



Ciência, tecnologia e inovação:

GERAÇÃO DE EMPREGO E DEMOCRATIZAÇÃO DE OPORTUNIDADES 2

Elói Martins Senhoras

(Organizador)



Ciência, tecnologia e inovação:

GERAÇÃO DE EMPREGO E DEMOCRATIZAÇÃO DE OPORTUNIDADES 2

Elói Martins Senhoras

(Organizador)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade de Coimbra

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
 Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
 Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
 Prof^ª Dr^ª Caroline Mari de Oliveira Galina – Universidade do Estado de Mato Grosso
 Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
 Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
 Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
 Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
 Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
 Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
 Prof^ª Dr^ª Geuciane Felipe Guerim Fernandes – Universidade Estadual de Londrina
 Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
 Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
 Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
 Prof. Dr. Jodeyson Islony de Lima Sobrinho – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
 Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
 Prof^ª Dr^ª Juliana Abonizio – Universidade Federal de Mato Grosso
 Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
 Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
 Prof^ª Dr^ª Kátia Farias Antero – Faculdade Maurício de Nassau
 Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná
 Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
 Prof^ª Dr^ª Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre
 Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais
 Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Prof^ª Dr^ª Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande
 Prof^ª Dr^ª Marcela Mary José da Silva – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campina
 sProf^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
 Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
 Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 aProf^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
 Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
 Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
 Prof^ª Dr^ª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Federal da Bahia / Universidade de Coimbra
 Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciência, tecnologia e inovação: geração de emprego e democratização de oportunidades 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Elói Martins Senhoras

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
C569	<p>Ciência, tecnologia e inovação: geração de emprego e democratização de oportunidades 2 / Organizador Elói Martins Senhoras. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0926-7 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.267232401</p> <p>1. Tecnologia. 2. Ciência. 3. Inovação. I. Senhoras, Elói Martins (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 601</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O objetivo desta obra, intitulada “Ciência, tecnologia e inovação: Geração de emprego e democratização de oportunidades 2” é apresentar uma agenda temática para a promoção de novos produtos e serviços que potencializem o desenvolvimento econômico com base no rompimento dos ciclos de estabilidade e na conformação de dinâmicas ruptivas ou incrementais nos circuitos de produção.

Partindo deste contexto corrente de fluidez e complexidade, o objetivo desta obra é ampliar os debates temáticos com um enfoque pluralístico, fundamentando-se em um trabalho coletivo de autores que valorizam em suas pesquisas a riqueza empírica da realidade de um conjunto de estudos de caso nos quais há oportunidades para se impulsionar a ciência, a tecnologia e a inovação.

O trabalho realizado pelos profissionais envolvidos neste livro somente foi possível em razão do trabalho coletivo arquitetado de modo colaborativo a várias mãos por pesquisadores com diferentes *expertises* profissionais e formações acadêmicas, oriundos de distintas instituições de ensino superior, os quais compartilham o comum interesse pela ciência, tecnologia e inovação.

Estruturado em quatro capítulos que se fundamentam na pluralidade teórica e metodológica do pensamento, esta obra de coletânea apresenta o ecletismo como paradigma teórico-metodológico, utilizando-se de revisão bibliográfica e documental como procedimentos de levantamento de dados, bem como hermenêutica e análise gráfica e estatística como procedimentos principais na interpretação e análise de dados.

A natureza exploratória, descritiva e explicativa dos capítulos do presente livro combina distintas abordagens quali-quantitativas, paradigmas teóricos e recortes metodológicos de levantamento e análise de dados primários e secundários, os quais proporcionam uma imersão aprofundada em uma agenda eclética de estudos sobre a aplicação empírica da ciência, tecnologia e inovação.

Conclui-se para apreciação de leitura que uma pontual visão da ciência, tecnologia e inovação é ofertada, fundamentada em relevantes análises de estudos de casos que corroboram teórica e empiricamente para a produção de novas informações e conhecimentos sobre janelas de oportunidade para a promoção da inovação como elemento de rompimento dos ciclos de estabilidade e de fomento a novas dinâmicas de produção e acumulação.

Excelente leitura!

Elói Martins Senhoras

CAPÍTULO 1	1
CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA CADEIA AGROINDUSTRIAL DO COCO VERDE	
Elói Martins Senhoras	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2672324011	
CAPÍTULO 2	16
FIBRAS MICROALGAIS: DA PREPARAÇÃO À CARACTERIZAÇÃO	
Jéssica Cristine Viera Machado Santini	
Kéllen Francine Anschau	
Liana da Silva Fernandes	
Luiz Fernando Rodrigues Junior	
Sérgio Roberto Mortari	
Michele Rorato Sagrillo	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2672324012	
CAPÍTULO 3	18
PLANEJAMENTO ESTOCÁSTICO NA LAVRA DE MINAS - UMA ABORDAGEM INOVADORA	
Vidal Félix Navarro Torres	
Tais Renata Câmara	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2672324013	
CAPÍTULO 4	28
ESTUDO MORFOMÉTRICO DE LESÕES CUTÂNEAS ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO E SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS	
Daniela Bastos	
Paulo José dos Reis	
Ana Paula Winyk	
Tania Toyomi Tominaga	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2672324014	
SOBRE O ORGANIZADOR	44
ÍNDICE REMISSIVO	45

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA CADEIA AGROINDUSTRIAL DO COCO VERDE

Data de aceite: 02/01/2023

Elói Martins Senhoras

Economista, cientista político e geógrafo. Doutor em Ciências. Post-doc em Ciências Jurídicas. Professor da Universidade Federal de Roraima (UFRR).

Pesquisador do think tank IOLEs
<https://orcid.org/0000-0002-4202-3855>
<http://lattes.cnpq.br/5667363480329882>

Uma versão prévia do presente capítulo foi publicada em: SENHORAS, E. M. "Oportunidades da Cadeia Agroindustrial do Coco Verde Do coco verde nada se perde, tudo se desfruta". *Revista Urutágua*, n. 5, dezembro/março, 2004.

RESUMO: Nos últimos anos, especial atenção vem sendo dada para minimização ou reaproveitamento de resíduos sólidos gerados nos diferentes processos industriais. Os resíduos provenientes da indústria e comércio de alimentos envolvem quantidades apreciáveis de casca, caroço e outros elementos. Esses materiais, além de fonte de matéria orgânica, servem como fonte de proteínas, enzimas e óleos essenciais, passíveis de recuperação e aproveitamento. O aumento crescente no consumo do coco verde e a

vocação natural para a industrialização de sua água vem aumentando a geração do rejeito, que corresponde a cerca de 85% do peso do fruto. Dessa forma, o presente trabalho valida a hipótese do aproveitamento do resíduo do coco verde através de uma cadeia agroindustrial para a geração de novos produtos, de maneira a criar mecanismos de reciclagem e uma alternativa a mais de lucro para os sítios de produção. Com essa discussão proposta são fornecidos os subsídios para a utilização de toda a potencialidade de geração e uso dos subprodutos do coco verde, que se revela como uma genuína política pública eco-eficiente e sócio-ambientalmente responsável do setor privado, potencial de geração de oportunidades de trabalho e renda e por conseguinte contribuindo com soluções para o desenvolvimento econômico da empresa rural.

PALAVRAS-CHAVE: Cadeia agroindustrial, coco verde, reciclagem, resíduos sólidos.

ABSTRACT: In the past years, special attention has been focused to the minimization and to the recycling of solid residues generated in different industrial places. The residues originated from the industry and from the food commerce

involve appreciable quantities of shell, lump and others elements. These materials subjected to recuperation and reutilization are sources of organic matter, proteins, enzymes and essential oils. The higher increase in the consumption of the green coconut and the natural vocation for the industrialization of its water has increased the generation of trash, that corresponds to around 85% of the weight of the fruit. Taking these considerations as granted, this paper validates the hypothesis of the utilization of the residues of the green coconut through the generation of new products, and the implications to create recycle mechanisms and a more profitable alternative to the production sites. Throughout the proposed discussion subsidies are supplied to the use of all the generation potential and the use of sub-products of the green coconut, that are revealed as genuine echo-efficient public policies and socio-environmental responsible actions of the private sector, opening work and income opportunities and consequently contributing with solutions to the economic development of the rural enterprises. **KEYWORDS:** Agro-industrial chain, green coconut, recycle, solid waste.

1 | INTRODUÇÃO

O aprofundamento na utilização dos recursos produtivos, potencialmente aproveitáveis, mas que no momento são tratados como resíduos numa nítida indicação de desperdício, merece mais que uma simples reflexão passageira, pois no setor agroindustrial não há o reconhecimento pela sociedade como sendo um setor que polui o meio ambiente.

A partir dessa problemática de oportunidades justifica-se cada vez mais a necessidade de se falar de meio ambiente a partir de novas formas de atuação no que se refere aos aspectos econômicos e empresariais por meio de propostas do aproveitamento dos resíduos de coco verde que resultem em inúmeros novos produtos.

O coco apresenta inúmeras vantagens na sua utilização, que além de ser um material ecológico e facilmente reciclável, pertencente à família das fibras duras, tem como principais componentes a celulose e o lenho que lhe conferem elevados índices de rigidez e dureza, encontrando-se perfeitamente vocacionada para os mercados de isolamento térmico e acústico, face às suas características, que a tornam num material versátil, dada a sua resistência, durabilidade e resiliência.

Se o rejeito da indústria convencional do coco maduro pode ser usado como combustível para caldeiras, ou na manufatura de cordoalha, tapetes, estofamentos e capachos, estudos mais recentes sugerem ainda a utilização do resíduo da casca verde na agricultura intensiva, principalmente no cultivo de plantas ornamentais e hortaliças; na indústria de papel; na engenharia de alimentos para complementação alimentar humana e animal e na produção de enzimas; na indústria de construção civil e em matrizes poliméricas, o aproveitamento da casca do coco verde, gerado tanto como resíduo industrial quanto como lixo urbano, significaria mais uma alternativa de lucro para os sítios de produção.

Perante estes fatos, este capítulo tem por objeto oferecer a esse mercado uma alternativa para o aproveitamento de resíduos do coco verde, transformando-os em novos

produtos. Uma das metas principais deste projeto, portanto, é propor um uso adequado do coco verde, para terminar com as restrições de reaproveitamento, seja por apresentar muita umidade ou por não ter características tão atraentes quanto ao coco maduro.

Acrescente-se a isso, nada mais consistente que percorrer esse processo com base na metamorfose de conceitos, fazendo com que os denominados resíduos do coco verde, atualmente considerados lixo, desperdício e ameaça ambiental, sejam transformados em matérias-primas de processos produtivos de mercadorias sofisticadas, ou seja, em oportunidades de geração de riqueza e de postos de trabalho ao longo de uma cadeia agroindustrial composta por: i) Produtor; ii) Indústria de Processamento; iii) Indústria de Resíduo; e finalmente, iv) Consumidor.

2 I EMPRESA RURAL, MEIO AMBIENTE E APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS

Com o desenvolvimento das tecnologias limpas, o adequado respeito ao meio ambiente deixou de ser associado ao risco empresarial e o custo econômico extra passou a ser interpretado como oportunidade de mercado e lucro. Os “eco-produtos” são um mercado promissor para as empresas rurais, pois a modificação do conceito de qualidade de vida e do produto, que agora deve ser ecologicamente viável, tem influenciado as novas preferências dos consumidores por “produtos verdes”.

Diante disso, o aprofundamento das mudanças estruturais pelo desenvolvimento da cadeia agroindustrial do coco verde passa pela intensificação da utilização dos recursos produtivos, de modo que a fronteira disponível para esse incremento situa-se dentro da própria estrutura produtiva já implementada, aprimorando processos e, principalmente, transformando em oportunidades as ameaças, como é o caso representado pelos resíduos agroindustriais.

Esses resíduos, enquanto matérias primas não utilizadas, apresentam custos de desova importantes para a sociedade. Aproveitá-los é condição inexorável do avanço da cadeia agroindustrial do coco verde, gerando oportunidades de trabalho e de renda, ou seja, ampliam-se com isso as bases sociais da produção e riqueza.

Há que se destacar o sentido de complementaridade do aprofundamento do desenvolvimento da cadeia agroindustrial do coco verde representado pela utilização econômica dos resíduos, reciclando-os para o uso produtivo.

O próprio sentido da 1ª Revolução Industrial, uma verdadeira revolução agroindustrial, mostra bem esse aspecto pela revelação dos impactos sobre a vida humana do uso generalizado dos têxteis com tecidos de algodão barato e lavável, associado a um subproduto importante representado pela disseminação do sabão feito de óleos vegetais. O desenvolvimento ao limite das potencialidades de transformação para uso produtivo dos vários produtos derivados do algodão em caroço, representados pela pluma que seria fiada para se fabricar tecidos, pelo línter usado em fios especiais, pelo caroço que passou a ser esmagado para produção de farelo para arraçoamento animal e óleo vegetal para uso culinário ou fabricação de produtos de higiene, transformou o algodão em caroço numa matéria-prima bruta capaz de mover uma imensa gama de fábricas, a partir de seus vários subprodutos. Denominar os demais subprodutos de resíduos da produção de fibra significa ignorar as importâncias específicas e seus impactos sobre a vida humana.

Ao aprofundar o processo de uso do coco verde, ao mesmo tempo em que se reduzem os impactos perversos sobre o meio ambiente e as pressões sobre outros recursos naturais, amplia-se a sustentabilidade agro-sócio-econômica, gerando oportunidades de trabalho, de incremento da renda e de alargamento da base de consumo.

Um exemplo nacional importante pode ser dado citando-se a cadeia de produção sucroalcooleira paulista. Com a expansão canavieira para dar conta da produção de álcool combustível com a implementação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) da metade dos anos 70 em diante, a grande incógnita era o destino do vinhoto e do bagaço de cana. O vinhoto transformou-se em fertilizante que permite o retorno à terra de nutrientes fundamentais, enquanto que o bagaço se converteu num subproduto de várias destinações como volumoso para ração animal ou como combustível na geração de energia. A levedura de fundo de dorna e a ponta de cana são elementos complementares na alimentação de bovídeos em confinamento. Dessa maneira, desenvolveu-se uma série de alternativas que conferem grande valor econômico a esses subprodutos.

Em outro agronegócio paulista, o de sucos cítricos, os números da exportação de 1998 mostram o suco de laranja concentrado congelado gerando US\$ 1,3 bilhão e os pellets de bagaço US\$ 104 milhões, ou seja, o segundo produto da fruticultura brasileira na geração de divisas, superior a todo complexo nordestino de frutas secas. Portanto, esses dois casos de sucesso elucidam a importância do aproveitamento de resíduos, e ilustram quais as possibilidades quanto a reciclagem do coco verde, na transformação em novos produtos.

Box I - Empresas rurais bem-sucedidas no aproveitamento de resíduos

Fonte: Elaboração própria.

2.1 Incentivos para o aproveitamento de resíduos do coco verde

O elemento de universalidade do processo de desenvolvimento econômico da cadeia agroindustrial do coco está nas distintas capacidades de transformar as oportunidades de aproveitamento dos resíduos em diversos complexos produtivos, criando e consolidando segmentos de emancipação de tarefas antes restritas.

Nesse processo de reconceitualização dos resíduos como o status de subprodutos estratégicos de novas “indústrias”, transformando constantemente ameaças ambientais em oportunidades, existem certos incentivos econômicos que se fazem mister; aí o tem o Estado sua importância.

Não obstante, na cadeia agroindustrial do coco verde, existem alguns incentivos tradicionais trazidos pelo Estado brasileiro para a exploração das fibras, que são garantidos pela Lei cinquentenária no 594, de 24 de Dezembro de 1948, ainda em vigor.

Não se pode renegar que é preciso traduzir essas oportunidades em propostas concretas em nível microeconômico e para tal, faz-se necessário refletir sobre as políticas públicas necessárias a incentivar o crescimento responsável ambientalmente e socialmente, em especial com a criação de pequenas empresas especializadas em identificar nichos e

oportunidades potenciais dos resíduos de coco verde.

Ademais, em um mundo globalizado, as parcerias comerciais se fazem cada vez mais necessárias, de forma que a fibra de coco, tratando-se de uma commodity internacional e a base de diversos novos eco-produtos pode unir o país com diversos outros países para se realizar bons negócios de comércio e transferência tecnológica.

Como os gargalos tecnológicos são pontos de estrangulamento de natureza técnica na cadeia agroindustrial do coco verde, o que impede o seu desenvolvimento através da utilização de resíduos, a criação de um ambiente de comunicação entre os agentes envolvidos, para o conhecimento e a identificação de problemas tecnológicos específicos e a motivação desses atores para resolver esses problemas e aproveitar as oportunidades identificadas é função essencial do Estado, através da utilização de uma política agroindustrial para esse segmento, com a integração da iniciativa privada, agências de pesquisas, universidades e até mesmo, parcerias internacionais como no caso indiano.

Uma das iniciativas bem sucedidas de articulação dos elos da cadeia produtiva do coco maduro e verde para a utilização de resíduos é o Programa POEMA[1] - Pobreza e Meio Ambiente na Amazônia, da Universidade Federal do Pará. A cadeia produtiva do coco envolve, na produção, cerca de 5.000 pessoas de 17 comunidades rurais. A extração da fibra se dá em 7 agroindústrias comunitárias no interior do Estado do Pará, que comercializam o produto diretamente no mercado local, para a indústria POEMATEC. A comercialização da linha de jardinagem beneficia as comunidades rurais e é, hoje, um incentivo para o uso de materiais recicláveis. A utilização do látex vem dando um novo impulso para a produção de borracha, servindo como insumo importante para as peças produzidas. Além de todos os atores envolvidos diretamente no projeto, ele somente pode ser explicado com um caso bem sucedido, devido aos incentivos fiscais ao longo de toda a cadeia do coco assegurados pelo Governo do Pará, concedendo diferimento e redução fiscal nas operações com o produto final e isenção para máquinas e equipamentos. Ao conceder os benefícios, a meta foi incentivar a diversificação da produção e melhorar o padrão de qualidade dos produtos, além de ter garantido mais emprego e renda para a população pobre local.

Box II – Exemplo de uma cadeia agroindustrial bem-sucedida no aproveitamento do coco

Fonte: Elaboração Própria. Baseada em POEMA (2002).

3 I APROVEITAMENTO DO COCO VERDE: TRANSFORMANDO A AMEAÇA DOS RESÍDUOS EM ALTERNATIVAS ECO-EFICIENTES

No Brasil, aproximadamente 85% da produção nacional de cocos são comercializados como seco: a metade é para uso culinário e o restante é industrializado, obtendo-se uma série de produtos como leite, sabão, óleo etc. Cerca de 15% da produção é consumida ainda verde para extração de água que também é industrializada.

Entretanto, nos últimos anos, principalmente a partir da década de 90, com a conscientização da população para os benefícios dos alimentos naturais, verificou-se um grande crescimento da exploração do coqueiro anão, visando a produção do fruto verde, para o consumo de água, que é um produto natural de excelentes qualidades nutritivas.

O mercado de água de coco verde tem crescido mundialmente nos últimos anos devido à valorização de alimentos saudáveis e naturais. Segundo o Sindicato dos Produtores de Coco Verde, em 1998, cerca de 1,4% do mercado de refrigerantes e bebidas era relativo ao consumo de água de coco verde.

Portanto, os rejeitos do coco verde geram volumes significativos e crescentes de material, que atualmente é enterrado em lixões, causando problemas, especialmente em grandes centros urbanos (ROSA, 1998).

Porém, nos dias atuais, toda a experiência histórica internacional da utilização da fibra de coco, pode ainda nos dar bons exemplos de mercadorias eco-eficientes para a produção segundo as tecnologias hodiernamente existentes, haja vista que a geração de conhecimentos para aprimorar-se o aproveitamento dos resíduos do coco verde representa outra diretriz básica para o sucesso da empreitada de obter-se o máximo benefício dessa dada matéria-prima bruta. Nos próximos itens serão discutidas as possibilidades de aproveitamento do coco verde em sua cadeia agroindustrial através de diversos tipos de tecnologias já disponíveis.

3.1 Utilização do coco verde na produção de mantas e telas para proteção do solo

A fibra do coco verde ou maduro pode ser empregada na área agrícola como matéria-prima para a proteção de solos, no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas.

A fibra, tecida em forma de manta é um excelente material para ser usado em superfícies sujeitas à erosão provocada pela ação de chuvas ou ventos, como em taludes nas margens de rodovias e ferrovias, em áreas de reflorestamento, em parques urbanos e em qualquer área de declive acentuado ou de ressecamento rápido (ARAGÃO, 2002).

As mantas e telas utilizadas na bem sucedida recuperação de áreas degradadas têm lenta decomposição, protegem o solo diminuindo a evaporação aumentando a retenção de umidade, protegendo e aumentando a atividade microbiana do solo e, conseqüentemente, criando as condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal.

O sistema de telas e mantas biodegradáveis tem a vantagem de proporcionar a rápida recuperação do solo e a um baixo custo, se comparado com outros sistemas. Tem ainda a vantagem de ser incorporado ao terreno com o passar do tempo, diminuindo o impacto gerado sobre o meio ambiente. Pode-se salientar também os ganhos estéticos para a paisagem logo após a instalação dos mesmos.

As mantas podem também trazer as sementes de gramíneas incorporadas às fibras, as quais germinarão tão logo sejam fixadas no solo e regadas regularmente. Existem ainda redes orgânicas tecidas com fibra de coco verde, em cujas malhas é feito o plantio da espécie vegetal desejada.

3.2 Utilização da fibra de coco verde na biotecnologia e agricultura

O resíduo da fibra de coco verde como substrato de cultivo tem sido utilizado com êxito. As razões de sua utilização são suas extraordinárias propriedades físicas, sua facilidade de manejo e sua característica ecológica.

A fibra de coco é uma matéria-prima para elaborar substratos que se destaca por elevada estabilidade e capacidade de retenção de água, assim como uma boa aeração.

Concretamente para a técnica hidropônica é comprovado que a fibra de coco verde tem necessidades nutritivas inferiores aos tecidos minerais que normalmente se empregam para este tipo de cultivo.

A fibra de coco utilizada como componente de substratos a base de turfa proporciona uma alta capacidade de retenção de água, uma elevada aeração do sistema radicular, assim como uma grande estabilidade dos valores de pH e condutividade elétrica do meio.

A utilização da fibra de coco verde como substrato para o crescimento de plantas tem sido pesquisada e os resultados mostram que as plantas que crescem em substratos contendo fibra de coco apresentam altas produções e qualidade em relação a outros substratos como areia, ou xaxim, portanto tratando-se de um produto ecológico.

A transformação da casca do coco verde em pó é também uma alternativa ecologicamente correta e adequada a um substrato agrícola. O pó do coco usado pela agricultura no mercado internacional chega a custar US\$ 250 a tonelada.

3.3 Utilização da fibra de coco na produção de papel

O consumo de papel derivado da indústria madeireira é uma das causas de desflorestamento no mundo, o que ilustra a preocupação de encontrar alternativas não-madeireiras, tal qual o retorno de resíduos agrícolas como fonte primária para a fabricação de papel.

Estima-se que os países em desenvolvimento têm um papel fundamental neste processo, pois neles se encontram disponíveis uma cifra de 2.500 milhões de toneladas de resíduos da produção agrícola e agroindustrial.

Diante dessa preocupação, a utilização da casca do coco verde pode representar uma considerável porcentagem de matéria-prima para a indústria de papel e celulose, haja vista que dentro dos padrões industriais, se considera que um material vegetal é apto para a produção de papel quando apresenta uma porcentagem de 33% de celulose, componente básico na elaboração deste produto.

Conforme pesquisa desenvolvida pelo engenheiro Fred Albán, do Departamento de Materiais da Universidad del Valle, da Colômbia e os estudantes Hector Caviedes e Walter Rojas do Curso de Engenharia Química da mesma instituição, a celulose presente na casca do coco verde é ao redor de 35% (VIDAL, s.d.).

A fibra principal, da qual se extrai a polpa, é muito curta, o que impossibilita a sua

utilização como matéria-prima única para a produção de papel. Ela deve ser mesclada com outro tipo de polpa que possua fibras cumpridas, que são as que dão a resistência e flexibilidade do papel. Dessa maneira, associada com outros materiais, obtém-se uma ampla gama de papéis, com diferentes cores, texturas, espessuras e aparências.

Utilizando-se como fonte de fibra celulósica a casca de coco verde, a mescla de polpa permite a utilização de menor quantidade de polpas extraídas de madeiras como pinheiros e eucaliptos, reduzindo assim o tempo de corte das árvores e por conseguinte, ampliando a quantidade de papel produzido ou diminuindo a área de plantio.

Não obstante, existem limitações quanto ao planejamento e a gestão logística, uma vez que devem ser trabalhados conforme as diferentes regiões a serem adotados os projetos de integração entre a indústria de papel e celulose e a cadeia agroindustrial do coco verde. Dessa maneira, fatores como a dispersão dos resíduos, coleta e transporte causam impactos que devem ser minimizados ou racionalizados.

Indubitavelmente, a prospecção tecnológica na indústria de papel e celulose pode produzir excelentes resultados à curto e médio prazos, quando utilizado o aproveitamento da casca do coco verde, que atualmente causa graves problemas ambientais.

3.4 Utilização da fibra de coco verde na engenharia de alimentos & zootecnia

3.4.1 Utilização da fibra de coco no enriquecimento de alimentos para a alimentação humana

Como o desenvolvimento tecnológico mundial avança cada vez mais no caminho dos processos biotecnológicos, devido à irreversível tendência de prevalência das políticas ambientais, a substituição de processos químicos convencionais por processos enzimáticos torna o desenvolvimento e o aprimoramento desta tecnologia de suma importância.

O aumento das técnicas de imobilização de enzimas em substratos permitiu que os processos obtidos por esta técnica alcançassem preços mais competitivos.

Uma das alternativas para a casca de coco verde poderia ser o seu aproveitamento em processos fermentativos, com a produção de enzimas. Como a maioria dos rejeitos agroindustriais, estes materiais contêm grande quantidade de compostos como celulose, hemicelulose, pectina e outros, não havendo necessidade de grandes complementações nutricionais para o adequado desenvolvimento microbiano. Estes compostos funcionam como indutores para a produção de enzimas extracelulares, tais como celulases, xilanasas, pectinases e outras (COELHO *et al.*, 2001).

No campo da comercialização de enzimas, o Brasil é ainda, basicamente consumidor de produtos importados, o que insere o potencial do coco verde, como uma arma estratégica para o aproveitamento de suas fibras e como alavanca para o desenvolvimento de uma indústria de enzimas nacional.

Portanto, investir no aproveitamento da casca de coco verde para a produção de

enzimas significa se inserir em um mercado de tecnologia enzimática que movimenta, anualmente, cerca de 2 bilhões de dólares. Tal montante justifica-se pelo interesse gerado por processos que envolvem tecnologia de baixo custo energético, com menor impacto ambiental e que utiliza matérias-primas renováveis, adequando-se ao reaproveitamento de subprodutos da agroindústria.

3.4.2 Utilização da fibra de coco verde em complementação alimentar animal

A América Latina produz mais de 500 milhões de toneladas de subprodutos e resíduos agroindustriais. O Brasil produz mais desta metade. Embora esses materiais volumosos sejam pobres em nutrientes, eles podem suprir em parte as necessidades energéticas dos animais, se previamente tratados e melhorados para este fim.

O Brasil como país tropical, apresenta excelentes condições para a exploração de ruminantes em pastagens, porém em determinados períodos do ano, a dificuldade de adquirir alimentos volumosos em regiões áridas e semiáridas, em épocas secas, torna-se uma árdua e difícil tarefa para muitos produtores rurais. Neste contexto, aparecem os resíduos e os subprodutos agropecuários, como as palhas, o bagaço de cana-de-açúcar e a fibra do coco verde, que podem oferecer excelente opção como alimentação alternativa para os ruminantes, já que sendo animais poligástricos, possuem um aparelho digestivo especial, capaz de converter resíduos e subprodutos agropecuários sem utilidade alguma na alimentação humana, em carne, leite, lã, etc.

Segundo pesquisas, em nível mundial o coco é mais conhecido por suas propriedades oleaginosas. Depois de extraído o óleo da polpa, ou copra, o resíduo, também chamado de torta, é empregado na alimentação de animais, por ser uma ração rica, com 20 por cento de proteína. (SIMÕES, 2002).

Porém, existe um alerta sobre a utilização dos cocos verdes, esses alimentos podem apresentar uma baixa digestibilidade, possuem frequentemente pouca palatabilidade, razão pela qual sua ingestão voluntária é limitada. Isto dificulta o atendimento das necessidades dos animais que as consomem, quando administradas como fonte única de nutrientes. Materiais lignocelulósicos, mesmo o coco sendo verde, quando são administrados na alimentação animal, sem um prévio tratamento, proporcionam insuficientes quantidades de minerais, energia e proteínas para manter sequer o peso corporal dos animais.

Existem algumas maneiras práticas de melhorar o aproveitamento da fibra do coco verde na alimentação animal. O tratamento químico é uma delas. A técnica é de fácil manuseio, relativamente barata e bastante acessível aos produtores.

Ao longo desses anos, diversas entidades governamentais e não governamentais, quer seja por iniciativa própria, ou mesmo recomendados por organizações como a ONU buscam incansavelmente soluções sistemáticas quanto ao aproveitamento desses subprodutos e resíduos na alimentação animal. Na verdade, esses materiais, quando

adequadamente tratados e tecnicamente orientados na alimentação animal podem representar um enorme benefício à população mundial.

3.5 Utilização da fibra de coco na engenharia civil e de materiais

3.5.1 Utilização da fibra de coco em matrizes poliméricas

Compósitos reforçados com fibras naturais podem ser uma alternativa viável em relação aqueles que usam fibras sintéticas como as fibras de vidro. As fibras naturais podem conferir propriedades interessantes em materiais poliméricos, como boa rigidez dielétrica, melhor resistência ao impacto e características de isolamento térmico e acústico.

Na indústria de embalagens existem projetos para a utilização da fibra de coco como carga para o PET, podendo gerar materiais plásticos com propriedades adequadas para aplicações práticas e resultando em contribuição para a resolução de problemas ambientais, ou seja, reduzindo o tempo de decomposição do plástico.

A indústria da borracha é receptora também de grande número de projetos envolvendo produtos ecológicos diversos, desde a utilização da fibra do coco maduro e verde na confecção de solados de calçados, até encostos e bancos de carros, estofamentos e colchões.

Dessa forma é possível diminuir o preço do produto final, à medida que se aumenta a quantidade de utilização do resíduo do coco verde.

A fibra de coco verde tem sido muito estudada para a utilização na composição de novos materiais (biocompostos) com polímeros tais como polietileno, poliéster, polipropileno. Neste caso, a utilização da fibra de coco para a obtenção de biocompostos é importante por ser um processo barato, natural e renovável. A maioria destes biocompostos apresenta um aumento de biodegradação. A fibra de coco verde age como um componente reforçador da matriz dos polímeros. Assim, altera as propriedades mecânicas destes compostos tais como resistência em relação à tensão, tração e alongação na ruptura.

A fibra de coco verde, em especial, necessita sofrer um processo de modificação química superficial, de forma a proporcionar maior compatibilidade com os polímeros empregados. Esses processos dependem do tipo de polímero que vai compor o biopolímero e as características finais desejadas do produto. Os exemplos de processos disponíveis para o tratamento superficial da fibra de coco são: tratamento com base, ácidos, acetilação, cianoetilação e inserções de vinil.

As modificações superficiais da fibra de coco otimizam a adesão da fibra à matriz de polímero. Os biopolímeros compostos com fibras tratadas tanto por base quanto por ácido, apresentam uma maior facilidade de biodegradação.

Portanto, a produção de diversos artefatos derivados da fibra do coco verde para a indústria é tecnicamente viável, uma vez os produtos obtidos com a adição da fibra de coco maduro ou verde têm propriedades semelhantes aos compostos originais, ou até mesmo

melhores.

3.5.2 Utilização da fibra de coco na construção civil

Com o surgimento dos eco-materiais para revestimentos, pinturas, e tubulações entre outros, o processo de reciclagem aplicado à construção teve um progresso considerável.

A incorporação de fibras em materiais pouco resistentes à tração – materiais frágeis – tem sido usada há milênios. No antigo testamento existe a referência sobre a impossibilidade de se fazer tijolos sem palha.

Ademais, a crise energética mundial das últimas duas décadas têm motivado o desenvolvimento de pesquisas sobre o fibrocimento ou fibro-concreto devido ao fato de a fabricação de cimento exigir menor demanda de energia comparada com a necessária à fabricação do aço ou dos plásticos.

Assim, no Brasil, a utilização da fibra de coco verde na construção civil pode criar possibilidades no avanço da questão habitacional, através da redução do uso e do custo de materiais, envolvendo a definição de matrizes que inter-relacionam aspectos políticos e socioeconômicos.

A fibra de coco verde tem um excelente potencial para uso na construção civil através de pranchas pré-moldadas, por suas características de resistência e durabilidade, ou na utilização do fibro-cimento.

No caso da construção civil, a fibra de coco verde deve ser usada com cimento especial, de baixo teor de alcalinidade. A alcalinidade do cimento normal destrói as fibras, fazendo com que a parede apresente rachaduras e fraca resistência.

Em testes feitos pelo IPT, pranchas pré-moldadas de 2,6 metros de comprimento por 40 centímetros de largura e peso de 100 quilos apresentaram excelente resultado em termos de resistência ao impacto. Para produzir as pranchas, é necessário recorrer a uma prensa.

É possível utilizar a fibra de coco verde, depois de seca e desfiada em um sistema parecido com o duratex, no qual a fibra é misturada a uma resina e depois prensada.

Portanto, vários fatores justificam o desenvolvimento de pesquisas quanto a aplicação das fibras do coco verde no fibro-cimento e no concreto-fibra, pois além de viabilizar soluções econômicas para problemas de cobertura, equipamentos sanitários, placas e painéis, introduzindo novas alternativas no mercado de construção, o aproveitamento das fibras traria grande incentivo ao reaproveitamento do resíduo da cadeia comercial e agroindustrial do coco verde.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram explicitadas as variadas formas de aplicação cada vez mais amplas do resíduo do coco verde, que até recentemente iam para o lixo; alertando para as

suas características necessariamente multidimensionais do pós-colheita.

Os resíduos são a expressão visível e mais palpável dos riscos ambientais. Segundo uma definição proposta pela Organização Mundial de Saúde, um resíduo é algo que seu proprietário não mais deseja, em um dado momento e em determinado local, e que não tem um valor de mercado (VALLE, 1995).

Desperdícios ou subprodutos, antes considerados desinteressantes para serem reaproveitados, são agora tidos como fontes valiosas para reprocessamento e outras utilizações.

Como a economia brasileira se caracteriza pelo elevado nível de desperdício de recursos naturais e energéticos, a redução desses desperdícios constitui verdadeira reserva de desenvolvimento e fonte de bons negócios para empresas decididas a enfrentar essa oportunidade, dado o extraordinário potencial de recursos subutilizados da produção do coco verde.

Segundo Andrade (1998), no mundo dos negócios, o lucro é o fim último de todo o empreendimento, e depende de como é traçado o caminho que conduz a esse fim, que é o da eco-eficiência.

Assim, a eco-eficiência consiste num instrumento de desenvolvimento sustentável, ou seja, uma política duplo ganhadora (*win-win*): ganha a cadeia agroindustrial do coco verde e a sociedade, onde se procura produzir mais e melhor, associado à elevação contínua dos predicados do produto, utilizando-se menos insumos, provocando menos poluição, redução do desperdício e contabilizando-se os menores custos possíveis.

Embora o objetivo seja econômico, desdobra-se em variações, onde o sentido social surge com força de expressão própria, em diversos planos de tempo, estendendo-se até um horizonte, no prazo mais longo, em que estará contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da sociedade/comunidade, com redução progressiva do uso de recursos, e redução proporcional dos impactos ambientais.

Quando se fala em meio ambiente, no entanto, o empresário imediatamente pensa em custo adicional. Dessa maneira passam despercebidas oportunidades de negócios ou redução de custos. Sendo os resíduos do coco verde um potencial de recursos ociosos ou mal aproveitados, sua inclusão no horizonte de negócios rurais pode resultar em atividades que proporcionem lucro através da criação de novos produtos com valor agregado.

REFERÊNCIAS

ABAD, M.; NOGUEIRA, P.; PETIT, F.; NOGUEIRA, V.; PUCHADES, R. & MAQUIERA, A. "La fibra de coco, um nuevo sustrato horticola para el cultivo sin suelo". **Anais do 6o Congresso de la Sociedad Española de Ciências Horticolas**. Barcelona, 1995.

ANDRADE, C. F. "Pensar Socialmente é Bom e dá Lucro". **Qualidade na Construção**, ano 1, n. 6, 1998.

ARACHCHI, L. P. V.; SOMASIRI, L. L. W. "Use of coir dust on the productivity of coconut on sandy soils". *Cocos*, vol. 12, 1997.

ARAGÃO, W. M. **Coco: Pós-Colheita**. Série Frutas do Brasil. Brasília: Embrapa, 2002.

ASSIS, J. S.; RESENDE, J. M.; SILVA, F. O.; SANTOS, C. R. & NUNES, F. **Técnicas para colheita e pós-colheita do coco verde**. Petrolina: Embrapa, 2000.

BARKER, S. G. "The manufacture of coconut fiber". **Tropical Agriculture**, vol. 10, n. 4, 1933.

BLISKA, F. M. M.; LEITE, R. S. S. F.; SAVITCI, L. A. "O coco no Brasil: aspectos econômicos de mercado". **Coletânea do Ital**, vol. 25, n. 1, 1995.

BONDAR, G. "A cultura do coqueiro no Brasil". **Boletim da Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado da Bahia**, vol. 14, n. 50, 1954.

CHILD, R. **Coconuts**. London: Longman, 1964.

COELHO, M. A. Z. **Purificação da poligalacturonase produzida por Aspergillus niger 3T5B8**. (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro: EQ/UFRJ, 1993.

COELHO, M. A. Z.; LEITE, S. G. F.; ROSA, M. F. & FURTADO A. A. L. "Aproveitamento de resíduos agroindustriais: produção de enzimas a partir da casca de coco verde". **Boletim CEPPA**, vol. 19, n. 1, 2001.

CUNHA, R. T. **Aplicação de enzimas em processos industriais têxteis** (Monografia de Pós-Graduação). Rio de Janeiro: EQ/UFRJ, 1999.

DIAS, M. L. **Propriedades térmicas e mecânicas de materiais reciclados à base de pet e fibra de coco. Projeto de Pesquisa**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2002.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Research and development programme on coconuts and their products**. Rome: FAO, 1991.

FARIA, L. J. G.; COSTA, C. M. L. "Tópicos Especiais em Tecnologia de Produtos Naturais". **Poema**, n. 7, 1998.

FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N. & SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: Embrapa, 1997.

FOLHA ONLINE. "Fibra de Coco poderá unir Índia e Brasil". **Folha Online** [28/05/2002]. Disponível em: <www.folha.com.br>. Acesso em: 23/01/2023.

FRÉMOND, Y.; ZILLER, R.; LAMOTHE, M. N. **El cocotero: técnicas agrícolas y producciones tropicales**. Barcelona: Editora Blume, 1975.

GEORGE, J.; JOSHI, H.C. "Complete utilization of coconut husk". **Indian Pulp and Paper**, vol. 15, n. 8, 1961.

GUEDES, L. O.; VILLELA, P. S. **O mercado do coco**. Belo Horizonte: INFOAGRO/FAEMG, 2000.

JARMAN, C. G.; JAYASUNDERA, D. S. **The extraction and processing of coconut fibre**. London: TPI, 1975.

LANDES, D. S. **A riqueza e a pobreza das nações**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.

LAYRARGUES, P. P. **A cortina de fumaça: o discurso empresarial verde e ideologia da racionalidade econômica**. São Paulo: Annablume, 1998.

LEIS, H. R.; D'AMATO, J. L. "O Ambientalismo como movimento vital: análise de suas dimensões histórica, ética e vivencial". In: CAVALCANTI, C. (org.) **Desenvolvimento e natureza: estudo para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Cortez, 1995.

MAIMON, D. **Passaporte Verde: gerência ambiental e competitividade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

MANAS, A. E. "Tannin extraction of Philippine tannin-bearing materials: Coconut coir dust". **The Philippine Lumberman**, vol. 20, n. 3, 1974.

MEEROW, A. W. "Growth of two subtropical ornamentals using coir (Coconut Mesocarp Pith) as a peat substitute". **HortScience**, vol. 29, n. 12, 1994.

MELLO, C. P. "O mercado de coco verde". **Bahia Agrícola**, vol. 2, n. 1, 1997.

MIRANDA-STALDER, S. H. G.; BURNQUIST, H. L. "A importância dos subprodutos da cana-de-açúcar no desempenho do setor agroindustrial". **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol. 34, n. 3/4, Brasília, 1996.

MITSCHEIN, T. A.; MIRANDA, P. S. "A Proposal of Sustainable Development in Amazônia". **Poema**, n. 4, 1996.

MURRAY, N. P. **Caracterización y evaluación agronómica del residuo de fibra de coco: un nuevo material para el cultivo en sustrato**. (Tesis de Doctorado). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2001.

OHLER, J. G. **El cocotero: árbol de la vida**. Rome: FAO, 1986.

PERSLEY, G. J. **Replanting the tree of life: towards an international agenda for coconut palm research**. Wallingard: CAB/ACCAR, 1992.

POEMA - Programa Pobreza e Meio Ambiente na Amazônia. **Portal Eletrônico do POEMA**. Disponível em: <<https://www.numa.ufpa.br>>. Acesso em: 12/03/2000.

RÊGO FILHO, L. M. *et al.* **A cultura do coco verde – perspectivas, tecnologias e viabilidade**. Niterói: Pesagro, 1999.

ROCHA, E. C.; GHELER Jr., J. "Aproveitamento de resíduos gerados na aglomeração de fibra de coco com látex natural". **Matéria Técnica SENAI**. Rio de Janeiro: SENAI, 2000.

ROSA, M. F. **Alternativas para o uso da casca de coco verde**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1998.

SAABOR, A.; LOPES, S. H. L.; CUNHA, M. M.; FERNANDES, C. **Coco-verde**. Brasília: MI/SIH/DPE, 2000.

SATYANARAYANA, K. G.; RAVIKUMAR, K. K.; SUKUMARAN, K. & PILLAI, S. G. K. "Evaluation of strength properties of coir fibres obtained from different sources". **Indian Coconut Journal**, vol. 19, n. 9, 1989.

SAVASTANO Jr., H. **Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal**: Reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo (Tese de Livre Docência). São Paulo: USP, 2000.

SEMANA, J. A.; LASMARIAS, V.B.; BALLON, C.H. "Fiberboard from coconut coir". **Indian Coconut Journal**, vol. 19, n. 8, 1988.

SIMÕES, R. "Coco tem aproveitamento integral". **Agência Brasil** [18/10/1996]. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br>>. Acesso em: 23/01/2023.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental**: como ser competitivo protegendo o meio ambiente. São Paulo: Pioneira, 1995.

VENKATARAMAN, M. V. & RANGASWANY, V. S. "Utilisation of coir pith and coconut shell". **Indian Coconut Journal**, vol. 19, n. 5, 1988.

VIDAL, J. A. V. "La estopa de coco: Nueva materia prima para la industria papelera". AUPEC. Colombia: Univalle, s.d.

WORLD BANK. **Coconut production**: present status and priorities for research. Washington: World Bank, 1991.

FIBRAS MICROALGAIS: DA PREPARAÇÃO À CARACTERIZAÇÃO

Data de aceite: 02/01/2023

Jéssica Cristine Viera Machado Santini

Postgraduate Program in Nanosciences
Franciscan University, Santa Maria, RS,
Brasil

Kéllen Francine Anschau

Chemistry Department
Federal University of Santa Maria (UFSM),
Santa Maria, RS, Brasil

Liana da Silva Fernandes

Postgraduate Program in Nanosciences
Franciscan University, Santa Maria, RS,
Brasil

Luiz Fernando Rodrigues Junior

Technological Sciences Area
Franciscan University, Santa Maria, RS,
Brasil

Sérgio Roberto Mortari

Postgraduate Program in Nanosciences
Franciscan University, Santa Maria, RS,
Brasil

Michele Rorato Sagrillo

Postgraduate Program in Nanosciences
Franciscan University, Santa Maria, RS,
Brasil

RESUMO: Pesquisas envolvendo microalgas estão em crescimento em função da utilização de biomassas microalgais na produção de bioprodutos, tais como, fibras naturais para confecção de filtros para biorremediação, biofertilizantes, etc. Dentre estes bioprodutos, as fibras produzidas pela técnica de *electrospinning* geram produtos com aplicabilidade em diversas áreas. Salienta-se que esta é uma metodologia de obtenção de fibras contínuas com diâmetros variáveis, utilizando campo elétrico de alta tensão. A referida técnica consiste na aplicação de um campo elétrico pelo uso de uma fonte de tensão de alguns kV sobre o fluxo de uma solução polimérica ejetado de uma seringa, formando as fibras em tamanho micro e nanométrico. Neste trabalho foi utilizado o polímero poli-ε-caprolactona considerado biocompatível e com degradação lenta em comparação a outros polímeros. Para a produção da fibra, o polímero foi dissolvido em acetona, por seguinte adicionado a biomassa microalgal de *Spirulina maxima* e na sequência foram realizadas alterações no método como, o uso de duas agulhas, variando-se o calibre (largura) da agulha expresso na unidade Gauge (G) (18 G e 22 G). Os filtros produzidos foram caracterizados por

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), comprovando que o diâmetro interno da agulha influencia diretamente no diâmetro das fibras produzidas. As fibras produzidas com a agulha 22 G apresentaram diâmetros que variavam entre 100 a 400 nm e com a agulha 18 G os diâmetros variaram entre 50 a 300 nm. Os diâmetros das fibras, mesmo utilizando diferentes calibres de agulhas, resultaram em fibras com padrão nanométrico. Estes achados estão de acordo com a literatura, no que tange a aplicação do *electrospinning*, como técnica adequada para a produção de fibras de diâmetro reduzido, além de ser uma metodologia simples e rentável, é capaz de produzir nanofibras contínuas de diversos materiais a partir de diferentes bio/polímeros para aplicações industriais.

PALAVRAS-CHAVE: Nanofibras, *Spirulina maxima*, Microscopia Eletrônica de Varredura e Electrospinning.

PLANEJAMENTO ESTOCÁSTICO NA LAVRA DE MINAS - UMA ABORDAGEM INOVADORA

Data de aceite: 02/01/2023

Vidal Félix Navarro Torres

Instituto Tecnológico Vale

Taís Renata Câmara

Vale S.A

RESUMO: O processo de planejamento de lavra para minas a céu aberto, pode ser dividido resumidamente nas seguintes etapas: cava final com cavas aninhadas, definição das fases de lavra, planos anuais período a período, blendagem, otimização de teor de corte e pilhas de estoque. A metodologia tradicional pode ser aprimorada com a adoção de um único processo de otimização (Sequenciamento Direto de Blocos) que englobe todas as atividades listadas e que considere incertezas geológicas, operacionais, de mercado, entre outras. O avanço tecnológico dos computadores aliado a novos trabalhos que reduzem o tempo computacional necessário para aplicar essas novas metodologias, estão as tornando viáveis para serem utilizadas na indústria de mineração.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento de lavra. Determinístico. Estocástico.

ABSTRACT: The mining planning for

open pit mines can be divided into stages: final pit with nested pits, determination of pushbacks, annual plans from period to period, blending, optimization of cut-off grade and stockpiles. The traditional methodology can be improved by adopting a single optimization process (Direct Block Scheduling) that encompasses all listed activities and takes into account geological, marketing, operational and other types of uncertainties. The technological improvement of computers together with new works that reduce the computational complexity allowed reducing the computational time needed to apply these new methodologies, making them viable for use in the mining industry.

KEYWORDS: Mine planning. Deterministic. Stochastic.

1 | INTRODUÇÃO

O planejamento de lavra para minas a céu aberto é um processo conhecido e estabelecido há bastante tempo. A metodologia mais comumente empregada nas empresas de mineração para quantificar suas reservas e o retorno financeiro obtido com as mesmas é o

método apresentado por Lerchs Grossmann (1965). Os ditos autores propuseram um algoritmo matemático que permite desenhar o contorno de uma cava a céu aberto de tal forma que se maximize a diferença entre o valor total da mineralização lavrada e o custo total da extração do minério e estéril.

Entretanto, esta metodologia (LG) apresenta um problema de conhecimento geral, pois não aplica o desconto relativo ao período de lavra corretamente, uma vez que considera que todos os blocos são lavrados no mesmo intervalo.

Algumas alternativas vêm sendo testadas para tentar resolver este problema de forma diferente do método tradicional. Desde 1968, no trabalho proposto por Johnson (J., 1968), o método de Sequenciamento Direto de Blocos (SDB) foi apresentado. Este método aplica desconto diferenciado a cada bloco corretamente, pois trata cada bloco individualmente no sequenciamento de cava. O conceito de cava final e sequenciamento são tratados como um resultado natural da lavra de cada bloco assim como ocorre em um empreendimento real.

O principal ponto de diferença entre as duas metodologias é que a decisão de retirada do bloco é avaliada de acordo com o período em que realmente este bloco será lavrado. Esta consideração faz com que os blocos retirados em períodos posteriores sejam penalizados com um maior fator de desconto, assim como esperado na prática. Desta forma, o sistema de SDB tende a buscar blocos com maior receita nos primeiros períodos, mesmo que em alguns casos isto também aumente ligeiramente a quantidade de estéril lavrada, mas que resultem em um maior Valor Presente Líquido (VPL) do empreendimento.

Tradicionalmente, os processos de sequenciamento de lavra estão baseados em um único modelo determinista do corpo mineralizado, que por ser uma estimativa, é incapaz de reproduzir a variabilidade intrínseca à realidade do depósito mineralizado (Senhorinho, 2008).

A incorporação da incerteza geológica é fundamental para diminuição dos riscos do empreendimento. Para a incorporação desta estocasticidade, podem ser utilizadas simulações geoestatísticas, que têm como objetivo estimar a variabilidade do material, assim como o possível valor para cada bloco. A condicionante estocástica simula os possíveis cenários de acordo com os dados amostrados de maneira a representar as possíveis situações equiprováveis. Dimitrakopoulos (2011) afirma em seu trabalho que a disponibilidade de múltiplos modelos igualmente prováveis de um depósito permite que os planejadores de minas avaliem a sensibilidade do projeto e a sequência de produção de longo prazo considerando a incerteza geológica (figura 1).

Na atualidade, vários métodos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de incorporar as incertezas geológicas no processo de sequenciamento de lavra. Godoy e Dimitrakopoulos (2004) implementaram um algoritmo de *Simulated Annealing* para controlar a incerteza na determinação dos períodos de lavra dos blocos de forma a minimizar os riscos de desvios de taxas de produção. Ramazan e Dimitrakopoulos (2004) introduziram restrições

probabilísticas ao modelo convencional de programação inteira mista tentando caracterizar o risco de um bloco estar acima ou abaixo de um determinado teor de corte. Com o intuito de caracterizar verdadeiramente a incerteza dos teores Ramazan e Dimitrakopoulos (2008) introduzem um modelo SIP (*stochastic integer programming*) que visa maximizar o fluxo de caixa descontado e minimizar os desvios em relação às taxas de produção ao longo da vida da mina.

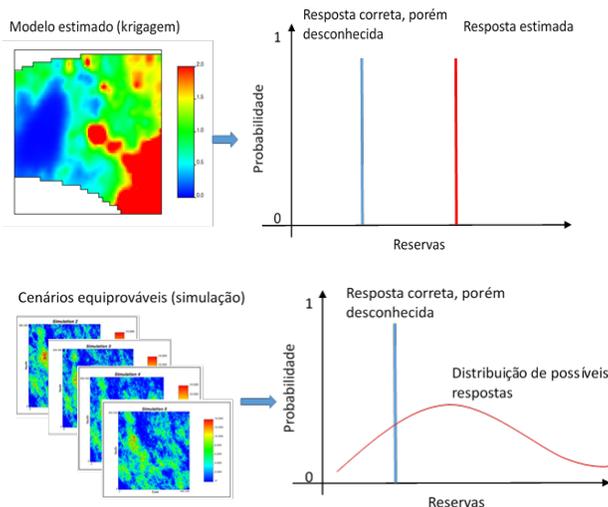


Figura 1 – Planejamento tradicional x estocástico.

Fonte: Adaptado de Dimitrakopoulos, 2011.

A abordagem estocástica do SDB objetiva determinar o arranjo de blocos que maximiza o VPL considerando a incerteza geológica e a variabilidade das variáveis. O sequenciamento estocástico deve determinar o melhor destino possível para cada bloco do depósito individualmente, devido à metodologia utilizada ser capaz de cobrir desde a produção de longo prazo até a produção diária, uma vez que considera a viabilidade operacional de cada bloco.

Os estudos na área de SDB, nos diferentes centros de pesquisa mundiais (Cosmo – McGill, Delphos – Universidade do Chile, Operations Group – Universidad Adolfo Ibáñez), apontam para uma forte tendência de modificação da atual metodologia utilizada em planejamento de lavra para esta nova abordagem e alguns destes centros já estão bem avançados quanto à questão de modelos reais e restrições específicas.

2 | PROCEDIMENTOS

De forma a quantificar os ganhos do uso de Sequenciamento Direto de Blocos

utilizando incertezas geológicas para definição de cava final, a metodologia foi comparada com o processo de planejamento de lavra utilizado nos principais softwares comerciais de mineração.

Os testes foram realizados utilizando um modelo de blocos estimado por krigagem (determinístico) e por modelos simulados (cenários equiprováveis de realizações - estocásticos).

A comparação será feita de duas formas: planejamento de lavra utilizando método LG versus método SDB, ambos com modelo determinístico; e após utilizando método LG versus método SDB, porém utilizando modelos simulados.

2.1 Planejamento convencional

A partir do modelo de blocos, contendo informações de teores, densidade, litologias, geológicas e geomecânicas, o processo tradicional de planejamento é realizado. Além do modelo de blocos é necessário definir uma função benefício, a qual irá definir o valor econômico de cada bloco, baseado em seu teor de corte e a receita que o mesmo irá fornecer.

Com o critério de otimização para maximizar o valor total da cava, o problema do projeto de cava passa a ser encontrar aquele grupo de blocos que fornecerá o máximo valor possível, sujeito à estabilidade da mina e a restrições à lavra.

A função benefício é uma expressão matemática que atribui ao bloco os custos, preços e ganhos de eficiência como dados de entrada. Os custos geralmente envolvidos no bloco são custo de lavra por tonelada, custo de processamento por tonelada, custo de reabilitação da área por tonelada e custo de venda do produto por unidade de produto produzido, demonstrados nas seguintes equações, (1), (2) e (3):

$$FB = receita - custos \quad (1)$$

$$Receita = Teor * Recuperação * (Preço - custo_venda) \quad (2)$$

$$Custos = Custo_lavra + Custo_processo + Custo_G\&A \quad (3)$$

2.2 Planejamento estocástico

O problema global para ser resolvido com maior eficiência é dividido em subproblemas menores, que são resolvidos sequencialmente em ordem crescente de modo a gerar uma solução global do empreendimento. Cada subproblema pode ser associado a etapas de lavra de modo a encontrar boas soluções factíveis, geralmente próximas do ótimo, com boa eficiência computacional.

Para a resolução destes problemas, geralmente é aplicada a técnica de programação

inteira mista. A formulação do problema é fundamentada pelas receitas e custos de operação e produção. Os modelos considerando programação inteira mista fornecem uma formulação para sequenciamento otimizado da produção, controle da produção de minério, teores e meta de produção.

Segundo Ramazan e Dimitrakopoulos (2012), citados também em Marinho (2013), a função a ser maximizada é dividida em 4 parcelas (equações 4, 5, 6, 7 e 8); a primeira parcela que compõe a função objetivo é responsável por acumular o VPL proveniente da lavra, considerando que o bloco será lavrado e processado no mesmo intervalo de tempo. Já a segunda parte compensa a perda gerada pelo bloco lavrado e direcionado à pilha de estoque. A terceira parte contabiliza o minério retomado da pilha de estoque que será processado no período avaliado. A quarta parcela é responsável por quantificar os riscos. A função será penalizada de acordo com os custos pré-definidos para os limites inferiores e superiores considerando o desconto para o período.

$$\text{Max} \sum_{t=1}^P [\text{Part1}-\text{Part2}+\text{Part3}-\text{Part4}] \quad (4)$$

$$\text{Part1} = \sum_{i=1}^N E \{(\text{NPV})_i\} b_i^t \quad (5)$$

$$\text{Part2} = \sum_{j=1}^U E \{(\text{NPV})_j + \text{MC}_j\} w_j^t \quad (6)$$

$$\text{Part3} = \sum_{s=1}^M (\text{SV}^s / M) k_s^t \quad (7)$$

$$\text{Part4} = \sum_{s=1}^M (C_u^{to} a_{su}^{to} + C_l^{to} a_{sl}^{to} + C_u^{tg} a_{su}^{tg} + C_l^{tg} a_{sl}^{tg} + C_u^{tq} a_{su}^{tq} + C_l^{tq} a_{sl}^{tq}) \quad (8)$$

Onde (Ramazan e Dimitrakopoulos, 2012):

P= número de períodos de produção, ou vida útil da mina;

t= é cada período do sequenciamento

N= número de blocos dentro do pit final;

i= identificador do bloco;

$E\{(\text{NPV})_i\}$ é o valor esperado (médio) do NPV gerado se o bloco i é lavrado no período t.

b_i^t é uma variável que representa a fração do bloco i lavrado no período t; se for igual a 1, então o bloco é lavrado; se for igual a 0 então não.

U= número de blocos considerado para pilhas de estoque.

j = bloco lavrado e enviado para a pilha de estoque

MC_j^t = custo de lavra do bloco j que ocorreu no período t , descontado no tempo 0.

w_j^t = representa a fração do bloco j enviado para a pilha de estoque no período t .

SV^t = é o lucro gerado no processamento de uma tonelada de material advinda da pilha de estoque no período t , descontado no tempo 0.

M = é o número de modelos simulados.

s = é cada modelo de blocos simulado.

k_s^t = quantidade de minério (em toneladas) processada da pilha de estoque, correspondente ao modelo s no período t .

g , o e q = parâmetros alvo; g corresponde ao teor; o corresponde à produção de minério; e q corresponde à quantidade de metal produzida.

l = limite mínimo do alvo.

u = limite máximo do alvo.

$C_u^{to}, C_l^{to}, C_u^{tg}, C_l^{tg}, C_u^{tq}, C_l^{tq}$ = custos unitários (constantes conhecidas) para cada variável d .

d = quantidades excessivas ou deficitárias para os parâmetros alvo.

O software utilizado para gerar os resultados de SDB considera esta função objetivo e no caso de se utilizar apenas os modelos estimados, $M=1$.

3 | RESULTADOS

Os resultados apresentados serão na forma de gráficos e tabelas, referentes ao teor, VPL e vida útil do empreendimento obtidos a partir das duas metodologias estudadas: primeiramente apenas a comparação entre LG e SDB, utilizando modelo estimado; após utilizando os modelos simulados (abordagem estocástica).

3.1 Planejamento LG X Planejamento SDB

Os mesmos parâmetros foram utilizados na construção da função benefício e objetivo dos dois métodos, referentes à preço de venda do produto, custos (lavra, processamento, de venda), metas de produção, recuperação, etc.

A partir destas premissas as duas metodologias foram executadas, apresentando os seguintes resultados:

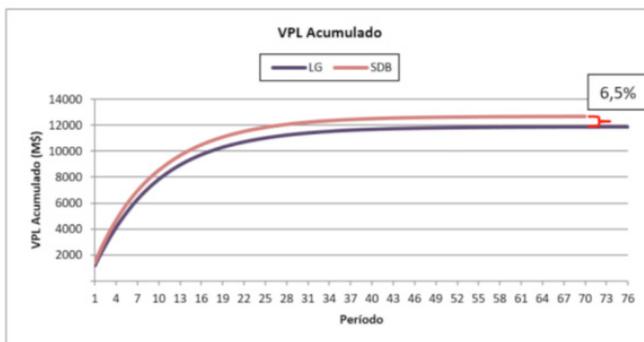


Figura 2 – VPL do empreendimento - LG e SDB

Fonte: Autores.

Parâmetro	LG	SDB
VPL (MU\$\$)	11.880,90	12.653,50
Vida útil	76 anos	70 anos

Tabela 1 – Comparação VPL e vida útil.

Pode ser visto que as duas abordagens apresentam resultados de VPL da mesma ordem de grandeza, o que demonstra que a metodologia de SDB possui uma formulação bastante estruturada, uma vez que o método de LG já é comprovado há mais tempo.

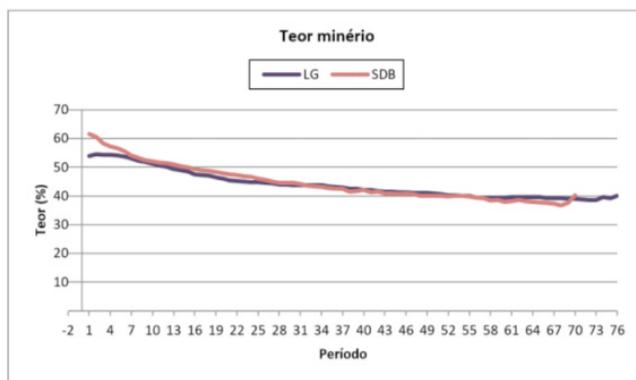


Figura 3 – Teor de minério - LG e SDB

Fonte: Autores.

O teor atingido nos primeiros anos do empreendimento é mais elevado no SDB comparado ao LG (Figura 3). Como o SDB consegue aplicar o fator de desconto correto nos blocos é natural que os blocos dos períodos finais sejam contemplados com maior fator de desconto. Este fator maior é responsável por diminuir a função benefício dos blocos dos últimos períodos, levando a decisão de não lavar estes últimos blocos, de modo que ocorra

uma menor vida útil do empreendimento. Esses fatores implicaram em um VPL 6,5% maior do cenário SDB, conforme a Figura 2 e a Tabela 1.

3.2 Abordagem estocástica

Na abordagem estocástica, a mesma comparação foi realizada, porém utilizando o modelo contendo as n-simulações de teor na metodologia de SDB, a qual consegue lidar com o uso das incertezas.

Os resultados de SDB obtidos contabilizam as incertezas para o destino do bloco de acordo com a sua função benefício, em que cada função benefício possui um valor diferente devido ao teor simulado.

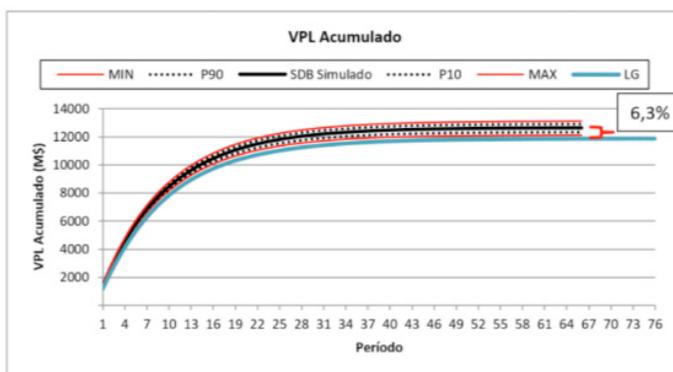


Figura 4 – VPL acumulado simulado - LG e SDB

Fonte: Autores.

Parâmetro	LG	SDB simulado
VPL (MU\$S)	11.880,90	12.635,10
Vida útil	76 anos	66 anos

Tabela 2 – Comparação VPL e vida útil.

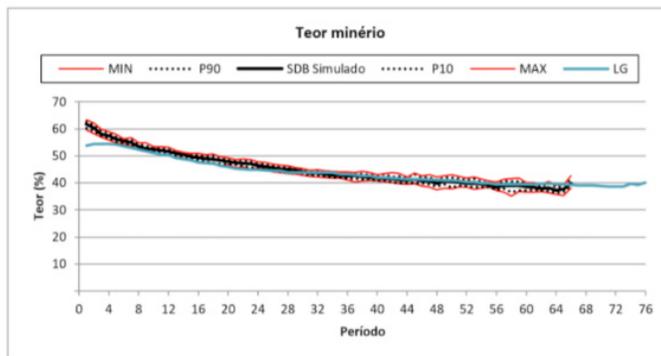


Figura 5 – Teor de minério - LG e SDB simulado

Fonte: Autores.

Devido às características do tipo de interpolação usada para gerar o modelo determinístico, ocorre uma subestimativa do teor no modelo determinístico, o que favorece para que o mesmo permaneça um pouco abaixo dos resultados alcançados pelo SDB simulado (Figura 4 e Tabela 2). Na Figura 5 pode ser observado que o cenário de teor mais elevado registrado pelo modelo probabilístico conduz a um VPL mais robusto.

Quando as simulações de teores são utilizadas, pode ser visto uma diferença maior quanto à vida útil do empreendimento, que acaba atingindo o mesmo VPL do cenário determinístico (ou neste caso, 6,3% maior) em um tempo muito menor, devido à assertividade dos dados.

4 | CONCLUSÃO

A metodologia de SDB abre um novo cenário de pesquisa e discussão no setor mineral, uma vez que se mostra como uma solução viável tecnicamente para quantificar as incertezas provenientes da atividade mineral. Os diversos cenários de sequenciamento direto de blocos não eliminam a necessidade de utilização das metodologias de amostragem, modelamento geológico extremamente coerente com as técnicas geológicas, pois erros primários irão determinar cenários geológicos inconsistentes e conseqüentemente um planejamento irreal.

O sistema de SDB utilizado neste estudo demonstrou uma aplicabilidade positiva, fornecendo resultados satisfatórios nos diferentes testes realizados. Apesar disso, os resultados devem ser interpretados levando em conta algumas questões relacionadas à metodologia de cálculo e construção das pilhas, operacionalidade dos resultados e capacidade de processamento neste sistema de SDB.

Quanto à operacionalidade dos resultados, ainda estão sendo trabalhados novos cenários de restrições, para que os blocos definidos por período consigam ser efetivamente lavrados no tempo correto.

O esforço computacional e agilidade na determinação de parâmetros importantes para o planejamento de lavra demonstram que o uso de SDB na indústria de mineração está cada vez mais próximo de ocorrer.

COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

REFERÊNCIAS

DIMITRAKOPOULOS, Roussos. Strategic mine planning under uncertainty. **Journal of Mining Science**, Vol 47, n 2, 138-150. 2011.

GODOY, Marcelo & DIMITRAKOPOULOS Roussos. Managing risk and waste mining in long-term production scheduling of open-pit mines. **SME Transactions**, 316, 43-50. 2004.

JOHNSON, Thys. Optimum Open Pit Mine Production Scheduling. PhD Dissertation. **Operations Research Center**, University of California, Berkeley, 1968.

LERCHS, H., & GROSSMANN, I. F. Optimum Design of Open-Pit Mines. **Canadian Institute of Mining Bulletin**, pp. 47-54. 1965.

MARINHO, Alexandre. Surface constrained stochastic life-of-mine production scheduling. MSc. Thesis. **McGill University**, Canada, 2013.

RAMAZAN Salih, DIMITRAKOPOULOS Roussos. Stochastic optimization of long-term production scheduling for open pit mines with a new integer programming formulation. In: **Orebody modelling and strategic mine planning. Spectrum series**, vol 14, pp 353–360. The Australian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM), Victoria. 2004.

RAMAZAN, Salih, & DIMITRAKOPOULOS, Roussos. Stochastic integer programming for optimizing long term production schedules of open pit mines: methods, application and value of stochastic solutions. **Mining Technology**, vol. 117, n. 4. pp. 155 – 160. 2008.

SENHORINHO, Nelson. Metodologia de planejamento estratégico de lavra incorporando riscos e incertezas para a obtenção de resultados operacionais. Tese de doutorado. **Universidade de São Paulo**. 2008.

ESTUDO MORFOMÉTRICO DE LESÕES CUTÂNEAS ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO E SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS

Data de submissão: 09/12/2022

Data de aceite: 02/01/2023

Daniela Bastos

Universidade Estadual do Centro Oeste
(UNICENTRO)
Guarapuava - Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8638786165174871>

Paulo José dos Reis

Universidade Estadual do Centro Oeste
Departamento de Física
Guarapuava - Paraná
<http://lattes.cnpq.br/7583225521767479>

Ana Paula Winyk

Programa de Pós-Graduação em
Nanociências e Biociências, Universidade
Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO)
Guarapuava - Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6803346671509659>

Tania Toyomi Tominaga

Universidade Estadual do Centro Oeste
Departamento de Física
Guarapuava - Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6909363427100376>

infecção na lesão, áreas acometidas e a própria adesão do indivíduo ao tratamento. Um dos aspectos fundamentais da avaliação da cicatrização é a mensuração da área da ferida, pois fornece, de maneira objetiva e sistematizada parâmetros que indicam aspectos relacionados ao processo de cicatrização, se houve melhora ou não da parte acometida por feridas. Entretanto, na prática clínica, ainda se observa a utilização de métodos subjetivos para essa finalidade. Com o objetivo de pesquisar procedimentos científicos para melhorar a precisão das medições realizadas no tratamento de feridas, neste trabalho será desenvolvido um protocolo de medição de feridas baseado na segmentação de imagens digitais, que é, de modo geral, uma técnica de fundamental importância na ciência. Tanto as ciências exatas como as ciências biológicas fazem uso dessa ferramenta em suas pesquisas. Na área da Física as imagens digitais segmentadas são utilizadas para entendimento de fenômenos que vão desde a escala cosmológica até a escala atômica. A segmentação consiste na medição de objetos em uma imagem via software de processamento digital. Por se tratar de uma técnica não destrutiva ela é vastamente usada em todos os ramos das

RESUMO: Na realização do tratamento de feridas crônicas, as tecnologias para a recuperação da área lesionada, envolvem fatores relacionados a tempo de cicatrização, comorbidades do paciente, presença de

ciências.

PALAVRAS-CHAVE: Feridas crônicas, Mensuração, Imagens digitais.

MORPHOMETRIC STUDY OF CUTANEOUS LESIONS THROUGH DIGITAL IMAGE PROCESSING AND SEGMENTATION

ABSTRACT: In carrying out the treatment of chronic wounds, the technologies for the recovery of the injured area involve factors related to healing time, patient comorbidities, presence of infection in the lesion, affected areas and the individual's own adherence to the treatment. One of the fundamental aspects of healing evaluation is the measurement of the wound area, as it provides, in an objective and systematic way, parameters that indicate aspects related to the healing process, whether or not there has been improvement in the part affected by wounds. However, in clinical practice, the use of subjective methods for this purpose is still observed. With the aim of researching scientific procedures to improve the accuracy of measurements performed in the treatment of wounds, this work will develop a protocol for measuring wounds based on segmentation of digital images, which is, in general, a technique of fundamental importance in science. Both the exact sciences and the biological sciences make use of this tool in their research. In the field of Physics, segmented digital images are used to understand phenomena ranging from the cosmological scale to the atomic scale. Segmentation consists of measuring objects in an image via digital processing software. Because it is a non-destructive technique, it is widely used in all branches of science.

KEYWORDS: Chonic wounds, Measurement, Digital images.

1 | INTRODUÇÃO

As feridas crônicas são consideradas feridas de difícil cicatrização, as quais representam um grande problema de saúde pública, por conta do seu impacto socioeconômico e impacto na qualidade de vida (MANDELBAUM; DI SANTOS; MANDELBAUM, 2003). O processo de cicatrização é um processo sistêmico e dinâmico, diversos fatores interferem no processo de cicatrização, a cicatrização depende das condições de cada organismo (OLIVEIRA, DIAS, 2012). Alguns fatores como: presença de infecção na lesão, áreas acometidas e a própria adesão do indivíduo ao tratamento, interferem na cicatrização (FAVRETO; et al, 2017).

A área da lesão é determinada pela multiplicação das duas maiores dimensões, comprimento e largura (COOPER, 2000). A mensuração da área das feridas crônicas é importante, pois fornece dados objetivos em relação a área da lesão (EBERHARDT, 2016). Para avaliação do processo de cicatrização, existem diferentes métodos, um deles, consiste na mensuração da área da lesão e comparação com a próxima mensuração, para avaliar a cicatrização e para que se tenha um acompanhamento adequado (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007). Outra forma de avaliar o processo de cicatrização é através da associação de imagens digitais com softwares, para obtenção de resultados significativos

em relação ao processo de cicatrização (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007). Com o avanço tecnológico, desenvolveu-se o Dispositivo de Carga Acoplada (CCD), encontrado em câmeras digitais nos telefones celulares e em outros equipamentos, por meio desse é possível obter imagens digitais, pois converte radiação em corrente elétrica, quando associado a uma interface de processamento (ARAÚJO, 2011).

A resolução das imagens digitais depende do número de células da CCD, a qual é expressa em número de pixels (ALBUQUERQUE, 2012). Quanto melhor a qualidade das imagens melhor o diagnóstico, pois as imagens digitais são muito utilizadas na área da saúde, para diagnóstico e acompanhamento de casos clínicos, através delas é possível tomar condutas mais precisas e eficientes em relação ao diagnóstico e tratamento do paciente (MACIEL, 2012). Entretanto, com a popularização da CCD e o imageamento digital nos celulares, é possível fotografar as lesões e realizar a mensuração da área das lesões por softwares, através das imagens digitais. Esse estudo tem como objetivo monitorar o processo de cicatrização de feridas crônicas através do imageamento digital, para avaliar a efetividade do tratamento, através do desenvolvimento de uma sequência experimental, envolvendo a aquisição de imagens e parâmetros morfométricos relevantes no tratamento de feridas crônicas, bem como a calibração do sistema desenvolvido, para fornecer um sistema que permite a mensuração de feridas baseado no processamento de imagens digitais.

2 | METODOLOGIA

2.1 Calibração figuras em superfície plana e figuras na superfície do boneco

Foram criadas figuras geométricas e figuras irregulares em papel milimetrado, simulando lesões cutâneas, realizou-se a mensuração da área das figuras de forma manual. Foram reproduzidas as mesmas figuras criadas (geométricas e irregulares) em papel adesivo verde, para mensuração da área em superfície plana através do software ImageJ, o qual traz a área total correspondente à área da figura selecionada. As figuras foram fotografadas em fundo branco, ao lado de uma régua, sempre no mesmo ângulo. Procedimento em triplicata. Realizou-se a mensuração manual da área e a mensuração pelo software, para avaliar a precisão e a semelhança entre os resultados. As figuras criadas em papel adesivo verde já mensuradas em superfície plana foram coladas na superfície do boneco em três regiões, onde as feridas crônicas encontram-se mais frequentes, região antero externa da perna, região posterior interna da perna e região do maléolo, fotografadas e mensuradas através do software ImageJ. Para a mensuração utilizou-se a imagem com melhor aproveitamento da figura. Realizou-se o procedimento em triplicata e após as mensurações realizou-se os cálculos correspondentes a média ponderada das mensurações das figuras. para aplicação do Teste T de Student sobre os resultados, para comparação em relação aos diferentes grupos de figuras.

2.2 Simulação processo de cicatrização através de figuras

Foram criadas quatro figuras simulando lesões cutâneas, onde a figura A corresponde a uma lesão inicial e a figura D corresponde a mesma lesão, porém com cicatrização. Realizou-se a mensuração da área dessas figuras em superfície plana de forma manual e através do software ImageJ, realização dos cálculos, das variações através de média ponderal e desvio padrão. As figuras foram coladas no boneco, nas três regiões do processo de calibração anterior, foram fotografadas e mensuradas pelo software ImageJ, seguindo os processos do procedimento anterior.

2.3 Análise das lesões cutâneas de pacientes através do Image

Realizou-se a análise das imagens reais de lesões cutâneas em pacientes através do ImageJ, para verificar se o método de calibração criado é eficaz. Utilizou-se imagens digitais das lesões cutâneas dos pacientes em tratamento na Clínica Uniguairacá. Realizou-se a análise e mensuração através do ImageJ, experimento em triplicata, com cálculos de média ponderal e desvio padrão.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Figuras em superfície plana e figuras na superfície do boneco

A figura 1 apresenta os resultados obtidos em relação a mensuração manual das figuras geométricas e das figuras irregulares. Já a figura 2, apresenta os resultados obtidos em relação a mensuração por meio do software ImageJ das figuras geométricas e irregulares, através das imagens digitais.

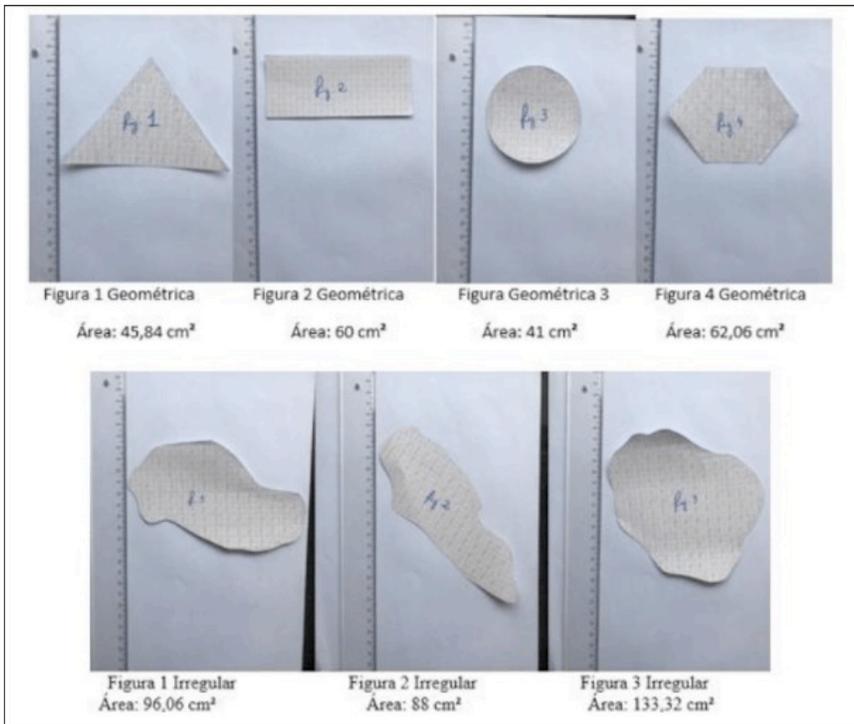


Figura 1- Figuras geométricas e irregulares em papel milimetrado

Fonte: Os autores, 2021.

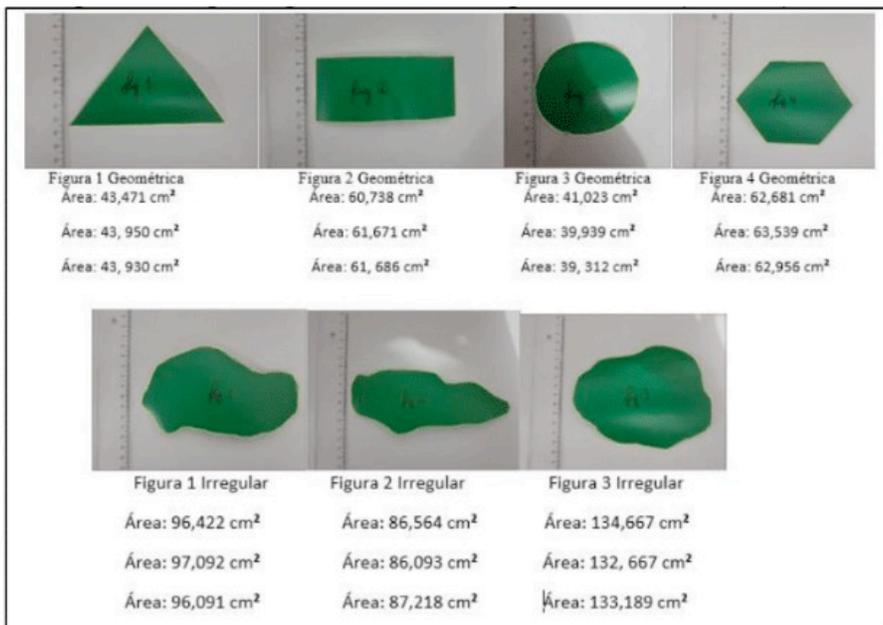


Figura 2 – Figuras geométricas e irregulares em superfície plana

Fonte: Os autores, 2021.

A figura 3, 4 e 5 apresentam os resultados obtidos em relação a mensuração através do ImageJ das figuras geométricas e irregulares na região antero externa da perna, região posterior interna da perna e região do maléolo, respectivamente.

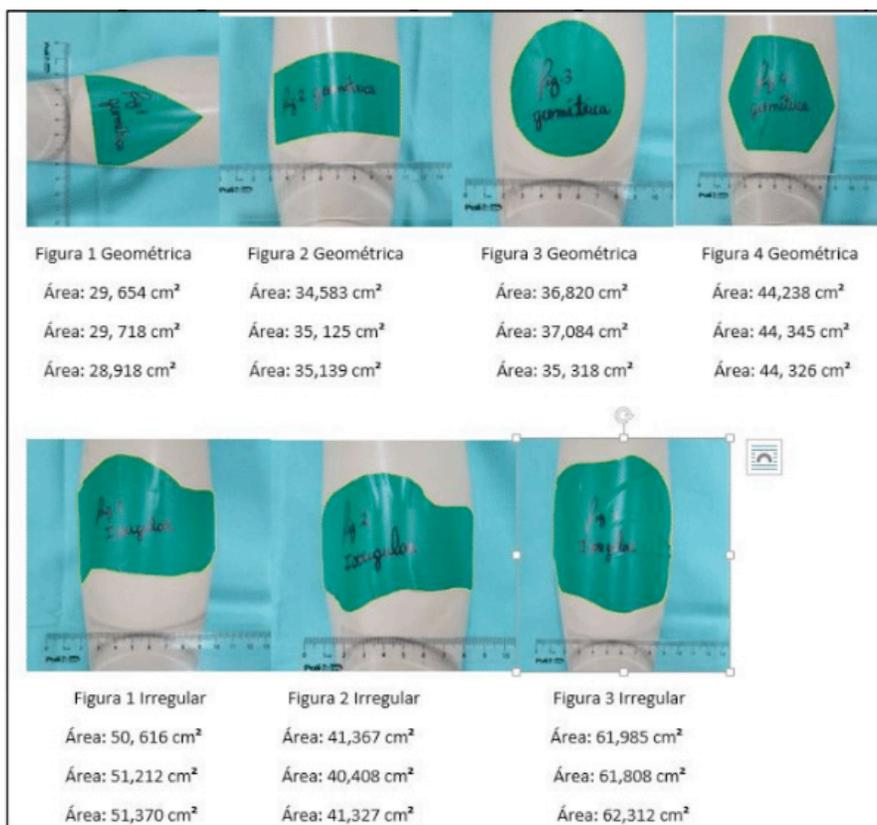


Figura 3 – Figuras geométrica e irregulares na região antero externa da perna

Fonte: Os autores, 2021.



Figura 4 – Figuras geométricas e irregulares na região posterior interna da perna

Fonte: O autor, 2021.



Figura 5 – Figuras geométricas e irregulares na região do maléolo

Fonte: Os autores, 2021.

A Figura 6 apresenta um gráfico com os resultados obtidos em relação ao Teste T de Student.

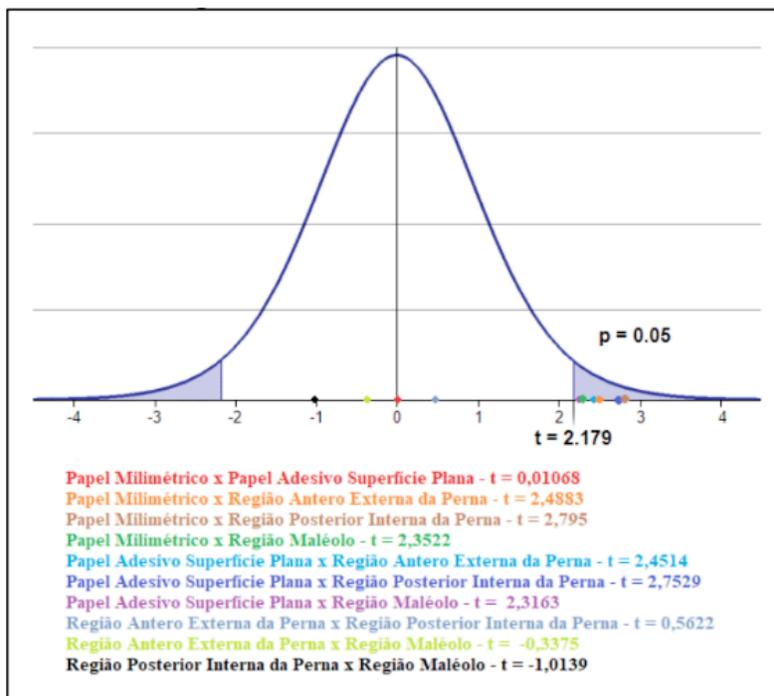


Figura 6 – Gráfico Teste T de Student

Fonte: Os autores, 2021.

Se compararmos a área das figuras mensuradas de forma manual e das figuras mensuradas através do ImageJ em superfície plana, pode-se observar que não apresentam diferenças significativas em relação a área, pois a média figuras em papel milimetrado 75,183 cm² e as figuras em papel adesivo em superfície plana apresentam média de 74,995 cm², dessa forma encontram-se dentro do intervalo do desvio padrão. O teste T de Student demonstra que esses dois grupos não apresentam diferenças significativas, ou seja, são amostras da mesma população para um nível de significância de 5%. Isso demonstra que a medição indireta de imagens planas através do processamento digital é eficiente. Porém, se compararmos o grupo de figuras em papel adesivo em superfície plana com os grupos de figuras colados na superfície do boneco, pode-se observar que esses resultados apresentam diferenças significativas, os resultados obtidos em relação à média desses grupos encontram-se fora do intervalo do desvio padrão, ou seja, esses grupos não fazem parte de uma mesma população, como pode-se observar no teste T de Student. Essas diferenças em relação as médias dos grupos, está relacionada com as dificuldades

encontradas no processo, como: capturar da totalidade da figura na superfície do boneco com apenas uma imagem, dificuldade em relação a segmentação das imagens digitais (visto que as figuras do coladas no boneco não estão em uma superfície plana, dificultando dessa forma a segmentação de imagem que não estão em superfície plana), superfície irregular, distorção das imagens e formação de rugas no papel adesivo quando colocado na superfície do boneco.

Como o teste T de Student é utilizado para comparação de amostras em relação a uma população, o gráfico da figura 6 mostra que nem todos os resultados fazem parte da mesma população, apenas o papel milimétrico com papel adesivo em superfície plana (0,01068); região antero externa da perna com região posterior interna da perna (0,5622); região antero externa da perna com região maléolo (-0,3375); e região posterior interna da perna com região do maléolo (-1,0139). Esses resultados do Teste T de Student que fazem parte de uma mesma população, são classificados dessa forma pois apresentam semelhanças, ou seja, essas regiões apresentam uma anatomia, curvatura ou superfície semelhante que não altera a área, além disso os valores encontrados mostram que esses grupos não apresentam diferenças significativas. Porém a maioria dos resultados não correspondem a mesma população, isto é, por conta dos valores encontrados durante a comparação serem maiores que 2, possuem diferenças significativas, implicando diretamente no método de calibração, sendo necessário a adequação em relação ao método de calibração. De todo modo, o procedimento de calibração se mostrou eficaz em relação a mensuração da área das figuras em superfície plana, porém são necessárias adaptações e melhorias em relação ao método de calibração, para a comparação das figuras em superfície plana com as figuras na superfície do boneco. Visto que o objetivo da calibração é observar as variações de área das lesões na superfície do corpo humano, para detectar redução ou aumento das lesões, sendo necessário adaptações no método de calibração. Por conta disso, realizou-se adaptações no método de calibração, levando em consideração a simulação do processo de cicatrização através de figuras.

3.2 Simulação processo de cicatrização através de figuras

Através da aplicação do desvio padrão é possível a comparação das figuras em relação a mensuração da área das figuras que simulam lesões cutâneas, na análise de imagens digitais. Através das figuras 7, 8,9, 10 e 11 é possível observar os resultados obtidos em relação a mensuração manual e a mensuração através do software ImageJ das figuras, simulando o processo de cicatrização.

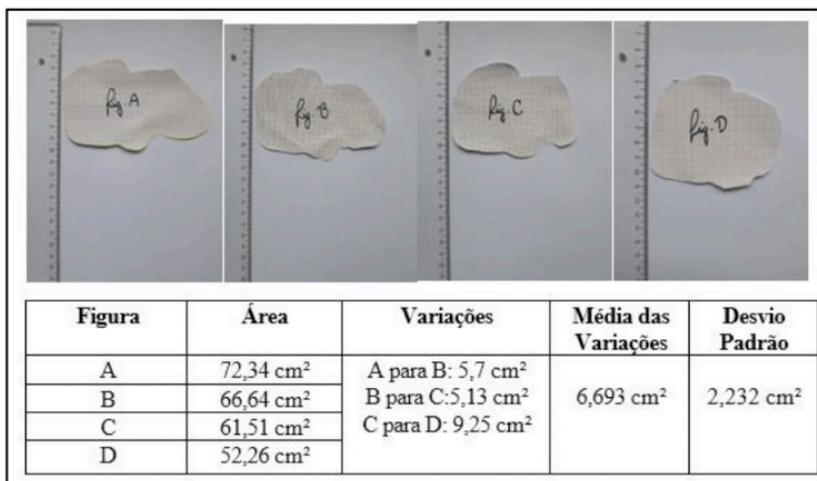


Figura 7 – Figuras simulando lesão cutânea em papel milimetrado com resultados obtidos.

Fonte: Os autores, 2021.

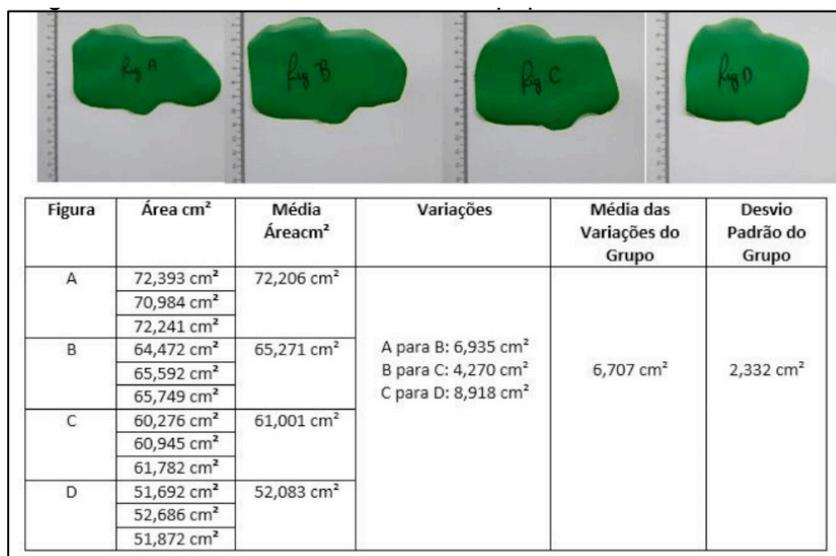


Figura 8 - Figuras simulando lesão cutânea em papel adesivo com os resultados obtidos

Fonte: Os autores, 2021.

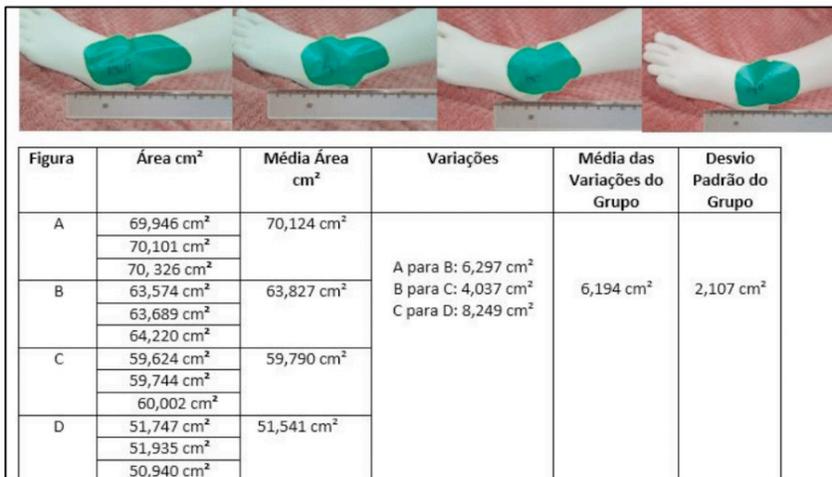


Figura 9 – Figuras simulando lesão cutânea na região do maléolo com os resultados obtidos

Fonte: Os autores, 2021.

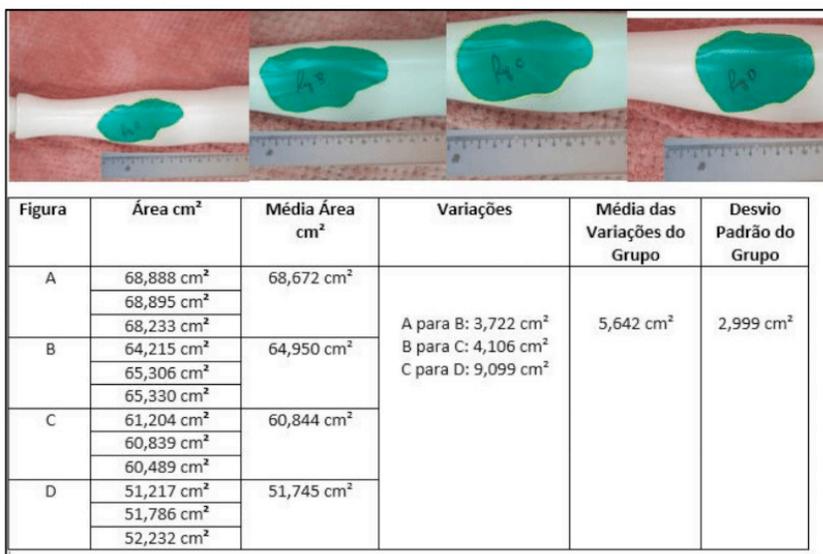


Figura 10 – Figuras simulando lesões cutâneas na região antero externa da perna com os resultados obtido

Fonte: Os autores, 2021.



Figura	Área cm ²	Média Área cm ²	Variações	Média das Variações do Grupo	Desvio Padrão do Grupo
A	68,820 cm ²	68,633 cm ²	A para B: 3,592 cm ² B para C: 4,447 cm ² C para D: 8,580 cm ²	5,539 cm ²	2,667 cm ²
	68,948 cm ²				
	68,672 cm ²				
B	65,122 cm ²	65,041 cm ²			
	65,181 cm ²				
	64,820 cm ²				
C	61,171 cm ²	60,594 cm ²			
	60,221 cm ²				
	60,389 cm ²				
D	51,926 cm ²	52,014 cm ²			
	52,161 cm ²				
	51,955 cm ²				

Figura 11 – Figuras simulando lesão cutânea na região posterior interna da perna com os resultados obtidos

Fonte: Os autores, 2021.

A figura 12 apresenta o gráfico com os resultados obtidos do Teste T de Student da variação das figuras que simulam o processo de cicatrização, é possível verificar que todos os resultados obtidos em relação a mensuração fazem parte de uma mesma população, pois todas as comparações em relação a média das variações encontram-se dentro do intervalo do desvio padrão, não apresentando diferenças significativas entre o conjunto de dados. Por não haver diferenças significativas entre os resultados obtidos, pode-se dizer que essas regiões apresentam uma anatomia semelhante ou curvatura semelhante. Se compararmos esses dados com o processo de calibração anterior, pode-se perceber que houve uma redução em relação ao grau de dispersão do conjunto de dados, consequentemente houve uma minimização dos erros no processo, além disso pode-se perceber que o software consegue detectar as variações de aumento ou redução da área das lesões.

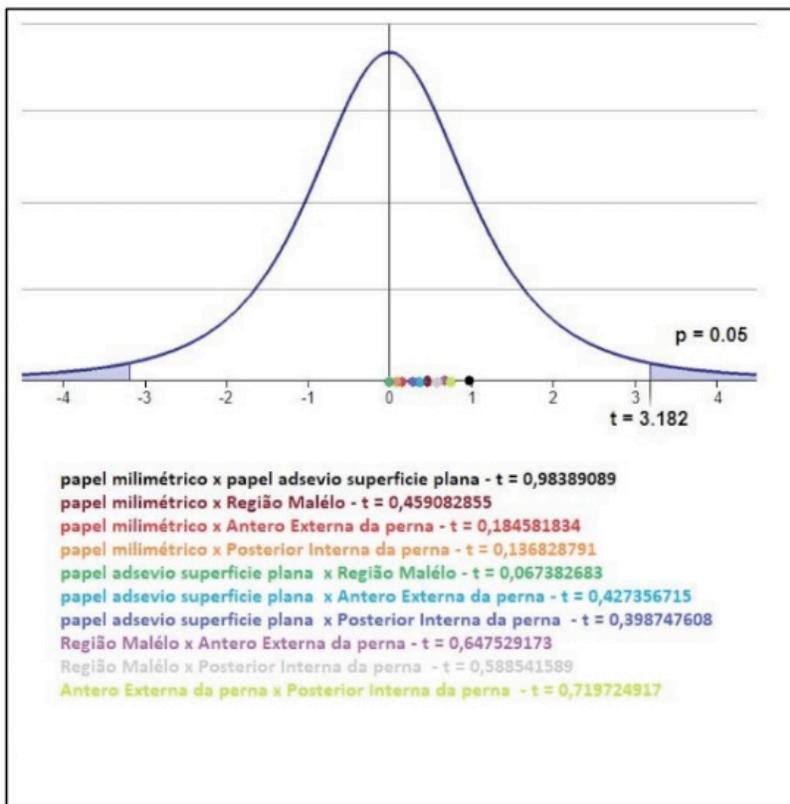


Figura 12 – Gráfico Teste T de Student em relação aos resultados da simulação do processo de cicatrização

Fonte: Os autores, 2021.

O procedimento de calibração se mostrou eficaz em relação a observação das variações obtidas entre as figuras simulando o processo de cicatrização em diferentes planos. Pois, através desse método de calibração o software consegue detectar as variações em relação ao aumento e redução da área das lesões, sem apresentar diferenças significativas em relação aos resultados obtidos, ou seja, o método de calibração utilizado se mostrou eficaz em relação a comparação das variações nas diferentes regiões do corpo humano.

3.3 Análise das lesões cutâneas de pacientes através do ImageJ

Foram analisadas 3 imagens digitais do paciente D.M, sendo que a primeira imagem condiz com o início do tratamento e a última imagem condiz com as últimas sessões do tratamento. Apresentadas na Figura 14.

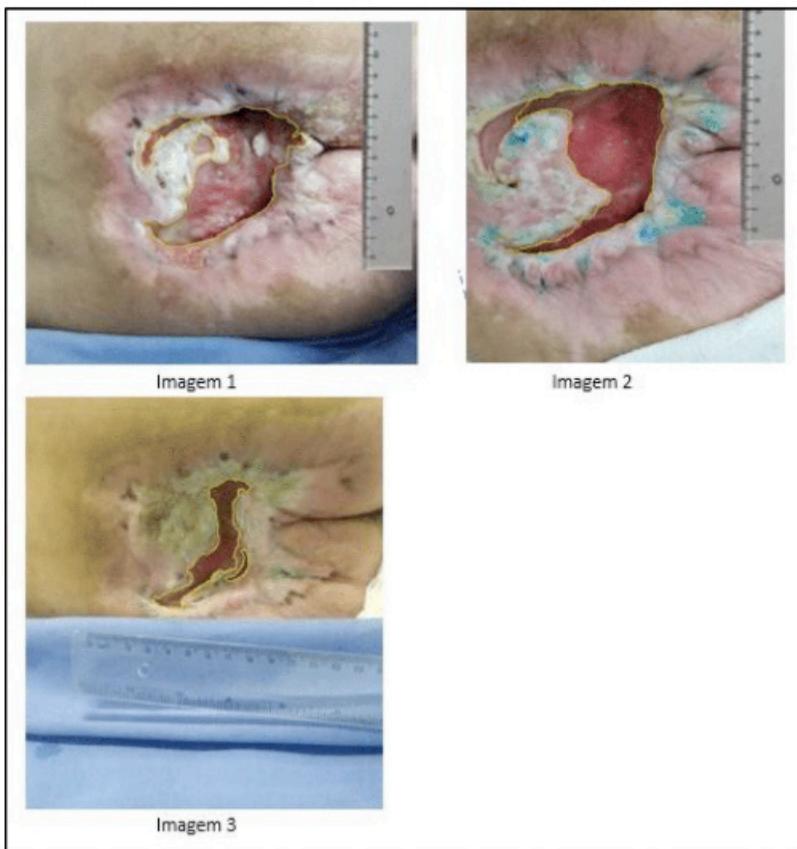


Figura 13 – Imagens digitais de lesões cutâneas em diferentes sessões de tratamento

Fonte: Os autores, 2021.

Os resultados obtidos em relação a mensuração através do software Image J estão representados na Tabela 1.

Imagem	Mensuração 1	Mensuração 2	Mensuração 3	Média	Desvio Padrão
1	28,291 cm ²	29,803 cm ²	30,101 cm ²	29,398 cm ²	0.9704 cm ²
2	26,520 cm ²	26,102 cm ²	25,976 cm ²	26,199 cm ²	0.2847 cm ²
3	8,685 cm ²	9,162 cm ²	8,361 cm ²	8,736 cm ²	0.4029 cm ²

Tabela 2 – Resultados obtidos em relação a mensuração das lesões cutâneas através das imagens digitais

Fonte: Os autores, 2021.

Pode-se observar que o sistema de calibração mostrou-se eficaz em relação a

análise de lesões cutâneas reais. O sistema conseguiu quantificar de forma expressiva as variações em relação a redução da área da lesão, isto é, conseguiu detectar o processo de cicatrização. Apesar das variações de redução entre as sessões de tratamento serem pequenas, o software consegue detectar o processo de cicatrização da lesão. Se compararmos a variação da imagem 1 com a imagem 3, há uma diferença de 20,662 cm², isto é, esse valor correspondente ao processo de cicatrização da lesão do paciente.

4 | CONCLUSÃO

O método de calibração utilizado para realizar a mensuração das lesões cutâneas, através de imagens digitais, mostrou-se eficaz em relação a detecção de variações de aumento ou redução da área das lesões. Porém para chegarmos a esses resultados foi necessário alterar a metodologia do estudo, visto que a metodologia inicial era avaliar a área da lesões e não as variações de área da lesões. Foi necessário essa alteração, pois os resultados iniciais do estudo em relação a calibração nos mostrou que não seria um método eficaz para a mensuração da lesões, por conta disso passou-se a avaliar variações de área. Essa alteração na metodologia nos fez perceber que a avaliação das variações de área é uma ferramenta excipiente para avaliar a cicatrização de lesões cutâneas. Portanto, através do método de calibração desenvolvido pode-se aplicar o mesmo em imagens digitais de lesões cutâneas de pacientes reais, auxiliando dessa forma na mensuração do processo de cicatrização, ou seja, é possível expressar dados objetivos em relação ao processo de cicatrização, auxiliando dessa forma no tratamento e na recuperação do paciente do paciente.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Márcio P. IX **Escola do CBPF – Processamento de imagens**. Julho de 2012. Disponível em: <https://mesonpi.cat.cbpf.br/e2012/arquivos/g06/Aula1_G06.pdf> acesso em 31 de maio de 2021.

ARAÚJO, Tarso. **Tudo sobre CCD/ Dispositivo de Carga Acoplada**. Super Interessante. 2011. Disponível em: < <https://super.abril.com.br/tudo-sobre/ccd-dispositivo-de-carga-acoplada/>> acesso em 31 de maio de 2021.

CAMPOS, Antonio C. L.; BORGES-BRANCO, Alessandra; GROTH, Anne, K. **Cicatrização de feridas. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva**. v. 20, n. 1, p. 51- 58, 2007.

COOPER, D. M. **Assessment, measurement, and evaluation: their pivotal roles in wound healing**. In: **Bryant RA. Acute and chronic wounds: nursing management**. 2ª edição. St. Louis: Mosby. cap. 4, p. 51-83, 2000.

EBERHARDT, Thaís D. **Mensuração de área de úlceras venosas por meio dos softwares autocad e image tool: reprodutibilidade de métodos**. 2016, 153 p. Dissertação (Mestre em Enfermagem) Universidade Federal de Santa Maria - RS, 2016.

FAVRETO, Fernanda J. L.; et al. **O papel do enfermeiro na prevenção, avaliação e tratamento das lesões por pressão.** *Revista Gestão & Saúde.* v. 17, n. 2, p. 37-47, 2017.

LEAL, Tassia S. et al. **Percepção de pessoas com a ferida crônica.** *Revista de Enfermagem UFPE on line.* v. 11, n. 3, p. 1156- 1162, 2017.

MACIEL, Renato. A. R. S. **Educação Médica - Influência da Tecnologia Médica.** *Revista Médica de Minas Gerais.* v. 22, n. 4, p. 453-437, 2012.

MANDELBAUM, Samuel H.; DI SANTIS, Érico P.; MANDELBAUM, Maria H. S. **Cicatrização: conceitos atuais e recursos auxiliares – Parte I. Educação médica Continuada. Anais Brasileiros de Dermatologia.** v. 78, p. 393-408, 2003.

OLIVEIRA, Ilanna V. P. M.; DIAS, Valéria C. **Cicatrizações de feridas: fases e fatores de influência.** *Acta Veterinaria Brasilica.* v. 6. n. 4, p. 267-271, 2012.

ELÓI MARTINS SENHORAS - Professor associado e pesquisador do Departamento de Relações Internacionais (DRI), do Programa de Especialização em Segurança Pública e Cidadania (MJ/UFRR), do Programa de MBA em Gestão de Cooperativas (OCB-RR/UFRR), do Programa de Mestrado em Geografia (PPG-GEO), do Programa de Mestrado em Sociedade e Fronteiras (PPG-SOF), do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional da Amazônia (PPG-DRA) e do Programa de Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT) da Universidade Federal de Roraima (UFRR). Fundador do *think tank* IOLEs. Graduado em Economia. Graduado em Política. Especialista pós-graduado em Administração - Gestão e Estratégia de Empresas. Especialista pós-graduado em Gestão Pública. Mestre em Relações Internacionais. Mestre em Geografia - Geoeconomia e Geopolítica. Doutor em Ciências. *Post-Doc* em Ciências Jurídicas. *Visiting scholar* na Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), na University of Texas at Austin, na Universidad de Buenos Aires, na Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México e na National Defense University. *Visiting researcher* na Escola de Administração Fazendária (ESAF), na Universidad de Belgrano (UB), na University of British Columbia e na University of California, Los Angeles. Professor do quadro de Elaboradores e Revisores do Banco Nacional de Itens (BNI) do Exame Nacional de Desempenho (ENADE) e avaliador do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (BASIS) do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP/MEC). Professor orientador do Programa Agentes Locais de Inovação (ALI) do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE/RR) e pesquisador do Centro de Estudos em Geopolítica e Relações Internacionais (CENEGRI). Organizador das coleções de livros Relações Internacionais e Comunicação & Políticas Públicas pela Editora da Universidade Federal de Roraima (UFRR), bem como colunista do Jornal Roraima em Foco. Membro do conselho editorial da Atena Editora.

A

Administração 44
 Agricultura 2, 7, 13
 Alimentação 4, 8, 9, 10
 Alimentos 1, 2, 5, 6, 8, 9

B

Biocompostos 10
 Biomassa 16
 Blocos 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26
 Brasil 5, 8, 9, 11, 13, 15, 16

C

Cadeia agroindustrial 1, 3, 4, 5, 6, 8, 12
 Campo elétrico 16
 Celulose 2, 7, 8
 Cicatrização 28, 29, 30, 31, 36, 39, 40, 42, 43
 Coco verde 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
 Compostos 8, 10
 Construção civil 2, 11
 Cultivo 2, 7, 12, 14

D

Desenvolvimento 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 30, 44
 Desperdício 2, 3, 12

E

Eco-eficiência 12
 Eco-produtos 3, 5
 Empreendimento 12, 19, 21, 23, 24, 25, 26
 Empresa 1, 3
 Engenharia 2, 7, 8, 10

F

Fibra 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
 Fibro-cimento 11

Física 28

I

Imagens digitais 28, 29, 30, 31, 36, 40, 41, 42

Indústria 1, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 13, 18, 26

L

Lavra 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27

Lesões 28, 30, 31, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Lixo 2, 3, 11

Lucro 1, 2, 3, 12, 23

M

Mantas 6

Matéria-prima 4, 6, 7, 8

Meio ambiente 2, 3, 4, 5, 6, 12, 14, 15

Mensuração 28, 29, 30, 31, 33, 36, 39, 41, 42

Mercado 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 18

Metodologia 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 30, 42

Microscopia 17

Minas 18, 19, 43

Mineração 18, 21, 26

Minério 19, 22, 23, 24, 25

Modelo 19, 20, 21, 23, 25, 26

N

Nanofibras 17

P

Papel 2, 7, 8, 30, 32, 35, 36, 37, 43

Planejamento 8, 18, 20, 21, 23, 26, 27

Polímero 10, 16

População 5, 10, 35, 36, 39

Pós-colheita 12, 13

Produção 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 22, 23

Produtos 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 13, 16

R

Resíduo 1, 2, 3, 7, 9, 10, 11, 12

S

Saúde 12, 29, 30, 43

Software 23, 28, 29, 30, 31, 36, 39, 40, 41, 42

Solo 6

Substrato 7

T

Tecnologia 1, 8, 9, 13, 43, 44

Telas 6

Tensão 10, 16

Tratamento 9, 10, 28, 29, 30, 31, 40, 41, 42, 43



Ciência, tecnologia e inovação:

GERAÇÃO DE EMPREGO E DEMOCRATIZAÇÃO DE OPORTUNIDADES 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Ciência, tecnologia e inovação:

GERAÇÃO DE EMPREGO E DEMOCRATIZAÇÃO DE OPORTUNIDADES 2

 www.arenaeditora.com.br

 contato@arenaeditora.com.br

 @arenaeditora

 www.facebook.com/arenaeditora.com.br