

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA CONTORNO DE BORDAS E ENCAIXE INTELIGENTE DE COURO DE PEIXE

JÉSSICA EDUARDA FERREIRA
INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE
CAMPUS IBIRAMA SC- BRASIL
JESSICA02EF@GMAIL.COM

LANNA BEATRIZ GUEDES FEDRIGO
INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE
CAMPUS IBIRAMA SC- BRASIL
LANNABGP@GMAIL.COM

EDUARDO STAHNKE
INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE
CAMPUS IBIRAMA SC - BRASIL
EDUARDO.STAHNKE@IFC.EDU.BR

GABRIEL MURILO GONINO
INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE CAMPUS
IBIRAMA SC - BRASIL
GABRIEL.GONINO@IFC.EDU.BR

RODRIGO RAMOS NOGUEIRA
INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE
CAMPUS IBIRAMA SC -BRASIL
RODRIGO.NOGUEIRA@IFC.EDU.BR

ABSTRACT

Facing current environmental challenges, such as the discard of toxic waste and the wastage of raw materials, the search is growing for sustainable solutions to mitigate these problems. This paper aims to assist a rising project that seeks to create ecological pieces using fish skins as raw material. The objective is to develop software capable of optimizing the use of these skins. The application will utilize features such as automatic background removal and image fusion, as well as complementary functions like deletion of used images. With the implementation of the software, currently under development, the aim is to collaborate with sustainable initiatives focused on transforming fish skins into pieces of clothing and eco-friendly accessories, uniting technology with the quest for a more conscious future.

KEYWORDS

Sustainability; Fish skins; Software; Optimization; Ecological parts; Technology.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, os impactos ambientais causados pelo excesso de resíduos industriais e descarte inadequado de materiais têm sido o alvo da atenção de pesquisadores, empresas e comunidades. Com este cenário, a busca por soluções sustentáveis tem tido um grande crescimento; no setor da moda, por exemplo, surgem iniciativas voltadas à confecção de produtos ecológicos que reaproveitam materiais considerados resíduos e descartados por muitos. Segundo Costa e Broega (2022) [1], a indústria têxtil opera historicamente sob um modelo linear de produção e consumo, no qual o encurtamento do ciclo de vida dos produtos leva à geração crescente de resíduos — estimados em cerca de 4 milhões de toneladas anuais somente no Brasil —, evidenciando a urgência de transição para alternativas baseadas nos princípios da economia circular e do reaproveitamento de matérias-primas.

Nesse contexto, destaca-se o Projeto Peixário, uma iniciativa inovadora que propõe a transformação de peles de peixe em tecidos ecológicos destinados à confecção de acessórios e peças de vestuário sustentáveis [2]. Embora a utilização da pele de peixe na indústria da moda não seja inédita, sua aplicação tem ganhado maior visibilidade como alternativa ao couro tradicional, especialmente em propostas alinhadas aos princípios da

sustentabilidade. O projeto reúne uma equipe multidisciplinar composta por estudantes de administração, informática e vestuário, cada qual contribuindo em frentes como o planejamento do espaço, a automação dos aquários e a pesquisa sobre o beneficiamento da pele de peixe. Além disso, a iniciativa se alinha a múltiplos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, abrangendo desde a criação de peixes e o crescimento econômico até a preservação da biodiversidade e a adoção de práticas de tratamento ecológico.

A crescente valorização de materiais alternativos ao couro tradicional reflete uma mudança estrutural no setor têxtil, impulsionada tanto por pressões ambientais quanto por demandas de consumidores mais conscientes. Nesse cenário, a pele de peixe surge como uma matéria-prima promissora: abundante como subproduto da indústria pesqueira, biodegradável e capaz de gerar produtos de alto valor estético e comercial após o devido beneficiamento. Sua adoção representa, portanto, não apenas uma alternativa ecológica, mas também uma oportunidade de geração de renda e desenvolvimento local para comunidades pesqueiras.

No Brasil, essa prática também se faz presente. Conforme apresentado pela BBC News Brasil, na reportagem intitulada "Pele de peixe gigante da Amazônia vira bolsa de luxo, mas ganho não chega a pescadores", evidencia-se o uso da pele do pirarucu que, após passar por processos adequados de curtimento, é convertida em um couro de alta qualidade empregado na produção de bolsas, acessórios e artigos de moda de luxo, prática já incorporada, por exemplo, pela marca brasileira Osklen em suas coleções. A pele do peixe, habitualmente descartada como resíduo do processamento de filés, revela assim um potencial transformador: de subproduto descartado a material de alto valor agregado, capaz de gerar renda e impulsionar iniciativas sustentáveis. Por meio de técnicas apropriadas de tratamento e beneficiamento, essa matéria orgânica anteriormente ignorada passa a consolidar-se como alternativa viável e inovadora para o setor têxtil.

Entretanto, o projeto enfrenta um desafio atualmente: o alto desperdício de matéria-prima, causado pela dificuldade em aproveitar as peles de peixe com formatos irregulares. Visando solucionar este problema, o presente trabalho visa desenvolver um software que tem como principal objetivo a redução deste desperdício, através do uso de técnicas de visão computacional e processamento de imagem o sistema será capaz de realizar o contorno automático das bordas das peles e assim, propor encaixes inteligentes que minimizem o uso da matéria-prima.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A proposta deste trabalho articula três eixos temáticos principais: a visão computacional aplicada à detecção de bordas, o uso de tecnologia para otimização do aproveitamento de materiais têxteis, e o contexto do Projeto Peixario como iniciativa sustentável. A seguir, apresentam-se os trabalhos que embasam cada um desses eixos.

2.1 Detecção de Bordas e Segmentação de Imagens

A detecção de bordas é uma etapa fundamental em sistemas de visão computacional, sendo amplamente empregada em tarefas como segmentação de objetos, reconhecimento de padrões e análise de formas. Naiman et al. [4] propõem um método para identificar e ordenar pixels de borda em imagens digitalizadas com invariância à rotação, demonstrando que a caracterização precisa das bordas é suficientemente robusta para alimentar algoritmos de identificação e encaixe de peças. Uma abordagem diretamente alinhada à proposta deste trabalho, que busca encaixar peles de formatos irregulares.

Qi e Yang [5] investigam técnicas de segmentação de imagem e detecção de bordas baseadas em visão computacional, analisando o desempenho de diferentes abordagens em cenários com variação de iluminação e textura, condições similares às encontradas no processamento de imagens de peles de peixe. Os autores reforçam a eficácia de métodos baseados em gradiente, como o algoritmo Canny, para extração de contornos com precisão e baixo custo computacional.

Em uma perspectiva mais recente e inspirada na neurociência, Yang et al. [6] propõem um método bioinspirado de detecção de bordas e segmentos que modela múltiplas regiões do sistema visual humano. O método simula neurônios seletivos à orientação do córtex visual primário e secundário, alcançando melhor equilíbrio entre precisão e revocação na detecção de bordas em imagens naturais complexas, o que representa um avanço relevante frente aos métodos tradicionais baseados apenas em gradiente.

2.2 Visão Computacional Aplicada a Produtos de Origem Animal

A aplicação de visão computacional na análise de subprodutos de peixe tem precedentes diretos na literatura. Fjorden et al. [5] desenvolveram o sistema ScaleGuard, que utiliza modelos de detecção e segmentação de instâncias baseados em aprendizado de máquina para quantificar automaticamente a perda de escamas em salmões, um indicador de bem-estar animal na aquicultura. O sistema alcançou F1-score de 76,3% em imagens controladas e demonstrou alta capacidade de adaptação a imagens subaquáticas reais com poucos dados de treinamento, validando o uso de visão computacional para análise fina de características da pele de peixes.

A viabilidade dessas técnicas se estende a outros domínios. Estrada-Ruiz e Pérez-Garibay [4] empregaram redes neurais para estimar o diâmetro e a distribuição de bolhas em superfícies de espuma na mineração, demonstrando que modelos computacionais são capazes de extrair medidas métricas precisas a partir de imagens de superfícies irregulares e heterogêneas, contexto análogo ao das peles de peixe analisadas no presente trabalho. De modo semelhante, Qian et al. [7] desenvolveram uma aplicação para estimativa de produção de maçãs por smartphone utilizando

características de imagem e redes neurais artificiais, evidenciando a versatilidade e a escalabilidade de soluções de visão computacional aplicadas à análise de objetos orgânicos em ambientes não controlados.

2.3 Encaixe de Moldes e Otimização no Setor Têxtil

No campo do design de vestuário, Alves [10] investiga o processo de encaixe de moldes no tecido, propondo um protótipo funcional que visa minimizar o desperdício de matéria-prima durante o corte. A pesquisa demonstra que a otimização do encaixe é um problema de relevância prática consolidada na indústria têxtil e que soluções computacionais são caminhos promissores para sua resolução. Esse trabalho fundamenta diretamente a etapa de nesting inteligente prevista neste projeto.

Costa e Broega [1] contextualizam a urgência dessas soluções ao apontar que a indústria têxtil opera sob um modelo linear de produção, no qual o encurtamento do ciclo de vida dos produtos resulta na geração de aproximadamente 4 milhões de toneladas anuais de resíduos sólidos apenas no Brasil. Os autores argumentam que a adoção de princípios de economia circular e o reaproveitamento de materiais são caminhos indispensáveis para a transição do setor a práticas mais sustentáveis.

O próprio Projeto Peixário, descrito por Arndt et al. [2], consolida o contexto institucional deste trabalho. A iniciativa reúne estudantes de diferentes cursos do IFC-Campus Ibirama em torno de objetivos alinhados aos ODS da ONU, promovendo a transformação de peles de peixe em produtos ecológicos e evidenciando a demanda concreta por ferramentas tecnológicas que viabilizem esse processo de forma eficiente e com mínimo desperdício.

3 SOLUÇÃO PROPOSTA

Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa aplicada, de natureza experimental e caráter tecnológico, cujo resultado é um produto de software [3]. A metodologia adotada é fundamentada em estudos que demonstram a eficácia da visão computacional para a otimização de processos em diversas indústrias, direcionando essa base técnica para um problema concreto: o desperdício de matéria-prima no aproveitamento de peles de peixe utilizadas na confecção de tecidos ecológicos.

3.1 Metodologia

A metodologia empregada para identificar os contornos das peles de peixe adota uma abordagem orientada à precisão e à invariância à rotação, princípios essenciais para uma representação robusta de bordas irregulares [4]. A detecção é realizada pelo algoritmo Canny, técnica consolidada na literatura que, combinada com etapas de pré-processamento como a suavização de ruídos, responde adequadamente aos desafios impostos por variações de iluminação e textura presentes em diferentes cenários de imagem [5].

A viabilidade dessa abordagem para análise de subprodutos de peixe é ainda reforçada pelo sistema ScaleGuard [7], que demonstrou alta precisão na detecção e quantificação de perda de escamas em salmões por meio de visão computacional, validando o uso de técnicas similares para a análise do couro de peixe. A robustez dessas técnicas é igualmente evidenciada por aplicações bem-sucedidas em outros setores: na estimativa de produção agrícola a partir de imagens capturadas por smartphone [9] e na

extração de medidas métricas precisas em superfícies irregulares no contexto da mineração [8], contexto análogo ao das peles de peixe analisadas neste trabalho.

Para além do núcleo de processamento de imagem, a arquitetura do sistema conta com uma interface web desenvolvida em HTML5 e CSS3, que oferece ao usuário um ambiente intuitivo para submissão de imagens e visualização dos resultados. Os dados extraídos pelo processamento, como dimensões, área e vetores de contorno de cada pele, são armazenados e gerenciados em um banco de dados PostgreSQL. Esse repositório estruturado não apenas organiza o histórico das peles processadas, mas também serve de base para a etapa subsequente de otimização, fornecendo os insumos necessários para a implementação dos algoritmos de encaixe inteligente.

A Figura 1 apresenta a arquitetura do sistema proposta para o processamento e otimização do aproveitamento de peles de peixe, estruturada em um pipeline modular. Inicialmente, na etapa de entrada de dados, as imagens são submetidas por meio de uma interface web. Em seguida, no módulo de pré-processamento, são realizadas a conversão para escala de cinza e a suavização Gaussiana, visando reduzir ruídos e preparar os dados para análise. Na sequência, ocorre a detecção de bordas utilizando o algoritmo de Canny, complementado por operações morfológicas, possibilitando a extração precisa dos contornos das peles.

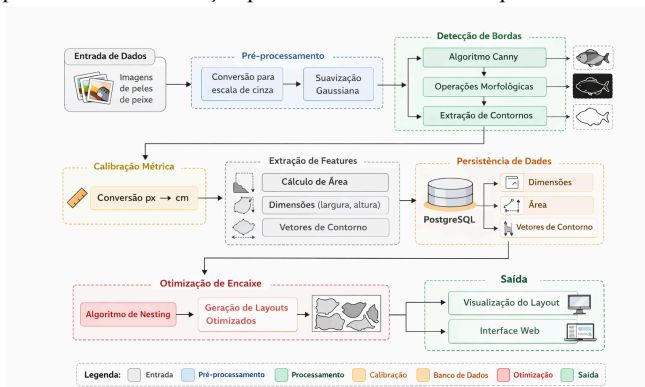


Figura 1: Arquitetura Proposta

Posteriormente, realiza-se a calibração métrica, convertendo medidas em pixels para unidades reais. As informações extraídas, como área, dimensões e vetores de contorno, são então armazenadas em um banco de dados PostgreSQL. A partir desses dados, o sistema executa a etapa de otimização de encaixe (nesting), gerando layouts otimizados para melhor aproveitamento da matéria-prima. Por fim, os resultados são disponibilizados ao usuário por meio da interface web, permitindo a visualização dos layouts gerados.

Dessa forma, o projeto converge para o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que, ao integrar processamento de imagem, armazenamento estruturado de dados e algoritmos de otimização, estabelece uma base tecnológica sólida para maximizar o aproveitamento de peles de peixe na produção de tecidos ecológicos, contribuindo diretamente para a redução do desperdício de matéria-prima no Projeto Peixario.

3.2 Desenvolvimento

A implementação do núcleo de processamento de imagem constitui a fundação técnica de todas as funcionalidades de otimização do sistema. Seu objetivo central é transformar uma imagem digital de uma pele de peixe, um dado originalmente não

estruturado, em um conjunto de informações métricas e geométricas precisas, passíveis de armazenamento e processamento computacional. Desenvolvido em Python com o auxílio da biblioteca OpenCV, o pipeline segue um fluxo lógico organizado em três etapas principais: pré-processamento da imagem, detecção de contorno e extração de medidas reais por meio de calibração matemática.

A. Etapa 1: Pré-processamento e Normalização da Imagem

Ao receber uma imagem via upload, o sistema primeiramente a converte para escala de cinza, o que significa reduzir a representação de cada pixel de três canais de cor (RGB: vermelho, verde e azul) para um único canal de intensidade luminosa. Essa conversão simplifica a análise, uma vez que os algoritmos de detecção de borda operam sobre gradientes de intensidade, e não sobre variações de cor.

Em seguida, é aplicado um filtro de suavização denominado Gaussian Blur, que opera por meio de uma convolução matemática. O filtro calcula a média ponderada de cada pixel em relação aos seus vizinhos, produzindo um leve borramento controlado da imagem. O propósito dessa etapa é eliminar ruídos de alta frequência, como a textura fina da própria pele ou pequenas sombras, que poderiam ser erroneamente interpretados como bordas pelo algoritmo nas etapas seguintes.

B. Etapa 2: Detecção de Contorno via Análise de Gradiente

Para esta etapa, foi empregado o algoritmo Canny Edge Detector. Em termos matemáticos, o algoritmo opera calculando o gradiente da função de intensidade da imagem em cada ponto. O gradiente é um vetor que aponta na direção da maior variação de intensidade, e sua magnitude indica quão abrupta é essa variação. Pontos com alta magnitude de gradiente são fortes candidatos a pertencer a uma borda.

O algoritmo refina essa detecção por meio de duas operações complementares: a supressão de não-máximos, que reduz as bordas à espessura de um único pixel, e a histerese, que utiliza dois limiares para conectar bordas fortes e descartar as fracas, resultando em um mapa de bordas limpo e preciso.

Por fim, para garantir que o contorno obtido seja uma linha perfeitamente fechada, são aplicadas operações morfológicas de dilatação, para conectar pequenos vãos entre segmentos, e de erosão, para refinar a espessura final da linha.

C. Etapa 3: Extração de Medidas Reais via Calibração Métrica

O contorno extraído, sendo uma forma irregular, é geometricamente abstraído por um retângulo de área mínima rotacionado (`cv2.minAreaRect`). Essa abordagem é matematicamente superior ao retângulo convencional por se ajustar à orientação natural da pele, fornecendo as dimensões de comprimento e largura com maior precisão. A conversão das medidas de pixels para centímetros é realizada por meio de uma calibração baseada em uma referência física conhecida, seguindo três passos:

- **Medição em Pixels:** Primeiro, o sistema calcula as dimensões do retângulo que envolve a pele (sua altura e largura) na unidade de medida da imagem, os pixels. Isso é feito usando a fórmula da distância Euclidiana, nesse contexto, (x_1, y_1) e (x_2, y_2) representam as coordenadas de dois vértices opostos do retângulo delimitador

na imagem. A fórmula calcula a distância real entre esses dois pontos no plano da imagem, retornando o comprimento do lado correspondente em pixels. Aplicada aos dois pares de vértices, ela fornece a altura e a largura do retângulo que envolve a pele. Sendo essa equação:

$$D = \sqrt{((x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2)}$$

- *Cálculo do Fator de Calibração:* a partir de uma medida real informada pelo usuário, o sistema identifica a maior dimensão em pixels e calcula o fator de conversão:

Fator de Conversão (px/cm) = Maior dimensão em pixels / Dimensão real em cm

- *Conversão para Medidas Reais:* com o fator obtido, as dimensões reais da pele são calculadas dividindo cada medida em pixels pelo fator de conversão:

Largura real (cm) = Largura (px) / Fator de Conversão

Altura real (cm) = Altura (px) / Fator de Conversão

De forma resumida pela Figura 2, o pipeline de processamento segue uma sequência lógica e progressiva: a imagem original da pele de peixe (A) é convertida para escala de cinza (B), eliminando as variações de cor e preservando apenas os gradientes de intensidade; em seguida, o filtro Gaussian Blur (C) suaviza ruídos e texturas irrelevantes; o algoritmo Canny então identifica as regiões de maior variação de intensidade, gerando o mapa de bordas (D); por fim, as operações morfológicas de dilatação e erosão refinam e fecham o contorno (E), que é utilizado para o cálculo das dimensões reais da pele via calibração métrica.

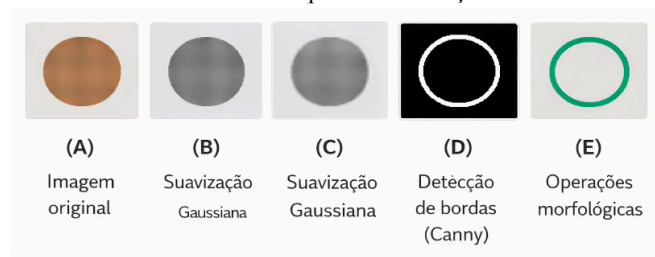


Figura 2: Pipeline de processamento de imagem aplicado à pele de peixe: (A) imagem original, (B) conversão para escala de cinza, (C) suavização por Gaussian Blur, (D) mapa de bordas pelo algoritmo Canny e (E) contorno final após operações morfológicas.

2.3 Resultados e Discussões

O desenvolvimento do software para contorno de bordas e encaixe inteligente de peles de peixe apresentou resultados positivos, demonstrando grande potencial de aplicação prática no Projeto Peixario.

Após os ajustes realizados no algoritmo de atribuições lógicas, o sistema passou a identificar corretamente as dimensões do retângulo delimitador, associando a maior medida ao comprimento (30,0 cm) e a menor à largura (11,5 cm). Como pode ser observado na Figura 1, o retângulo delimitador é sobreposto à imagem real da pele com as dimensões anotadas diretamente sobre a figura, evidenciando a capacidade do sistema de representar com fidelidade as proporções reais do material analisado e fornecer medições precisas e confiáveis ao usuário.

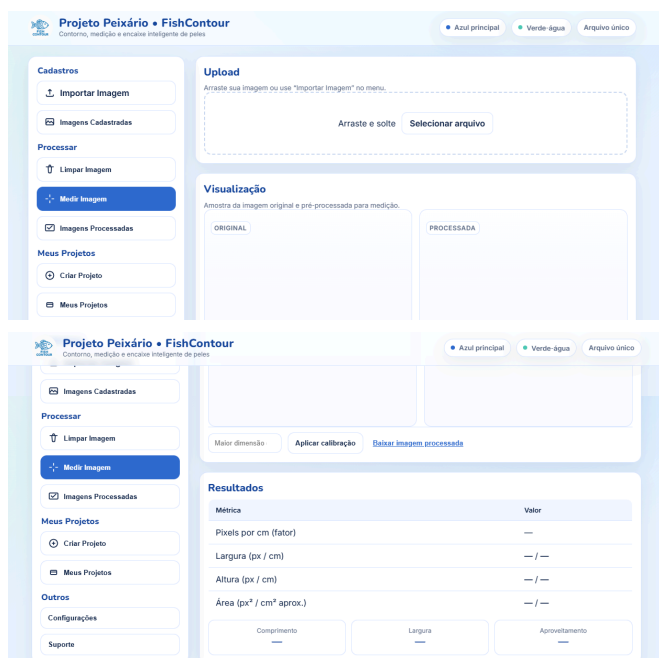
Com a obtenção desses resultados, foi possível constatar o potencial do sistema para aplicação prática no processo de aproveitamento de matérias-primas, destacando-se como uma ferramenta promissora para o desenvolvimento de técnicas automatizadas de corte e encaixe voltadas à produção sustentável de tecidos ecológicos.



Figura 3: Medição pelo algoritmo desenvolvido.

desenvolvida com foco na usabilidade e acessibilidade. Denominada FishContour, a aplicação web apresenta um menu lateral organizado em seções funcionais, sendo elas cadastros, processamento e projetos, que guiam o usuário de forma sequencial pelo fluxo de trabalho. A área principal é dividida em duas funcionalidades centrais: o upload da imagem, com suporte a arrastar e soltar, e a visualização comparativa entre a imagem original e a imagem pré-processada. Os resultados da calibração são exibidos em uma tabela estruturada com métricas como fator de conversão (px/cm), largura, altura e área aproximada da pele, conforme ilustrado na Figura 3.

A interface adota uma paleta de cores neutras com destaque em azul e verde-água, tipografia clara e linguagem direta, reduzindo a curva de aprendizado e tornando o sistema acessível mesmo a usuários sem familiaridade técnica. Essa estrutura, além de atender diretamente às necessidades do Projeto Peixario, tem potencial de aplicação em ambientes educacionais, funcionando como ferramenta didática que demonstra de forma prática a interseção entre tecnologia e sustentabilidade.



Figuras 2 e 3: Protótipo da interface do software em desenvolvimento.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento inicial de um sistema baseado em visão computacional voltado à otimização do aproveitamento de peles de peixe na produção de tecidos ecológicos. Diante dos desafios relacionados ao desperdício de matéria-prima e à necessidade de práticas mais sustentáveis na indústria têxtil, a solução proposta demonstrou relevância tanto tecnológica quanto ambiental, ao converter imagens não estruturadas da matéria-prima em medições geométricas precisas, capazes de subsidiar decisões de corte e aproveitamento de forma automatizada.

Os resultados obtidos evidenciam que o sistema é capaz de identificar corretamente os contornos das peles e calcular suas dimensões reais com fidelidade, representando um avanço concreto para o Projeto Peixario ao oferecer dados confiáveis para o controle de inventário e o planejamento produtivo. A interface web em desenvolvimento reforça o compromisso com a acessibilidade e a usabilidade, ampliando o alcance da ferramenta para além do contexto industrial, com potencial de aplicação também em ambientes educacionais.

Como trabalhos futuros, prevê-se o desenvolvimento do algoritmo de encaixe inteligente (nesting), a integração completa com o banco de dados PostgreSQL e a consolidação da interface web, etapas que ampliarão significativamente o potencial de aplicação prática e sustentável do sistema.

REFERÊNCIAS

- [1] COSTA, Junior de Jesus; BROEGA, Ana Cristina. A economia circular e a sustentabilidade dos materiais na indústria da moda. *Revista de Ensino em Artes, Moda e Design, Florianópolis*, v. 6, n. 3, p. 1–26, 2022.
- [2] ARNDT, Jennifer Aparecida et al. Peixário Interdisciplinar: Um Ambiente para Inovações Pedagógicas no IFC-Campus Ibirama. *Anais da Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI)*, e-ISSN 2316-7165, v. 1, n. 16, 2023.
- [3] JUNIOR, Vanderlei Freitas et al. A pesquisa científica e tecnológica. *Revista*

- ESPACIOS, v. 35, n. 9, 2014.
- [4] A. Naiman et al., "Edge detection and characterization of digitized images," *Pattern Analysis and Applications*, London, vol. 26, no. 1, pp. 61–72, 2023.
- [5] J. Qi and H. Yang, "Research on image segmentation and edge detection technology based on computer vision," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1994, no. 1, p. 012035, 2021.
- [6] D. Yang et al., "A bio-inspired edge and segment detection method by modeling multiple visual regions," *The Visual Computer*, Heidelberg, vol. 41, no. 9, pp. 3173–3188, 2025.
- [7] FJORDEN, Thomas et al. Image-based quantification of scale loss in fish using machine learning and computer vision. In: *Seventeenth International Conference on Machine Vision (ICMV 2024)*. SPIE, 2025. p. 284-293.
- [8] ESTRADA-RUIZ, R. H.; PÉREZ-GARIBAY, R. Neural networks to estimate bubble diameter and bubble size distribution of flotation froth surfaces. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, v. 109, n. 7, p. 441-446, 2009.
- [9] QIAN, Jianping et al. A smartphone-based apple yield estimation application using imaging features and the ANN method in mature period. *Scientia Agricola*, v. 75, p. 273-280, 2018.
- [10] A. S. Alves, Design do vestuário: protótipo funcional para o encaixe de moldes no tecido. *Dissertação (Mestrado)* – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.