em forma de cartilha, a tela contém imagens retiradas das demais telas do aplicativo, a fim de auxiliar o entendimento das mesmas, por meio de instruções de uso. Há botões na parte inferior que permite ao usuário percorrer as páginas da tela de ajuda (Figura 17).

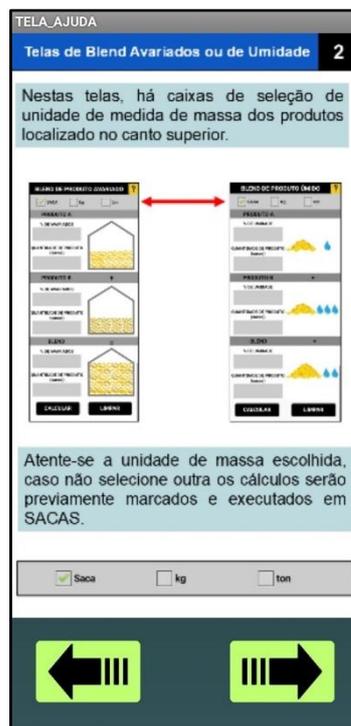


Figura 17. Tela de ajuda fornece ao usuário um demonstrativo das telas de cálculo do aplicativo, instruindo quais campos devem ser preenchidos.

Fonte: Autor, 2024.

3.1.7 Tela de créditos

Na tela de créditos é exibido os desenvolvedores do aplicativo, ao lado do nome de cada desenvolvedor há um botão para direcionar ao acesso do Currículo Lattes ou LinkedIn dos mesmos (Figura 18), ainda, no rodapé desta tela há os logos do curso de Engenharia Agrícola e da Universidade Federal da Grande Dourados, ambas clicáveis, com a função de direcionar para os seus respectivos sites.

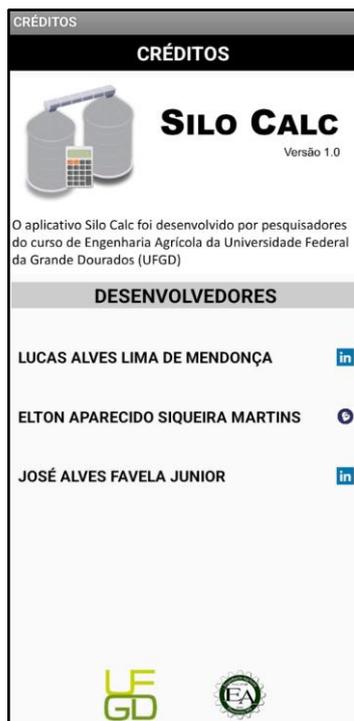


Figura 18. Descrição sobre os desenvolvedores.

Fonte: Autor, 2024.

3.1.8 Avaliação da primeira versão do aplicativo.

Ao concluir a primeira versão do aplicativo, o mesmo foi disponibilizado para testes, há um grupo de 18 acadêmicos do curso de Engenharia Agrícola, acompanhado de um formulário do *Google forms* (Apêndice 1), contendo 10 questões, para que os mesmos avaliassem o quão intuitivas eram as telas e apontassem as necessidades de correção ou erros de execução.

Nas questões de 1 a 6 (Apêndice 1) o público avaliou a intuitividade e o layout (disposição de caixas de texto, legendas e botões) das telas de cálculo, em que as repostas eram de múltipla escolha, baseada em quantidade de estrelas, em que: uma estrela corresponde a muito ruim; duas estrelas corresponde a ruim; três estrelas corresponde a regular; quatro estrelas corresponde a bom; e cinco estrelas corresponde a excelente. Já as questões de 7 a 10 o público avaliou se o aplicativo apresentou algum erro de execução e/ou pode sugerir melhorias.

Com base nas respostas das questões de 1 a 6, do formulário do *Google Forms* (Apêndice 1), elaborou-se a figura 19, para ilustrar o quão intuitivas eram as telas de cálculo.

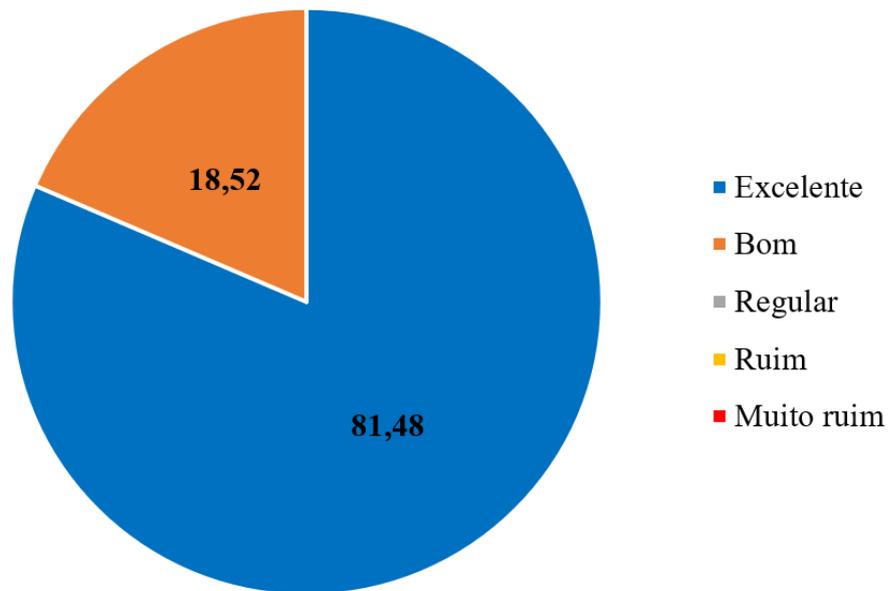


Figura 19. Avaliação da intuitividade das telas de cálculo do aplicativo Silo Calc.
Fonte: Autor, 2024.

Após analisar as respostas no formulário do *Google Forms*, foi verificado que o público avaliador não teve dificuldades para usar o aplicativo e nem entender os resultados gerados (Figura 19), inferindo assim que as telas do aplicativo são intuitivas.

O público avaliador apontou a necessidade de correções de texto (legendas) no aplicativo, além de informar que houve “imagens visuais comprometidas”, problema esse devido as diferentes dimensões dos aparelhos usados nos testes. Esse problema foi sanado fazendo com que todas os elementos gráficos da tela fossem dimensionados em função da largura da tela do dispositivo, conforme exemplificado na Figura 20.

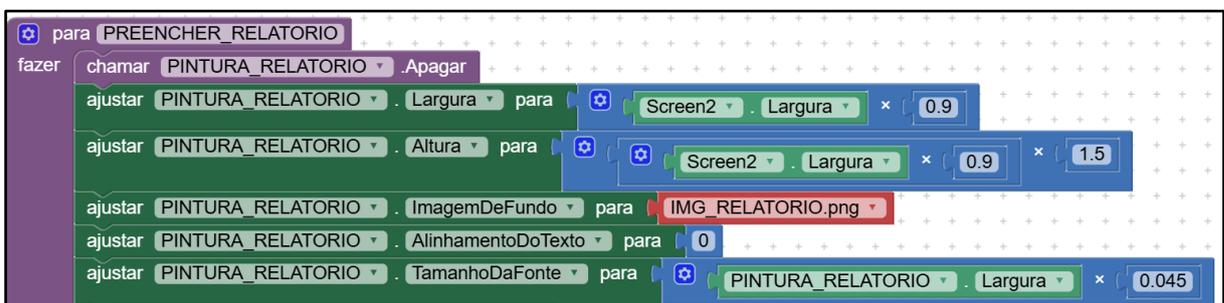


Figura 20. Blocos adicionado no algoritmo para que o relatório seja apresentado sem alterar a proporção em função dos diferentes tamanhos de tela.

Fonte: Autor, 2024.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aplicativo Silo Calc funcionou de maneira satisfatória com telas intuitivas, e descomplicadas, executando os cálculos de maneira simples e rápida.

Há possibilidade de inserção de novos módulos de cálculo no aplicativo Silo Calc, de modo a torná-lo uma ferramenta mais abrangente com relação a execução de cálculos voltados as etapas pós-colheita de produtos agrícolas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDOO, KE Armazenamento e preservação pós-colheita de culturas tropicais. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 32, n. 3, p. 161-173, 1993. DOI: 10.1016/0964-8305(93)90048-7. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0964830593900487?pes=vor&utm_source=mendeley&getft_integrator=mendeley. Acesso em: 12 dez. 2024.

ANDRADE, Ednilton Tavares de; COUTO, Sandra Maria; QUEIROZ, Daniel Marçal de; PEIXOTO, Abraão Brito. Determinação de propriedades térmicas de grãos de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, 2004. DOI: 10.1590/s1413-70542004000300002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/mQYJNDS54wWHsDtskCVqbqm/> Acesso em: 10 out. 2024.

ARANHA, Ana Caroline Raimundini. **Marasul- Indústria de Óleos Vegetais**. Orientador: Maráisa Lopes de Menezes. 2018. 277 p. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana., Apucarana, 2018.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ANSI/ASAE D241.4**: density, specific gravity, and mass-moisture relationships of grain for storage. St. Joseph: ASAE, 1998.

BESSA, Jaqueline Ferreira Vieira; RESENDE, Osvaldo; KRYZANOWSKI, Francisco Carlos; LOPES, Maria Aparecida da Silva; LIMA, Rayr Rodrigues de; ROSA, Elivânio dos Santos; QUIRINO, José Ronaldo. Características físicas de grãos de soja armazenados com elevada danificação por percevejo na lavoura. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, São Paulo, v. 21, n. 12, 2023. DOI: 10.55905/oelv21n12-023. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/2025>. Acesso em: 29 out. 2024.

BILGEN, Bilge; OZKARAHAN, Irem. A mixed-integer linear programming model for bulk grain blending and shipping. **International journal of production economics**, v. 107, n. 2, p. 555-571, 2007. DOI: 10.1016/j.ijpe.2006.11.008 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527306002805>. Acesso em: 12 dez. 2024.

BOTELHO, Fernando Mendes; FARIA, Bruna Maria Eziquiel Marques de; BOTELHO, Silvia de Carvalho Campos; RUFFATO, Solenir; NOGUEIRA, Roberta Martins. Metodologias para determinação de massa específica de grãos. **Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 41, p. 251–259, 2018. DOI: 10.30612/AGRARIAN.V11I41.7922. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/7922>. Acesso em: 24 out. 2024.

BOTELHO, Fernando Mendes; SCHOPF, Pedro Alexandre; RAMOS JUNIOR, Edison Ulisses; SOUZA, Ícaro Pererira; BOTELHO, Silvia de Carvalho Campos. Épocas de dessecação nos atributos pós-colheita de grãos de soja. **Agrarian**, Dourados, v. 15, n. 55, 2022. DOI: 10.30612/agrarian.v15i55.15683. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/15683>. Acesso em: 12 set. 2024.

CANVA. **Canva - Início**. 2008. Disponível em: <https://www.canva.com/>. Acesso em: 25 out. 2024.

COELHO, Elisângela Borges; SOUZA, José Eduardo Barbosa; MARTINS, Thaís Antônia; SANTOS, Dahyane Pereira dos. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica da soja. **Ipê Agronomic Journal**, Goianésia, v. 3, n. 1, 2019. DOI: 10.37951/2595-6906.2019v3i1.4330. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbs/a/QNjpw8T3nHdjrDkkqmHjZ7R/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 out. 2024.

COSTA, André Rodrigues da; FARONI, Lêda Rita D'Antonino; ALENCAR, Ernandes Rodrigues de; CARVALHO, Marta Cristina Silva; FERREIRA, Laíne Garcia. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, 2010. DOI: 10.1590/s1806-66902010000200005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/WVPWqzVnVpTGSSQdnf7XJhm/?lang=pt>. Acesso em: 2 nov. 2024.

COSTA, José Souza. **Manual da qualidade e da classificação do milho**. 1. ed. Cuiabá: Agropé, 2022. Disponível em: https://www.sistemafeap.org.br/wp-content/uploads/2023/09/PR.0295-Classificacao-De-Milho_web.pdf Acesso em: 2 nov. 2024.

COUTO, Sandra Maria; MAGALHÃES, Anderson Chagas; QUEIROZ, Daniel Marçal de; BASTOS, Itaciane Toledo. Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 61–68, 1999. DOI: 10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V3N1P61-68. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/4JqH6pZYDg3W8Fr7bdmskyR/?lang=pt>. Acesso em: 24 out. 2024.

FELIPE PSZYBYLSKI, Rafael; SOUZA MOTTA, Marcelo; AURÉLIO KALINKE, Marco. O Construcionismo e o software de programação App Inventor 2 na formação inicial de professores de Ciências. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 1–10, 2020. DOI: 10.22456/1679-1916.106034. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/106034>. Acesso em: 14 nov. 2024.

HINZE, Annika; VANDERSCHANTZ, Nicholas; TIMPANY, Claire; CUNNINGHAM, Sally Jo; SARAVANI, Sarah Jane; WILKINSON, Clive. A Study of Mobile App Use for Teaching and Research in Higher Education. **Technology, Knowledge and Learning**, v. 28, n. 3, p. 1271–1299, 2022. DOI: 10.1007/s10758-022-09599-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10758-022-09599-6>. Acesso em: 21 out. 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO. **Iso/Iec 25010:2011. Software Process: Improvement and Practice**, v. 2, n. Resolution 937, 2011.

JORGE, David Perez; MURCIANO, María Carmen Martinez. Gamification with Scratch or App Inventor in Higher Education: A Systematic Review. **Future Internet**, Basel, v. 14, n. 12, p. 374–381, 2022. DOI: 10.3390/fi14120374. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/366236575_Gamification_with_Scratch_or_App_Inventor_in_Higher_Education_A_Systematic_Review. Acesso em: 22 set. 2024

LEE, Kyung-Min et al. Blending Hard White Wheat to Improve Grain Yield and End-Use Performances. **Crop science**, v. 46, n. 3, p. 1124–1129, 2006. DOI: 10.2135/cropsci2005.07-0184. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2135/cropsci2005.07-0184>. Acesso em: 12 dez. 2024.

MIT. **MIT App Inventor 2**. 2014. Disponível em: https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=pt_BR#6214686259347456. Acesso em: 25 out. 2024.

NATH, Bidhan; CHEN, Guangnan; O’SULLIVAN, Cherie M.; ZARE, Dariush. Research and Technologies to Reduce Grain Postharvest Losses. **Review Foods** [s.l.], v. 13, p. 1875, v. 13, n. 12, p. 1875, 2024. DOI: 10.3390/FOODS13121875. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/12/1875/htm>. Acesso em: 24 out. 2024.

PROCER. **Procer - Agointeligência de pós-colheita**. 2022. Disponível em: <https://www.procer.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

RESENDE, Osvaldo; QUIRINO, José Ronaldo; ROSA, Elivânio Santos; SOUZA, Tiago Abreu De; QUEIROZ, Carlos André Rodrigues. Caladores e homogeneizadores utilizados na amostragem de grãos em unidades armazenadoras. **Agrarian**, Dourados, v. 13, n. 50, p. 593–601, 2020. DOI: 10.30612/agrarian.v13i50.8039. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/8039>. Acesso em: 24 nov. 2024.

REZENDE, Sueisla Lopes Silva; MEGGUER, Clarice Aparecida; SANTOS, Marília Assis dos. Injúrias por baixa temperatura em frutos, um enfoque no uso de tecnologias para retardar as injúrias pós-colheita - Revisão. **Revista Eletrônica Acervo Científico**, São Paulo, v. 7, 2019. DOI: 10.25248/reac.e2051.2019. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/cientifico/article/view/2051>. Acesso em: 22 out. 2024.

RIBEIRO, Deise M.; CORRÊA, Paulo C.; RODRIGUES, Diana H.; GONELI, André L. D. Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 611–617, 2005. DOI: 10.1590/S0101-20612005000300035. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/n8QLhN9bHpF5W563tgL63bT/>. Acesso em: 22 out. 2024.

RISMA, Risma; FARIDA, Farida; ANDRIANI, Siska. Android Mobile Learning: MIT App Inventor dan Pengembangannya pada Pembelajaran Matematika. **AlphaMath: Journal of Mathematics Education**, Nager, v. 7, n. 1, 2021. DOI: 10.30595/alphamath.v7i1.8800. Disponível em: <https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/alphamath/article/view/8800>. Acesso em: 1 out. 2024.

SENAR, Grãos: classificação de soja e milho. Brasília: **Coleção SENAR**, 2017-. ISSN 978-85-7664-150-6. Anual. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/178-GR%C3%83OS.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SERVIÇOS E INFORMAÇÕES DO BRASIL. **Descontos de Armazenagem**. Apps no Google Play. 2023. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ifmg.grimpureza&hl=pt_BR. Acesso em: 20 nov. 2024.

SILVA, Fernanda Pimentel da; SIQUEIRA, Valdiney Cambuy; QUEQUETO, Wellytton Darci; JUNQUEIRA, Maria Heloísa; GONELI, André Luís Duarte. Propriedades físicas dos grãos de niger. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 6, 2018. DOI: 10.13083/reveng.v26i6.864. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/864>. Acesso em: 1 nov. 2024.

SILVA, Fernando Felisberto da; ESCOVAR, Renan Lopes; DIAS, Naymã Pinto; BERTAN, Larissa Canhadas. Pontos críticos em unidades armazenadoras de arroz para ocorrência de

insetos. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 223–229, 2017. DOI: 10.13083/reveng.v25i3.731. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/658>. Acesso em: 2 out. 2024.

SILVA, Jocinei Marcos da; COLLING, Juliane; MUELLER, Sibebe. Inclusão Digital no campo: implantação e expansão da Internet no meio rural da região extremo oeste catarinense. **Revista Eletrônica Acervo Científico**, São Paulo, v. 1, p. 16–22. 2022. DOI: 10.5753/latinoware.2020.18621. Disponível em: https://www.internetsociety.org/policybriefs/internetgovernance/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9IC6BhA3EiwAsbltOKBRvENuG-hOHNpyujybH-iX7CnzlhL4eMBWDvnZf19-jczWfkeg7hoCrNQQAvD_BwE Acesso em: 17 out. 2024.

SILVA, Luís César da. Quebras de Impureza e Umidade. **AGAIS - Armazenagem de Grãos, Agroindústria e Simulação**, Viçosa, v. 1, p. 1–11, 2018. Disponível em: https://www.agais.com/manuscript/ag0109_quebras_impureza_umidade.pdf. Acesso em: 25 out. 2024.

SOUZA, Ícaro Pereira de; SCHMIDT, Ana Karoline; RUFFATO, Solenir; PRADO, Priscylla Martins Carrijo. Condições de secagem e armazenamento na qualidade física de grãos de arroz Moti gome. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 14, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i14.35866. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35866/30131>. Acesso em: 30 nov. 2024.

UTGIKAR, Vivek. **Introdução à Engenharia Química: Conceitos, Aplicações e Prática Computacional**. Rio de Janeiro: LTC, 2019. *E-book*. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521636229/>. Acesso em: 07 nov. 2024.

VALCACI, Antônia Aritha Santana; AGUIAR, Laura Maria Costa. Gamificação no uso de aplicativos de serviços. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, 2023. DOI: 10.12712/rpca.v17i2.58627. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/pca/article/view/58627>. Acesso em: 15 set. 2024.

APÊNDICE 1

Um formulário contendo dez questões foi disponível aos acadêmicos do 8º semestre, na disciplina de Pré-Processamento e Armazenamento de Grãos, junto a primeira versão do apk Silo Calc, com as seguintes perguntas:

1. Classifique de 0-5 (sendo 0 muito ruim, e 5 excelente), o quanto foi intuitivo as telas de Blend de Avariados e Blend de Umidade.
2. Classifique de 0-5 (sendo 0 muito ruim, e 5 excelente), o quanto foi intuitivo a tela de Quebra.
3. Classifique de 0-5 (sendo 0 muito ruim, e 5 excelente), o quanto foi intuitivo a tela de Massa Específica.
4. Classifique de 0-5 (sendo 0 muito ruim, e 5 excelente) sobre a usabilidade e disposição dos botões em seu dispositivo móvel.
5. Classifique de 0-5 (sendo 0 muito ruim, e 5 excelente) sobre a usabilidade e disposição das caixas de seleção em seu dispositivo móvel.
6. Classifique de 0-5 (sendo 0 muito ruim, e 5 excelente) sobre a usabilidade e disposição das caixas de texto em seu dispositivo móvel.
7. Se acaso ocorreu alguma dúvida durante a execução das telas, o campo "AJUDA" indicado no canto superior direito da tela, foi suficiente para a solução?
8. Se acaso ocorreu e algum erro durante a execução do RELATÓRIO, poderia descrever no campo abaixo? Caso não tenha ocorrido digite "NÃO".
9. Foi possível compartilhar ou acessar os relatórios com outros dispositivos?
10. Deixe uma breve descrição de como foi a usabilidade geral do aplicativo, se ocorreu algum erro durante a execução das telas de cálculo, ou outra sugestão.