



Capítulo 5

INOVAÇÃO NO PROCESSO CLÁSSICO DE ANÁLISE MORFOMÉTRICA E CARACTERIZAÇÃO DE SEMENTES DE ESPÉCIES FLORESTAIS: USO DA TECNOLOGIA DE VISÃO ARTIFICIAL

DOI: 10.29327/555986.1-5

Rita de Cássia Pompeu de Sousa
Oscar José Smiderle
Patricia da Costa

INOVAÇÃO NO PROCESSO CLÁSSICO DE ANÁLISE MORFOMÉTRICA E CARACTERIZAÇÃO DE SEMENTES DE ESPÉCIES FLORESTAIS: USO DA TECNOLOGIA DE VISÃO ARTIFICIAL

Rita de Cássia Pompeu de Sousa

Oscar José Smiderle

Patricia da Costa

RESUMO

A tecnologia de visão artificial engloba uma série de métodos que podem ser empregados de forma individual ou integrados entre si para uso em várias áreas da ciência, principalmente em laboratórios, agilizando e inovando o processo de análises. No laboratório de sementes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, em Roraima, existe um instrumento com sistema semi-automatizado, que utiliza-se dessa tecnologia para análise de sementes e plântulas. Possibilita a obtenção de imagens de alta resolução e, coleta ao mesmo tempo, ampla gama de informações por semente. No entanto, o referido instrumento, veio configurado/calibrado de fábrica apenas para algumas espécies de grãos/sementes, como milho, soja, tabaco e trigo. Mas, aceita nova configuração para sementes em geral. Neste sentido, obtivemos anteriormente resultados aceitáveis estatisticamente, relacionados a estudos sobre análise física das sementes de *Myrciaria dubia*, os quais nos permitiram recomendar que, somente a partir do processo de comparação entre os dados obtidos manualmente (padrão) e o instrumento, significativo ao nível de 0,05, é possível a substituição do método padrão, agilizando e garantindo efetivamente, sem interferência humana, esse tipo de análise. Nesse contexto, como há demanda para análise de outros tipos de espécies vegetais, as florestais, e não se tem procedimento operacional padrão - POP disponível, foram realizados estudos avançados e práticos sobre os métodos clássicos/convencionais/padrão e técnicas de visão artificial a fim de compor e disponibilizar uma nova metodologia alternativa ao processo clássico de análise morfométrica e caracterização de sementes de espécies florestais aplicados no laboratório de sementes da empresa. Para obtenção dos procedimentos metodológicos foram realizados prospecção bibliográfica via Web na rede de dados técnico-científicos com aplicação de práticas no laboratório. Obteve-se conhecimentos

importantes sobre a tecnologia de Visão Artificial e o Sistema de Análise Sementes-SAS, os quais possibilitaram a contextualização da metodologia tecnológica de forma sequencial. Assim, considera-se possível a substituição gradativa do processo clássico de análise morfométrica pela aplicação da tecnologia de visão artificial, desde que seja seguida a seqüência metodológica dissertada. Ressalta-se que é possível, somente por espécie ou grupo de espécies similares, desde que haja material vegetal representativo, e seja adotada e aplicada em substituição aos POPs inexistentes no laboratório as instruções e procedimentos padrão nos manuais indicados neste trabalho para validação da nova metodologia. Neste sentido, verificou-se que os referidos procedimentos manuais já estão sendo aplicados gradativamente para as outras espécies de sementes florestais.

Palavras chaves: Deep learning, SAS-PRO, Imagens, Nova metodologia, POP.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de visão artificial engloba uma série de métodos que podem ser empregados de forma individual ou integrados entre si para uso em várias áreas da ciência, principalmente em laboratórios. Neste caso, é necessário a calibração do método com objetivo de certificação do instrumento que detém a tecnologia supracitada.

Neste contexto, supõe-se que, para validação do método de medição por visão artificial (imagens) de sementes de diferentes espécies é fundamental que, sejam obtidos, antecipadamente, dados, representativos, por meio do método clássico/convencional padrão a fim da calibração do mesmo. A partir do processo de comparação entre os dados obtidos com o padrão e o instrumento, é verificado sua aptidão, sendo possível sua validação e indicação como novo método alternativo.

Os sistemas de visão artificial vêm sendo utilizado, atualmente, com maior ênfase em atividades relacionadas a agricultura de precisão (4.0), principalmente nos estudos de pesquisa agropecuária, por apresentarem alto índice de acerto em execução de tarefas como monitoramento de sistemas agrícolas, além de demonstrarem, versatilidade e permitirem a redução da dependência de inspeções visuais, que são demoradas, trabalhosas e tendenciosas (SILVA,2021).

De acordo com Lisbinski et al., (2020), Agricultura 4.0 utiliza métodos computacionais de alto desempenho, rede de sensores, métodos e soluções analíticas, entre outros, que processam grandes volumes de dados e constroem sistemas de suporte

à tomada de decisões. Portanto, corroborando com PazotI, (2005), cada vez mais, sistemas com funções de análise de imagens e tomada de decisão estão assumindo um lugar relevante no controle e garantia de qualidade, realizando tarefas usualmente de humanos. Ressalta-se que, esse tipo de tarefa é executada graças a uma combinação de técnicas avançadas de visão computacional e aprendizagem profunda (deep learning), capaz de tomar decisões por conta própria (SILVA, 2021). Isso reduz custos e incertezas, facilita a gestão sustentável da lavoura e alavanca a agricultura 4.0.

A análise de imagens é um campo essencial para vários tópicos das ciências da vida, como biologia ou botânica. Em particular, a análise de sementes (por exemplo, pesquisa de fósseis) pode fornecer informações significativas sobre sua evolução, a história da agricultura, a domesticação de plantas e o conhecimento de dietas nos tempos antigos (LODDO et al., 2021).

Segundo Lisbinski et al., (2020), dentre as perspectivas da agricultura 4.0 está a melhoria do rendimento, da qualidade, da sustentabilidade e das condições de trabalho. Alguns desafios proeminentes são aumentar a produção de alimentos, investir em infraestrutura, evitar a perda da biodiversidade. Portanto, entende-se que as tecnologias de visão artificial (imagens), tanto podem, auxiliar no processo produtivo, como, nos estudos de pesquisa em campos experimentais e laboratórios para substituir alguns processos/atividades manuais. Extração de medidas, biometria, morfometria, caracterização, entre outros.

No laboratório de sementes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, localizada em Roraima, existe um instrumento com sistema semi-automatizado, que utiliza-se dessa tecnologia para análise de sementes e plântulas. Possibilita a obtenção de imagens de alta resolução e, coleta ao mesmo tempo, ampla gama de informações por semente. No entanto, o referido instrumento, veio configurado/calibrado de fábrica apenas para algumas espécies de grãos/sementes, como milho, soja, tabaco e trigo. Mas, aceita nova configuração para sementes em geral.

Neste sentido, obtivemos anteriormente resultados aceitáveis estatisticamente, relacionados a estudos sobre análise física das sementes de *Myrciaria dubia* (Sousa, 2016), espécie frutífera da Amazônia, os quais nos permitiram recomendar que, somente a partir do processo de comparação entre os dados obtidos manualmente (padrão) e o instrumento automatizado, significativo ao nível de 0,05, é possível a substituição do

método padrão, agilizando e garantindo efetivamente, sem interferência humana, esse tipo de análise.

Assim, como há demanda para análise por imagens, de outros tipos de espécies vegetais, as florestais, e não se tem procedimento operacional padrão - POP disponível que possibilitem o atendimento da recomendação proposta por Sousa (20216), entendeu-se que estudos avançados e práticos sobre os métodos clássicos/convencionais/padrão e técnicas de visão artificial, neste contexto, seriam imprescindíveis, bem como, sua disponibilização para utilização como novo material de apoio metodológico aos profissionais/técnicos que atuam com foco em pesquisa e análises laboratoriais interessados na calibração/validação de métodos com diferentes espécies, para uso do instrumento automatizado, disponível no laboratório de sementes da empresa, com vistas a obtenção de dados analíticos mais, rápidos com devida eficácia e eficiência.

Portanto, objetivou-se estabelecer uma sequência metodológica para uso, calibração e validação de dados obtidos sobre sementes de espécies florestais em instrumento com tecnologia de visão artificial.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Disserta-se, neste tópico, sobre os aspectos teórico-práticos envolvidos com o estudo, relacionando sua caracterização e os procedimentos metodológicos adotados para estudos avançados e práticos sobre os métodos clássicos/convencionais/padrão e tecnologias/técnicas de visão artificial, bem como sobre os princípios e métodos básicos indicados e aplicados para automatização da análise e caracterização morfométrica de sementes no SAS-PRO, instrumento automatizado com visão artificial da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Caracterização do estudo

A partir do estabelecimento de uma necessidade demandada por projetos de pesquisa Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, localizada no estado de Roraima para análise morfométrica de sementes provenientes de espécies florestais, após identificados os reais problemas e possíveis hipóteses, iniciou-se no ano de 2020, estudos avançados e práticos com vistas ao atendimento do objetivo proposto.

Definido em duas etapas, o estudo desenvolvido tem natureza aplicada, reúne esforços para avançar em novos conhecimentos teóricos e tecnológicos dirigidos para aplicação de prática analítica em laboratório. Na primeira etapa (1ª etapa), trata-se, de um

estudo exploratório, fundamentada em métodos guiados por levantamento documental técnico-científicos (prospecção bibliográfica) com vistas a obtenção de conhecimentos teóricos e tecnológicos dirigidos.

Já, na segunda etapa (2ª etapa), aborda-se especificamente sobre a aplicação de práticas analíticas orientadas a partir do processo de busca e avaliação, obtidos com a construção da fundamentação teórica, bem como pela escolha do mais próximo do perfeito e adequado método para descrição da prática realizada no ano de 2021 no laboratório de sementes da referida empresa: análise de imagens de sementes no SAS-PRO para demonstração via infográficos, utilizando-se uma das espécies florestais demandadas para análise, a *Copaifera officinalis* L. -Caesalpiniaceae (copaiba), que atendia, em sua amostragem de sementes, os procedimentos operacionais padrão encontrados na literatura técnico-científica para sua categoria.

1ª etapa. Conhecimentos teóricos e tecnológicos dirigidos para aplicação de prática analítica no laboratório de sementes

a) Marco teórico, instruções e métodos clássicos/convencionais/padrão selecionados e indicados para aplicação na análise das sementes de espécies florestais.

As propriedades físicas dos grãos e sementes são de extrema importância para o dimensionamento e projeto de equipamentos transportadores, de limpeza e separação, no emprego de técnicas utilizadas no armazenamento e construção de silos e outros dispositivos de armazenagem. Os conhecimentos das relações entre as propriedades físicas e os fatores de deterioração, pode auxiliar na solução de problemas relacionados a transferência de calor e massa durante as etapas de secagem e na aeração e para um armazenamento correto do produto (GONELI et al.,2003).

Além disso, dados de morfometria de frutos e sementes são valiosos em estudos de melhoramento genético de populações, nas padronizações de testes em laboratório e para a otimização na produção de mudas (Ferronato et al., 2000).

Já, o conhecimento da morfologia dos frutos e diásporos de dispersão, bem como as características biométricas, fornecem subsídios importantes para a diferenciação de espécies pioneiras e não pioneiras em florestas tropicais (Cruz et al., 2001), para os estudos de sucessão ecológica e regeneração de ecossistemas florestais (Beltrati & Paoli,

2003) e para as pesquisas com espécies endêmicas. Ressalta-se que, o armazenamento e a viabilidade das sementes em termos de germinação são parâmetros fundamentais para estudos subseqüentes.

Trabalhos recentes demonstram grande aplicabilidade dos dados morfométricos na filogenia e taxonomia das espécies, principalmente as florestais. De acordo com Plotzer (2009), tradicionalmente esses dados ainda são coletados por meio de inspeções visuais da morfologia das espécies. Suas características são avaliadas qualitativamente e a diversidade é identificada a partir de complexos padrões de variação. Entretanto, essa metodologia está ultrapassada, o procedimento aplicado é lento e pouco confiável (Plotzer, 2009). Mas, são necessárias para calibração e validação de novas metodologias.

Portanto, algumas atualizações e melhorias tem sido realizadas no decorrer desse período e disponibilizadas por diferentes autores. Dentre estas, selecionaram-se três, as quais citamos na seqüência metodológica prática o referencial bibliográfico e orientamos a utilização e aplicação no laboratório de sementes e floresta da empresa supracitada, uma vez que não há POPs para análise de espécies florestais.

b) Conhecimentos importantes sobre a tecnologia de Visão Artificial e o Sistema de Análise Sementes - SAS

A análise de imagem tem se revelado uma técnica promissora, principalmente pelo seu estágio de evolução tecnológica, que se reflete em avanços na capacidade de captura, tratamento e interpretação de imagens. Têm sido muito utilizadas nas análises de rotina dos padrões de qualidade, pois permitem monitorar parâmetros como tamanho, cor e textura, eliminando a subjetividade da análise e a dependência do sistema visual humano, que por sua vez, é profundamente influenciado pelas condições ambientais, podendo levar a uma série de inconsistências (ANTONELLI et al., 2004; DU e SUN, 2004, MILANEZ, 2013).

Dentre os métodos de visão artificial existentes, foram citados quatro por Pazoti (2005), importantes para aplicação dessa tecnologia de visão artificial para os fins propostos, utilizando-se o SAS-PRO. A título de conhecimento, referimos os no Quadro 1.

Quadro 1: Métodos de Visão Artificial, dentre os existentes, testados por Pazoti (2005).

a) Cores - Há dois modelos: o RGB e o HSI.
b) Segmentação de imagens - Há quatro tipos: Limiarização; Filtros de Difusão Não-Linear; Operações Morfológicas e Transformada <i>Watershader</i> .
c) Descrição e caracterização de formas - Há seis tipos: Contorno paramétrico; Descritores gerais; Curvaturas; Descritores de Fourier; Momentos e transformada <i>Wavelete</i>
d) Reconhecimento de padrões - Há dois tipos: Reconhecimento estatístico de padrões e Redes Neurais

Corroborando com as informações relacionadas no Quadro 1, atualmente aplica-se muito o *Deep learning* ou “O aprendizado profundo”. É um tipo de técnica de aprendizado de máquina que usa redes neurais artificiais complexas e profundas para aprender um padrão e extrair informações dele. Essa técnica tem sido usada em várias aplicações nos últimos anos e ganhou popularidade em tarefas relacionadas ao sensoriamento remoto e à agricultura de precisão. Contudo, requer uma quantidade considerável de exemplos rotulados para aprender, mas uma vez que tenha aprendido, pode aplicar seu conhecimento em diferentes cenários e condições, sendo um método altamente generalizante”, acrescenta o professor Wesley Nunes Gonçalves, da Faculdade de Computação da UFMS, responsável pelo desenvolvimento do método aplicado (SILVA, 2021).

As Redes neurais artificiais são algoritmos computacionais utilizados com a intenção de simular a aprendizagem de um cérebro biológico para extrair e reconhecer informações e padrões. Essas redes têm ganhado cada vez mais espaço na análise de dados, sobretudo nos últimos anos (SILVA, 2021).

Na linha do Deep learning, Loddo et al., (2021), apresentaram um software que realiza uma análise de imagem por extração e classificação de características de imagens contendo sementes por meio de um novo framework exclusivo e fácil de usar. Em detalhe, propuseram dois plugins ImageJ, um capaz de extrair características morfológicas, texturais e de cor de imagens de sementes, e outro para classificar as sementes em categorias usando as características extraídas. Além disso, analisaram e relataram o desempenho de várias categorias de descritores para imagens de sementes com quatro

diferentes classificadores, utilizando um banco de imagens contendo 3.386 amostras de 120 espécies de plantas pertencentes à família Fabaceae.

Os autores, Loddo et al., (2021), ressaltaram que, em geral, alguns aspectos podem influenciar fortemente tanto a extração de características quanto as fases de classificação. Acima de tudo, a qualidade das imagens originais a serem processadas pode produzir alguns artefatos na fase de segmentação. Em segundo lugar, a etapa de pré-processamento, como a limpeza do fundo, o espaçamento das sementes durante a aquisição e o tamanho das sementes presentes nas imagens, precisam ser verificadas para considerar apenas regiões válidas. Finalmente, o conjunto de dados representou um problema de desequilíbrio de classe.

Os experimentos realizados pelos mesmos (Loddo et al., 2021), mostraram algumas tendências interessantes, os quais tem como direção futura, investigar a extração de características de Redes Neurais e compará-las com as tradicionais. Um dos intuitos deste estudo avançado.

Diferentes Sistemas para Análise de Sementes, desenvolvidos no Brasil, vem sendo aplicado com mais veemência em laboratórios, a fim de garantir mais efetividade dos dados obtidos. Utilizam a combinação de um módulo de captação de imagens, aliado a um software que utiliza a inteligência artificial para o processamento das informações coletadas (Sousa et al., 2017). Alguns, tem capacidade para extrair inúmeras informações como: cor, forma, textura, morfologia e uniformidade, como o Sistema de Análise Sementes- SAS, um dos sistemas mais detalhado disponível atualmente em relação à análise de sementes, uma vez que dispõe de mais informações sobre as mesmas. Além disso, permite ainda o monitoramento por imagens do comprimento e características das plântulas provenientes da germinação das sementes.

c) Síntese de Conteúdos para Conhecimento das funcionalidades e Procedimentos Aplicados na análise de Sementes no SAS-PRO

O SAS é um sistema semi-automatizado de contagem e análise de sementes que possui alta interatividade com o usuário. Está disponível em três diferentes versões, sendo composto por duas ferramentas principais:

I) Um módulo de captação, responsável por obter as imagens em alta resolução tanto da face superior quanto da inferior das sementes (dependendo da versão)

II) Um software para análise, com uma interface intuitiva e amigável, capaz de receber as imagens geradas pelo módulo de captação, extraindo centenas de informações por semente e exibindo todas as informações geradas por meio de planilhas, gráficos, imagens representativas, histogramas e estatísticas, além de um banco de dados capaz de armazenar todas as imagens geradas e análises realizadas, ou seja, através da obtenção de imagens de alta resolução de um lote de sementes, é capaz de extrair inúmeras informações como: cor, forma, textura, morfologia e uniformidade (www.tbit.com.br).

Além das diversas funcionalidades das versões disponíveis, o SAS-PRO é o mais completo, possui alta interatividade com o usuário, disponibilizando planilhas, imagens, gráficos, estatísticas e histogramas que facilitam as análises, permitindo medições isentas de interferência do avaliador/operador. Apresenta dupla visão da semente, ou seja, captura duas faces do objeto em estudo. A versão PRO é utilizada para sementes com tamanho mínimo de 2 mm de diâmetro. É composto por módulo de captação e um software para análise. O software para análise gera informações que são capturadas e resultam em gráficos e planilhas para interpretação das imagens das sementes. (SMIDERLE, 2019)

A tela de detalhes do SAS-PRO permite acessar as ferramentas do sistema e de exportação dos dados: formas, variáveis, gráficos, estatísticas e cores. E também, para obtenção de resultados da análise pode-se selecionar outras características a serem estudadas como a variável “cor” da estrutura do “hilo” e a variável “textura”, onde é possível obter resultados numéricos individualmente ou agrupados em forma de histograma. (Sousa et al, 2017).

Após a obtenção das imagens, as mesmas são decompostas em histogramas contendo as distribuições dos níveis de cores permitidos a um pixel. Três modelos para a cor de um pixel são utilizados: vermelho-verde-azul (RGB), matriz-saturação-intensidade (HSI) e tons de cinza. Já, a análise discriminante linear (LDA) é utilizada para o desenvolvimento de modelos de classificação com base em um subconjunto reduzido de variáveis.

Para fins de seleção de variáveis, duas técnicas são utilizadas: o algoritmo das projeções sucessivas (SPA) e o stepwise (SW). Modelos baseados na análise discriminante por mínimos quadrados parciais (PLS-DA) aplicados aos histogramas completos (sem seleção de variáveis) também foram utilizados com o propósito de comparação.

Para apresentação dos resultados é gerado no SAS-PRO um conjunto de estatísticas descritivas baseadas em todas as características extraídas dos objetos (amostras). As representações das informações geométricas, tais como perímetro, perímetro convexo, diâmetro máximo, diâmetro mínimo e centróide, são demonstradas em imagens extraídas do próprio SAS-PRO (Sousa et al, 2017).

Nestas demonstrações, é possível também observar uma representação da geometria, histograma LBP e a topologia LBP de cada objeto (semente), neste caso, foi observado (Figura 1) em estudo realizado anteriormente (Sousa et al, 2017).

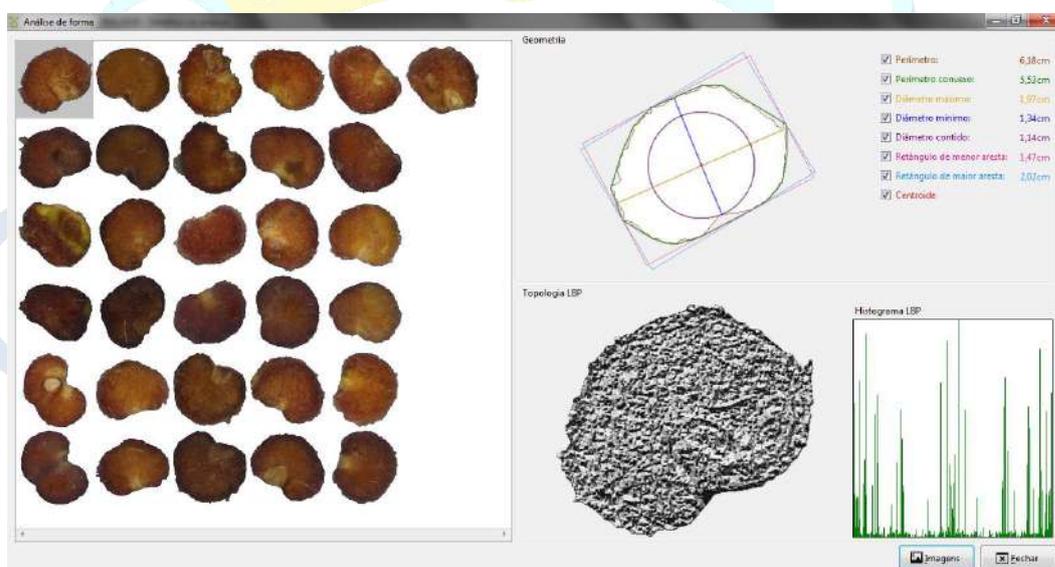


Figura 1: Análise de forma: geometria, topologia LBP e sementes de histograma LBP de *M. dubia* in natura obtidas por seleção de imagens mostradas à esquerda na tela do SAS.

Fonte: Sousa, (2016)

d) Análise Morfométrica de Sementes Florestais: Princípios e Métodos Básicos Indicados para Automatização no SAS-PRO

Há mais de dez anos, já era escrito que, o desenvolvimento de técnicas de visão artificial aplicada na análise morfométrica das espécies, se fazia cada vez mais necessário (PLOTZER, 2009), uma vez que fornecem, de acordo com o autor, todo formalismo matemático imprescindível para uma análise quantitativa rápida e eficiente das espécies.

Para tanto, alguns procedimentos e técnicas como **Deep learning** necessitam serem aplicados, principalmente, quando são indicadas outras espécies, como por exemplos, as florestais, onde não são aplicados os protocolos padrão existentes, na íntegra, para a coleta, amostragem e análise no laboratório.

Técnicas de "*Deep learning*" 'Aprendizado Profundo' oferecem atualmente um importante conjunto de métodos para analisar sinais como áudio e fala, conteúdos visuais, incluindo imagens e vídeos, e ainda conteúdo textual. Entretanto, esses métodos incluem diversos modelos, componentes e algoritmos (PONTI & COSTA, 2017)

De acordo com Ponti & Costa, (2017), diversos modelos, pode fazer com que seja difícil para que um leigo entenda e consiga acompanhar estudos recentes. Além disso, apesar do amplo uso de redes neurais profundas por pesquisadores em busca da resolução de problemas, há ainda uma lacuna no entendimento desses métodos: como eles funcionam, em que situações funcionam e quais suas limitações?

Portanto, enfatiza-se que ao utilizarmos o SAS-PRO, possivelmente, em algumas situações, estaremos aplicando uma das técnicas Deep Learning, principalmente, quando buscamos descobrir um modelo (regras, parâmetros, entre outros) utilizando um conjunto de dados (exemplos) e uma forma metodológica para guiar nosso aprendizado a partir desses exemplos. Então, ao final do processo de aprendizado, como resultados, segundo Ponti & Costa, (2017), tem-se uma função capaz de receber por entrada os dados brutos e fornecer como saída uma representação adequada para o problema em questão.

Em nosso estudo, o problema em questão é, o desenvolvimento de um protocolo/uma nova tecnologia/metodologia inovadora no SAS-PRO para análise física, com isenção, de plântulas e sementes florestais de sete espécies específicas (maçaranduba, pau-rainha, freijó, jatobá, itaúba, mogno africano e copaiba), indicadas em projetos de pesquisa da Embrapa Roraima.

Assim, o experimento/prática realizada, foi denominada como: Aplicação Tecnológica para Automação de Análise Morfo-anatômicas de sementes de copaiba.

O objetivo da atividade proposta é, comparar, caracterizar e acompanhar o desenvolvimento por lotes de amostras das sementes e suas plântulas após a germinação, via utilização de imagens de alta resolução e técnicas de reconhecimento de padrões, no SASpro.

Então, o **primeiro ponto** a saber, para atendimento as demandas dos projetos de pesquisa, dependerá da resposta fornecida a pergunta chave e respostas dispostas no (Quadro 2).

Quadro 2: Pergunta Chave e respostas.

1. Há um manual/protocolo padrão, validado no laboratório, que oriente na coleta, amostragem e análise física convencional/manual de lotes dessas espécies?
2. Se não houver, indicamos aplicar uma das Técnicas do "*Deep learning*" de acordo com os apontamentos de Ponti & Costa, (2017).
3. Mas, se houver, ou ainda, terem seguido os procedimentos convencionais necessários para realização e validação da análise no SAS-PRO, indicamos a utilização de todas as espécies demandadas pelos projetos supracitados, com exceção das sementes muito pequenas, abaixo de 2 mm.

Portanto, se não houver, resposta N^o.2 (Quadro 2), aplica-se os princípios da técnica "*Deep learning*" para descobrir/desenvolver um modelo/modelos tecnológico que se adequem, de preferência, a espécies florestais obtidas/selecionadas em Roraima.

Então, como segundo ponto, a partir da resposta N^o 2, afirmamos que: É necessário buscar conhecimento em guia/procedimento metodológico padrão que trate/oriente sobre a forma de coleta, amostragem e análise física das sementes de espécies florestais em geral ou de cada espécie indicada nos projetos de pesquisa supracitado.

No Quadro 3 estão relacionados fontes bibliográficas encontradas, selecionadas e utilizadas para auxiliar no desenvolvimento da metodologia técnico-científica, dois manuais e um guia que tratam e orientam sobre a forma de coleta, amostragem e análise de sementes florestais, os quais proporcionarão aprendizado profundo, para priorizar, definir/selecionar, pelo menos, uma espécie florestal adequada a análise de imagens no SAS-PRO, ou seja, que tenha sido aplicado procedimentos padrão mínimos de coleta, amostragem e análise.

Quadro 3: Relação de manuais/guias que tratam e orientam sobre coleta, amostragem e análise de sementes de espécies florestais.

- 1- Manual de procedimentos para análise de sementes florestais (LIMA JUNIOR, 2010)
- 2- Manual de boas práticas: técnicas de análise de sementes _florestais (BENTO et al., 2019)-
3. Instruções para análise de sementes de espécies florestais (MAPA, 2013)

Assim, com base nos critérios estabelecidos e nos conteúdos encontrados em 1, 2 e 3 (Quadro 3), devidamente lidos e aplicados, define-se as sementes de espécies florestal que, apresentam e atendem os requisitos apontados no Quadro 2.

É muito importante, que tenha um quantitativo de sementes representativo que possibilite a validação dos dados obtidos no SAS-PRO com calibração do método, para o aprendizado completo sobre, pelo menos, uma espécie florestal, considerado como **terceiro ponto** da metodologia, os devidos procedimentos selecionados e aplicados para seleção da espécie florestal.

Na Figura 2, uma mostra passo-a-passo exemplificando simplificada os procedimentos ex-ante SAS-PRO, realização da análise morfométrica manual de sementes, não esquecendo que deve ser seguido o proposto no No 3 do Quadro 3, pois o fluxograma operacional pode variar conforme a espécie. E no quadro 4, a descrição passo-a passo do fluxo operacional apresentado na Figura 2.

Quadro 4: Exemplo simplificado de procedimentos mínimos a serem aplicados numa análise morfométrica manual de frutos e sementes da carobinha (*Jacaranda puberula Cham*)

Em uma população de 25 plantas devem ser colhidos, aleatoriamente, 120 frutos, usando como índice de colheita o início do amarelecimento dos mesmos. As massas devem ser determinadas em balança de precisão enquanto o comprimento, a largura e a espessura medidos com paquímetro digital. Após a secagem e a abertura dos frutos devem ser contados o número de sementes por fruto.

Para a análise morfométrica as sementes são retiradas dos frutos e misturadas aleatoriamente, independentemente da coloração. Numa amostra de 550 sementes tomadas ao acaso devem ser medidos o comprimento, a largura e a espessura. Considera-se como comprimento, a medida compreendida entre a porção basal e a porção apical da semente.

A largura e a espessura devem ser medidas na porção intermediária, sendo que para a largura desconsideraram-se as porções alares das sementes.

Os dados obtidos devem ser analisados por meio da distribuição de frequência sendo os intervalos de classe estimados e calculados a média (\bar{X}), a variância (S^2) e o desvio-padrão (S).

Se for identificado variações nas medidas registradas nos frutos e sementes, estas representam um indício da alta variabilidade genética populacional.

Fonte: Adaptado de Sagalli et al, (2012)

Além disso, ex ante (Quadro 4) deve ser feito:

Uma conferência do material - as fotografias, as fichas de matriz, a ficha de material botânico e a exsicata (uma amostra da planta prensada e seca utilizada para fazer a identificação da espécie): No processo de entrada no laboratório, deve ser pesado imediatamente o lote e fazendo o cálculo de mil sementes, para saber exatamente quantas sementes vieram no lote. Em seguida, deve sempre, realizar uma revisão bibliográfica e consultar o Herbário para identificar corretamente qual é a espécie que está entrando no laboratório (Adaptado de <https://www.programaarboretum.eco.br/noticia/testes-e-protocolos-do-laboratorio-de-sementes-florestais-garantem-a-qualidade-das-sementes-do-arboretum>)

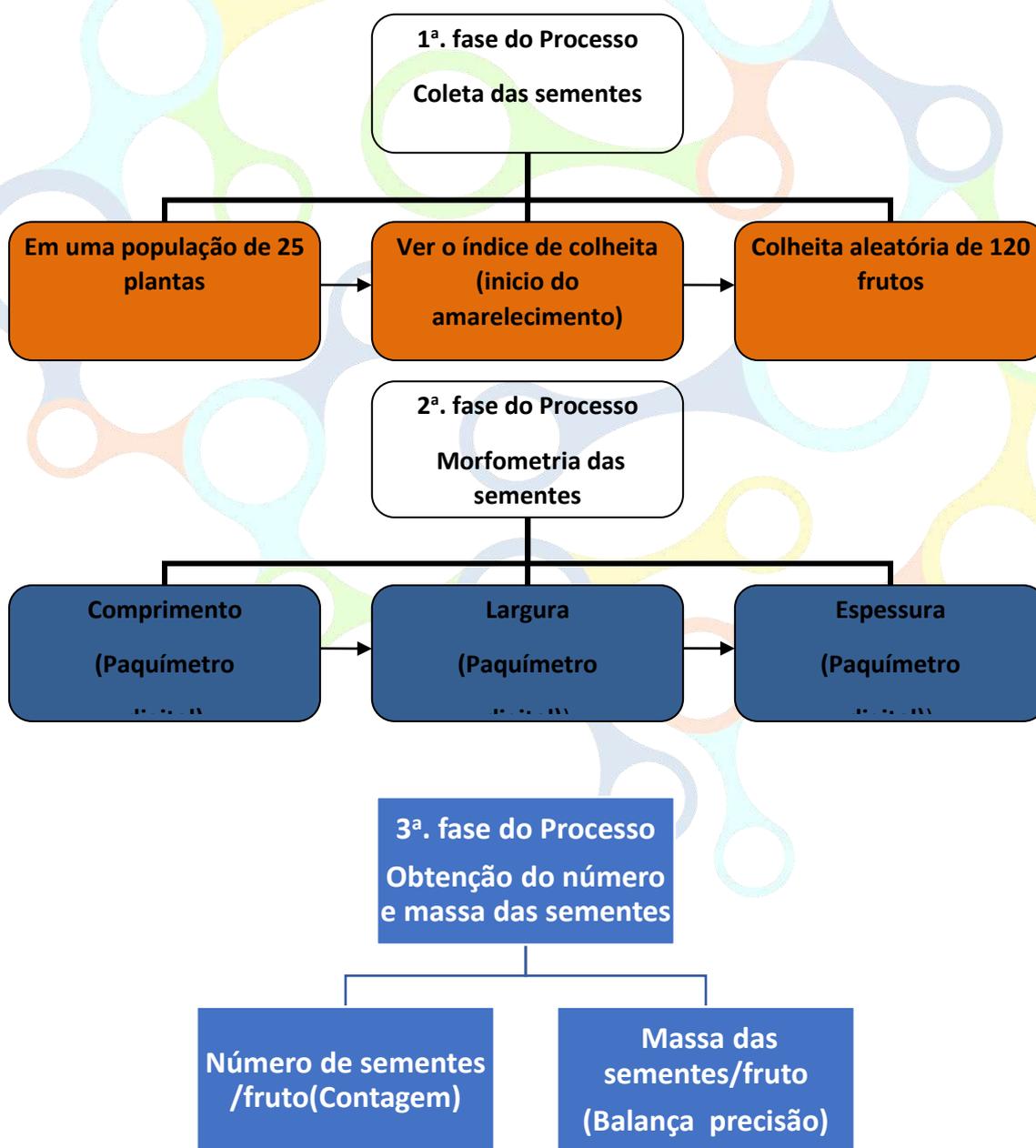


Figura 2: Fluxograma passo-a-passo exemplificando simplificada os procedimentos operacionais

ex-ante SAS-PRO, realização da análise morfométrica manual de sementes.

2ª etapa. Demonstração de infográficos obtidos no sistema automatizado com visão artificial, utilizando-se para análise, a *Copaifera officinalis* L. Caesalpiniaceae

Na Figura 3, as diferentes formas de Imagens de semente da *C. officinalis* L (copaiba) obtidas no SAS-PRO. E na Figura 4, diferentes formas para avaliação/demonstração dos dados obtidos, histogramas e gráficos.

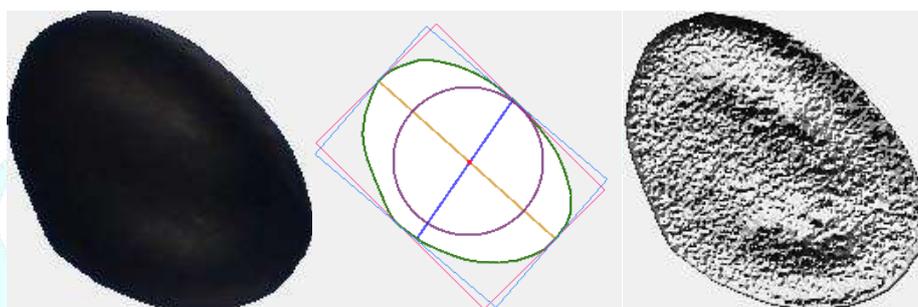


Figura 3: Imagens demonstrativa de forma, geometria e topologia da semente de copaiba

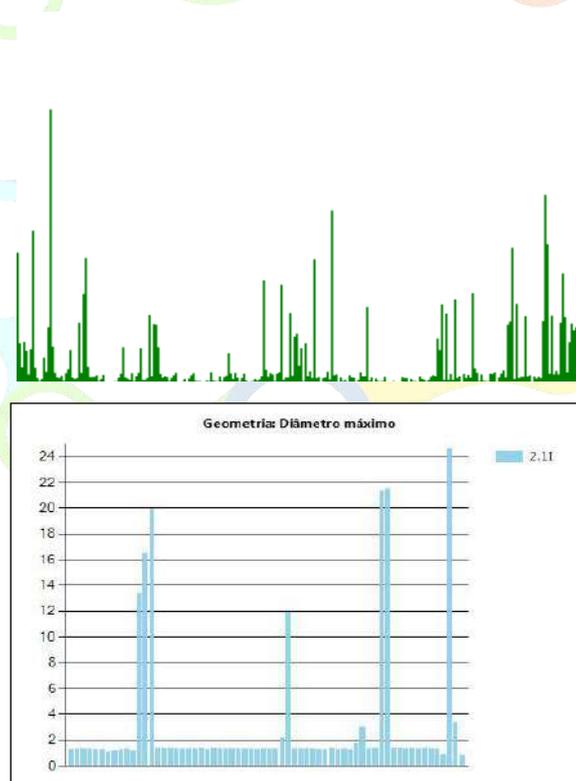


Figura 4: Imagens demonstrativas do histograma e gráfico obtidos na análise de vinte e cinco sementes de *C. officinalis* L

Na análise via SAS-PRO, quatro repetições foram utilizadas sendo cada uma composta por vinte e cinco sementes, distribuídas aleatoriamente (Figura 5) sobre uma

bandeja confeccionada com filme transparente, tipo A4 - 210x297mm nas dimensões de 19 cm x 26,5 cm x 1 cm (Figura 5).



Figura 5: Imagem demonstrativa da tela do SAS-PRO no módulo de captura com uma das amostras de sementes da *C. officinalis* L distribuídas aleatoriamente sobre uma bandeja transparente (19 cm x 26,5 cm x 1 cm)

Além de tudo isso, demonstrado na Figura 6, é possível a obtenção de análise estatística. E são fornecidos também diversos tipos de relatórios gerados no SAS-PRO após realização das análises de amostras de sementes. Estes relatórios pode ser salvos com todos os dados analisados de amostra com suas respectivas repetições ou de um lote de amostras de determinada semente.

A Figura 6 apresenta os resultados obtidos na análise por imagem de uma das amostras de sementes da *C. officinalis* L

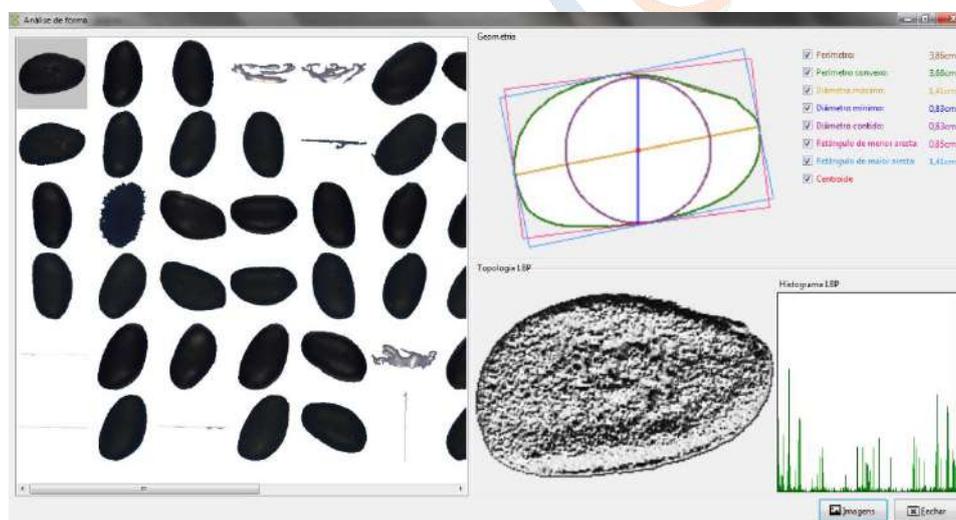


Figura 6: Imagem demonstrativa de resultados obtidos em tela na análise de uma amostra de sementes da copaíba

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se possível a substituição gradativa do processo clássico de análise morfométrica pela aplicação da tecnologia de visão artificial, uso de imagens, desde que seja seguida a seqüência metodológica supracitada, observando que é possível, somente por espécie ou grupo de espécies similares, desde que haja material vegetal representativo, e seja adotada e aplicada em substituição aos POPs inexistentes no laboratório as instruções e procedimentos padrão nos manuais indicados neste trabalho. Neste sentido, foi verificado que os referidos procedimentos já estão sendo aplicados gradativamente no laboratório.

Dentre as amostras existentes e estudadas no laboratório, para esse fim, foram selecionados primeiramente, dois lotes de sementes da espécie florestal *Copaifera officinalis* L. - *Caesalpiniaceae* (copaíba) para realização da análise por visão artificial das sementes e plântulas obtidas após a realização de imagens dos lotes de sementes. Cada lote era composto por 2.400 e 3.600 sementes, respectivamente, lotes 1 e 2, originados de 24 e 36 plantas. De cada planta foram selecionados 100 sementes para ambas as análises, divididas em quatro repetições (I, II, III e IV) de 25 sementes, as quais foram obtidas imagens no SAS-PRO que possibilitam a validação e indicação de uma metodologia alternativa de análise, mais ágeis, por visão artificial, a partir da comparação dos dados obtidos manualmente com as mesmas amostras dessa espécie.

O SAS-PRO, possibilita a exploração sistemática de um amplo conjunto de características das sementes e plântulas de diferentes espécies vegetais, uma vez que é sabido da enorme variabilidade de indivíduos dentro de um mesmo táxon, possibilita a identificação automática de diversos parâmetros. Os principais parâmetros explorados no SAS-PRO são: geometria, cor, forma e textura.

Porém, é necessário, para completo êxito no uso da tecnologia que, Boas Práticas Tecnológicas (BPT) sejam implementadas no laboratório de sementes. Estas vinculam-se diretamente as Boas Práticas de Laboratório (BPL) que devem ser aplicadas desde a coleta, recepção, processamento, armazenamento, até a análise da amostra de sementes no SAS-PRO. Bem como, as Boas Práticas de Higiene (BPH). São pré-requisitos essenciais e necessários, para o perfeito funcionamento do equipamento, calibração, e

validação da metodologia, a partir das sementes indicadas em projetos de pesquisa, considerando-se de extrema importância o conhecimento e aplicação da legislação vigente e referências normativas básicas para obtenção de resultados satisfatórios e reconhecidos pela comunidade científica.

Portanto, recomenda-se que, seja estudado e aplicado sequencialmente o processo metodológico proposto neste documento, para validação de metodologia no SAS-PRO, de espécies que não constam na base de dados do mesmo, o qual deve ser realizada, uma de cada vez, caso das espécies florestais que apresentam enorme variabilidade no tamanho, cor e forma, principalmente. Além disso, deve também ser acessado no software do próprio sistema as orientações e procedimentos para uso correto do equipamento.

4. REFERÊNCIAS

ANTONELLI, A.; COCCHI, M.; FAVA, P.; FOCA, G.; FRANCHINI, G.C.; MANZINI, D.; ULRICI, A. Automated evaluation of food colour by means of multivariate image analysis coupled to a wavelet-based classification algorithm, *Analytica Chimica Acta*, **515: 3, 2004.**

BENTO, M. C. et al. **Manual de boas práticas: técnicas de análise de sementes florestais** - Rio Branco: Edufac, 2019. 96 p.: il. col. Disponível em <http://www2.ufac.br/editora/livros/LivroSementes18122019.pdf>. Acesso em 1 nov., 2021.

BELTRATI, C. M.; PAOLI, A.A.S. Sementes. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. p.399-424.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; ALMEIDA, F. de A. C.; DUARTE, M. E. M. Secagem de Sementes. In: Almeida, F. de A. C.; Duarte, M. E. M.; Mata, M. E. R. M. C. **Tecnologia de armazenamento em sementes**. Campina Grande: UFCG, 2006.

CRUZ, D. F.; MARTINS, P.O.; CARVALHO, J.E.U. Biometria de frutos e sementes e germinação de jatobá-curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke, Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2, p.161-5, 2001.

DU, C.J; SUN, D.W. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation, *Trends in Food Science & Technology*, **15: 230, 2004.**

GONELI, A. L. D., CORRÊA P.C., SILVA, F. S., MIRANDA, G.V. **Efeito do teor de impurezas nas propriedades físicas de sementes de milho**. Resumos do 32º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Goiânia, 2003, p. 77

FERRONATO, A.; DIGNART, S.; CAMARGO, I. P. Caracterização das sementes e comparação de métodos para determinar o teor de água em sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* H.B.K. - Papilionoideae) e pé-de-anta (*Cybistax antisyphilitica* Mart. - Bignoniaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.2, p.206-14, 2000.

LIMA JUNIOR, M. J. V. ed. **Manual de Procedimentos para Análise de Sementes Florestais**. 2010. 146p, UFAM - Manaus-Amazonas, Brasil.. Disponível em www.sementesrsa.org. Acesso em 2 nov., 2021

MAPA. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais.pdf**. Brasília. 2013. 98p. Disponível em <https://www.gov.br>. Acesso em 2 nov., 2021

MILANEZ, K. D. T.M. **Classificação de óleos vegetais comestíveis usando imagens digitais e técnicas de reconhecimento de padrões**. (dissertação de mestrado) João Pessoa, 2013.102f.:il.

LISBINSKI, F. C.; MÜHL, D. D.; OLIVEIRA, L.; CORONEL, D. A. **Perspectivas e desafios da agricultura 4.0. para o setor agrícola**. VIII Simpósio da Ciência do Agronegócio – 8º CIENAGRO 2020. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/218601/001122708.pdf?sequence=1>. Acesso em 14 dez 2021.

LODDO A., DI RUBERTO C., VALE A. M. P. G., UCCHESU M., SOARES J. M., BACCHETTA G. **An effective and friendly tool for seed image analysis**. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350542384_An_effective_and_friendly_tool_for_seed_image_analysis/fulltext/60653a68458515614d2730fe/An-effective-and-friendly-tool-for-seed-image-analysis.pdf. Acesso em 6 jan. 2022

PAZOTI, M. A. **CITRUSVIS - Um sistema de visão computacional para a identificação do fungo *Guignardia citricarpa*, causador da mancha preta em citrus**. Dissertação de mestrado. USP-São Carlos. 2005. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-15122017-145610/publico/MarioAugustoPazoti.pdf>. Acesso Out, 2021.

PLOTZE, R. O. **Visão artificial e morfometria na análise e classificação de espécies biológicas**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. 184f. Disponível em https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-15042010-105936/publico/DO_RodrigoPlotze.pdf. Acesso em 1 nov., 2021.

PONTI, M. A., COSTA, G. B. P. Tópicos em Gerenciamento de Dados e Informações. In: Como funciona o Deep Learning, Cap 3. 2017 SBC, 1a ed. – ICMC-Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. ISBN 978-85-7669-400-7 Disponível em https://sites.icmc.usp.br/moacir/papers/Ponti_Costa_Como-funciona-o-Deep-Learning_2017.pdf. Acesso em 2 de nov., 2021

SANGALLI, A et al. Morfometria de frutos e sementes e germinação de carobinha (*Jacaranda decurrens* subsp. *symmetrifoliolata* Farias & Proença), após o armazenamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Botocatu, v14, n2, p267 - 275. 2012.

SILVA, J. **Sistema faz contagem automática de plantas na lavoura por imagens de drones**. Notícias, 2021. Disponível em <https://www.embrapa.br/group/intranet/busca-de-noticias/-/noticia/60811335/sistema-faz-contagem-automatica-de-plantas-na-lavoura-por-imagens-de-drones>. acesso em 20 abr. 2021.

SMIDERLE, O. J. Tecnologias para produção de mudas a partir de sementes, e crescimento de plantas, visando plantios de espécies florestais em Roraima. (Projeto de Pesquisa da Embrapa Roraima) 2019. Disponível em <https://sistemas.sede.embrapa.br/ideare/>. Acesso em jul., 2021

Sousa, R.C.P de. Bioprospecção e desenvolvimento de produtos com potencial biotecnológico a partir das sementes de *Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh da Amazônia Setentrional. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal. 2016. 135 f.

SOUSA, R. C. P. et al. Description and automated seed morphostructural characterization of *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh: Diagnostic Imaging. **Revista bras. Bioci.**, Porto Alegre, v. 15, n.2, p. x-x, abril./jun. 2017

AUTORES:

Rita de Cássia Pompeu de Sousa: Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (PROFNIT-UFRR); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Oscar José Smiderle: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Patricia da Costa: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.