

CarminCount: Identificação e Reconhecimento da Cochonilha-do-Carmim em Imagens Digitais de Palma Forrageira

João V. G. Vieira¹, Josenalde B. Oliveira¹, Marcone C. M. Chagas^{2,3}

¹Escola Agrícola de Jundiá – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
CEP 59280-000 – Macaíba – RN – Brasil

²Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN)
Av. Eliza Branco Pereira dos Santos, s/nº, Parque das Nações, Parnamirim – RN – Brasil

³Embrapa Algodão
R. Oswaldo Cruz, 1143, Centenário, CEP 58428-095 – Campina Grande – PB – Brasil

joao.vieira.712@ufrn.edu.br, josenalde.oliveira@ufrn.br,
connal656@gmail.com

Abstract. *Forage cactus is vital for semi-arid regions, but its productivity is threatened by the presence of cochineal scale (*Dactylopius opuntiae*). Breeding programs for resistant varieties face the bottleneck of manual counting, which is a subjective and laborious process. This paper presents CarminCount, an Agriculture 4.0 solution that automates the identification and quantification of the pest through digital image processing. Using an architecture based on Flutter and an OpenCV-integrated API, the system achieved an overall average precision of 90.94% in cochineal recognition. The results validate the tool as a precise and scalable alternative for infestation assessment, streamlining scientific advancement in genetic improvement.*

Resumo. *A palma forrageira é vital para o semiárido, mas sua produtividade é limitada pela presença da Cochonilha-do-Carmim (*Dactylopius opuntiae*). O melhoramento genético de variedades resistentes enfrenta o gargalo da contagem manual, um processo subjetivo e laborioso. Este trabalho apresenta o CarminCount, uma solução de Agricultura 4.0 que automatiza a identificação e quantificação da praga via processamento digital de imagens. Utilizando uma arquitetura baseada em Flutter e API com OpenCV, o sistema obteve uma precisão média global de 90,94% no reconhecimento dos insetos. Os resultados validam a ferramenta como uma alternativa precisa e escalável para a avaliação de infestação, otimizando o avanço científico no melhoramento genético da cultura.*

1. Introdução

A palma forrageira, cactácea originária do México, apresenta características fisiológicas que lhe conferem elevada adaptação às condições edafoclimáticas do semiárido [Rocha 2012]. As primeiras plantações dessa forrageira no Brasil tinham como finalidade a produção de um corante natural vermelho a partir do inseto Cochonilha-do-Carmim

(*Dactylopius opuntiae*). No entanto, os resultados obtidos não atenderam às expectativas [Brasil et al. 2018].

Esses insetos apresentam elevada taxa de proliferação e se desenvolvem no interior de tufos cerosos, semelhantes ao algodão. Além disso, as fêmeas sugam a seiva das raquetes para a alimentação e oviposição, o que pode acarretar a morte da planta caso nenhuma medida de controle seja adotada em tempo hábil [Chagas et al. 2018].

Sistemas automáticos desenvolvidos a partir de técnicas de processamento digital de imagens e visão computacional têm se destacado no contexto agrícola. Esses sistemas desempenham papel fundamental na identificação e no manejo de pragas, facilitando o processo de tomada de decisão [Oliveira et al. 2023]. Nesse cenário, a Agricultura 4.0 tem impulsionado o setor agropecuário por meio da integração de tecnologias avançadas ao conhecimento tradicional, promovendo ganhos de produtividade, eficiência e sustentabilidade [Santana 2021].

Este trabalho tem como objetivo apresentar o *CarminCount*, um software desenvolvido para o reconhecimento e a identificação da Cochonilha-do-carmim em amostras de palma forrageira por meio de imagens digitais [Vieira et al. 2024]. O sistema permite ao pesquisador analisar imagens das amostras, compartilhar os resultados obtidos e gerar relatórios completos em formato PDF, contendo dados quantitativos e registros visuais. Dessa forma, a ferramenta contribui para o avanço das pesquisas voltadas à seleção de acessos genéticos mais adaptados, possibilitando um controle mais eficiente da praga.

O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os trabalhos correlatos. A Seção 3 descreve os Materiais e Métodos, incluindo a organização do trabalho e a descrição dos módulos de processamento de imagens e da aplicação mobile. A Seção 4 apresenta os resultados e discussões. Por fim, a Seção 5 traz as conclusões, e a Seção 6 é dedicada aos agradecimentos.

2. Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta sistemas e aplicativos voltados ao monitoramento e controle de pragas na agricultura. A análise dessas soluções possibilitou a identificação de lacunas e oportunidades, fornecendo subsídios para o desenvolvimento do *CarminCount* e destacando suas contribuições específicas para o manejo da Cochonilha-do-Carmim.

Com objetivos que se aproximam dos deste trabalho, foram identificadas na literatura e em lojas de aplicativos soluções como o *Plantix*, o *iMETOS® iSCOUT* e, de forma mais direta, o aplicativo *PalmaS*, focado contudo em outro tipo de inseto, a cochonilha de escama (*Diaspis echinocacti*). Embora o foco esteja em aplicativos disponíveis ao usuário final, trabalhos acadêmicos como em [Berka et al. 2023] utilizam uma abordagem com transformadores de visão para imagens de Cochonilha-do-Carmim em condições de campo, necessitando maior validação em relação a sua generalização.

O *Plantix* [Plantix 2024] é um aplicativo amplamente utilizado que atua como um “médico de plantas”. Seu principal recurso consiste no diagnóstico de doenças e pragas a partir de imagens enviadas pelos agricultores, utilizando técnicas de inteligência artificial para identificar o problema e sugerir possíveis tratamentos. Embora seja uma ferramenta robusta para diagnósticos gerais, o *Plantix* não é especializado em uma cultura ou praga específica.

O iMETOS® iSCOUT [Pessl Instruments 2024] representa uma abordagem de agricultura de precisão de alta tecnologia. Trata-se de um sistema composto por armadilhas autônomas equipadas com câmeras integradas, capazes de capturar imagens em alta resolução de placas adesivas em intervalos regulares. Essas imagens são enviadas para uma plataforma em nuvem, na qual um software baseado em inteligência artificial realiza o reconhecimento e a contagem automática dos insetos-alvo. A plataforma gera relatórios detalhados sobre a dinâmica populacional das pragas, permitindo um monitoramento remoto e preciso. Entretanto, o sistema depende de hardware específico e de conectividade constante, o que pode limitar sua aplicação em pesquisas com orçamento restrito ou em áreas rurais com infraestrutura limitada.

O PalmaS [Oliveira et al. 2023] é um aplicativo com foco no manejo da Cochonilha de Escama (*Diaspis echinocacti*), outra praga de grande impacto na cultura da palma forrageira. O PalmaS foi proposto como uma ferramenta de apoio à decisão, permitindo que técnicos e agricultores registrem dados de infestação de forma estruturada, dividindo o palmar em reboleiras, estações e raquetes, e recebam recomendações de manejo personalizadas de acordo com o nível de infestação informado. No entanto, o registro da infestação é realizado pelo usuário de forma visual e manual, baseado em uma escala gráfica, sem o uso de técnicas de processamento de imagens para a quantificação automática. O PalmaS ainda necessita ter sua metodologia e funcionalidade validada em condições de campo.

Nesse contexto, o CarminCount posiciona-se de forma singular em relação às soluções analisadas. Diferentemente do Plantix, trata-se de uma ferramenta especializada, com foco exclusivo na Cochonilha-do-Carmim. Em contraste com a elevada complexidade e dependência de infraestrutura do iMETOS® iSCOUT, o CarminCount propõe uma solução acessível, que requer apenas o uso de um smartphone. De maneira complementar ao PalmaS, o sistema avança ao automatizar a etapa de quantificação da infestação, empregando técnicas de processamento digital de imagens para extrair métricas objetivas, como a área infestada e o número de tufos, a partir de fotografias. Essa abordagem reduz a subjetividade e o esforço manual do pesquisador, contribuindo para uma avaliação mais precisa da resistência de genótipos de palma forrageira. A Tabela 1 traz um quadro comparativo entre as ferramentas.

Tabela 1. Quadro comparativo entre as ferramentas.

Ferramenta	Identificação Automatizada	Fácil Aquisição	Gera Relatório
Plantix	Sim	Sim	Não
iMetos® iSCOUT	Sim	Não	Sim
PalmaS	Não	Sim	Sim
CarminCount	Sim	Sim	Sim

3. Material e Métodos

Durante as pesquisas de melhoramento genético da palma forrageira, identificou-se a necessidade de quantificar a infestação da Cochonilha-do-Carmim no âmbito do projeto Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico em Melhoramento Genético e Controle de Pragas e Doenças Direcionados para o Fortalecimento da Cultura da Palma no Semiárido [Araujo et al. 2020]. Devido ao grande volume de amostras, o monitoramento manual

tornou-se inviável. Assim, o CarminCount foi proposto como uma ferramenta de processamento digital de imagens capaz de automatizar a detecção e quantificação da praga.

O aplicativo permite capturar e enviar fotografias digitais das palmas infestadas. As imagens são processadas para identificar e delimitar as áreas de infestação, gerando relatórios em imagem e em PDF, com a comparação entre a foto original e a processada, além de informações sobre a área infestada e a quantidade de tufo.

As imagens utilizadas para testes e validações no aplicativo foram coletadas pelo pesquisador Marcone Chagas (EMPARN/Embrapa Algodão) no âmbito do subprojeto em [Araujo et al. 2020] intitulado Estratégia de Manejo para Controle da Cochonilha-do-Carmin (*Dactylopius opuntiae*) em Palma Forrageira.

3.1. Aquisição das imagens

Um conjunto de 109 imagens selecionadas e utilizadas neste trabalho foram coletadas no período de outubro a dezembro de 2023. As imagens foram registradas utilizando um iPhone 12, com resolução de 1512×2016 pixels. Ao todo, foram realizadas quatro sessões de aquisição, nos dias 29 de outubro, 7 de novembro, 12 de novembro e 26 de dezembro, sendo que as três primeiras correspondem ao primeiro experimento.

As imagens das amostras foram coletadas em momentos distintos, com o objetivo de acompanhar e analisar a evolução da infestação pela Cochonilha-do-Carmim ao longo do tempo. O primeiro experimento contou com 15 materiais genéticos e foi responsável pelas três primeiras sessões de aquisição. No segundo experimento, cada um dos 15 materiais genéticos foi representado por quatro amostras, totalizando 60 amostras.

Durante as aquisições, foram realizados testes com diferentes condições de iluminação, incluindo iluminação natural, iluminação artificial amarela e iluminação artificial branca. Entre as opções avaliadas, a iluminação branca apresentou melhor desempenho para as análises realizadas.

Todas as imagens seguiram um padrão de aquisição previamente estabelecido, com fundo azul, a palma posicionada de forma centralizada e a presença de uma etiqueta de identificação. Essa etiqueta foi utilizada tanto para o reconhecimento do material genético quanto como referência métrica, permitindo a estimativa da área da palma em centímetros quadrados (cm^2).

3.2. Módulo de Análise de Imagens

O módulo responsável pelo processamento das imagens para o reconhecimento e identificação da Cochonilha-do-Carmim em amostras de palma forrageira foi desenvolvido em Python, utilizando a biblioteca OpenCV, escolhida devido à sua robustez e ampla aplicação em tarefas de processamento digital de imagens.

A Figura 1 apresenta as etapas desenvolvidas. A entrada do sistema consiste nas imagens adquiridas durante os experimentos. Com o objetivo de padronizar as análises, todas as imagens passaram inicialmente por uma transformação de escala, sendo redimensionadas para 768×1024 pixels. Em seguida, as imagens foram convertidas do espaço de cores BGR para o espaço de cores Lab, o que facilitou a remoção do fundo azul. Essa remoção foi realizada por meio da subtração do canal b pelo canal a dividido por 1,5, destacando a raquete da palma forrageira e mantendo apenas alguns ruídos residuais.

Devido à padronização no processo de aquisição das imagens, foi possível assumir que o maior contorno identificado na imagem correspondia à raquete da palma. Assim, após a extração do maior contorno, foi aplicada uma operação de dilatação morfológica, com o objetivo de preencher pequenos buracos e falhas surgidas durante a etapa de segmentação. Como resultado, obteve-se uma máscara binária, na qual a região de interesse (palma) é representada pelo valor 1 e o fundo pelo valor 0.

Essa máscara foi então utilizada para isolar a região da palma, multiplicando-a pela imagem original, resultando em uma imagem no espaço BGR contendo apenas a área de interesse. A partir dessa imagem segmentada, iniciou-se o processo de identificação da Cochonilha do Carmim.

Para isso, a imagem foi convertida do espaço de cores BGR para HSV. Em seguida, aplicou-se um filtro Gaussiano com o objetivo de suavizar a imagem e facilitar a identificação dos contornos. O canal *Value* (V) do espaço HSV foi então selecionado, e a média de seus valores foi calculada. Por fim, todos os pixels com valor superior a 200 nesse canal foram considerados como pertencentes à Cochonilha-do-Carmim.

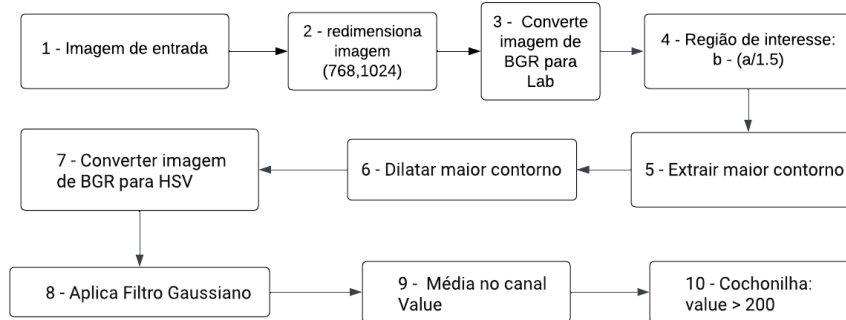


Figura 1. Passos para reconhecimento e identificação de Cochonilhas

3.3. Aplicação mobile

A aplicação mobile foi desenvolvida utilizando o framework Flutter, com a linguagem de programação Dart, ambos criados e mantidos pela Google. O aplicativo utiliza gerenciamento de estado por meio do padrão Provider e realiza a comunicação com a API utilizando a biblioteca Dio, seguindo uma arquitetura baseada em repositórios.

No aplicativo, é possível carregar imagens da galeria do dispositivo ou capturá-las diretamente pela câmera para posterior análise. Antes da confirmação do envio, o usuário pode selecionar ou remover imagens previamente escolhidas, garantindo maior controle sobre os dados enviados para processamento. Após a seleção, as imagens são encaminhadas para o servidor, onde ocorre o processamento. Algumas destas telas podem ser vistas na Figura 2.

O processamento das imagens é realizado no servidor por meio de uma API desenvolvida em Laravel. Essa API é responsável por receber as requisições, encaminhar as imagens ao módulo de processamento e retornar os resultados para a aplicação Flutter. Os dados retornados são então apresentados na tela de resultados do aplicativo, na qual o usuário pode visualizar informações resumidas da análise.

Além disso, o aplicativo permite a visualização de informações detalhadas ao selecionar um resultado específico. Também é possível compartilhar as imagens processadas ou gerar relatórios completos em formato PDF, contendo todos os dados da análise realizada.

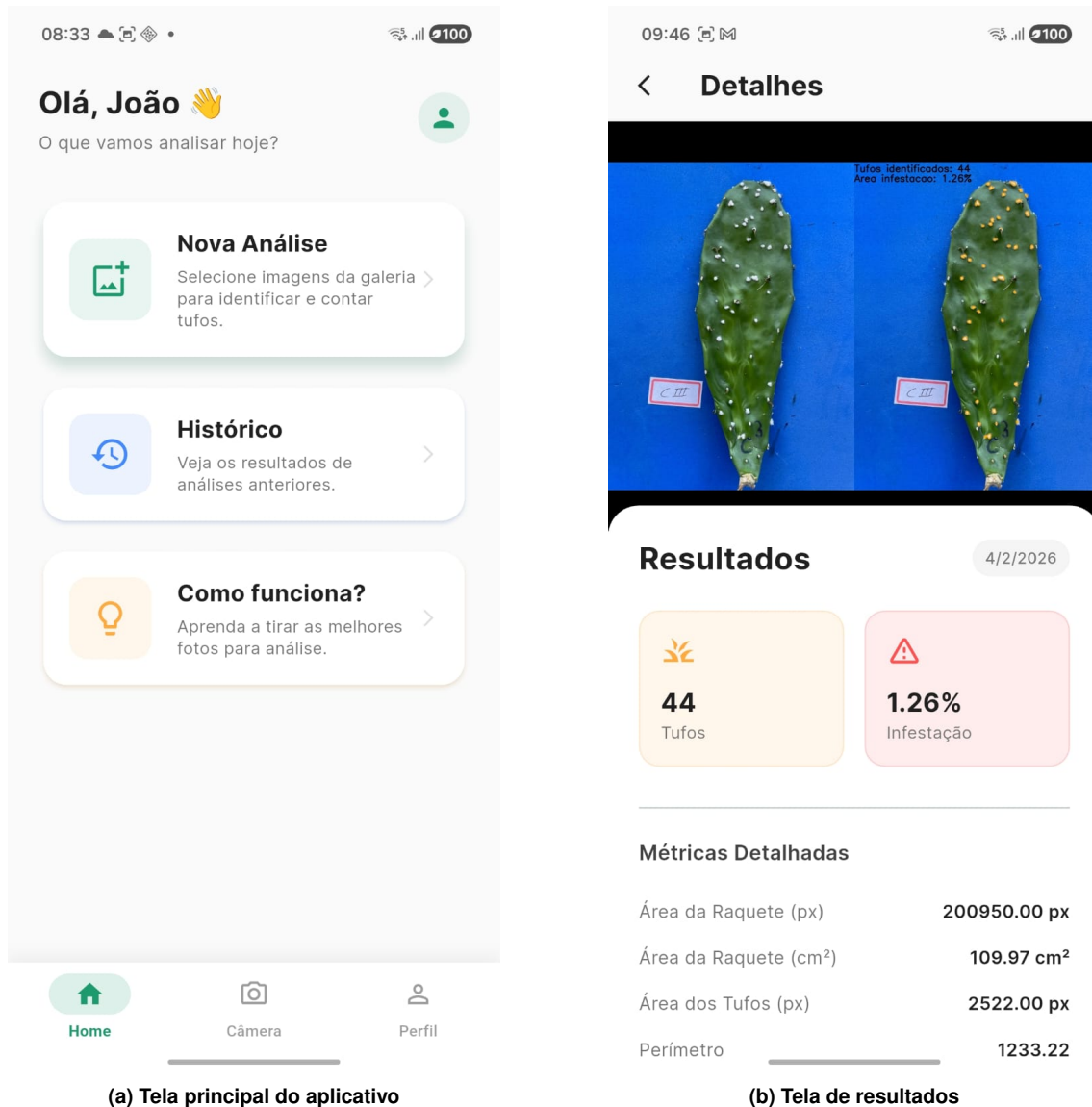


Figura 2. Telas do CarminCount com fluxo de utilização. Fonte das imagens alvo processadas: Marccone C.M. Chagas (EMPARN/Embrapa Algodão)

3.4. Critérios de Avaliação de Desempenho

A validação do CarminCount foi conduzida por meio do processamento de 109 imagens, das quais foram extraídos dados descritivos e identificadores armazenados em um conjunto de dados estruturado. Cada detecção realizada pelo algoritmo foi registrada como uma instância individual, permitindo que uma única raquete de palma forrageira gerasse múltiplas entradas no dataset.

As amostras foram codificadas de acordo com a origem dos experimentos, as instâncias do primeiro experimento foram nomeadas seguindo o padrão `_imgX` (onde `X`

varia de A a O), enquanto as do segundo experimento, que envolveram repetições, seguiram o padrão `_trat_x_y` (sendo x o material genético e y a respectiva repetição). Para cada objeto identificado, o sistema realizou a extração automática de um recorte (*crop*) correspondente.

Esses recortes foram submetidos a uma auditoria visual, onde foi rotulado cada instância como "cochonilha" (Verdadeiro Positivo - VP) ou "falsa detecção" (Falso Positivo - FP). Esse procedimento de estabelecimento do Ground Truth permitiu o cálculo da Precisão (P), métrica selecionada para mensurar a confiabilidade das quantificações automáticas.

3.5. Padronização e Conversão de Métricas

Para viabilizar a conversão dos descritores de pixels para centímetros quadrados (cm^2), o algoritmo foi ajustado para identificar uma etiqueta de referência com dimensões conhecidas. Dado que a etiqueta possui geometria retangular, a conversão é realizada calculando-se a relação entre sua área em pixels e sua área real, tornando a medição independente do zoom ou da distância focal da captura.

A extração da etiqueta ocorre durante o pipeline de processamento, especificamente na etapa de remoção do background da imagem. Ao isolar os elementos de interesse, a cena é simplificada em dois grandes objetos: a palma forrageira e a etiqueta de referência. A validação dessa métrica foi realizada comparativamente com o software *ImageJ*, onde a região de interesse (ROI) e a escala real foram definidas manualmente para validar a regra de três aplicada pelo algoritmo.

Para garantir a precisão das dimensões das amostras de controle (folhas de bananeira), estas foram previamente medidas com um paquímetro, assegurando que cada recorte possuísse exatamente 100 cm^2 ($10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$) antes da aquisição das imagens.

4. Resultados e Discussão

O CarminCount foi submetido ao processamento de 109 imagens de amostras de palma forrageira, alcançando uma precisão média global de 90,94%. Este resultado indica que, de todas as instâncias classificadas pelo algoritmo como cochonilha, aproximadamente 91% correspondem de fato a uma cochonilha. A Tabela 2 traz apenas como exemplo o resultado em seis amostras, por limitações de espaço.

Tabela 2. Resultados da validação da precisão do algoritmo de PDI.

ID da Amostra	FP	VP	Total Detectado	Precisão (%)
_imgF	0	20	20	100,00%
_imgN	2	321	323	99,38%
_imgM	27	674	701	96,15%
_trat_b_1	5	63	68	92,65%
_imgL	69	557	626	88,98%
_imgA	3	2	5	40,00%
Total Geral	738	7.410	8.148	90,94%

Conforme apresentado na Tabela 2, a precisão média do sistema para as 109 amostras atingiu 90,94%. Entretanto, observa-se uma variação significativa em casos específicos, como na amostra `_imgA`, que apresentou apenas 40% de precisão. Este resultado baseado apenas em técnicas de processamento digital de imagens se mostrou compatível com técnicas de aprendizagem máquina, onde para o mesmo dataset de treino e metodologia de pré-processamento, [Vieira et al. 2025] obtiveram precisões equivalentes.

Essa discrepância revela que o algoritmo de PDI exibe uma sensibilidade maior a ruídos visuais, como espinhos, ranhuras nos cladódios/raquetes ou reflexos de brilho, quando a infestação é reduzida. Nestes cenários de baixa densidade, tais elementos são erroneamente classificados como cochonilhas (Falsos Positivos). Em contrapartida, em amostras com alta infestação, essas características morfológicas da planta tendem a ser sobrepostas pelas colônias de insetos, resultando em um incremento substancial na precisão de acerto, como observado nas amostras `_imgN` e `_imgM`.

A eficácia da conversão métrica foi comprovada através da análise de cinco imagens de controle. Utilizando as amostras previamente aferidas com paquímetro e validadas no *ImageJ*, estabeleceu-se o valor real de 100 cm² para cada folha. O processamento automatizado pelo *CarminCount* resultou em uma área média estimada de 96 cm², apresentando um desvio mínimo em relação ao valor real. O software foi utilizado por [Chagas 2024] para as análises do subprojeto Estratégia de Manejo para Controle da Cochonilha-do-Carmin (*Dactylopius opuntiae*) em Palma Forrageira no âmbito de [Araujo et al. 2020].

5. Conclusão

Este trabalho apresentou o *CarminCount*, um software alinhado aos princípios da Agricultura 4.0, desenvolvido para solucionar um gargalo crítico no melhoramento genético da palma forrageira: a quantificação manual da Cochonilha-do-Carmim, um processo tradicionalmente lento, laborioso e subjetivo. Ao automatizar a extração de métricas objetivas a partir de imagens digitais, o *CarminCount* possibilita uma avaliação padronizada, precisa e em larga escala. Dessa forma, a ferramenta contribui para o avanço científico e tecnológico na área, acelerando pesquisas, otimizando processos e fortalecendo a aplicação de métodos digitais no campo.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à EMPARN e à Embrapa Algodão pela parceria, bem como à Universidade Federal do Rio Grande do Norte pela concessão da bolsa do programa PIBITI PROPESQ (Iniciação Tecnológica) ao primeiro autor.

Referências

- Araujo, J., Costa, F., and Cavalcanti, T. (2020). Pesquisa e desenvolvimento tecnológico em melhoramento genético e controle de pragas e doenças direcionados para fortalecimento da cultura da palma no semiárido (INSA/MCTI). <https://sig.insa.gov.br/projetos/19/>. Acessado em: 09/02/2026.
- Berka, A., Hafiane, A., Es-Saady, Y., El Hajji, M., Canals, R., and Bouharroud, R. (2023). Cactivit: Image-based smartphone application and transformer network for diagnosis of cactus cochineal. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 9:12–21.

- Brasil, S. O. S., Ferreira, M. A. B., Lima, L. D., Lima, J. S., Soardi, K., and Anami, J. M. (2018). Palma forrageira: uma oportunidade socioeconômica para o semiárido brasileiro. *Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa – Congrega Urcamp*, pages 1339–1353.
- Chagas, M., Silva, E. C. S., Nascimento, S. M., Lima, G. F. C., and Lima, T. C. C. (2018). Cochonilha-do-carmim na palma forrageira: conheça a praga e as estratégias de controle. Technical report, EMPARN, Parnamirim, RN.
- Chagas, M. C. M. (2024). Relatório técnico (parcial) pesquisa e desenvolvimento tecnológico em melhoramento genético e controle de pragas e doenças direcionadas para fortalecimento da cultura da palma no semiárido. Technical report, EMPARN/INSA/MCTI, Natal, RN.
- Oliveira, F. M., Rodrigues, T. C., Teixeira, L. R. L., Oliveira, J. B., Santana, L. E. A. S., Chagas, M., and Silva, E. C. S. (2023). Palmas: apoio à decisão sobre o manejo integrado de cochonilha de escama na cultura da palma forrageira. In *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Agroinformática (SBIAGRO)*, Natal, RN. SBC.
- Pessl Instruments (2024). iSCOUT – METOS by Pessl Instruments. <https://metos.global/en/iscout/>.
- Plantix (2024). Plantix – seu médico agrícola. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.peat.GartenBank>. Acessado em: 05/02/2026.
- Rocha, J. E. (2012). *Palma forrageira no Nordeste do Brasil: estado da arte*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, DF.
- Santana, L. Oliveira, J. (2021). Agricultura 4.0 e o desenvolvimento de pesquisas de computação aplicada às ciências agrárias. <https://horizontes.sbc.org.br/index.php/2021/03/Agricultura-4-0-e-o-desenvolvimento-de-pesquisas-de-computacao-aplicada-as-ciencias-agrarias/>. Acessado em: 05/02/2026.
- Vieira, J., Oliveira, J. B., and Chagas, M. (2025). Machine learning for monitoring the spread of carmine cochineal on different accessions of forage palm plants. In *Anais do XVII Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional*, Belo Horizonte, MG. SBIA.
- Vieira, J. V. G., Oliveira, J., Chagas, M. C. M., and Pacheco, A. M. (2024). Carmin-count: sistema de auxílio à pesquisa em resistência à cochonilha do carmim. BR 512024002724-6.