

ENGENHARIA: A MÁQUINA QUE CONSTRÓI O FUTURO

VOLUME XIII



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Engenharia: a máquina que constrói o futuro

13^a ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

13ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238E Engenharia: a máquina que constrói o futuro

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2025

99 f.: il

DOI: 10.37423/2025.edcl1064

ISBN: 978-65-5367-605-3

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. desenvolvimento 2. projeto 3. construção I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2025.edcl1064>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

Dr. Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

Dra. Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

Dr. Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo

Dr. Rodrigo Couto Santos

Dra. Milena Gaion Malosso

PHD Marcos Pereira Dos Santos

CAPÍTULO 1	5
ADEQUAÇÃO DAS PRÁTICAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO CANTEIRO DE OBRA: UMA REVISÃO	
Maria Gabriele Gois Mendes	
Higor Romualdo Santos do Amaral	
Maria Viviane bezerra da Silva	
Clarisse Pereira da Silva	
Gustavo Freire de Sá Carvalho Lopes	
Carlos Eduardo Pereira da Silva	
Maria Daniely Morato Lima	
Emanuely Michely Alencar Nelo	
Keliane Maria santos Souza	
Nara Millena Bento de Lima	
DOI 10.37423/250109535	
CAPÍTULO 2	16
AVALIAÇÃO SEMIQUANTITATIVA DA PERDA DE CONHECIMENTO POR INDIVÍDUO NO ÓRGÃO REGULADOR NUCLEAR BRASILEIRO	
Ellen de Oliveira Silva	
Ricardo Augusto da Silva Alfenas	
Daniel Artur Pinheiro Palma	
Amir Zacarias Mesquita	
DOI 10.37423/250109554	
CAPÍTULO 3	38
EVALUATION OF THE PROPERTIES OF FRESH STABILIZED MORTAR WITH METAKAOLIN AND EVA (ETHYLENE VINYL ACETATE) ADDITIONS	
Letícia Sabrina de Melo Souza	
Aline Figueiredo da Nóbrega	
Fabíola Luana Maia Rocha	
Diego de Paiva Bezerra	
José Anselmo da Silva Neto	
DOI 10.37423/250109584	
CAPÍTULO 4	53
EXTRATOS DE CÚRCUMA COMO FATOR DE PROTEÇÃO ULTRAVIOLETA EM TECIDOS DE ALGODÃO	
Guilherme Rodrigues Bento	
Arielma Marques dos Santos	
Itamara Farias Leite	
DOI 10.37423/250109586	

CAPÍTULO 5 80

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTOS: ABORDAGEM INICIAL PARA UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Hugo José Ribeiro Júnior

Marco Antônio dos Santos Vieira

Robison Magon Gollo

DOI 10.37423/250109594

Capítulo 1



10.37423/250109535

ADEQUAÇÃO DAS PRÁTICAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO CANTEIRO DE OBRA: UMA REVISÃO

Maria Gabriele Gois Mendes

*INSTITUTO FEDERAL do Serão
Pernambucano*

Higor Romualdo Santos do Amaral

*INSTITUTO FEDERAL do Serão
Pernambucano*

Maria Viviane bezerra da Silva

*INSTITUTO FEDERAL do Serão
Pernambucano*

Clarisse Pereira da Silva

*INSTITUTO FEDERAL do Serão
Pernambucano*

Gustavo Freire de Sá Carvalho Lopes

*INSTITUTO FEDERAL do Serão
Pernambucano*

Carlos Eduardo Pereira da Silva

*INSTITUTO FEDERAL do Serão
Pernambucano*

Maria Daniely Morato Lima

*INSTITUTO FEDERAL do Serão
Pernambucano*

Emanuely Michely Alencar Nelo

*INSTITUTO FEDERAL do Serão
Pernambucano*

Keliane Maria santos Souza

*INSTITUTO FEDERAL do Serão
Pernambucano*

Nara Millena Bento de Lima

*INSTITUTO FEDERAL do Serão
Pernambucano*

Resumo: A Resolução 307/2002 do CONAMA estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação dos Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) pelas construtoras, com o objetivo de garantir a gestão adequada dos resíduos gerados, focando especialmente nas práticas de prevenção, redução, reutilização e reciclagem. Esses planos buscam assegurar que as construtoras adotem métodos eficientes para lidar com os resíduos de forma ambientalmente responsável. Este estudo teve como objetivo investigar o desenvolvimento e a implementação desses planos, analisando as práticas adotadas nos canteiros de obras e como elas influenciam a aplicação dos princípios previstos pela legislação. A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica, utilizando as bases de dados Google Acadêmico e SCIELO, com a seleção de artigos relevantes que abordam a gestão de resíduos na construção civil. A análise dos estudos revisados revelou que as principais etapas para uma gestão eficiente de resíduos incluem o planejamento, a segregação, o armazenamento, o transporte, o reaproveitamento, a reciclagem e a destinação final. A implementação adequada dessas práticas é essencial para minimizar os impactos ambientais negativos da construção civil e promover a sustentabilidade no setor. Além disso, a adoção dessas etapas contribui para o alinhamento com os princípios de redução, reutilização, reciclagem e destinação adequada, que são exigidos pela legislação vigente.

Palavras-chave: Gestão dos resíduos; RCC, Canteiro de obras; resíduos sólidos.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos principais pilares da economia, desempenhando um papel crucial no desenvolvimento do país e gerando milhões de empregos diretos e indiretos. No entanto, é também responsável por uma significativa geração de resíduos e pelo consumo excessivo de recursos naturais, desde a produção dos materiais até a execução e operação das obras ao longo do tempo (CBCS, 2015). Quando esses resíduos não são devidamente gerenciados ou descartados, podem causar sérios impactos, como a obstrução de bueiros e sistemas de drenagem, além de prejudicar o solo, que poderia ser utilizado para outras finalidades. Se descartados próximos a corpos hídricos, como rios e córregos, esses resíduos podem causar assoreamento e aumentar o risco de inundações, deslizamentos de terra e até incêndios em épocas de seca (PAZ, 2015).

Em 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu a resolução nº 307, que define diretrizes para a gestão dos resíduos da construção civil (CONAMA, 2002). Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em 2004, publicou a NBR 10.004, que classifica os resíduos sólidos em quatro categorias: classe A (recicláveis e adequados para uso como agregados), classe B (recicláveis com outras destinações possíveis), classe C (recicláveis, mas sem viabilidade econômica para reaproveitamento) e classe D (resíduos perigosos) (SILVA; SANTOS; ARAÚJO, 2017).

Apesar de mais de uma década de implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, ainda é alarmante o número de municípios brasileiros que recorrem a lixões ou realizam descartes irregulares em áreas não licenciadas. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2021, cerca de 76 milhões de toneladas de resíduos sólidos foram gerados nas cidades brasileiras, dos quais 93% foram coletados. No entanto, apenas 61% desse total foi destinado a aterros sanitários adequados, enquanto o restante foi descartado de maneira inadequada em lixões ou aterros não licenciados. Além disso, 5,3 milhões de toneladas de resíduos anuais não são devidamente coletadas, permanecendo sem controle ou fiscalização, apesar das exigências legais para sua destinação correta (IPEA, 2023).

Esse cenário evidencia a urgência de uma gestão eficiente dos resíduos sólidos, especialmente no setor da construção civil, que gera volumes significativos de resíduos e exige práticas adequadas de manejo. O uso de aterros sanitários é uma das soluções para o descarte desses materiais, mas a gestão deve ser realizada diretamente nos canteiros de obras, com práticas eficazes de segregação, acondicionamento e destinação (SOUZA, 2018). A implementação de um planejamento bem estruturado, aliado à colaboração das empresas e do poder público, é essencial para equilibrar os

benefícios ambientais e econômicos. A separação e o reaproveitamento de resíduos nas obras não só reduzem o impacto ambiental, mas também geram economia, permitindo o uso de materiais reciclados como agregado para pavimentação, fabricação de blocos de concreto e outros produtos reutilizáveis (LIMA; PEREIRA, 2020).

O objetivo deste estudo é realizar uma revisão bibliográfica com o intuito de identificar e analisar as práticas mais eficazes para a gestão de resíduos em canteiros de obras, com foco na construção civil. A pesquisa busca explorar as metodologias e estratégias utilizadas no manejo sustentável desses resíduos, abordando desde o planejamento até a destinação final. Além disso, pretende evidenciar soluções que promovam a redução de impactos ambientais, o aumento da eficiência no uso de recursos e a adoção de práticas ambientalmente responsáveis. Por meio dessa análise, o estudo visa contribuir para o avanço de políticas e iniciativas voltadas à sustentabilidade no setor da construção.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo consiste em uma revisão bibliográfica sobre a adequação das práticas de gestão de resíduos da construção civil nos canteiros de obras. O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de consultas em bases de dados acadêmicas, como Google Acadêmico, Periódico Capes e Scientific Electronic Library Online (SCIELO). Utilizou-se uma combinação de palavras-chave, como *gerenciamento de resíduos*, *canteiro de obras* e *geração de RCD*.

Os artigos selecionados seguiram critérios rigorosos: todos deveriam abordar o tema central do trabalho e estar disponíveis para leitura online. Não houve limitação quanto às datas de publicação, mas foi adotado o critério de incluir os 20 primeiros artigos relevantes de cada base de dados. Como critério de exclusão, foram descartados os artigos que não tratavam do tema específico ou que estavam fora do período de tempo estabelecido. Após a análise dos resumos, foram selecionados 15 artigos que abordavam de forma significativa o tema em questão, os quais serviram de base para a análise e discussão neste estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 9 anos, entre 2015 e 2024, foram identificados 15 artigos que abordavam o tema da gestão de resíduos da construção civil, especificamente no contexto dos canteiros de obras. Esses estudos listavam as etapas essenciais para a gestão adequada desses resíduos, proporcionando insights e práticas que visam otimizar o processo, reduzir impactos ambientais e melhorar a eficiência

nos canteiros de obras. As etapas discutidas nesses artigos abrangem desde a segregação e o armazenamento adequado até o transporte e descarte corretos.

As etapas mais frequentemente mencionadas nos artigos, como planejamento, segregação, armazenamento, transporte, reaproveitamento, reciclagem e destinação final, conforme apresentado na Tabela 1, são consideradas essenciais pela bibliografia para garantir uma gestão eficaz e sustentável dos resíduos no canteiro de obras. Essas práticas são fundamentais para minimizar os impactos ambientais e otimizar o uso de recursos no setor da construção civil.

Tabela 1: Etapas para gestão de resíduos da construção e demolição no canteiro de obras.

Etapas no Gerenciamento	Ano	Autor
1. Planejamento 2. Segregação 3. Acondicionamento 4. Transporte 5. Destinação final	2019	BLUMENSCHIEIN
1. Caracterização dos resíduos 2. Segregação 3. Acondicionamento 4. Transporte 5. Tratamento 6. Disposição final ambientalmente adequada	2015	REGET - Revista Gestão e Tecnologia.
1. Planejamento 2. Classificação dos resíduos 3. Segregação no canteiro	2017	SILVA, F.; SANTOS, J.; ARAÚJO, M.
1. Planejamento detalhado 2. Segregação 3. Armazenamento adequado 4. Reaproveitamento 5. Destinação final	2020	AMARAL, L. F.
1. Planejamento do gerenciamento de resíduos 2. Segregação dos resíduos 3. Reaproveitamento de materiais 4. Armazenamento adequado 5. Destinação final adequada	2018	SOUZA, A. F.
1. Planejamento 2. Segregação 3. Armazenamento 4. Reaproveitamento e Reciclagem 5. Destinação Final	2018	MARTINS, R. L.; PEREIRA, L. F. P.; CASTRO, G. G.

1. Planejamento 2. Segregação 3. Armazenamento 4. Transporte 5. Reaproveitamento e Reciclagem 6. Destinação Final	2020	LIMA, C. A.; PEREIRA, A. S.; SILVA, M. F.
1. Elaboração do plano de gestão 2. Separação dos resíduos 3. Organização e acondicionamento 4. Movimentação e transporte 5. Reutilização e reciclagem 6. Destinação adequada	2021	COSTA, J. M. et al.
1. Planejamento 2. Segregação 3. Armazenamento 4. Transporte 5. Destinação Final 6. Monitoramento e Controle	2020	SANTOS, M. J.; SOUSA, G. R.
1. Planejamento inicial 2. Classificação dos resíduos 3. Segregação no local 4. Armazenamento adequado 5. Transporte controlado 6. Reutilização e reciclagem 7. Destinação final adequada	2021	OLIVEIRA, V. F.; CASTRO, T. S.
1. Planejamento 2. Segregação 3. Acondicionamento 4. Transporte 5. Tratamento e Reciclagem 6. Disposição Final	2019	ALMEIDA, L. F.; SANTOS, R. F.; SILVA, G. P.
1. Planejamento 2. Separação 3. Armazenamento 4. Transporte 5. Reaproveitamento 6. Destinação final	2020	NOGUEIRA, Cristiany da Silva.
1. Planejamento e Estratégia 2. Separação dos Materiais 3. Armazenamento Temporário 4. Logística de Transporte 5. Processamento e Reutilização 6. Destino Final Adequado	2024	GUEDES, Igor Figueiredo.
1. Identificação e caracterização dos resíduos 2. Segregação no canteiro de obras 3. Minimização da geração de resíduos 4. Armazenamento 5. Transporte 6. Descarte	2020	SILVA, Carlos Eduardo Gomes.

1. Planejamento e elaboração do programa de gerenciamento de resíduos 2. Identificação e caracterização dos resíduos 3. Segregação no canteiro de obras 4. Armazenamento adequado 5. Transporte e destinação final 6. Ações de educação e conscientização dos trabalhadores 7. Acompanhamento e controle da execução das práticas de gestão	2023	SILVA, José Douglas dos Santos Siqueira; LISBOA, Tais Moreira De.
---	------	---

PLANEJAMENTO

A etapa mais crucial do gerenciamento é aquela em que se consideram todos os projetos e suas compatibilizações, bem como os quantitativos orçamentários e o sistema construtivo. O objetivo é evitar desperdícios significativos de materiais durante a execução da obra, reduzindo, assim, a geração de resíduos. Nessa fase, é possível planejar e detalhar cada etapa da construção com maior precisão, maximizando o aproveitamento dos recursos e minimizando perdas e retrabalhos (CREA-PR, 2012).

SEGREGAÇÃO

De acordo com a Resolução Conama 307/02, a separação dos resíduos deve ocorrer diretamente nos locais onde são gerados, imediatamente após sua produção, sendo responsabilidade do próprio gerador ou das áreas de destinação autorizadas para esse propósito. A segregação deve seguir as categorias de resíduos definidas pela Resolução. Para realizar esse processo de forma eficaz, o recomendável é organizar os resíduos em montes próximos aos pontos de geração e, em seguida, transportá-los para o local de armazenamento adequado.

ARMAZENAMENTO

O armazenamento de resíduos da construção civil deve garantir segurança, facilitar o transporte e assegurar a destinação correta. Conforme a Resolução Conama 307/02, os resíduos devem ser mantidos em áreas específicas, sinalizadas e protegidas, para evitar impactos ambientais, como a poluição do solo e da água. Os materiais devem ser separados por categorias, conforme a norma, abrangendo recicláveis, reutilizáveis, perigosos e aqueles com destinação especial, promovendo uma gestão eficiente e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2002).

Figura 1- Acondicionamento dos Resíduos da construção civil no canteiro de obra



Fonte: Fonte: Souza, 2007

TRANSPORTE

A etapa do transporte consiste na remoção dos resíduos dos locais de origem para estações de transferência, centros de tratamento ou diretamente para o destino final, utilizando diferentes meios de transporte (SANTOS, 2010). Para garantir eficiência, é fundamental implementar uma logística adequada, com acessos apropriados, horários definidos e controle rigoroso da entrada e saída dos veículos responsáveis pela remoção dos resíduos, devidamente acondicionados. Isso ajuda a evitar o acúmulo excessivo de resíduos e melhora a organização no local. Além disso, as empresas transportadoras devem possuir licença ambiental específica, emitida pelo órgão competente. No transporte interno, é essencial designar um colaborador para a atividade, especialmente no caso dos resíduos com características domésticas, que podem ser encaminhados a cooperativas de reciclagem ou ao serviço público de coleta. A segregação e o acondicionamento adequados desses resíduos são altamente recomendados, contribuindo para uma gestão mais eficiente e sustentável.

REAPROVEIRAMENTO E RECICLAGEM

O reaproveitamento e a reciclagem de resíduos gerados no canteiro de obras são fundamentais para minimizar os impactos ambientais e promover a sustentabilidade no setor da construção civil. De acordo com Silva e Lima (2023), adotar práticas adequadas de gestão de resíduos, como a segregação e o reaproveitamento de materiais, contribui para a diminuição do volume de resíduos enviados a aterros sanitários. Materiais como madeira, metal, vidro e concreto podem ser reciclados e reutilizados em novos projetos, o que favorece a economia circular. Além disso, a reciclagem reduz a

pressão sobre os recursos naturais e proporciona vantagens econômicas, uma vez que diminui os gastos com a compra de novos materiais e o descarte inadequado de resíduos (SILVA; LIMA, 2023).

DESTINAÇÃO FINAL

A destinação dos resíduos da construção civil (RCC) deve seguir a classificação definida pela Resolução CONAMA 307/02, atualizada pela Resolução 448/12, que estabelece diretrizes específicas para cada tipo de resíduo:

- **Classe A:** Compreende materiais inertes, como concreto, pedras e terra, que podem ser reciclados ou reutilizados como agregados em novas obras. Caso contrário, devem ser encaminhados a aterros específicos para esses resíduos.
- **Classe B:** Inclui materiais recicláveis, como madeira, metais e plásticos, que devem ser separados e encaminhados para reciclagem ou armazenamento temporário, permitindo sua futura reutilização.
- **Classe C:** Refere-se a resíduos não recicláveis, como materiais contaminados ou perigosos, que devem ser armazenados e transportados de acordo com normas técnicas para evitar riscos ambientais.
- **Classe D:** Engloba resíduos perigosos, como produtos químicos e solventes, que exigem cuidados especiais no manejo e descarte, conforme regulamentações específicas, para garantir a segurança ambiental.

4. CONCLUSÃO

A partir das revisões bibliográficas realizadas, foi possível identificar que as fases mais utilizadas na gestão de resíduos da construção civil envolvem o planejamento, a segregação, o armazenamento, o transporte, o reaproveitamento, a reciclagem e, por fim, a destinação final. Cada uma dessas etapas desempenha um papel essencial para garantir uma gestão eficaz e sustentável dos resíduos gerados nas obras. Um planejamento bem estruturado é a base para o controle das fases subsequentes, enquanto a segregação e o armazenamento adequados são fundamentais para viabilizar a reciclagem e o reaproveitamento dos materiais. O transporte, por sua vez, deve ser realizado de forma a minimizar os impactos ambientais e assegurar que os resíduos sejam corretamente encaminhados. A reciclagem e o reaproveitamento são peças-chave para a economia circular, pois reduzem a quantidade de resíduos destinados a aterros e incentivam a reutilização de materiais. Por último, a destinação final deve seguir as normas estabelecidas, garantindo que resíduos perigosos ou não recicláveis sejam tratados de forma apropriada. Em resumo, adotar boas práticas em todas essas fases é crucial para aprimorar a gestão dos resíduos da construção civil, promovendo a sustentabilidade e minimizando os impactos ambientais causados por essa atividade.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. A.; SANTOS, A. M. A importância da gestão de resíduos sólidos na construção civil e seu impacto ambiental. *Journal of Civil Engineering and Environmental Technology*, v. 31, p. 87–96, 2020.
- AMARAL, L. F. Gestão de resíduos na construção civil: práticas e desafios. *Revista Brasileira de Engenharia e Meio Ambiente*, v. 18, n. 3, p. 205–220, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021*. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.abrelpe.org.br>. Acesso em: 5 jan. 2025.
- BLUMENSCHNEIN, P. Q. Estratégias de gestão de resíduos da construção civil: análise e proposta de melhorias para canteiros de obras. *Revista de Engenharia Sustentável*, v. 11, n. 3, p. 150–165, 2019.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 6 jan. 2025.
- CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Disponível em: <https://www.cbcs.org.br>. Acesso em: 5 ago. 2024.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002.
- COSTA, J. M. et al. Gestão de resíduos na construção civil: práticas sustentáveis no canteiro de obras. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, v. 18, n. 3, p. 210–225, 2021.
- CREA-PR. *Resíduos Sólidos*. Curitiba: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná, 2012. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/residuos-solidos.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2025.
- GUEDES, I. F. Gestão sustentável de resíduos na construção civil: desafios e estratégias. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 6, p. 1–15, 2024.
- IPEA. *Estudo sobre a gestão de resíduos sólidos no Brasil*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2023. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 5 jan. 2025.
- LIMA, C. A.; PEREIRA, A. S.; SILVA, M. F. Práticas sustentáveis no gerenciamento de resíduos da construção civil: uma revisão das etapas no canteiro de obras. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 17, n. 2, p. 134–150, 2020.
- LIMA, R. A.; PEREIRA, M. C. dos S. Sustentabilidade no setor da construção civil: reaproveitamento e gestão de resíduos. *Revista de Engenharia e Construção*, v. 22, n. 3, p. 45–60, 2020.
- MARTINS, R. L.; PEREIRA, L. F. P.; CASTRO, G. G. Gestão integrada de resíduos da construção civil. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, v. 7, p. 45–59, 2018.

NOGUEIRA, C. S. Gestão de resíduos da construção civil. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 5, n. 11, p. 67–84, 2020.

OLIVEIRA, V. F.; CASTRO, T. S. Gestão de resíduos sólidos na construção civil: desafios e soluções. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 18, p. 145–159, 2021.

PAZ, D. H. F. da. *Desenvolvimento de um sistema de apoio à gestão integrada de resíduos da construção e demolição*. 2019. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/34491>. Acesso em: 5 jan. 2025.

REGET - Revista Gestão e Tecnologia. Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/20558/pdf/96695>. Acesso em: 5 jan. 2025.

SANTOS, J. D. dos S. *Gerenciamento de resíduos da construção civil: desafios e soluções*. Editora Universitária, 2010.

SANTOS, M. J.; SOUSA, G. R. Gestão ambiental dos resíduos da construção civil: uma análise das etapas de gerenciamento. *Revista Brasileira de Engenharia Civil*, v. 16, p. 120–135, 2020.

SILVA, C. E. G. Análise do gerenciamento de resíduos da construção civil: armazenamento, transporte e descarte. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 18, n. 2, p. 123–145, 2020.

SILVA, F.; SANTOS, J.; ARAÚJO, M. Gerenciamento de resíduos da construção civil: práticas e desafios no canteiro de obras. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, v. 6, n. 2, p. 45–60, 2017.

SILVA, J. D. dos S. S.; LISBOA, T. M. de. Análise do gerenciamento de resíduos da construção civil: armazenamento, transporte e descarte. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, v. 17, p. 200–215, 2023.

SOUZA, P. C. M. Gestão de resíduos da construção civil em canteiros de obras de edifícios multipiso na cidade do Recife/PE. João Pessoa: s.n., [s.d.].

SOUZA, A. F. Gestão de resíduos da construção civil: práticas e desafios nos canteiros de obras. *Revista Engenharia e Meio Ambiente*, v. 20, n. 3, p. 45–59, 2018.

Capítulo 2



10.37423/250109554

AVALIAÇÃO SEMIQUANTITATIVA DA PERDA DE CONHECIMENTO POR INDIVÍDUO NO ÓRGÃO REGULADOR NUCLEAR BRASILEIRO

Ellen de Oliveira Silva

Instituto de Engenharia Nuclear

Ricardo Augusto da Silva Alfenas

Instituto de Engenharia Nuclear

Daniel Artur Pinheiro Palma

Instituto de Engenharia Nuclear

Amir Zacarias Mesquita

Instituto de Engenharia Nuclear



Resumo: Um programa nuclear deve ser baseado no compromisso de usar a energia nuclear de forma segura e pacífica, além de ser um projeto importante, intensivo em capital e que requer planejamento, preparação e investimento em tempo, instituições e recursos humanos. Ademais, para introduzir a energia nuclear em uma nação, uma ampla gama de questões de infraestrutura precisa ser considerada. A Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) por meio do documento SÉRIE DE SERVIÇOS DA AIEA NG-G-3.1 introduziu um sistema de marcos para o desenvolvimento de infraestrutura nacional para adoção de energia nuclear, que elenca dezenove áreas de interesse. O objetivo deste capítulo é descrever uma metodologia para lidar com a situação da perda de conhecimentos críticos individuais, assim como avaliar seu uso em um estudo de caso em uma unidade do órgão regulador nuclear brasileiro. Os resultados obtidos indicam que a metodologia se mostra adequada no sentido de melhorar o gerenciamento do conhecimento nuclear.

Palavras-chave: Programa Nuclear; Infraestrutura Nuclear; Gestão do Conhecimento; Fatores de Atrito.

1- INTRODUÇÃO

O conhecimento nuclear para fins pacíficos tem grande importância em vários países e tanto publicações técnicas (IAEA, 2022) quanto acadêmicas (Liebowitz, 2011) têm destacado o risco que o envelhecimento da força de trabalho desta indústria tem gerado para as organizações nucleares e para a sociedade.

Nesse sentido, a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) desempenha um papel crucial na promoção do intercâmbio de informações científicas e técnicas sobre os usos pacíficos da energia atômica. Suas publicações na Série de Energia Nuclear são fontes valiosas de conhecimento em áreas como energia nuclear, ciclo do combustível nuclear, gestão de resíduos radioativos e infraestrutura.

A Série de Energia Nuclear da IAEA é dividida em três níveis: Princípios e Objetivos Básicos, Guias e Relatórios Técnicos. Os Princípios Básicos estabelecem a lógica e a visão para os usos pacíficos da energia nuclear, enquanto os Guias oferecem orientações de alto nível para alcançar esses objetivos. Os Relatórios Técnicos fornecem informações detalhadas sobre as atividades relacionadas.

A perda de conhecimentos é apontada como um risco às atividades das organizações nucleares, sendo a gestão do conhecimento a disciplina indicada para mitigar tal problema (IAEA, 2022; Liebowitz, 2011; Sumbal, 2023).

O presente capítulo foca na publicação "*Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power*" (Marcos do Desenvolvimento de uma Infraestrutura Nacional para Energia Nuclear) (IAEA, 2015), que oferece orientações para países iniciando programas nucleares. O guia aborda 19 questões de infraestrutura essenciais para o sucesso de um programa de energia nuclear, destacando a importância de uma atenção adequada a cada uma delas para evitar comprometer a segurança ou causar atrasos.

O guia NG-G-3.1 da IAEA (IAEA, 2015) define os marcos para o desenvolvimento da infraestrutura necessária para a introdução da energia nuclear, abrangendo tanto a infraestrutura "*hard*" (como rede elétrica e locais) quanto a "*soft*" (como leis e regulamentos nucleares, treinamento). É destinado a tomadores de decisão, consultores e gerentes de governo, indústria e órgãos reguladores.

No estudo de caso descrito neste capítulo foi considerado uma unidade específica da CNEN: o Laboratório de Poços de Caldas (LAPOC). A escolha dessa unidade se deve ao sucesso do LAPOC na implantação de programas de gerenciamento do conhecimento e à natureza multidisciplinar, que trabalha com conhecimento especializado.

Portanto, o principal objetivo deste capítulo é apresentar a metodologia de gestão do risco da perda de conhecimentos nucleares, assim com apresentar um caso de programa de gestão do conhecimento nuclear de unidade do órgão regulador nuclear brasileiro, destacando a importância da referida metodologia de gestão de risco de perda de conhecimento ao longo das fases de um projeto nuclear.

1- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – O QUE É CONHECIMENTO?

A gestão do conhecimento envolve estratégias para utilizar, criar, adquirir e disseminar ativos de conhecimento, garantindo a disponibilidade da informação necessária no momento e formato adequados (Neto, 1998). Essas estratégias promovem a geração de ideias, resolução de problemas e tomada de decisões.

Rossato (2002) define o conhecimento como um processo estratégico, contínuo e dinâmico, focado na geração de capital intangível da organização e integrado à estratégia organizacional. A alta administração deve apoiar e supervisionar a implementação da gestão do conhecimento.

O conhecimento pode ser geral (abrangente) ou especializado (focado em uma área específica) e está em constante evolução devido a novas descobertas e experiências. Barbalho et al. (2021) destacam que o conhecimento é informação em ação efetiva, podendo ser explícito ou tácito, sendo este último mais difícil de capturar. O conhecimento crítico é essencial para a execução da estratégia de uma empresa, seja pública ou privada.

2.2 – GESTÃO DO CONHECIMENTO

A gestão do conhecimento oferece uma estrutura abrangente para organizar conteúdos estratégicos de aprendizagem, ampliando as competências organizacionais para se adaptar aos novos requisitos do ambiente de negócios e tecnológico (Santos & Amato Neto, 2010). Seu principal propósito é aprimorar a capacidade intelectual da empresa, auxiliando na tomada de decisões diárias que influenciam o sucesso ou fracasso do negócio (Lara, 2004).

Davenport e Prusak (1998) afirmam que organizações saudáveis geram e utilizam conhecimento, transformando informações do ambiente em conhecimento e agindo com base nessa combinação. A gestão do conhecimento envolve um ciclo contínuo de criação, armazenamento, disseminação e utilização do conhecimento, requerendo a combinação adequada de pessoas, processos e tecnologia.

A gestão do conhecimento aumenta a eficiência, melhora a tomada de decisão, estimula a inovação e retém o conhecimento organizacional. Modelos como a "espiral do conhecimento" de Nonaka e Takeuchi (1997) destacam a importância da socialização, externalização, combinação e internalização na criação e transferência de conhecimento, como mostra a figura 1.



Figura 1: Espiral do Conhecimento (Adaptado de Nonaka e Takeuchi, 1997)

A tecnologia desempenha um papel crucial, fornecendo ferramentas para facilitar a captura, armazenamento e disseminação de informações. A cultura organizacional também é fundamental, valorizando o aprendizado contínuo, a colaboração e a experimentação (Senge, 2013). As cinco disciplinas da aprendizagem organizacional de Senge (2013) são: domínio pessoal, modelos mentais, visão compartilhada, aprendizagem em equipe e pensamento sistêmico, que se reforçam mutuamente para criar uma cultura de aprendizagem contínua, adaptabilidade e inovação.

2.3 – GESTÃO DO CONHECIMENTO NUCLEAR

A Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) promove o intercâmbio de informações científicas e técnicas sobre os usos pacíficos da energia atômica e define gestão do conhecimento como “a abordagem integrada e sistemática para identificar, gerenciar e compartilhar o conhecimento de uma organização e permitir que as pessoas criem novos conhecimentos coletivamente e, assim, ajudem a atingir os objetivos dessa organização” (IAEA, 2022, p. 56). A publicação *"Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power"* (AIEA, 2015) fornece orientações para

países que iniciam programas nucleares, baseadas em normas internacionais, segurança e boas práticas.

O guia aborda 19 questões de infraestrutura essenciais para o sucesso de um programa nuclear, divididas em três fases: considerações iniciais, preparativos para construção e atividades de implantação da primeira usina nuclear. Cada fase é marcada por marcos específicos que avaliam o progresso e permitem a transição para a próxima etapa.

Três organizações-chave estão envolvidas no desenvolvimento da infraestrutura nuclear: governo, proprietário/operador da usina e órgão regulador. A coordenação dessas entidades é essencial para o sucesso do programa.

A gestão do conhecimento nuclear é crucial para garantir a preservação e transferência de conhecimento ao longo das fases do projeto nuclear. A formação de um programa de Gestão do Conhecimento Nuclear (GCN) é vital para a operação segura e eficiente das instalações nucleares, mitigando o risco de perda de conhecimento crítico (IAEA, 2017).

A série de Energia Nuclear da IAEA (IAEA, 2017) também aborda a necessidade de uma força de trabalho qualificada e a importância da educação e treinamento contínuos para enfrentar os desafios da perda de especialistas experientes.

IAEA (2017) destaca a importância de implementar uma metodologia de Gestão de Risco de Perda de Conhecimento (GRPC) para garantir a preservação e transferência de conhecimento ao longo das diferentes fases de um projeto nuclear. O relatório técnico N° NG-T-6.11 aborda os riscos associados à perda de conhecimento devido ao desgaste de funcionários em usinas nucleares e fornece orientações para mitigá-los.

A perda de conhecimento pode ocorrer por diversos fatores, como aposentadoria, transferências internas e demissões. Esses riscos também afetam empresas de terceirização e consultoria envolvidas em projetos nucleares. A força de trabalho envelhecida é um desafio comum em países desenvolvidos e em desenvolvimento, agravado pela escassez de talentos em áreas tradicionais de engenharia.

Substituir especialistas-chave pode ser caro, e as organizações nucleares precisam adotar práticas de gestão de talentos para ajustar as habilidades dos funcionários e motivá-los a mudar seu comportamento. Outros fatores de risco incluem a perda de trabalhadores nucleares, a indisponibilidade de mão de obra qualificada e deficiências na cooperação com instituições de ensino.

O relatório técnico N° NG-T-6.11 (AIEA, 2017) fornece uma metodologia GRPC para gerenciar, identificar e compreender o nível de risco da perda de conhecimento. A metodologia inclui três etapas: Mapeamento de Competências, Desenvolvimento da Matriz de Competências em Risco e Ações. Essas etapas ajudam a identificar, priorizar e tratar ameaças de perda de conhecimento, garantindo a continuidade e eficácia das operações.

A avaliação de risco de perda de competência organizacional segue uma abordagem "de cima para baixo" e pode ser aplicada em qualquer organização com processos bem definidos. A metodologia estabelece conexões entre objetivos de atividades, processos centrais, subprocessos e necessidades de competência organizacional.

A figura 2 mostra o processo de 3 etapas conhecido como Diagrama do processo para transferência e retenção do conhecimento sugerido pelo relatório técnico AIEA N° NG-T-6.11(AIEA, 2017):

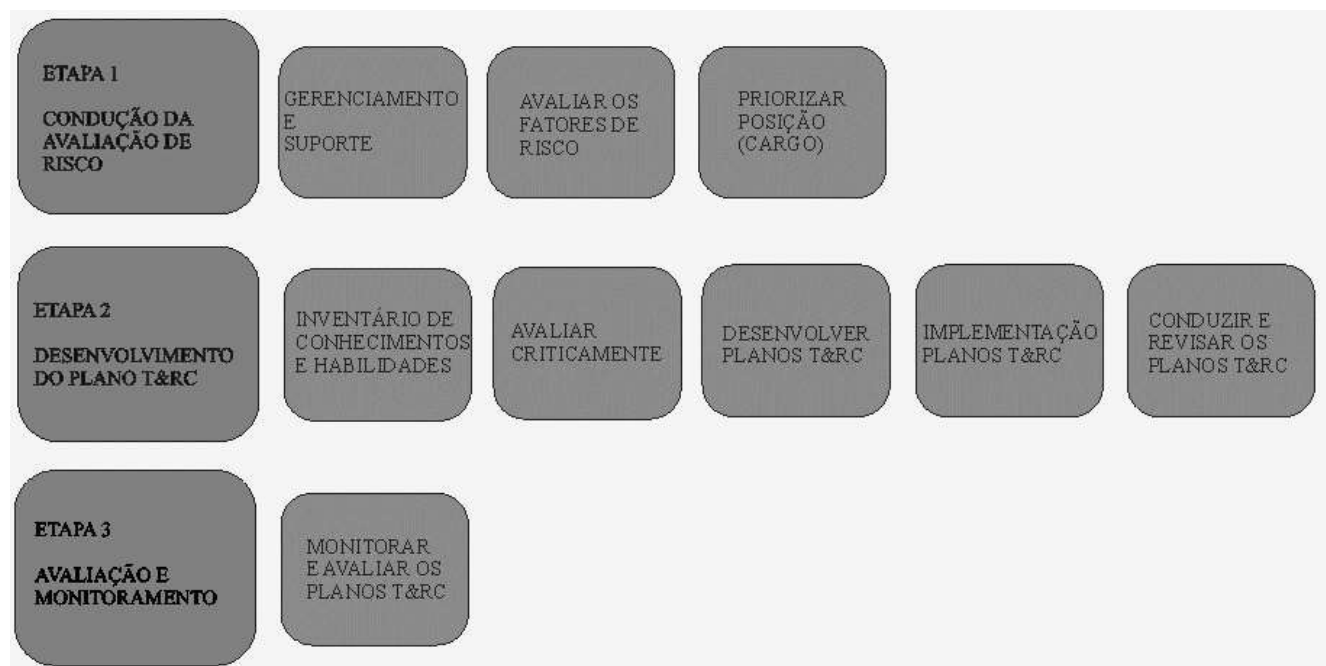


Figura 2 - Transferência e retenção do conhecimento (T&RC) (Adaptado AIEA, 2017)

Com base no relatório técnico AIEA N° NG-T-6.11 (AIEA, 2017), a avaliação do risco de perda de competência organizacional é dividida em três etapas. A primeira etapa identifica cargos e indivíduos com maior risco de perda de conhecimento, considerando o fator de atrito e a importância das funções. A segunda etapa desenvolve um plano de retenção do conhecimento, priorizando o conhecimento crítico em posições de alta prioridade. A terceira etapa envolve a mitigação da perda de conhecimento para funcionários de alta prioridade, implementando planos de retenção que

incluem a identificação de conhecimento crítico e projetos de retenção de conhecimentos críticos por meio de práticas/métodos/ferramentas de gestão do conhecimento.

Os planos de retenção podem incluir entrevistas com funcionários próximos da aposentadoria, baseadas em questionários que ajudam a identificar áreas com conhecimento crítico. Após as entrevistas, será criado um Mapa do Conhecimento para melhor visualização e compreensão da perda de conhecimento no setor.

A principal prioridade é identificar, capturar e reter o conhecimento crítico de funcionários próximos da aposentadoria. É essencial desenvolver e implementar planos de retenção do conhecimento para funcionários com alto fator de risco, pois podem ser promovidos, transferidos ou deixar a organização, resultando na perda de conhecimento crítico.

Na etapa de Avaliação e Monitoramento, gestores devem realizar revisões periódicas para monitorar a implementação dos planos de retenção do conhecimento. Isso inclui revisar os planos, atualizar documentos e procedimentos internos, e configurar e analisar indicadores de desempenho, como número de relatos de experiência e entrevistas, e proporção de especialistas com conhecimentos críticos em risco de perda avaliados.

O relatório técnico AIEA N° NG-T-6.11 (2017) fornece métodos e ferramentas apropriados para a preservação do conhecimento, como mostra a figura 3:

Como adquirir conhecimento?	Descrição
Entrevista de saída	Reunião de captação de conhecimento dos funcionários quando eles se demitem. O líder, o funcionário que está saindo e o funcionário que assume a posição se reúnem com a maior frequência possível para discutir e tomar notas sobre o conhecimento do trabalho do funcionário que está saindo.
Entrevista do titular	Entrevista realizada com um funcionário para documentar o conhecimento de um trabalho ou tarefa específica.
Entrevista pós trabalho	Entrevista realizado após o término de um trabalho, tarefa ou atividade específica para capturar as lições aprendidas, habilidades e conhecimentos ainda frescos na mente de um funcionário.
Autoavaliação	Os funcionários documentam seu conhecimento de uma tarefa, atividade ou desenvolvimento específico para capturar o conhecimento e/ou habilidades necessárias para concluir a atividade.
Gravação de vídeo de realização da tarefa	Gravação de vídeo de um funcionário realizando uma tarefa ou atividade.

Como transferir conhecimento?	Descrição
Simulação passo a passo	Transferência de habilidades, conhecimentos e informações relacionadas ao trabalho em um ambiente de trabalho simulado ou com uma simulação do trabalho, tarefa, atividade ou desenvolvimento real
Mentoria formal	Relação de ensino entre dois funcionários onde um é o “aprendiz” e o outro é o “professor”. O Professor fornece orientação individual e supervisão para que o aprendiz obtenha o conhecimento necessário para realizar ou gerenciar uma tarefa ou atividade.
Mentoria informal	Uma relação de ensino menos estruturada entre funcionários experientes e menos experientes.
Aprendizagem	Aprender um ofício pela experiência prática de trabalhadores qualificados.

Figura 3 - Métodos, Práticas e Ferramentas de preservação do conhecimento (Adaptado AIEA, 2017)

2.4 – AVALIAÇÃO DE RISCO DE PERDA DE COMPETÊNCIA ORGANIZACIONAL

Conforme detalhado no relatório técnico AIEA N° NG-T-6.11 (AIEA, 2017), é apresentada uma metodologia destinada a orientar a fase inicial da avaliação de risco de perda de competência organizacional. Essa metodologia proporciona um valioso suporte aos especialistas sêniores em cada setor de uma organização nuclear, permitindo a compreensão e enfrentar os riscos associados a essa perda de competência.

A avaliação de risco de perda de competência organizacional segue uma abordagem "de cima para baixo" que pode ser aplicada de forma eficaz em qualquer organização que possua um processo bem definido. Essa abordagem estabelece conexões significativas entre os objetivos das atividades, processos centrais, subprocessos e as necessidades de competência organizacional. Ela pode ser implementada de forma independente ou em conjunto com a avaliação individual do risco da perda de conhecimento (ARPC) (AIEA, 2017).

A avaliação do risco da perda de competência organizacional é um processo em três etapas, sendo a Etapa 1 – Mapeamento de competências; Etapa 2 – Desenvolvimento da matriz de 'Competência em risco'; Etapa 3 – Ações para ARPC, conforme mostra a figura 4:

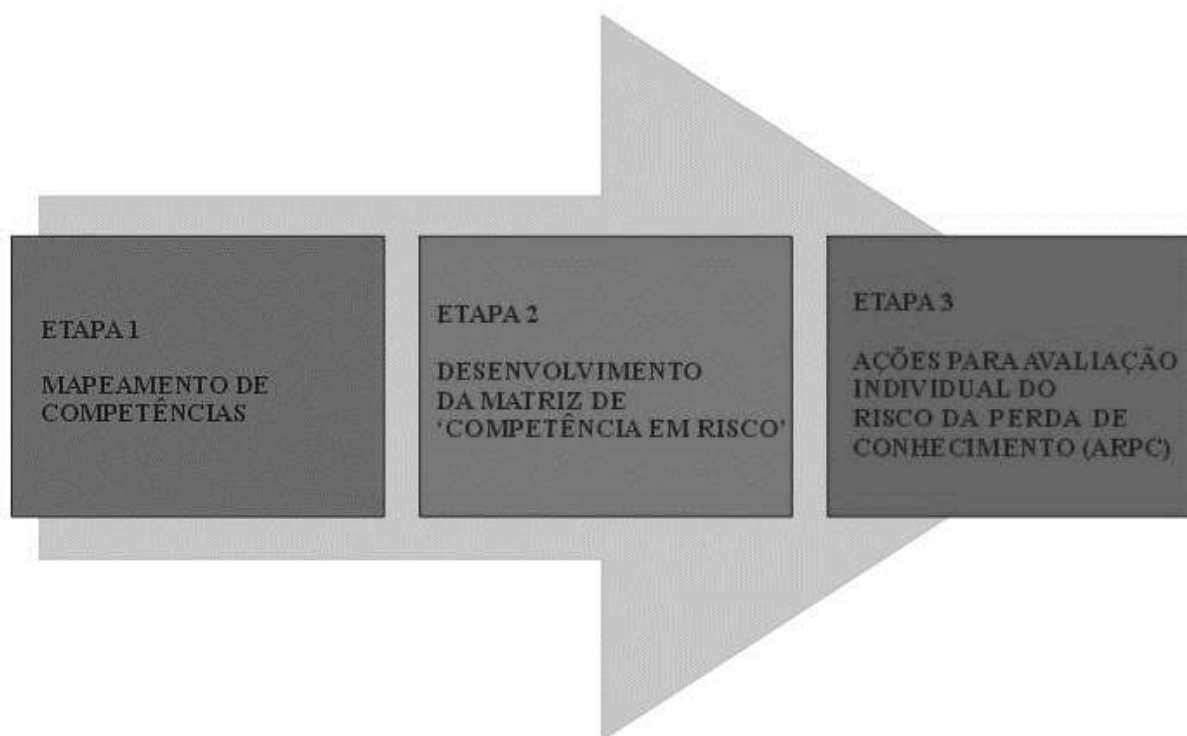


Figura 4 - Processo de avaliação de perda de competência organizacional (Adaptado AIEA, 2017)

Com base na figura 4, a primeira etapa, denominada "Mapeamento de Competências", se concentra na coleta das informações iniciais essenciais para a avaliação da competência sob risco. O processo de mapeamento desempenha um papel fundamental na visualização das funções e competências organizacionais existentes, permitindo a identificação dos pontos fortes e fracos da organização em relação aos objetivos das atividades em curso. A análise minuciosa dos processos e subprocessos das atividades resulta na identificação das competências dentro da organização.

A etapa 2 chamada de desenvolvimento da matriz de competências em risco, os gestores criam uma matriz de competências com base nas informações disponibilizadas pelo Recursos Humanos do setor (RH). O RH fornecerá as informações sobre a força de trabalho atual daquele setor, identificando as funções essenciais e não essenciais, avaliação futuras de possíveis ausências de competência devido a mudanças na estrutura organizacional, rotação de pessoal, envelhecimento e aposentadoria, e identificam opções para abordar qualquer questão de perda de conhecimento como por exemplo melhorias no processo, reorganização e eliminação de atividades não essenciais.

A etapa 3 denominada ações, os gestores devem desenvolver um plano estratégico baseado no resultado da análise da matriz de competência em risco, abordando a competência organizacional e perda de conhecimento, e realizar ações corretivas. É nessa etapa que inicia mudanças estratégicas ou uma modificação nas políticas e programas de RH como: Programa de recrutamento de pessoal; Programas de treinamento e reciclagem; Identificação de posições críticas; Detecção dos principais especialistas em risco; Estimativas de custos para reter e/ou renovar especialistas-chave.

2.5 – AVALIAÇÃO DE RISCO DA PERDA DO CONHECIMENTO INDIVIDUAL

Segundo o relatório técnico AIEA N° NG-T-6.11 (AIEA, 2017), nessa etapa são fornecidas a metodologia e as ferramentas para lidar com a perda de conhecimento específica associada a especialistas individuais próximos da aposentadoria ou rotação de funcionários sendo promovidos ou deixando a organização ou setor.

As ameaças de perda de conhecimento relacionadas ao atrito podem ser identificadas, priorizadas e tratadas usando o processo de três etapas para determinar um fator de risco total para cada funcionário da organização. Esse fator de risco total é determinado por uma data de desligamento projetada, que pode estar relacionada a aposentadoria, transferência ou outro atrito (fator de risco de atrito/atricção) e criticalidade do conhecimento e habilidades (fator de risco de posição ou cargo).

Esse artigo irá focar na etapa 1 definida como Condução da Avaliação de Risco de Perda de Conhecimento, onde será descrito o *Attrition Risk Factor* – FRA (Fator de risco de atrito/atrição), o *Position Risk Factor* – FRP (fator de risco de posição ou cargo) e o *Total Risk Factor* – FRT (fator de risco total).

Baseado no relatório técnico AIEA N° NG-T-6.11 (AIEA, 2017), foi possível dar início ao processo de avaliação do risco associado à perda de competência organizacional, dividida em três etapas distintas. A primeira etapa, denominada "Condução da Avaliação de Risco de Perda de Conhecimento", tem por objetivo identificar os cargos e indivíduos que apresentam o maior e mais iminente potencial de perda de conhecimento.

O fator de risco de atrito/atrição é fundamentado na aposentadoria esperada ou na data de saída prevista. Essa data pode ser fornecida pelo próprio funcionário ou calculada com base em dados como idade e tempo de serviço. A determinação dos critérios utilizados para atribuir o fator de risco de atrito é apresentada de maneira detalhada na tabela 1.

Tabela 1 – Critérios do Fator de Risco de Atrito/Atrição (FRA)

Fator de Risco de Atrito	Critério
5	Data de aposentadoria prevista para o ano atual ou o próximo ano
4	Data de aposentadoria prevista dentro de 3 anos a partir do ano atual
3	Data de aposentadoria prevista dentro de 4 anos a partir do ano atual
2	Data de aposentadoria prevista dentro de 5 anos a partir do ano atual
1	Data de aposentadoria prevista dentro de 6 anos a partir do ano atual

Após a identificação do fator de risco de atrito, a próxima etapa envolve a avaliação do fator de risco de posição ou cargo, o qual está diretamente relacionado à criticidade da função, bem como ao conhecimento e à experiência necessários para atender aos requisitos do cargo em questão. Ou seja, ele representa uma estimativa do grau de dificuldade ou do nível de esforço exigido para substituir o colaborador na função, conforme explicitado na Tabela 2.

Tabela 2 - Critérios do Fator de Risco de Posição (FRP)

Fator de Risco de Posição	Critério
5	Conhecimentos ou habilidades críticas e únicas; conhecimentos e habilidades críticos para missão organizacional com potencial de impacto significativos de confiabilidade ou segurança; conhecimento específico da organização ou local; conhecimento não documentado; requer 3 a 5 anos de treinamento e experiência; não há substituições prontas disponíveis.
4	Conhecimentos e habilidades críticas; conhecimentos e habilidades críticos para missão organizacional; existe alguma duplicação limitada em outras plantas ou locais e/ou alguma documentação; requer 2 a 4 anos de treinamento e experiência.
3	Conhecimentos e habilidades importantes e sistematizados; existe documentação e/ou outro pessoal no local possui o conhecimento e as habilidades; pessoas disponíveis e podem ser treinados em 1 a 2 anos.
2	Conhecimentos e habilidades procedimentais ou não essenciais à missão organizacional; existem procedimentos claros e atualizados; programas de treinamento são atuais e eficazes e podem ser concluídos em menos de 1 ano.
1	Conhecimentos e habilidades comuns; pessoas contratadas externamente que possuem o conhecimento e as habilidades estão prontamente disponíveis e exigem pouco treinamento adicional.

Já o fator de risco total é determinado a partir do produto entre os fatores de risco de atrito e de posição:

$$FRT = FRA \times FRP, \text{ sendo } FRT \leq 5 \quad \text{Eq.(1)}$$

e sua gradação é descrita nas diretrizes da tabela 3.

Tabela 3 - Fator de Risco Total (FRT)

Fator de Risco Total	Prioridade
20-25	<u>ALTA PRIORIDADE</u> : Ação imediata necessária; planos de ação para substituição com prazos estabelecidos devem ser desenvolvidos e incluir: plano retenção do conhecimento, avaliação de gestão do conhecimento, treinamentos específicos e treinamento no trabalho ou acompanhamento com o titular.
16-19	<u>PRIORIDADE</u> : Planos de pessoal devem ser estabelecidos para abordar o método e o momento da substituição, esforços de recrutamento, treinamento e acompanhamento com o atual titular.
10-15	<u>ALTA IMPORTÂNCIA</u> : Antecipar a vaga que será preenchida, o trabalho que será realizado e a competência que será coberta; recrutamento em Universidades, programas de treinamento, melhorias de processos e novos investimentos.
1-9	<u>IMPORTANTE</u> : Reconhecer as funções dos cargos e determinar a necessidade de substituição.

O gestor do setor, em colaboração com o RH, deve revisar conjuntamente os resultados da avaliação de risco. A avaliação crítica do fator de risco de posição, feita pelo gestor, é crucial para garantir a precisão das classificações. Um alto desempenho individual não justifica, por si só, um fator de risco elevado; as classificações devem refletir o risco real. Após a revisão, o gestor e o RH identificam áreas que necessitam de um plano de retenção de conhecimento e atribuem responsabilidades para a elaboração de um plano de desenvolvimento.

De acordo com Napoleão (2019), a Matriz de Riscos, também conhecida como Matriz de Probabilidade e Impacto, é uma ferramenta gráfica essencial para o gerenciamento de riscos. Ela permite visualizar e avaliar o impacto dos riscos em uma organização, facilitando a tomada de decisões informadas e a implementação de medidas preventivas. Sua simplicidade e clareza promovem o engajamento da equipe na gestão de riscos.

A figura 5 mostra um exemplo de uma matriz de risco, que é composta por 5 níveis verticais (probabilidade) e 5 horizontais (impacto).

Probabilidade	90%	Média	Média	Alta	Alta	Alta
	70%	Baixa	Média	Média	Alta	Alta
	50%	Baixa	Baixa	Média	Alta	Alta
	30%	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta
	10%	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média
		Muito Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
		Impacto				

Figura 5 - Exemplo de uma Matriz de Risco (Napoleão, 2019)

Após o cálculo do Fator de Risco Total, a Figura 6 mostra uma matriz de Risco adaptada aos possíveis resultados do Fator de Risco Total:

PROBABILIDADE	90% / 20-25	5	10	15	20	25
	70% / 16-19	4	8	12	16	20
	50% / 10-15	3	6	9	12	15
	30% / 1-9	2	4	6	8	10
	10%	1	2	3	4	5
		Muito Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
IMPACTO						

Figura 6 - Exemplo de uma Matriz de Risco do Fator de Risco Total (FRT). (Elaborado pelos autores)

3- METODOLOGIA

Este estudo promoveu uma análise descritiva da perda de conhecimento por indivíduo em uma unidade da CNEN, focando nos fatores de risco de perda de conhecimentos críticos definidos no relatório técnico da AIEA N° NG-T-6.11 (AIEA, 2017). O objetivo foi proporcionar uma compreensão detalhada da avaliação do risco de perda de conhecimentos críticos individuais organizacionais, destacando os fatores de risco.

Para alcançar esses objetivos, a pesquisa adota uma abordagem semiquantitativa. A metodologia de pesquisa semiquantitativa é uma abordagem que combina elementos de análises qualitativas e quantitativas. Ela atribui medidas aproximadas aos dados, em vez de valores exatos, com o foco na coleta e análise de dados numéricos.

A principal estratégia de coleta de dados foi a realização de entrevista com especialista sênior do órgão regulador. A análise dessa entrevista permitiu a formulação de uma metodologia que quantifica o risco de perda de conhecimento, destacando a importância de um gerenciamento eficaz do conhecimento para mitigar essa perda.

Um dos pontos significativos deste estudo foi a observação de que o conhecimento adquirido por especialistas ativos no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Reatores Nucleares (LAPOC), no período entre 2018 e 2021, foi constatada a perda de conhecimento entre os especialistas que atuaram nesse intervalo de tempo.

A revisão bibliográfica do relatório técnico da AIEA N° NG-T-6.11 forneceu uma base sólida para a análise desses resultados. Esse relatório se concentra no estabelecimento, implementação e aprimoramento de programas de gestão do conhecimento, com ênfase na mitigação da perda crítica de conhecimento em organizações relacionadas à energia nuclear. Os dados disponibilizados em tabelas representam informações e fatores cruciais, fornecendo uma visão detalhada dos resultados obtidos por meio da análise dos dados coletados.

A pesquisa, que se baseou na metodologia definida no relatório técnico AIEA N° NG-T-6.11 (AIEA,2017), adotou uma abordagem quantitativa com ênfase na coleta de dados numéricos, visando responder às questões de pesquisa.

4- ESTUDO DE CASO

Neste tópico do capítulo serão apresentados e discutidos os resultados da pesquisa, que revelaram uma visão abrangente da situação da perda individual de conhecimento no setor específico da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) durante o período de 2018 e 2021.

Um dos pontos significativos deste estudo foi a observação de que o conhecimento adquirido por especialistas ativos no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Reatores Nucleares (LAPOC), no período entre 2018 e 2021, onde foi constatada a perda de conhecimento entre os especialistas que atuaram nesse intervalo de tempo.

Este estudo concentra-se na primeira etapa da Avaliação de Risco de Perda de Conhecimento Individual, conhecida como "Condução da Avaliação de Risco de Perda de Conhecimento". Nessa etapa, empregamos o Fator de Risco de Atrito (FRA), o Fator de Risco de Posição ou Cargo (FRP) e o Fator de Risco Total (FRT) para analisar e discutir os dados coletados no LAPOC.

Segundo Alfenas et al. (2022), o processo de conscientização e a introdução inicial à Gestão do Conhecimento no LAPOC/CNEN tiveram início entre 2015 e 2018. Quatro membros da equipe participaram de um evento internacional de capacitação chamado Escola de Gestão do Conhecimento Nuclear, uma iniciativa conjunta da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e do Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam (ICTP). Esse evento desempenhou um papel fundamental no aprendizado inicial e na ênfase da importância da Gestão do Conhecimento local.

Em fevereiro de 2018, um Grupo de Trabalho de Gestão do Conhecimento (GTGC) informal foi estabelecido, juntamente com a implementação de um projeto piloto. No final de 2018, após uma

avaliação positiva do piloto pelo GTGC e pela liderança local, a decisão foi tomada para dar continuidade e expandir as atividades do Programa de Gestão do Conhecimento no LAPOC/CNEN.

Através de entrevistas conduzidas pelo Grupo de Trabalho de Gestão do Conhecimento, foi elaborado uma tabela contendo informações e fatores descritos na metodologia. Esse acompanhamento foi entre os anos de 2018 e 2021, considerando a percepção do gestor em relação à complexidade das tarefas executadas e o conhecimento de cada especialista regulador, de acordo com os critérios definidos na tabela do Fator de Risco Total (FRT).

A tabela 4 mostra os servidores ativos após o levantamento feito entre os anos de 2018 e 2021, cargo/nível, área de conhecimento, especialização, e os fatores de risco de divergência (FRA), de posição (FRP) e total (FRT):

Tabela 4 – Servidores LAPOC

LAPOC						
SERVIDORES	CARGO/NÍVEL	ÁREA DE CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO	FATOR DE RISCO DE DIVERGÊNCIA	FATOR DE RISCO DE POSIÇÃO	FATOR DE RISCO TOTAL
1	Assistente/Médio	Pedagogia	***	5	2	10
2	Assistente/Médio	Gestão Pública	***	1	1	1
3	Tecnologista/Superior	Engenharia Mecânica	Mestrado/Doutorado em Eng. Mecânica	1	5	5
4	Técnico/Médio	Eletrônica (técnico)	***	5	4	20
5	Assistente/Médio	Matemática/Gestão Pública	***	1	2	2
6	Pesquisador/Superior	Engenharia Química	Mestrado Eng. Metalúrgica/Doutorado Química	5	4	20
7	Técnico/Médio	Engenharia Química	***	1	2	2
8	Técnico/Médio	Laboratório (técnico)	***	5	2	10
9	Analista/Superior	Letras	Mestrado Sistemas de Gestão	1	4	4
10	Assistente/Médio	Não Informado	***	1	1	1
11	Analista/Superior	Engenharia Mecânica	Mestrado/Doutorado em Eng. Mecânica	1	4	4
12	Assistente/Médio	Empreendedorismo	***	1	1	1
13	Técnico/Médio	Engenharia Elétrica/Eletrônica	Mestrado em Ciências e Eng. de Materiais	4	4	16
14	Pesquisador/Superior	Engenharia Ambiental	Mestrado/Doutorado em Geociências	1	4	4
15	Pesquisador/Superior	Ciências Biológicas	Mestrado/Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos	5	4	20
16	Tecnologista/Superior	Química	Mestrado/Doutorado Eng. Nuclear na Agricultura	5	5	25

17	Tecnologista/Superior	Marketing	***	1	1	1
18	Tecnologista/Superior	Física	Mestrado/Doutorado Eng. Nuclear na Agricultura	5	5	25
19	Técnico/Médio	Gestão da Tecnologia da Informação	***	1	3	3
20	Técnico/Médio	Ciências	***	5	4	20
21	Técnico/Médio	Gestão Ambiental	***	5	4	20
22	Analista/Superior	Administração de Empresas	Mestrado Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade/Doutorado Ciências da Linguagem	1	2	2
23	Técnico/Médio	Matemática/Geografia	***	5	4	20
24	Tecnologista/Superior	Química	Mestrado/Doutorado Química Analítica	5	3	15
25	Pesquisador/Superior	Engenharia Elétrica	Mestrado/Doutorado Engenharia Elétrica	1	3	3
26	Técnico/Médio	Não Informado	***	5	1	5
27	Tecnologista/Superior	Física	Mestrado Física Aplicada à Medicina e à Biologia/Doutorado Energia Nuclear na Agricultura e no Meio Ambiente	1	5	5
28	Técnico/Médio	Não Informado	***	5	2	10
29	Analista/Superior	Administração de Empresas	Mestrado Desenvolvimento Sustentável e Qualidade de Vida (Qualidade de Vida no Trabalho)	1	3	3
30	Técnico/Médio	Direito	***	5	4	20
31	Pesquisador/Superior	Química	Doutorado Química	1	4	4
32	Assistente/Médio	Gestão Pública	***	1	4	4
33	Técnico/Médio	Direito	Mestrado Física	1	1	4
34	Técnico/Médio	Física	Mestrado Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade	1	4	4
35	Analista/Superior	Administração de Empresas	Mestrado Administração de Empresas	5	3	15
36	Assistente/Médio	Fonoaudiologia	Mestrado Eng. Elétrica	1	2	2
37	Técnico/Médio	Não Informado	***	5	4	20
38	Assistente/Médio	Gestão Pública	***	4	1	4

SOMATÓRIO
FRT

354

Tabela 5 – Prioridade FRT – LAPOC

Prioridade FRT - LAPOC				
SERVIDORES	ALTA PRIORIDADE (20-25)	PRIORIDADE (16-19)	ALTA IMPORTÂNCIA (10-15)	IMPORTANTE (1-9)
38	10	3	3	22
%	26,30%	7,90%	7,90%	57,90%

As informações das tabelas 4 e 5 nos mostram que o LAPOC precisava iniciar um plano de retenção do conhecimento, conforme sugerido pelo relatório técnico. 10 servidores estavam na faixa de alta prioridade (entre 20-25 pontos/26,30%), sendo 2 servidores com 25 pontos e 8 servidores com 20 pontos. Isso significa que havia uma necessidade de uma ação imediata de retenção do conhecimento crítico desses servidores que estavam próximos da aposentadoria. Já na faixa prioridade (entre 16-19 pontos/7,90%) havia 3 servidores que também precisavam ser incluídos no plano de retenção do conhecimento, pois esses funcionários poderiam ser promovidos, transferidos ou deixar a organização por outros motivos causando a perda do conhecimento.

A figura 8 exibe a Matriz de Risco/FRT indicando a posição dos servidores, reforçando que 26,30% (alta prioridade) dos servidores ativos deveriam ser tratados como prioridade em vista de que uma eventual perda de conhecimentos críticos dessas pessoas poderiam causar um elevado impacto na organização.

PROBABILIDADE	90% / 20-25	5	10	15	20	25
	70% / 16-19	4	8	12	16	20
	50% / 10-15	3	6	9	12	15
	30% / 1-9	2	4	6	8	10
	10%	1	2	3	4	5
			Importante	Alta Importância	Prioridade	Alta Prioridade
		Muito Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
IMPACTO						

Figura 7 – Matriz de Risco/FRT – LAPOC (Elaborado pelos autores)

5-CONCLUSÃO

Este trabalho, ao avaliar semiquantitativamente a perda de conhecimento por indivíduo no setor específico do órgão regulador nuclear brasileiro, destaca a necessidade urgente de atualizar a gestão do conhecimento nuclear. Os resultados revelam lacunas que, se não abordadas, podem comprometer a eficácia do programa nuclear a médio e longo prazo.

A metodologia apresentada mostra que a perda de conhecimento em setor específico do órgão regulador foi considerável na última década. Essa metodologia pode ser usada por tomadores de decisão na alocação de vagas em concursos públicos, priorizando áreas com maior perda de conhecimento.

Recomenda-se a implementação de medidas específicas, como programas de treinamento contínuo, parcerias estratégicas com instituições acadêmicas e políticas que incentivem a participação de profissionais no setor nuclear. Essas ações são fundamentais para fortalecer a base de conhecimento e recursos humanos do Brasil, garantindo um desenvolvimento sustentável e seguro do programa nuclear.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, Ricardo A. S.; SANTOS, Carlos S.; DIAS, Danila C. S.; ARAÚJO, Vívian G. B.; SILVA, Daniela V. F. M. R. Gestão do conhecimento nuclear: Etapas e produtos da implantação de modelo no LAPOC/CNEN. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, João Pessoa, v. 12, número especial, p. 86-104, mar. 2022.

ANDRADE, Emmanuel P.; SANTIAGO, Angeli de C. Mapeamento de conhecimento: localizando as fontes de riqueza de uma organização. Disponível em: <abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR82_0493.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2023.

BARBALHO, Celia Regina Simonetti; INOMATA, Danielly Oliveira; FERNANDES, Tatiana Brandão. Mapeamento do conhecimento crítico para a formação do bibliotecário: uma abordagem metodológica. *REBECIN*, São Paulo, v. 8, p. 01-26, 2021. DOI:10.24208/rebecin.v8i.292.

DAVENPORT, Thomas H., PRUSAK, L. Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual; tradução de Lenke Peres. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.– 10ª reimpressão.

IAEA. Guide to knowledge management strategies and approaches in nuclear energy organizations and facilities. International Atomic Energy Agency, 2022. | Series: IAEA nuclear energy series, ISSN 1995–7807 ; no. NG-G-6.1

IAEA. Knowledge loss risk management in nuclear organizations / International Atomic Energy Agency. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017. | Series: IAEA nuclear energy series, ISSN 1995–7807; no. NG-T-6.11.

IAEA. Milestones in the development of a national infrastructure for nuclear power. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2015. p.; 24 cm. — (IAEA nuclear energy series, ISSN 1995–7807; no. NG-G-3.1, rev. 1) STI/PUB/1704 ISBN 978–92–0–104715–1.

LARA, C.R.D. A atual gestão do conhecimento: a importância de avaliar e identificar o capital intelectual nas organizações. São Paulo: Nobel, 2004. p.22-129 p.

LIEBOWITZ, J. (2011). Knowledge retention: What practitioners need to know. *KM World*, 20(2), 12.

NAPOLEÃO, Bianca Minetto. Matriz de riscos. Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/matriz-de-riscos-matriz-de-probabilidade-e-impacto/>>. Acesso em: 01 maio 2024.

NETO, Euclides André do Nascimento. Gestão de conhecimento como diferencial competitivo. 4º Seminário gerenciamento da informação no Setor Público e Privado. 1998. Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep0905_0051.pdf>. Acesso em: 01 maio 2024.

NONAKA, I., TAKEUCHI, H. Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação. 1997, Rio de Janeiro: Campus.

PORTAL INSIGHTS. O que é um método semiquantitativo? Disponível em: <<https://www.portalinsights.com.br/perguntas-frequentes/o-que-e-um-metodo-semi-quantitativo>>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ROSSATO, Maria Antonieta. Gestão do Conhecimento: a busca da humanização, transparência, socialização e valorização do intangível. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

SANTOS, I.; AMATO NETO, J. Gestão do Conhecimento em indústria de Alta Tecnologia. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/prod/a/cqy93hKm5hHmKvgp9ywNXBL/?lang=pt>>. Acesso em: 01 maio 2024.

SENGE, Peter M. A Quinta Disciplina - A arte e prática da organização que aprende. – 29ª ed. – Rio de Janeiro: BestSeller, 2013.

SUMBAL, M. S., KLJUČNIKOV, A., DURST, S., FERRARIS, A., & SAEED, L. (2023). Do you want to retain your relevant knowledge? The role of contextual factors in the banking sector. *Journal of Knowledge Management*, 27(9), 2414–2433.

Capítulo 3



10.37423/250109584

EVALUATION OF THE PROPERTIES OF FRESH STABILIZED MORTAR WITH METAKAOLIN AND EVA (ETHYLENE VINYL ACETATE) ADDITIONS

Letícia Sabrina de Melo Souza

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Aline Figueiredo da Nóbrega

*UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA,
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA*

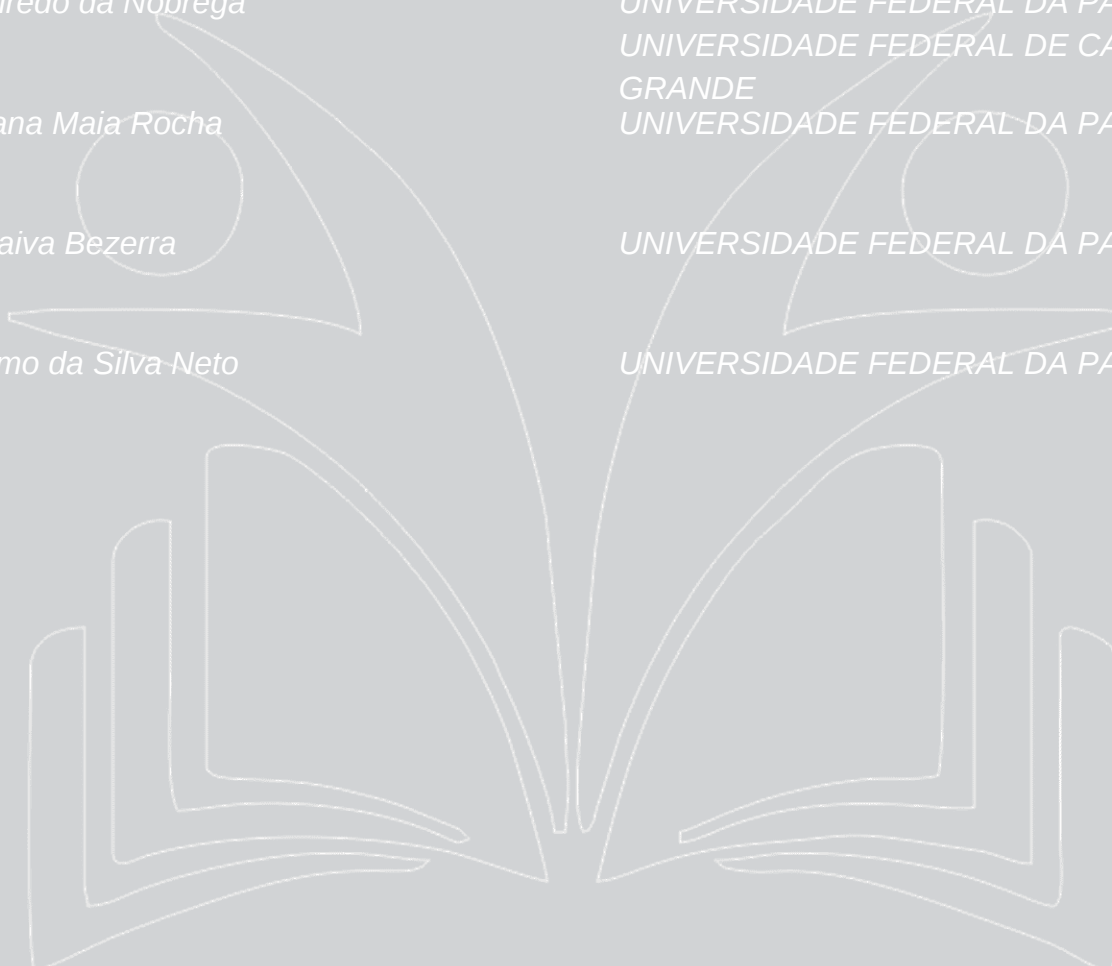
Fabíola Luana Maia Rocha

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Diego de Paiva Bezerra

José Anselmo da Silva Neto

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA



Abstract: Stabilized mortar is a type of mortar that remains workable for up to 72 hours, produced in industrial settings and delivered to construction sites for storage in containers. This study evaluates the behavior of stabilized mortars in the fresh state with a fixed replacement of 20% by mass of Portland cement with metakaolin and partial substitution of fine aggregate with EVA (Ethylene Vinyl Acetate) in proportions of 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% by volume. Consistency tests revealed that increasing EVA content reduced the spread of the mixtures, while mixtures generally exhibited greater workability at 48 hours compared to 0 hours, except for the sample with 50% EVA. Fresh-state density analyses showed a reduction in density with higher EVA content relative to the reference. At 48 hours, the fresh mass density increased for both the reference sample and EVA-containing mixtures. Additionally, higher EVA percentages led to increased air incorporation for the same stabilization time, up to 30% EVA replacement. However, at 48 hours of stabilization, air content decreased across all mixtures.

Keywords: Stabilized mortar. EVA (Ethylene Vinyl Acetate). Lightweight mortar. Metakaolin.

INTRODUCTION

Stabilized mortar, characterized by its ability to retain workability for 24 to 72 hours, consists of binders, fine aggregates, water, and additives. The extended workability is achieved through the inclusion of chemical additives such as air-entraining agents (AIA) and hydration stabilizers (AEH). Typically produced in factories, stabilized mortar is transported to construction sites and stored in containers for later use (ANTONIAZZI, 2019).

Air-entraining agents are surfactants that enhance workability by creating a rolling ball effect, reducing water demand during mixing (MEHTA and MONTEIRO, 2008; ANTONIAZZI, 2019). Hydration stabilizers, on the other hand, delay cement hydration by interacting with cement molecules, thus maintaining workability for extended periods (BAUER et al., 2015).

While several studies have explored stabilized mortar (SEQUEIRA and GHISLENE, 2020; ANTONIAZZI, 2019; BORTOLON, 2021) and the addition of pozzolanic materials, research on incorporating lightweight materials such as EVA remains limited. Notably, SILVA (2023) provides one of the few references on this subject. Stabilized mortar, less commonly used than conventional mortar, requires careful dosage and a better understanding of its properties when incorporating new components. The absence of Brazilian standards and limited scientific literature further highlight the need for research (BORTOLON, 2021).

In this study, metakaolin (MK) was selected as a partial substitute for Portland cement due to its pozzolanic properties. Metakaolin enhances cementitious matrices by improving mechanical strength, reducing capillary absorption, lowering permeability, and increasing resistance to deleterious agents such as sulfates and chlorides (SIDDIQUE and KLAUS, 2009).

Additionally, EVA waste from the footwear industry was investigated as a partial substitute for fine aggregate. This material offers an environmentally sustainable solution, as EVA waste is non-biodegradable and cannot be reprocessed due to the irreversible reaction that forms it (GARLET, 1998). Studies by Guimarães and Andrade (2017) have shown that partial substitution of fine aggregate with EVA waste up to 15% by mass reduces water absorption but compromises mechanical strength as EVA content increases.

The construction industry's focus on sustainability underscores the importance of developing innovative materials. In this context, combining metakaolin with EVA waste in stabilized mortars offers a promising approach to enhance fresh and hardened state properties. This study evaluates the

stabilization process and explores technically and economically viable solutions for improving stabilized mortar performance (GUINDANI, 2018).

MATERIALS AND METHODS

MATERIALS

CHARACTERIZATION OF MATERIALS

The produced mixtures consist of Portland cement (CP-V), natural sand (AN), metakaolin (MC), EVA (footwear waste), water, and the additives air-entraining agent (AIA) and hydration stabilizer (AEH). The materials were characterized in terms of their physical and chemical aspects. The physical characteristics of the materials used are presented in Table 1.

Table 1: Physical characteristics of the materials

Material	Bulk density (g/cm ³)	Specific gravity (g/cm ³)
Portland Cement Type V (CP-V)	0,916	2,92
Natural Sand (AN)	1,66	2,63
Footwear Waste (EVA)	0,272	1,25
Commercial Metakaolin (MC)	0,477	2,55
Hydration Stabilizer Additive (AEH))	-	1,14
Air-entraining Agent Additive (AIA)	-	1,1

The bulk densities of cement, MC, and EVA were determined using adaptations of the NBR 16972 standard (ABNT, 2021a), and the specific gravities of cement, MC, and EVA were obtained using the test prescribed in NBR 16605 (ABNT, 2017). The specific gravity of sand was obtained according to the NBR 16916 standard (ABNT, 2021b), and the bulk density was determined following the NBR 16972 standard (ABNT, 2021a). The specific gravities of the additives were obtained from the manufacturer's website, GCP Applied Technologies.

The particle size distribution of the fine aggregate can be visualized in Figure 1.

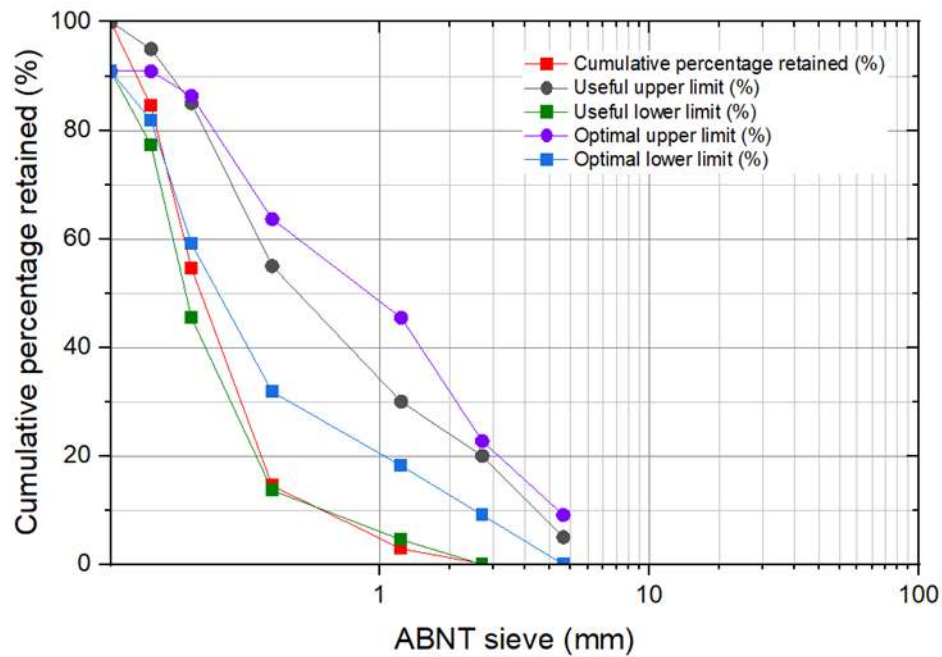
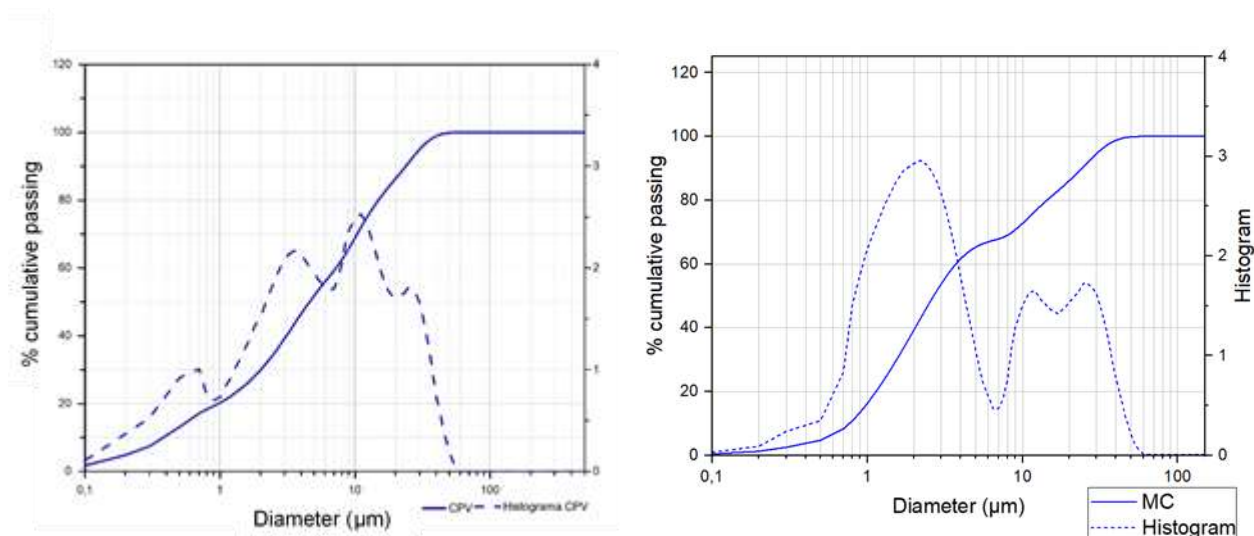


Figure 1 - Particle size distribution curve of the sand

Figure 1 shows that the sand, represented by the red line in the graph, has a fine granulometric distribution with dimensions close to the lower limit of the NBR 17054 standard (ABNT, 2022). The maximum grain diameter is 1.2 mm, and the fineness modulus is 1.57.

The particle size distribution of CP-V, MC, and EVA can be observed in Figure 2 (a, b, and c), obtained using the laser diffraction method through a dry laser particle size analyzer CILAS 1090, measuring the material distribution in a size range between 0.04 μm and 500 μm .



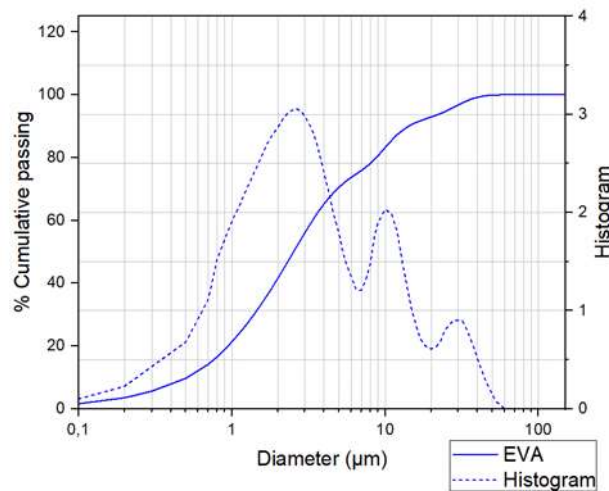


Figure 2 - (a) Particle size distribution curve of CP-V. (b) Particle size distribution curve of MC. (c) Particle size distribution curve of EVA.

The particle size distribution curves of CP -V and MC, presented in Figure 2 (a and b), show that the particles of both materials have a maximum size of approximately 50 μm . About 70% of the particles in CP-V have a diameter smaller than 10.1 μm , while for MC, about 70% have a diameter smaller than 8.5 μm . It can be observed that MC has smaller grain sizes compared to CP-V. Additionally, based on the particle size distribution curve of EVA presented in Figure 2 (c), it can be concluded that EVA has a maximum dimension of 56 μm .

The chemical analysis of CP-V and MC was performed using an X-ray fluorescence (XRF) test, as presented in Table 2.

Table 2: Chemical composition by X-ray fluorescence (% by mass) of CP-V and MC.

Material/Chemical composition	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	CaO	TiO ₂	BaO	SO ₃	MnO	Cr ₂ O	Other	Loss on Ignition
CP-V ARI	18,97	6,2	-	3,38	-	51,77	-	-	5,16	-	-	14,47	8,64
MC	62,55	19,2	8,40	-	2,21	0,61	1,79	0,36	0,34	0,12	0,042	0,30	6,10

When observing the results of the chemical analysis (Table 2), it is noticed that CP-V is within limits specified in the NBR 16697 standard (ABNT, 2018), except for the loss on ignition of 8.64% of the mass found in the XRF, which is higher than the recommended limit of 6.5% by the standard. Regarding the MC, according to NBR 12.653 (ABNT, 2014), it is classified as a pozzolanic material of class N, as the percentages of SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ = 79.09% $\geq$ 70%. As for the loss on ignition, according to NBR 15894-1 (ABNT, 2010), it exceeds the limit of 4.0%.

The mineralogical analysis was performed using X-Ray Diffraction (XRD) testing for Portland Cement V ARI and MC. The XRD test used a Siemens D5000 diffractometer. The results are presented in Figure 3.

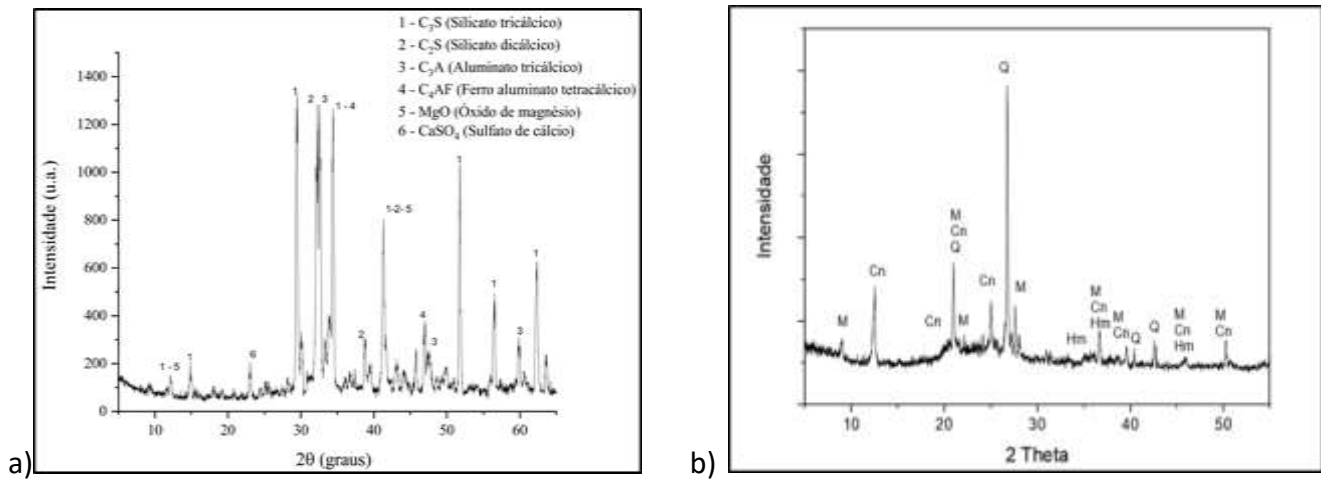


Figure 3 - a) XRD result for CP V. b) XRD result for MC.

The standard XRD analysis of CP-V identified peaks with higher intensity corresponding to tricalcium silicate (C₃S), dicalcium silicate (C₂S), tricalcium aluminate (C₃A), and tetra calcium aluminoferrite silicate (C₄AF). For MC, the graph (Figure 3) reveals that it exhibits a crystalline region, with peaks corresponding to muscovite (M), kaolinite (Cn), quartz (Q), and hematite (Hm).

METHODS

The preparation of mortar samples included a reference mixture (without additives) and others containing a fixed replacement of metakaolin (MC) at 20% by mass of the binder. The samples with EVA were prepared with replacements of 10%, 20%, 30%, 40%, and 50%. Since EVA is a bulkier material than sand, it must be added according to its specific weight. Thus, the percentage of EVA used was based on the volume of sand.

The reference mix ratio used in this study was 1:3 (binder: sand) by volume, which converted to mass as 1:5.44 (binder: sand), with 0.06% of air-entraining admixture and 0.98% of hydration stabilizer admixture by mass. The reference mix ratio was obtained after adjustments through a pilot study based on the ratio suggested by Silva (2023).

The water-to-cement ratio (A/C ratio) was fixed at 0.9 to provide good workability for the reference mixture, with a spread of 275 ± 5 mm, established at the moment of initial mixing. The mortar mixing procedure was conducted according to NBR 16.541 (ABNT, 2016a). The mixtures were stored in PVC

containers, protected from sunlight and wind, with a 3 cm water layer. Table 3 presents the analyzed mixtures in this article.

Table 3: Identification and quantity of materials in the analyzed mixtures

Mortars	MC (%)	EVA (%)	CP-V (g)	Sand (g)	MC (g)	EVA (g)	AIA (g)	AEH (g)	Water (g)
Reference (REF)	0	0	600	3264,00	-	-	0,36	5,88	540
20% MC/ 0% EVA	20	0	480	3264,00	120	-	0,36	5,88	540
20% MC/ 10% EVA	20	10	480	2935,81	120	53,45	0,36	5,88	540
20% MC/ 20% EVA	20	20	480	2609,61	120	106,90	0,36	5,88	540
20% MC/ 30% EVA	20	30	480	2283,41	120	160,35	0,36	5,88	540
20% MC/ 40% EVA	20	40	480	1957,20	120	213,80	0,36	5,88	540
20% MC/ 50% EVA	20	50	480	1631,00	120	267,25	0,36	5,88	540

The evaluations of all mixtures were performed in their fresh state. Workability, air content, and fresh density are evaluated in the fresh state. Workability was determined using the flow table test, according to NBR 13.276 (ABNT, 2016b). The determination of fresh density and air entrained content was carried out following the procedures of NBR 13.278 (ABNT, 2005).

RESULTS AND DISCUSSION

For the analysis of the consistency of the mortars, a consistency index of 275 ± 5 mm was set for the reference mortar, determining the amount of water through trial and error until a value within this range was obtained. Figure 4 presents the consistency index of the prepared mixtures.

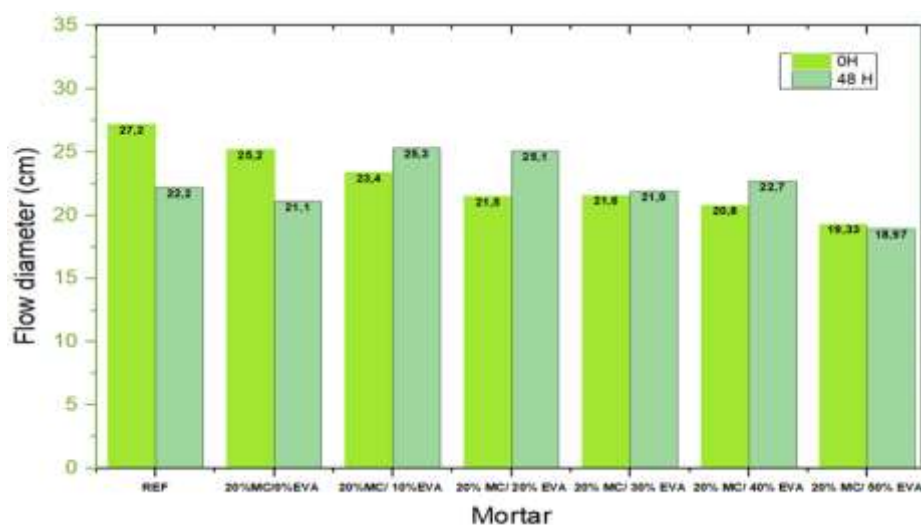


Figure 4 – Flow diameter of the mortars.

Upon analyzing the figure, it is possible to observe a decrease in the consistency index of the REF mixture and the 20%MC/0%EVA mixture with increasing stabilization time, resulting in reduced workability caused by a better arrangement of particles and a decrease in the air content in the mortar. The mixture with metakaolin showed lower flow than the reference mixture at 0 and 48 hours of stabilization. The lower consistency index can be explained by the fact that metakaolin has a finer particle size, facilitating the reduction of air content and absorbing more mixing water, as also observed by Silva and Azerêdo (2022). The reference mortar experienced an 18.38% reduction in spread after 48 hours compared to its spread at 0 hours, while the 20%MC/0%EVA mortar exhibited a decrease of 16.27% after 48 hours compared to its spread at 0 hours.

The reference mixture significantly reduced workability and spread, as shown in Figure 4, and the 20%MC/0%EVA mortar displayed a drier consistency. This reduction was expected since adding MC reduces spread, according to authors such as Silva and Azerêdo (2022) and Paulino (2020).

The mortars containing EVA exhibited a decrease in spread with increasing EVA content but showed improved handling properties (Figure 5). This decrease can be explained by the incorporation of EVA in the mixtures, which provided better rolling between particles but increased the system's cohesion initially and increased the air entrained content, as observed by Silva (2023).

Figure 5 presents images of the consistencies of the 20%MC/10%EVA mortar during the stabilization times.



Figure 5 - Consistency of the 20% MC/10% EVA mortar at 0 h and 48 h.

Although the spread of the EVA mortars had lower values than the reference, it was possible to perceive good workability and consistency throughout the tests (Figure 5). That could not be analyzed

solely with the flow table test; rheological tests such as squeeze flow would be necessary for a better analysis.

In Figure 4, it is possible to observe a decrease in the spread of the mixtures at 0 h with a partial replacement of 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% of the aggregate with EVA, compared to the reference mixture and the mixture with 20% MC at 0 h. About the reference, this reduction was 13.97%, 20.95%, 20.59%, 23.53%, and 28.93% for the replacements of 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% of EVA, respectively. Regarding the mixture with 20% MC/0% EVA, this reduction was 7.14%, 14.68%, 14.28%, 17.46%, and 23.29% for the replacements of 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% of EVA, respectively.

It is also observed that there was an increase in the spread of the mixtures with EVA at 48 h, compared to the reference mixture and the 20% MC/0% EVA mixture at 48 h, except for the mortar with 20% MC/50% EVA. This increase compared to the 20% MC/0% EVA mortar was 19.90%, 18.96%, 3.79%, 7.58% for the mixtures 20% MC/10% EVA, 20% MC/20% EVA, 20% MC/30% EVA, and 20% MC/40% EVA, respectively, at 48 h.

A trend of increased spread of the EVA mortars can be observed with the increase in stabilization time, except for the 20% MC/50% EVA mortar, as analyzed in Figure 4. This increase contradicts other authors (PAULINO, 2020; ANTONIAZZI, 2019; LAURENTINO, 2019) who studied stabilized mortar without adding EVA. It also contradicts the study by Silva (2023), who investigated stabilized mortar with a fixed addition of 10% MC and EVA additions of up to 15%. This fact can be explained by water separation with EVA during the stabilization process, as the mixture became noticeably more cohesive initially and became more fluid after 48 hours, as observed in Figure 6. The increase in fines also contributed to greater particle cohesion initially.

Figure 6-presents images of the 20% MC/10% EVA mortar flow during the stabilization times.

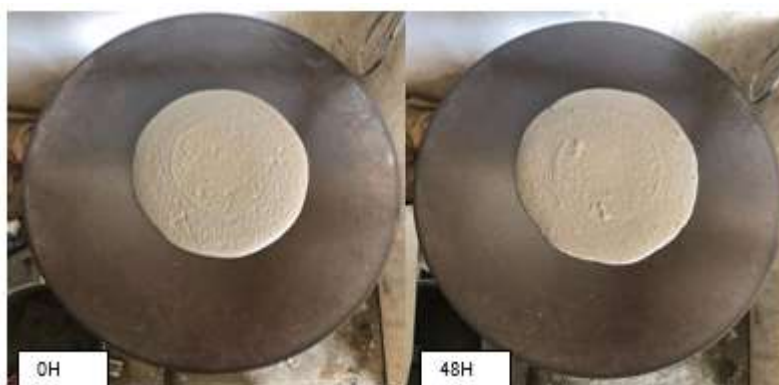


Figure 6 - Flow of the 20% MC/10% EVA mortar at 0 h and 48 h.

Image 6 shows that the 20% MC/10% EVA mortar at 0 h has a lower flow than the mortar after 48 hours of stabilization. However, it still exhibits good workability.

The 20% MC/50% EVA mortar behaved differently from the others (Figure 4) and did not maintain good workability, indicating a peak EVA content beyond which the mortar becomes less usable. The high fines led to greater particle cohesion, a decrease in the air content, and the need for a higher water-to-cement ratio to achieve better consistency in the mixture. As a result, it did not show an increase in workability over the stabilization time, as observed with lower EVA contents.

According to Ohama (1998), adding a polymer in mixtures increases plasticity and workability, consequently increasing the viscosity of the liquid phase due to the sealing effect caused by forming very thin and impermeable polymer films. In the case of the studied mortars, the formation of the polymer film mainly occurs over the stabilization time.

The fresh density and air entrained content of the prepared mortars are indicated in Figure 7.

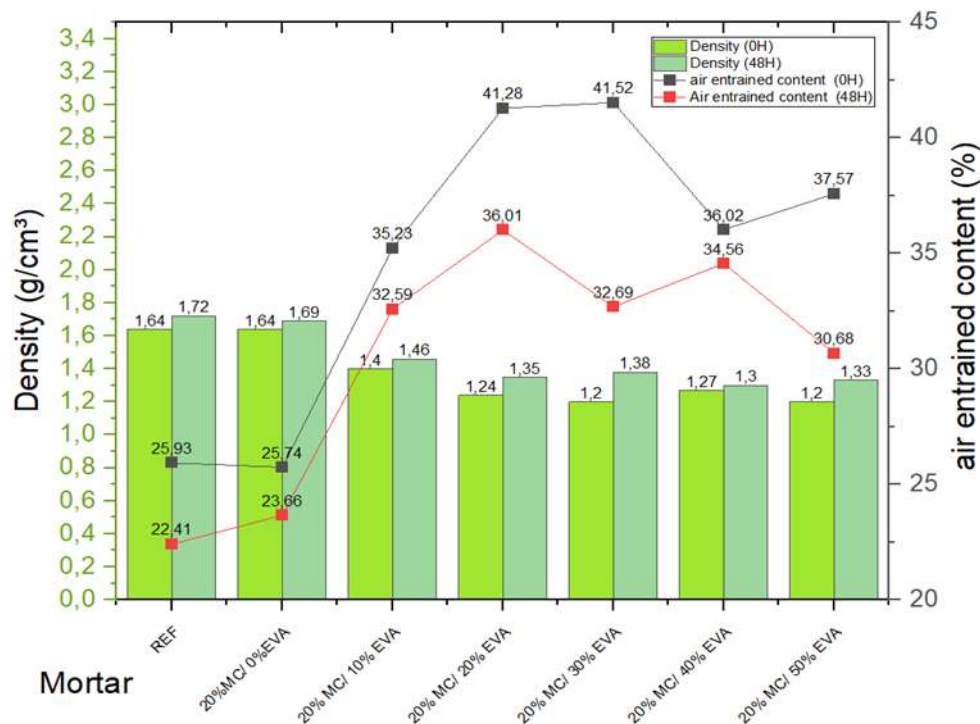


Figure 7: Fresh density and air entrained content of the mortars

According to the results presented in Figure 7, the reference mortar and the 20% MC/0% EVA mortar experienced a decrease of 13.57% and 8.05%, respectively, in their air content after 48 hours compared to their air content at 0 hours. The 20% MC/10% EVA, 20% MC/20% EVA, 20% MC/30% EVA, 20% MC/40% EVA, and 20% MC/50% EVA mortars showed an increase of 36.86%, 60.38%, 61.32%,

39.95%, and 45.96%, respectively, compared to the 20% MC/0% EVA mortar in terms of their air content for the same stabilization times of 0 hours. Additionally, it can be observed that there is a peak in the air content of the 20% MC/30% EVA mortar.

The 20% MC/10% EVA, 20% MC/20% EVA, 20% MC/30% EVA, 20% MC/40% EVA, and 20% MC/50% EVA mortars showed a decrease of 15%, 25%, 27%, 23%, and 27%, respectively, in fresh density compared to the fresh density of the 20% MC/0% EVA mixture at 0 hours of stabilization. The same trend was observed when compared to the 48-hour stabilization time. Furthermore, it can be noticed that the higher the percentage of EVA, the lower the fresh density for the same stabilization time, as expected, since the density of a material mixture depends on the density of its components. The partial replacement of aggregate with EVA promotes a reduction in the density of the mortars since EVA is less dense than sand, which corroborates with the study by Silva (2023).

However, with the increase in stabilization time, there is a tendency to increase fresh density for all the mortars. That can be explained by the decrease in air content after 48 hours of stabilization and the significant percentage of fines in the mortar, represented by the MC with a 20% cement replacement. By observing the particle size distribution curve of cement and MC, it can be observed that the MC particles are finer than the cement. The fact that EVA replaces sand also increases the fines content, as the maximum diameter of EVA is 56 μm , while that of sand is 1.2 mm. Therefore, this high amount of fines facilitates particle accommodation over the stabilization time and decreases the air content (OLIVEIRA, 2017).

FINAL REMARKS (OR CONCLUSIONS)

In the consistency tests of the mortars, a tendency of decreasing spread was observed with the increase in the EVA content for the same stabilization time. Additionally, the mixtures containing EVA showed lower spread at 0 hours of stabilization than the reference mortar, but the opposite was observed at 48 hours. As for the 20% MC/0% EVA mortar, the mixtures with EVA had reduced spread at 0 hours. However, an increase was observed at 48 hours of stabilization, except for the 50% EVA mortar, which exhibited a potential peak of EVA substitution.

In analyzing the densities of the fresh state mixtures with EVA, a reduction in densities was identified with increasing EVA percentage compared to the reference mortar. That was expected, as a material mixture's density depends on its components' density, and EVA is less dense than sand. With the increase in stabilization time, there was a tendency for an increase in fresh density for both the

reference sample and the other mortars. That can be explained by the decrease in air content after 48 hours of stabilization and the significant percentage of fines in the mortar. Thus, this large amount of fines facilitates particle accommodation over the stabilization time and decreases the air content.

In the analysis of the air entrained content in the mixtures, a trend was observed where higher percentages of EVA resulted in higher air content in the mortars for the same stabilization time, up to a substitution of 30% EVA. After that point, the behavior changed. Additionally, it was observed that with the increase in stabilization time, the fresh density increased and the air content decreased for the reference mixture, and this trend was repeated for the other analyzed mortars.

REFERENCES

ANTONIAZZI, J. P. O efeito dos aditivos incorporador de ar e estabilizador de hidratação nas propriedades das argamassas estabilizadas (in Portuguese). 258 f. Tese de doutorado em Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) Santa Maria-RS. 2019.

BRAZILIAN ASSOCIATION OF TECHNICAL STANDARDS (ABNT). NBR 16972: Aggregates - Determination of bulk density and void content. Rio de Janeiro, 2021a.

_____. NBR 16916: Fine aggregate - Determination of density and water absorption. Rio de Janeiro, 2021b.

_____. NBR 16605: Portland cement and other powdered materials - Determination of specific mass. Rio de Janeiro, 2017.

_____. NBR 16541: Mortar for masonry and rendering - Preparation of the mixture for testing. Rio de Janeiro, 2016a.

_____. NBR 13276: Mortar for masonry and rendering - Determination of consistency index. Rio de Janeiro, 2016b.

_____. NBR 13278: Mortar for masonry and rendering - Determination of bulk density and air content. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 16697: Portland cement - Requirements. Rio de Janeiro, 2018.

_____. NBR 12653: Pozzolanic materials - Requirements. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 15894-1: Metakaolin for use with Portland cement in concrete, mortar, and paste - Part 1: Requirements. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 17054: Aggregates - Determination of particle size distribution - Test method. Rio de Janeiro, 2022.

BAUER, E., REGUFFE, M., NASCIMENTO, M., & CALDAS, L. Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento (in Portuguese). XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Porto Alegre, 2015. Disponível em: file:///E:/Downloads/MATERIA_0025.pdf. Acesso em: 17 Maio. 2023.

BORTOLON, E. N. Argamassa estabilizada contendo resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais (in Portuguese). Espírito Santo, 2021. 70 f. Trabalho de conclusão de curso (Baharelado em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2021. Disponível em: https://engenhariacivil.ufes.br/sites/engenhariacivil.ufes.br/files/field/anexo/projeto_de_graduacao_-_aluna_julia_lacerda_bortolon.pdf. Acesso em: 17 Maio. 2023.

GARLET, Givanildo. Aproveitamento de resíduo de E.V.A. (Ethylene Vinyl Acetate) como 56 agregado para concreto leve na construção civil (in Portuguese). 1998. 146 f. Dissertação (Mestrado) Curso de Pós graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998

GUIMARÃES, C. C.; ANDRADE, Érica S. Propriedades de argamassas com EVA (Ethylene Vinyl Acetate) em substituição parcial ao agregado (in Portuguese). REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiânia, v. 13, n. 1, 2017. DOI: 10.5216/reec.v13i1.40167. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/40167>. Acesso em: 24 maio. 2023.

GUINDANI, E. N. Argamassa estabilizada para revestimento: avaliação da influência da adição de finos nas propriedades do estado fresco endurecido (in Portuguese). Florianópolis, 2018. 146 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

LAURENTINO, R. N. A. Estudo da argamassa estabilizada para assentamento com adição mineral de metacaulim (in Portuguese). . Universidade Federal da Campina Grande (UFCG). Campina Grande: s.n., 2019.

METHA, P. K. Concreto Microestrutura, Propriedade e Materiais (in Portuguese), 3ª ed., Ed.:IBRACON, 2008.

OHAMA, Y. Polymer-based admixtures. Cement and Concrete Composites, v. 20, n. 2-3, p. 189-212, Jan. 1998.

OLIVEIRA, V. C. Estudo comportamental da formulação, dos requisitos, e das propriedades das argamassas estabilizadas de revestimento (in Portuguese). 245 f. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília Brasília (UNB). Brasília/DF. 2017.

PAULINO, I. M. Propriedades de argamassa estabilizada contendo metacaulim e resíduo de tijolo cerâmico (in Portuguese). Universidade Federal da Campina Grande (UFCG). Campina Grande : s.n., 2020.

SEQUEIRA, E. M.; GHISLENI, G. A influência da adição de Filler calcário em substituição parcial ao cimento em argamassa estabilizada de revestimento de paredes e tetos (in Portuguese). Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 9, p. 20-38, 2020.

SIDDIQUE, R.; KLAUS, J. Influence of metakaolin on the properties of mortar and concrete: A review. Applied Clay Science, v. 43, n. 3-4, p. 392-400, 2009.

SILVA, Iranilza Costa Da; Azerêdo, Aline Figueirêdo Nóbrega de. Argamassa estabilizada contendo metacaulim (in Portuguese). Anais do VII CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora, 2022. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/86817>>. Acesso em: 27/05/2023.

SILVA, I. C. Argamassa estabilizada para assentamento contendo etileno acetato de vinila (EVA) e metacaulim (in Portuguese). 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, PB. 2023.

Capítulo 4



10.37423/250109586

EXTRATOS DE CÚRCUMA COMO FATOR DE PROTEÇÃO ULTRAVIOLETA EM TECIDOS DE ALGODÃO

Guilherme Rodrigues Bento

Universidade Federal da Paraíba

Arielma Marques dos Santos

Universidade Federal da Paraíba

Itamara Farias Leite

Universidade Federal da Paraíba



Resumo: Os corantes naturais não apenas produzem tons delicados e suaves, mas também têm o potencial de promover amplas propriedades como desodorizante, antioxidante, antimicrobiano e proteção UV. A radiação ultravioleta (RUV) é formada por ondas eletromagnéticas com efeito cumulativo e, capaz de provocar malefícios às células humanas por conseguir penetrar nos tecidos, podendo causar danos como queimaduras, melasma, envelhecimento precoce e câncer de pele. Este trabalho tem como objetivo fazer uso de bioativos naturais à base de *Curcuma longa* L. como fator de proteção ultravioleta em tecidos de algodão de modo a agregar mais valor e potencialidades ao cultivo das plantas da região nordeste do Brasil, para fins fotoprotetores na confecção de roupas cotidianas. Foram preparados extratos etanólicos à base de *C. longa* L. com o pó industrializado (ExeCLI) e o pó do rizoma fresco (ExeCLR) nas concentrações de 10 e 37,5% (m/v). Tecidos de algodão cru (TC) foram impregnados com os ExeCL a fim de conferir fator de proteção UV (FPU). As medições de pH e condutividade contribuíram para avaliar as condições do sistema de extração. As micrografias óticas demonstraram um ótimo resultado da impregnação. A caracterização por espectroscopia no infravermelho (FTIR) possibilitou identificar a presença dos grupamentos característicos da celulose pura no tecido de algodão e da curcumina, como principal bioativo do material.

Palavras-Chave: polímero natural; cúrcuma; corante natural; extrato etanólico; moda sustentável.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento e a aceitação do consumidor impulsionam a demanda e, por fim, determinam se as roupas sustentáveis tingidas naturalmente serão amplamente aceitas no setor têxtil ou não (Mabuza *et al.*, 2023). O desenvolvimento de produtos têxteis coloridos com corantes naturais no mercado pode aumentar ainda mais o interesse do consumidor. Portanto, encontrar corantes naturais biodegradáveis alternativos, tornou-se uma das principais tendências neste campo (Che, Yang, 2022).

A total eliminação de produtos químicos sintéticos usados no tingimento de roupas pode não ser possível em um futuro próximo, mas a utilização de materiais naturais como corantes na indústria têxtil está sendo resgatada como possibilidade para substituir os corantes químicos. A busca por alternativas sustentáveis de corantes naturais continua sendo importante para combater a devastação total causada pelos processos químicos sintéticos de coloração de roupas (Mabuza *et al.*, 2023). Os corantes naturais não apenas produzem tons delicados e suaves, mas também têm o potencial de conferir novos recursos como desodorizante, antioxidante, antimicrobiano e proteção UV nos artigos têxteis (Che, Yang., 2022).

A radiação ultravioleta (RUV) é formada por ondas eletromagnéticas com efeito cumulativo e, capaz de provocar malefícios às células humanas por conseguir penetrar nos tecidos, principalmente na pele que é o órgão humano mais suscetível a exposição dos raios UV, podendo causar danos como queimaduras, melasmas, envelhecimento precoce e câncer de pele. A radiação ultravioleta emitida pelo sol é um perigo ambiental amplamente mutável conhecido como contribuinte primário ou um agente cancerígeno essencial para o aparecimento do câncer de pele (Al Robaee, 2010).

Da mesma forma, o grande número de pessoas que exercem atividades laborais ao ar livre contribui para o aumento da exposição solar e, conseqüentemente, nos índices da doença. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) em estudos publicados nos anos de 2019 a 2023, uma em cada três mortes decorrentes do câncer de pele, são pessoas que trabalham ao ar livre, expostas à radiação ultravioleta (Oliveto, 2023).

Tendo em vista os vários problemas de saúde que podem ser causados pela exposição à RUV e a alta incidência no Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, observou-se a urgência de desenvolvimento e pesquisa de produtos com fator de proteção ultravioleta (FPU). O protetor solar com diferentes níveis de fator de proteção solar (FPS), é o produto mais utilizado em todo o mundo, porém seu uso não deve ser baseado somente no valor numérico do FPS, devendo-se também

considerar a adequada forma do uso do produto, em termos de quantidade aplicada e regularidade na reaplicação (Addor *et al.*, 2022).

Entretanto, existem outras opções viáveis, tais como as vestimentas com FPU que diferentemente do protetor solar, essas roupas não necessitam de uma quantidade correta ou manutenção periódica do produto, bastando apenas que o consumidor vista a peça e, está por sua vez, já irá promover a proteção devida, evitando queimaduras e outros danos que possam ser causados pelos raios UV. Sendo assim, as vestimentas com FPU apresentam-se mais vantajosas ao consumidor quando comparadas com o protetor solar convencional. Sabe-se da substancialidade da proteção solar e da contribuição diária que as vestimentas podem proporcionar na prevenção de um conjunto de doenças relacionadas à absorção de radiação UV pela pele (Santos, 2023).

Além disso, a produção de vestimentas com FPU é intrínseca à indústria têxtil e ao mercado de moda, principalmente no Nordeste do Brasil. O mercado têxtil nordestino é um dos principais setores responsáveis pela economia da região, gerando produto e renda para seus residentes, porém apresentando uma modernização tardia, mas que vem crescendo e se inovando em tecnologia, sendo considerada a segunda região têxtil mais importante do país (Oliveira; Santos, 2021).

Somado a isso, o Nordeste também se apresenta como um forte produtor de algodão; um polímero natural formado quase totalmente de celulose, sendo a fibra natural mais usada do mercado têxtil no mundo, além de ser 100% orgânico e biodegradável. No estado da Paraíba a produção de algodão vem crescendo a cada ano e, não somente a fibra no seu tom branco clássico, mas também o algodão colorido. A safra de algodão colorido que começou a ser colhida em meados do mês passado em algumas regiões da Paraíba deve chegar a cerca de 50 toneladas de pluma (Embrapa, 2020).

O desenvolvimento sustentável, baseia-se em um crescimento econômico, preservação da natureza e justiça social de forma igualitária. Dessa forma os avanços tecnológicos e pesquisas voltadas para a produção de vestimentas sustentáveis, observou-se um grande potencial de aplicação de algumas biomoléculas encontradas principalmente em plantas, os bioativos, dentre eles, os curcuminoides, encontrados no rizoma da planta *Curcuma longa* L. que é comumente usada na culinária de diversas culturas sendo conhecida também como açafrão-da-terra. A curcumina apresenta inúmeras propriedades biológicas importantes, como efeito anti-inflamatório, antioxidante, antinociceptivo, antiparasitário, antimalárico, sendo usado também como agente cicatrizante de feridas (Urošević *et al.*, 2022).

Além de todas as qualidades e benefícios já citados da cúrcuma, ela também promove fator de proteção anti-UV, que pode conferir aos tecidos de fibra natural uma coloração amarelada capaz de atribuir FPU, sendo então ideal para confecção de roupas cotidianas. O tingimento do tecido de algodão com extratos à base de cúrcuma leva a uma maior proteção UV (Abdelkhalik *et al.*, 2023).

Diferentemente das demais vestimentas de proteção UV que são produzidas com tecidos sintéticos de longa decomposição e danosos ao meio ambiente como poliéster, poliamida e elastano, o tecido de algodão pigmentado com extratos de cúrcuma resulta em um material funcional para indústria têxtil, com FPU ideal para o consumidor e sem causar danos maiores ao meio ambiente, o que configura, portanto, como um produto natural, sustentável e relação custo/benefício favorável para o consumidor.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo fazer uso de extratos etanólicos à base de *Curcuma longa* L. como fator de proteção ultravioleta em tecidos de algodão para fins fotoprotetores na confecção de roupas cotidianas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

2.1.1 RIZOMA DA *CURCUMA LONGA* L.

A *Curcuma longa* L. sob forma de rizoma fresco preserva características intensas e marcantes como cor e cheiro. A partir do rizoma fresco pôde-se obter o pó para posterior extração dos bioativos a fim de impregnar tecidos de algodão cru. O rizoma fresco da *Curcuma longa* L. apresentado na Figura 1 utilizado neste trabalho foi oriundo de pequenos produtores do município de Belém - PB e adquirido no Mercado Público da Torre em João Pessoa - Paraíba.

Figura 1 – Rizoma fresco de *Curcuma longa* L.



Fonte: o próprio, 2024.

2.1.2 PÓ DA *CURCUMA LONGA* L. INDUSTRIALIZADO

A cúrcuma sob a forma de pó industrializado, contém os mesmos bioativos de interesse do pó obtido do rizoma fresco, porém com cor e cheiro mais brandos. O pó industrializado *Curcuma longa* L. (Figura 2) utilizado nesse trabalho foi adquirido no centro comercial de São José do Egito - Pernambuco.

Figura 2 – Pó industrializado de *Curcuma longa* L.



Fonte: o próprio, 2024.

2.2.3 TECIDO DE ALGODÃO CRU

O tecido de algodão cru (Figura 3) é um produto de baixo processamento industrial que consegue preservar as propriedades da fibra do algodão natural como a absorção, a cor branca clássica sendo ideal para a impregnação de corantes naturais, tais como o extrato etanólico de *Curcuma longa* L. O tecido de algodão cru utilizado nesse estudo foi adquirido no centro comercial de São José do Egito - Pernambuco.

Figura 3 – Tecido de algodão cru.



Fonte: o próprio, 2024.

2.2.4 ETANOL ABSOLUTO 99,8%

O etanol absoluto 99,8% (Figura 4) foi o solvente orgânico escolhido para o preparo dos extratos, tendo a polaridade e pH adequados para o processo. O etanol absoluto 99,8%, da marca ACS foi adquirido na Ficol Lab em João Pessoa - Paraíba.

Figura 4 – Etanol absoluto 99,8%.



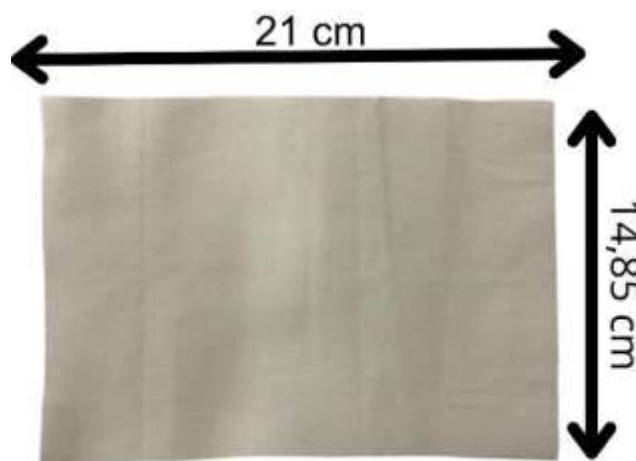
Fonte; o próprio, 2024.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 PRÉ-TRATAMENTO DO TECIDO DE ALGODÃO CRU

Para o pré-tratamento dos tecidos de algodão cru, um molde com as medidas de 21x14,85 cm e área de 311,85 cm² (folha A4 dobrada ao meio) ilustradas na Figura 5. Essas medidas são indicadas pela norma ABNT NBR 16695:2018 que estabelece os requisitos para a determinação do Fator de Proteção Ultravioleta dos têxteis.

Figura 5 – Tecido de algodão cru cortado seguindo a norma ABNT NBR 16695:2018.



Fonte: o próprio, 2024.

Em seguida, as amostras de tecido foram submetidas ao processo de lavagem. Nesta etapa, cada amostra foi imersa em 200 mL de água destilada a $80 \pm 5^\circ\text{C}$ como mostrada na Figura 6, sob agitação magnética a aproximadamente 1200 rpm por 40 min. Em seguida, com uma pinça, o tecido foi retirado da água quente e lavado com 200 mL de água destilada à temperatura ambiente utilizando uma pisseta. Essa etapa foi realizada com o objetivo de eliminar os resíduos/contaminações dos tecidos de algodão.

Figura 6 – Processo de lavagem.



Fonte: o próprio, 2024.

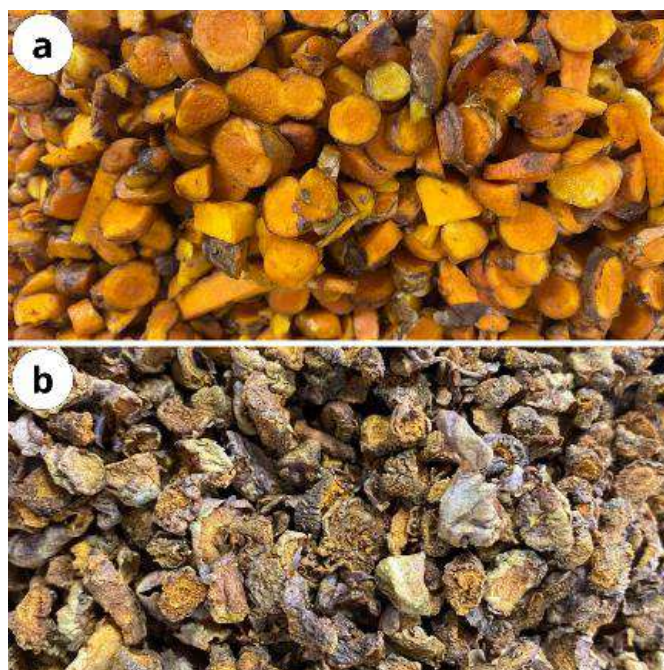
2.2.2 SECAGEM DAS AMOSTRAS DE TECIDO

As amostras de tecido lavadas foram secas em estufa com circulação e renovação forçada de ar a 70°C por 24 h.

2.2.3 CORTE E SECAGEM DO RIZOMA FRESCO DA *CURCUMA LONGA* L.

Para a obtenção do pó a partir do rizoma fresco da *Curcuma longa* L. o rizoma foi lavado com água a temperatura ambiente e com o auxílio de uma esponja doméstica para a remoção dos resíduos de solo, cortado em pedaços de $\pm 1\text{cm}$ de espessura como mostrado na Figura 7 e posto para secar em estufa com circulação e renovação forçada de ar a 70°C por 24 h.

Figura 7 – Rizoma cortados em pedaços frescos (a) e após secagem (b).



Fonte: o próprio, 2024.

2.2.4 TRITURAÇÃO DO RIZOMA SECO PARA OBTENÇÃO DO PÓ

O rizoma seco foi então triturado usando um liquidificador comum em sua potência máxima por 1 min. O pó da cúrcuma conforme ilustrado na Figura 9, foi classificado usando uma peneira doméstica para, em seguida, ser feita a extração etanólica.

2.2.4 TRITURAÇÃO DO RIZOMA SECO PARA OBTENÇÃO DO PÓ

O rizoma seco foi então triturado usando um liquidificador comum em sua potência máxima por 1 min. O pó da cúrcuma conforme ilustrado na Figura 9, foi classificado usando uma peneira doméstica para, em seguida, ser feita a extração etanólica.

Figura 8 – Pó obtido a partir do rizoma da *Curcuma longa* L.



Fonte: o próprio, 2024.

2.2.5 EXTRATOS ETANÓLICOS DE *CURCUMA LONGA* L. (EXECL)

Para a preparação dos extratos etanólicos à base de *Curcuma longa* L. (ExeCL) mostrados na Figura 10, foram empregados dois tipos de cúrcuma: a cúrcuma obtida diretamente do rizoma fresco (R) e a cúrcuma industrializada obtida no comércio (I) como matérias-primas para as extrações dos bioativos e, etanol absoluto 99,8% como solvente orgânico. As extrações foram feitas nas concentrações de 10 e 37,5% (m/v) de pó de *Curcuma longa* L. e etanol a uma temperatura de $80 \pm 5^\circ\text{C}$ sob agitação magnética a aproximadamente 1200 rpm por 30 min. Terminado esse processo, os extratos foram mantidos em repouso a temperatura ambiente.

Figura 9 – Extratos etanólicos de *Curcuma longa* L. (ExeCL) 10 e 37,5% m/v.

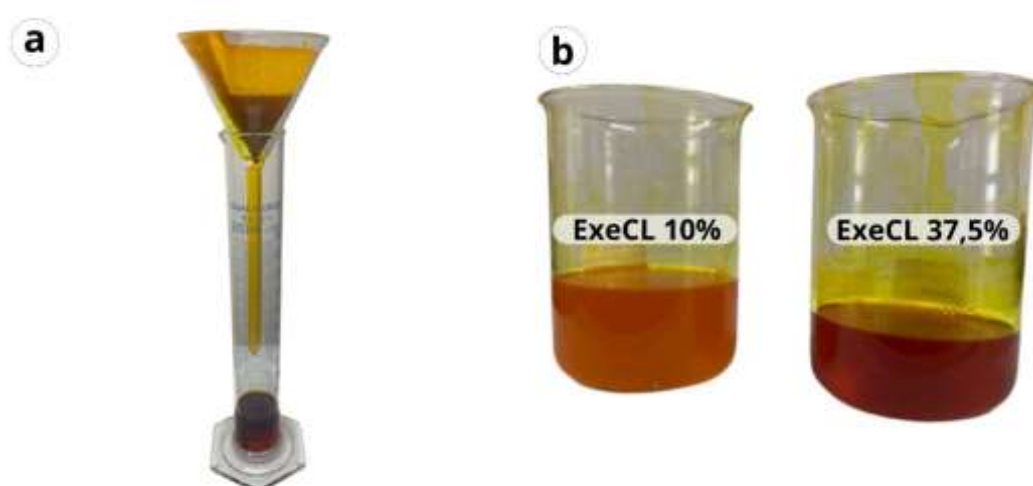


Fonte: o próprio, 2024.

2.2.6 FILTRAÇÃO DO EXECL

Logo após o processo de extração, o material foi filtrado por gravidade usando papel de filtro como apresentado na Figura 11.

Figura 10 – Processo de filtração (a), ExeCL 10% e 37,5% filtrados (b).



Fonte: o próprio, 2024.

2.2.7 CODIFICAÇÃO DOS EXTRATOS

Os extratos etanólicos à base de *Curcuma longa* L. foram codificados de acordo com o tipo do pó e a concentração (ExeCLI10% e ExeCLI37,5%) e (ExeCLR10% e ExeCLR37,5%), foi separada uma alíquota de cada ExeCL como mostrada na Figura 12 para as medições e caracterizações posteriores.

Figura 11 – Alíquotas para medições e caracterizações.



Fonte: o próprio, 2024.

2.2.8 IMPREGNAÇÃO DO EXECL NO TECIDO DE ALGODÃO CRU

Posteriormente, na etapa de impregnação dos tecidos, cada amostra de tecido de algodão cru foi imersa em 100 mL de um dos ExeCL a $50 \pm 5^\circ\text{C}$ sob agitação de aproximadamente 1200 rpm por 40 min como mostrado na Figura 13.

Figura 12 – Impregnação do ExeCL no tecido de algodão cru.



Fonte: o próprio, 2024.

2.2.9 LAVAGEM DO TECIDO IMPREGNADO COM EXECL

As amostras de tecidos após a impregnação foram submetidas à lavagem usando 250 ml de água destilada (pH 5,73), distribuídas pelo tecido com o auxílio de uma pisseta. Em seguida, mergulhadas em um Bécker contendo 100 ml de água destilada, agitada por 1 min com o auxílio de uma pinça e retiradas imediatamente como mostrado na Figura 14. O processo foi adotado para remover possíveis resíduos oriundos da etapa de impregnação dos extratos.

Figura 13 – Lavagem do tecido impregnado, imerso em água destilada.

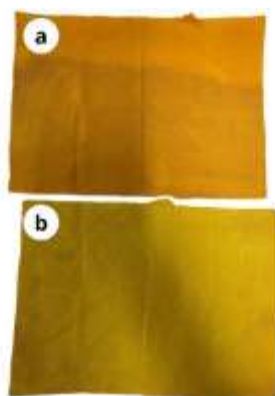


Fonte: o próprio, 2024.

2.2.10 SECAGEM E RECORTE DAS AMOSTRAS DE TECIDO IMPREGNADAS COM EXECL

Logo após, todas as amostras foram secas em estufa com circulação e renovação forçada de ar a 70°C por 24 h, como exibida na Figura 15. Os tecidos impregnados e secos foram recortados seguindo a ABNT NBR 16695:2018 como ilustrado na Figura 16.

Figura 14 – Pós-secagem dos tecidos impregnados com ExeCL 37,5% (a) e ExeCL 10% (b).



Fonte: o próprio, 2024.

Figura 15 – Tecido com marcações demonstrando as medições da ABNT NBR 16695:2018. Amostras de tecidos impregnados com ExeCL 37,5% (a) e 10% (b) para análise em UV-vis e FTIR.



2.3 CARACTERIZAÇÕES

2.3.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

As medições foram realizadas com as amostras em temperatura ambiente utilizando o pHmetro da marca Analisador. Antes de efetuar as medições, o pHmetro foi calibrado com solução tampão de pH 4. As medidas foram realizadas no Laboratório de Purificação e Aspersão de Materiais Argilosos (LAPAMA), do Departamento de Engenharia de Materiais da UFPB.

2.3.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

As medições de condutividade elétrica se deram nas mesmas condições em que foram medidas o pH das amostras. O equipamento usado é da marca HANNA INSTRUMENTS, modelo multiparâmetro HI2030 primeira classe para P&D. As medidas foram realizadas no Laboratório de Purificação e Aspersão de Materiais Argilosos (LAPAMA), do Departamento de Engenharia de Materiais da UFPB.

2.3.3 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

As análises de FTIR foi realizada com as amostras de pó, tecido e extrato etanólico a temperatura ambiente em um equipamento de FTIR da marca AGILENT, modelo CARY-630 com módulo de amostragem ATR. A leitura foi feita na faixa espectral de 4000 a 600 cm^{-1} . As análises foram realizadas no Laboratório de Biotecnologia Farmacêutica (Biotecfarm) do Departamento de Ciências Farmacêuticas da UFPB.

2.3.4 MICROSCOPIA ÓPTICA (MO)

As análises de microscopia óptica (MO) foram realizadas nas amostras de tecidos de algodão cru e impregnadas com os extratos de cúrcuma usando um microscópio óptico eletrônico da marca Olympus BX41M-LED®, com a ferramenta de *software stream analysis*. Um pedaço de papel branco foi colocado abaixo da lâmina para facilitar a visualização e captura das micrografias. As análises foram realizadas no Laboratório de Materiais Metálicos (LAMAM) do Departamento de Engenharia de Materiais da UFPB.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH) E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DOS EXTRATOS DE CÚRCUMA

A partir da Tabela 1, pode-se observar os valores de pH e condutividade elétrica referente aos extratos etanólicos com o pó industrializado (ExeCLI) e o pó do rizoma (ExeCLR) nas concentrações de 10 e 37,5% (m/v). Os extratos de uma forma geral, apresentam valores de pH ácidos na faixa de 4 – 6. Os pigmentos curcuminóides são estáveis em pH ácido. A alta estabilidade dos curcuminoides em pH ácido pode ser atribuída pela estrutura do dieno conjugado (Rouhani *et al.*, 2009). O pH da solução é um dos parâmetros mais críticos no processo de extração de bioativos e influencia diretamente na etapa de impregnação dos corantes naturais nos tecidos de algodão.

O etanol absoluto 99,8% usado como solvente foi aquecido e agitado junto ao pó da cúrcuma por possuir as características químicas ideais como polaridade e condutividade estável, possibilitando a extração dos bioativos de interesse. Na solução de etanol a condutividade permanece estável mesmo com o aumento da temperatura (Duan *et al.*, 2013).

As medições de condutividade elétrica ajudam a avaliar a estabilidade dos materiais usados na fabricação de produtos de consumo. Altos valores nas medições de condutividade podem indicar a presença de sais condutores ou metais em níveis elevados, o que não é objetivo do presente estudo. Os valores de condutividade elétrica apresentados na tabela abaixo são considerados baixos, demonstrando boas condições do sistema de extração usado no presente trabalho.

Tabela 1 – Medições de pH e condutividade elétrica.

Medições	pH	Condutividade (µS/cm)
ExeCLI 10%	5,59	30,9
ExeCLI 37,5%	5,82	50,0
ExeCLR 10%	4,90	74,4
ExeCLR 37,5%	4,80	88,0

Fonte: O próprio, 2024.

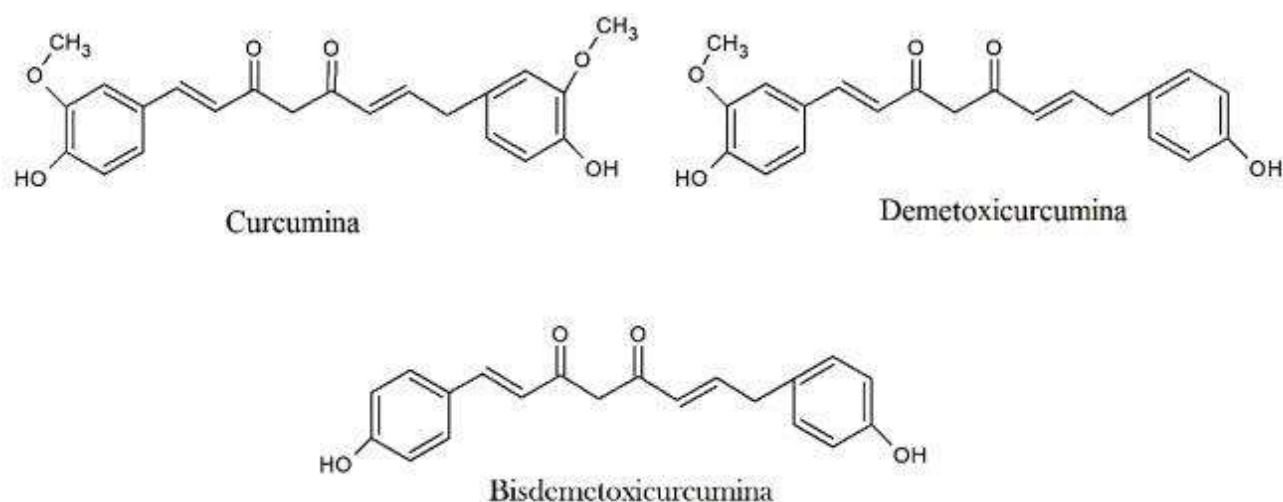
3.2 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

3.2.1 FTIR DOS PÓS E DOS EXTRATOS DE CÚRCUMA

Os curcuminoides curcumina, demetoxicurcumina e bisdemetoxicurcumina são bioativos encontrados no rizoma da *Curcuma longa* L. e são responsáveis por conferir cor laranja-avermelhado ao material. Nesse trabalho, buscou-se obter essas biomoléculas por extração etanólica para serem usadas como corantes naturais. Atualmente, a cúrcuma pode ser obtida comercialmente como uma mistura de três componentes: curcumina 77%; demetoxicurcumina 17%; e bisdemetoxicurcumina 3% (Sueth-Santiago *et al.*, 2015).

A curcumina é o bioativo principal da *C. longa*, sendo responsável por cerca de 2% do peso seco dos rizomas. A Figura 17 mostra a estrutura molecular dos três curcuminoides de interesse desse trabalho, sendo possível observar algumas diferenças com relação aos grupos funcionais presentes em cada molécula. A curcumina possui dois grupos metoxila, a demetoxicurcumina somente um e a bisdemetoxicurcumina nenhum (Toledo, 2013).

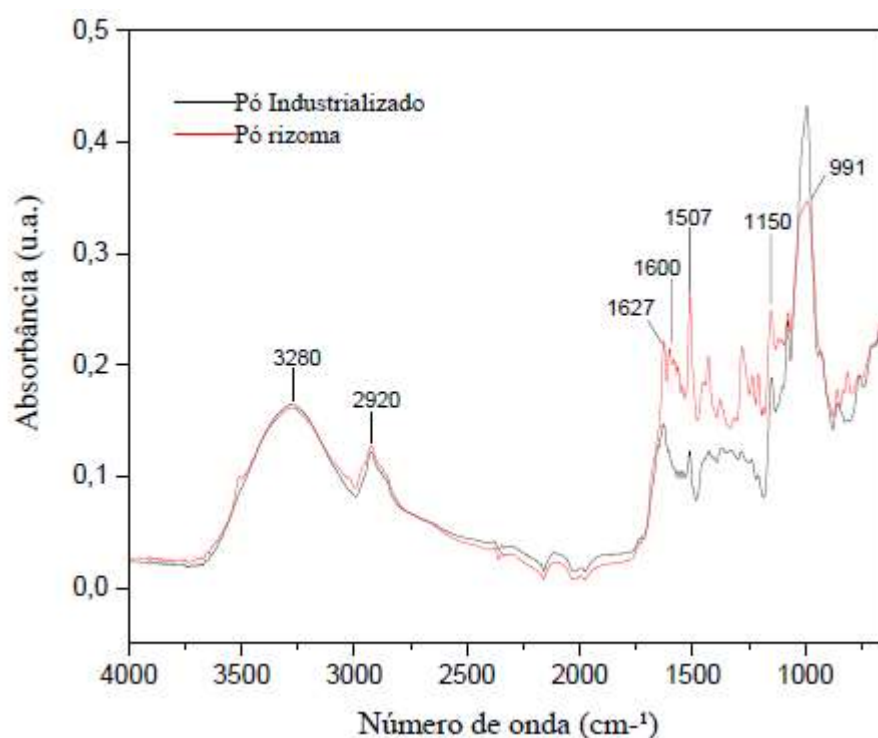
Figura 16 – Estruturas moleculares da curcumina, demetoxicurcumina e bisdemetoxicurcumina.



Fonte: Santos, 2022.

Ao analisar de forma comparativa, observa-se uma forte semelhança entre ambos os espectros (Figura 18), visto que os pós de cúrcuma, apresentam semelhanças nos modos vibracionais, correspondendo ao mesmo número de onda, tendo pouca diferença em relação à intensidade de absorbância, confirmando a paridade química das duas amostras e descartando a presença de contaminantes no pó industrializado. A presença da curcumina é caracterizada por três bandas principais em 1627, 1600 e 1505 cm^{-1} e, outras bandas em 1470 e 1180 cm^{-1} (Shannon *et al.*, 2022). Dessa forma, é possível concluir que os pós em estudo, apresentam como bioativo predominante a curcumina.

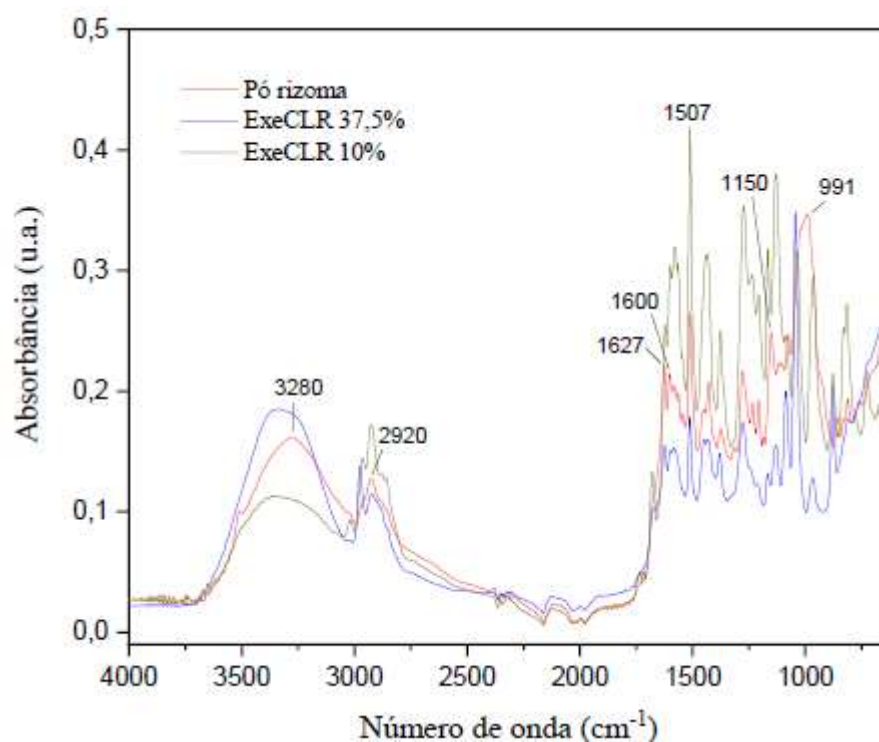
Figura 17 – Espectros FTIR dos pós de *C. longa* L. industrializado e obtido a partir do rizoma.



Fonte: o próprio, 2024.

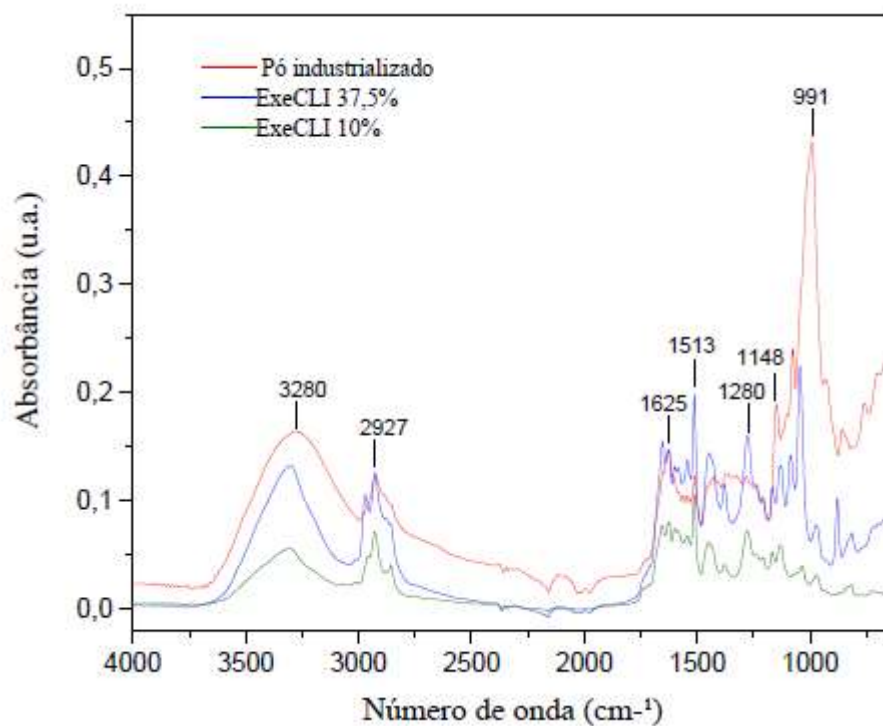
A partir dos espectros exibidos nas Figuras 19 e 20, é possível identificar a presença dos grupos químicos característicos da cúrcuma nos extratos etanólicos conforme Tabela 2. Observa-se também, semelhança nos números de ondas dos modos vibracionais entre ambos os extratos, com diferenças perceptíveis na intensidade de acordo com a concentração. A maior concentração de extrato 37,5% (m/v), devido possuir uma maior quantidade de curcuminóides, favorece numa maior absorção em relação a concentração de 10% (m/v), aparecendo bandas mais proeminentes nos espectros de FTIR. Por fim, pode-se notar que os extratos apresentaram comportamentos espectrais semelhantes, porém, vale destacar que a cúrcuma em pó obtida a partir do rizoma apresentou uma absorção mais intensa, especialmente, na faixa de 3750 a 3000 cm^{-1} , cuja banda espectral sobrepujou a banda da cúrcuma em pó obtida do rizoma, diferentemente do que foi observado para o extrato obtido do pó de cúrcuma industrializado. Tal comportamento, sugere possivelmente, que o pó da cúrcuma obtido do rizoma possua um conteúdo maior de curcuminóides na sua composição. Isso é um bom indicativo para seleção e uso como fator de proteção solar.

Figura 18 – Espectros do pó obtido do rizoma da *C. longa* L. e seus respectivos extratos.



Fonte: o próprio, 2024.

Figura 19 – Espectro do pó industrializado da *Curcuma longa* L. e seus respectivos extratos.



Fonte: o próprio, 2024.

Tabela 2 – Modos vibracionais e grupos químicos correspondentes aos espectros de FTIR da cúrcuma.

Modo vibracional (cm ⁻¹)	Grupo funcional
~3400	O-H
2800-3000	Metil (-CH ₃) e metileno (-CH ₂) vibração simétrica e assimétrica
1740-1680	C=O
~1510	Vibração aromática de alongamento esquelético
~1030	Vibração de alongamento C-OH

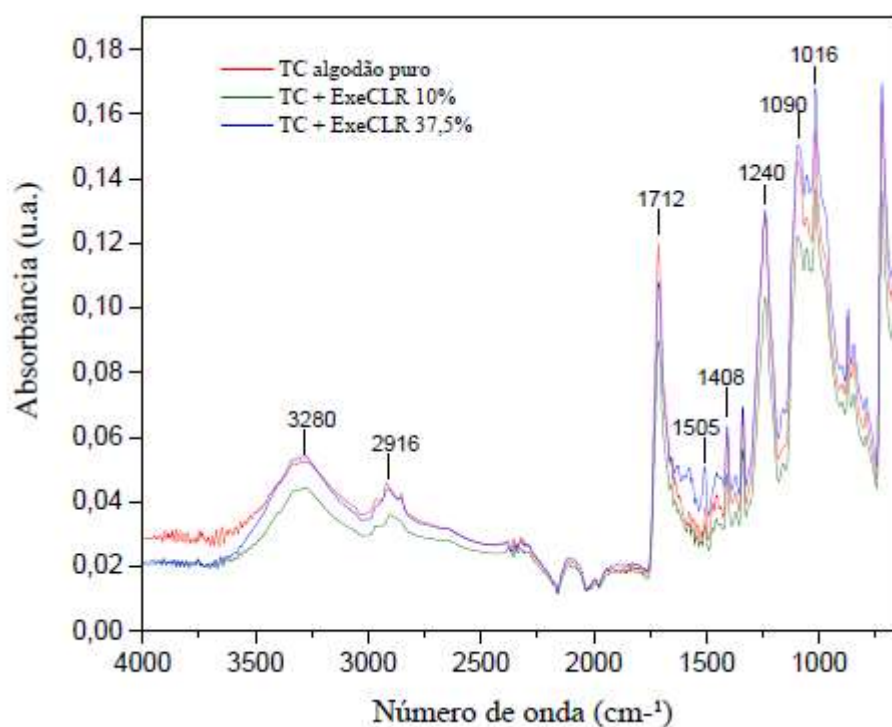
Fonte: Angeline; Rohman; Susidarti, 2019.

3.2.2 FTIR DO TECIDO DE ALGODÃO CRU E IMPREGNADO COM EXTRATOS

O rizoma da *Curcuma longa* L. e a fibra do tecido de algodão cru contém compostos químicos com grupos funcionais que podem absorver radiação infravermelha em comprimentos de onda específicos como mostrado nos espectros das Figuras 21 e 22.

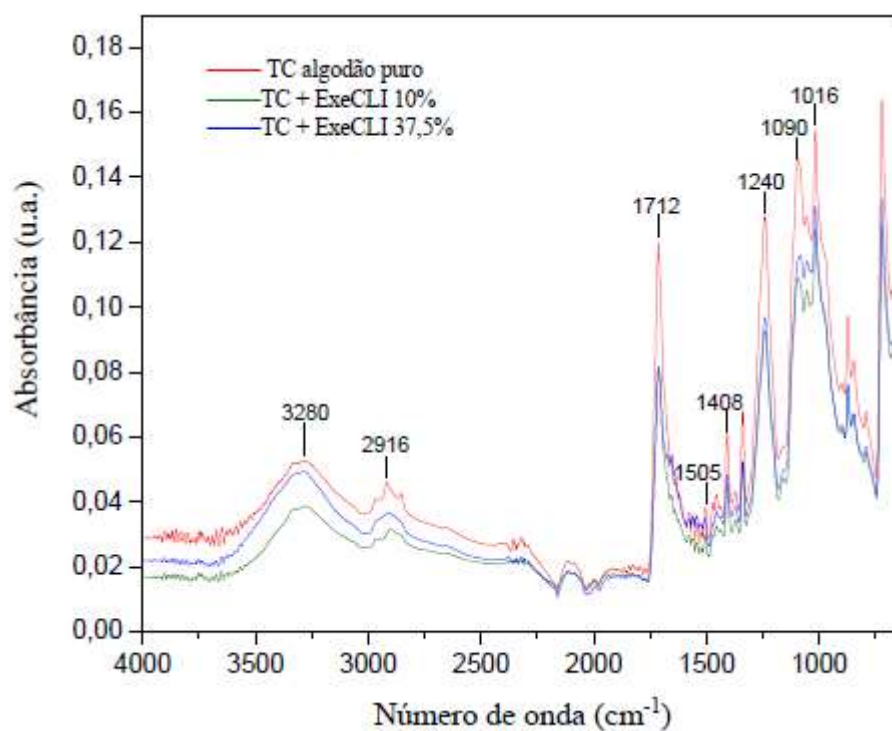
O tecido de algodão normalmente apresenta modos vibracionais característicos da celulose pura. A ampla banda de alongamento C – H, aparece na região de 3000 a 2800 cm⁻¹ (Chung; Lee; Choe, 2004). A análise de FTIR permite identificar esses grupamentos funcionais no tecido puro e impregnado com os extratos de cúrcuma, como apresentado nas figuras abaixo. Para Chung; Lee; Choe (2004) embora a celulose tenha grupos –CH₂– em sua estrutura, os picos correspondentes à estrutura simétrica e modos de alongamento assimétrico nunca foram separados como bandas agudas, além de que o alongamento C=O apareceria em torno de 1750 cm⁻¹, e C–OH alongamento em 1200 cm⁻¹.

Figura 20 – Espectro de FTIR do tecido de algodão cru, puro e impregnado com ExeCLR.



Fonte: o próprio, 2024.

Figura 21 – Espectro de FTIR do tecido de algodão cru, puro e impregnado com ExeCLI.



Fonte: o próprio, 2024.

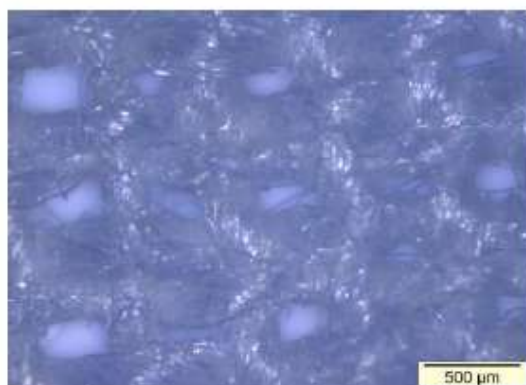
3.3 MICROSCOPIA ÓPTICA (MO)

Para melhor visualização dos resultados pré e pós-impregnação das amostras de tecido de algodão, utilizou-se como ferramenta a microscopia óptica. Graças ao potencial de ampliação de imagem pelo microscópio eletrônico, pôde-se avaliar visualmente de forma minuciosa as fibras do tecido de algodão e a qualidade final do processo de impregnação. A lente utilizada na captura das micrografias apresenta ampliação de 5X (cinco vezes) o tamanho real, visto a olho nu. Outro fator importante do resultado da impregnação é a uniformidade e distribuição do corante no tecido. Todas as amostras apresentaram excelentes resultados quanto a esse aspecto, sem manchas aparentes ou a não fixação do corante.

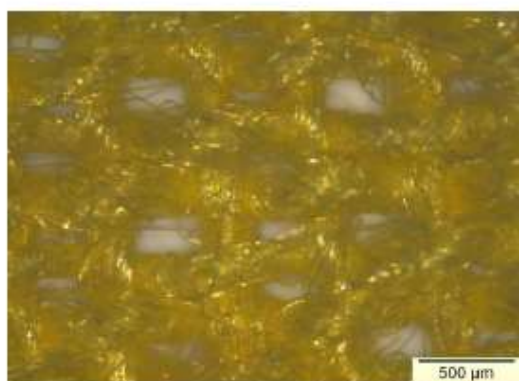
Nas micrografias, pode-se observar na Figura 23, o tecido de algodão cru puro (TC puro) de cor branca natural da fibra, com potencial de absorção e fixação de corantes naturais, sendo o material ideal para a impregnação dos extratos de cúrcuma. O TC + ExeCLI 10% na Figura 24 de cor amarela e tom claro, aparenta semelhança com o TC + ExeCLI 37,5% da Figura 25 devido ao tipo de pó utilizado, apesar das diferentes concentrações dos extratos utilizados na impregnação não houve uma diferença notável na coloração e tom das amostras.

A micrografia do TC + ExeCLR 10 % na Figura 26, apresenta cor amarelo ouro de brilho notável, o que pode contribuir para a aceitação e aplicação na produção de roupas cotidianas. O TC + ExeCLR 37,5% da Figura 27 apresentou cor laranja-avermelhado sendo a amostra de maior contraste. De modo geral, os tecidos impregnados com ExeCLR apresentaram cores e tons mais intensos do que os impregnados com ExeCLI, sendo esse um dado importante e de impacto na aceitação para a produção de roupas cotidianas a qual se destinam. Tal comportamento corrobora com os resultados obtidos por FTIR.

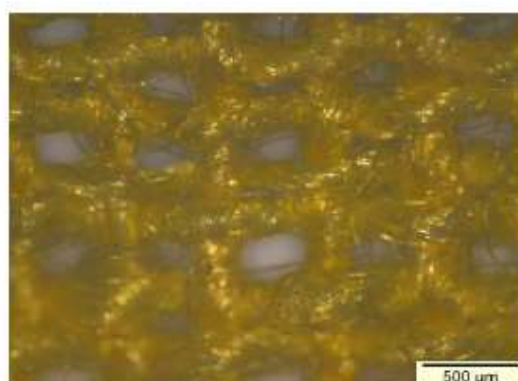
Figura 22 – Micrografias TC puro; TC + ExeCLI 10%; TC + ExeCLI 37,5%; TC + ExeCLR 10%; TC + ExeCLR 37,5%.



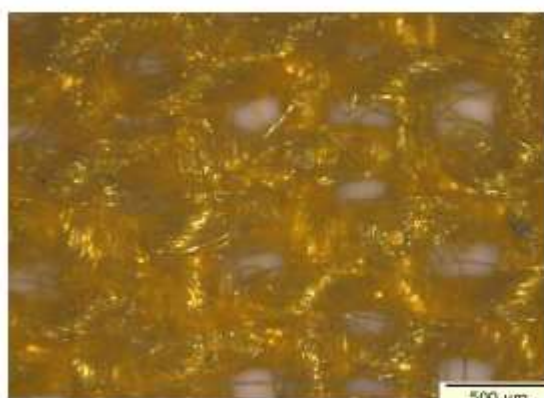
TC puro



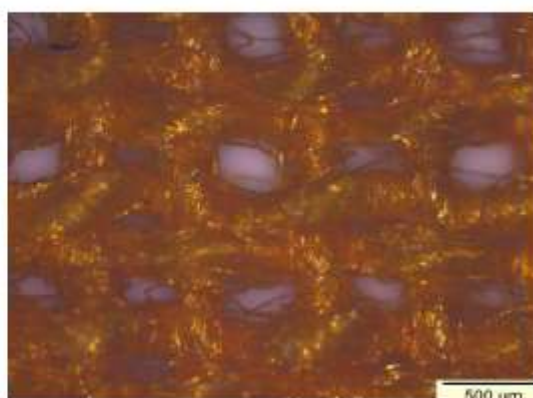
TC + ExeCLI 10%



TC + ExeCLI 37,5%



TC + ExeCLR 10%



TC + ExeCLR 37,5%

Fonte: o próprio, 2024.

4 CONCLUSÃO

A partir desse estudo, pode-se concluir, que os extratos etanólicos provenientes dos pós de cúrcuma industrializado e rizoma, assim como sua impregnação nos tecidos de algodão cru foram executadas com sucesso através do uso de uma metodologia simples, prática e de baixo custo. A concentração (m/v) dos extratos é diretamente relacionada com a intensidade da cor do corante extraído e, conseqüentemente, com a capacidade de absorção conforme analisados por FTIR e MO. Dentre os extratos etanólicos usados na impregnação dos tecidos de algodão, o pó de cúrcuma obtido do rizoma foi a que apresentou a coloração mais intensa e forte, sugerindo, portanto, potencial de fotoproteção UV para roupas do cotidiano. Essa propriedade está em fase de investigação.

5- REFERÊNCIAS

1. MABUZA, L.; SONNENBERG, N.; MARX-PIENAAR, N. Natural versus synthetic dyes: Consumers' understanding of apparel coloration and their willingness to adopt sustainable alternatives. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, v. 18, p. 200146, out. 2023.
2. CHE, J.; YANG, X. A recent (2009–2021) perspective on sustainable color and textile coloration using natural plant resources. *Heliyon*, v. 8, n. 10, p. e10979, 1 out. 2022.
3. AL ROBAEE, A. A. Awareness to sun exposure and use of sunscreen by the general population. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, v. 10, n. 4, p. 314–318, 20 nov. 2010.
4. ADDOR, F. A. S. et al. Protetor solar na prescrição dermatológica: revisão de conceitos e controvérsias. *Anais Brasileiros de Dermatologia (Portuguese)*, v. 97, n. 2, p. 204–222, 1 mar. 2022.
5. OLIVETO, P. Correio Braziliense, 2023. Disponível em <https://www.correiobraziliense.com.br/ciencia-e-saude/2023/11/6652362-oms-trabalho-influencia-risco-de-cancer-de-pele.html>. Acesso em: 12 ago. 2024.
6. 6.Portal de Programas de Pós-Graduação (UFPB). Disponível em: <https://sigaa.ufpb.br/sigaa/public/programa/noticias_desc.jsf?lc=pt_BR&id=1919¬icia=286502050>. Acesso em: 28 ago. 2024.
7. 7.DA SILVA, F.; DOS SANTOS, A. V. ECONOMIA CRIATIVA NO MERCADO DA MODA E SUA INFLUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA TÊXTIL NO NORDESTE. *Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho*, v. 9, n. 2, p. 124–137, 5 fev. 2021.
8. Paraíba amplia produção de algodão colorido. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53849365/paraiba-amplia-producao-de-algodao-colorido>>. Acesso em: 12 ago. 2024.
9. AKSAM ABDELKHALIK et al. A new multifunctional flame-retardant coating for cotton fabric to enhance smoke suppression, and UV shielding properties. *Industrial Crops and Products*, v. 205, p. 117469–117469, 1 dez. 2023.
10. SUETH-SANTIAGO, V. et al. CURCUMIN, THE GOLDEN POWDER FROM TURMERIC: INSIGHTS INTO CHEMICAL AND BIOLOGICAL ACTIVITIES. *Química Nova*, 2015.
11. SANTOS; ITAMARA FARIAS LEITE. Use of Bixa orellana and Curcuma longa L. as a Natural Protection Factor for Cotton Fabrics. *Fibers and Polymers*, v. 24, n. 9, p. 3195–3209, 10 ago. 2023.
12. ROUHANI, S. et al. Ultrasonic Assisted Extraction of Natural Pigments from Rhizomes of Curcuma Longa L. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://pccc.icrc.ac.ir/article_75754_e6d58952f743d251b5d4052f6d42d95e.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2024.
13. TOLEDO, E. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS

MOLECULARES ESTUDO DAS PROPRIEDADES ESTRUTURAIS DA CURCUMINA NO VÁCUO USANDO DINÂMICA MOLECULAR DE CARPARRINELLO. [s.l: s.n.]. Disponível em: < https://www.bdttd.ueg.br/bitstream/tede/246/2/Eduardo_Martins_Toledo.pdf >.

14. DUAN, E. et al. Effects of water and ethanol on the electrical conductivity of caprolactam tetrabutyl ammonium halide ionic liquids. *Journal of Molecular Liquids*, v. 178, p. 1–4, fev. 2013.
15. ANGELINE, E.; SUSIDARTI, R. A.; ROHMAN, A. RAPID AUTHENTICATION OF TURMERIC POWDER ADULTERATED WITH CURCUMA ZEDOARIA AND CURCUMA XANTHORRHIZA USING FTIR-ATR SPECTROSCOPY AND CHEMOMETRICS. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, p. 216–221, 25 jul. 2019.
16. SHANNON, M. et al. The detection and determination of adulterants in turmeric using fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy coupled to chemometric analysis and micro-FTIR imaging. *Food Control*, v. 139, p. 109093, set. 2022.
17. CHUNG, C.; LEE, M.; CHOE, E. Characterization of cotton fabric scouring by FT-IR ATR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, v. 58, n. 4, p. 417–420, 7 dez. 2004.
18. ABNT. NBR 16695: Vestuário – fator de proteção ultravioleta – requisitos e métodos de ensaio 2018.

Capítulo 5



10.37423/250109594

APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: ABORDAGEM INICIAL PARA UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Hugo José Ribeiro Júnior

*Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) -
Campus Itabira*

Marco Antônio dos Santos Vieira

*Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) -
Campus Itabira*

Robison Magon Gollo

*Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) -
Campus Itabira*



Resumo: A tecnologia blockchain está rapidamente ganhando destaque no mundo contemporâneo, expandindo-se muito além das criptomoedas. Sua ascensão está redefinindo a maneira como as transações interagem entre si e são conduzidas em diversos setores. Visto sua relevância no contexto atual e seu crescimento ao longo dos anos, a tecnologia está sendo implementada em diversos setores, tais como rastreabilidade na cadeia de suprimentos, segurança de dados em armazenamento em nuvem e segurança em processos de transação financeira. No campo de desenvolvimento de produtos, verifica-se uma crescente ascensão de trabalhos científicos que exploram, especificamente, o potencial do blockchain aplicado ao desenvolvimento de produtos, evidenciando a necessidade de explorar ainda mais esse campo promissor. Nesse sentido, o presente estudo propõe a realização de uma Revisão Sistemática de Literatura, a fim de verificar o estado da arte das publicações sobre o tema investigado aplicado ao Processo de Desenvolvimento de Produtos. Assim, por meio desta pesquisa, busca-se identificar novas abordagens e estratégias que possam aprimorar a análise no campo estudado, bem como difundir o conhecimento nas áreas de pesquisa para estudos futuros.

Palavras-chave: Blockchain; Blockchain das Coisas; Processo de Desenvolvimento de Produtos.

1.INTRODUÇÃO

Na próxima década, o blockchain emerge como uma inovação disruptiva, oferecendo um potencial de transformação para o setor industrial. Essa tecnologia tem a capacidade de redefinir a forma como as empresas operam, fornecendo oportunidades para melhorar a eficiência, a transparência e a segurança nas operações comerciais (MILLER, 2018). De acordo com Panetta (2018), estima-se que a tecnologia atinja seu ponto de maturidade entre um período de 5 a 10 anos, sendo origem para o surgimento de novas tecnologias.

A tecnologia blockchain está rapidamente ganhando destaque no mundo contemporâneo, estendendo-se muito além do âmbito das criptomoedas. Sua ascensão está redefinindo a maneira como as transações interagem entre si e são conduzidas em diversos setores, desde a logística até as finanças, saúde, agronegócio, educação, sistemas de pagamento e serviços em nuvem (GAD et al., 2022).

Os conceitos sobre essa tecnologia foram propostos pela primeira vez em 2008 por um indivíduo ou grupo de indivíduos com o pseudônimo de Satoshi Nakamoto, que descreveu sua estrutura de banco de dados distribuída e imutável, organizada em blocos interligados que, juntos, formam uma cadeia de rastro de informações (NAKAMOTO, 2008).

Cada novo bloco referencia o bloco anterior, especificado por um código chamado hash, exceto o primeiro bloco que recebe o nome de Genesis (BUTERIN, 2014). A tecnologia foi originalmente concebida como sendo subjacente ao Bitcoin, a primeira criptomoeda descentralizada do mundo (XU; CHEN; KOU, 2019). Dessa forma, o blockchain tem como objetivo permitir a criação de um sistema financeiro totalmente descentralizado e seguro (VUJIČIĆ; JAGODIĆ; RANĐIĆ, 2018).

De acordo com Iansiti e Lakhani (2017), o blockchain tem o potencial de transformar a estrutura digital de armazenamento de dados e a forma como as transações são realizadas. Essa tecnologia permite eliminar intermediários, aumentar a transparência e a eficiência dos processos, oferecendo benefícios significativos para a sociedade como um todo. Ao adotá-la, seria possível garantir a proteção contra exclusão, adulteração e revisão de informações. Todos os acordos, processos, tarefas e pagamentos seriam registrados e assinados digitalmente, permitindo sua identificação, validação, armazenamento e compartilhamento.

Desde 2016, as pesquisas e aplicações do blockchain vêm ocupando um espaço de destaque, tanto no mundo acadêmico quanto na indústria. Esse avanço significativo despertou o interesse de grandes

organizações, que agora estão se movimentando para implementar essa tecnologia inovadora em seus processos e operações, principalmente nos setores logístico e financeiro. Essas iniciativas visam criar redes totalmente integradas e descentralizadas, eliminando a dependência de intermediários (JOÃO, 2018).

Visto sua relevância no contexto atual e seu crescimento ao longo dos anos, essa tecnologia vem sendo aplicada em diversas áreas e setores, tais como: rastreabilidade na cadeia de suprimentos, segurança de dados em armazenamento em nuvem e segurança em processos de transação financeira. Diante destes benefícios oferecidos à sociedade e da sua implantação por parte das empresas que abraçam a ideia de que é uma inovação séria que visa ajudar a melhorar seus modelos de negócios e operações atuais, nota-se a necessidade de se realizar estudos sobre essa tecnologia em questão.

Embora haja diversos estudos que investiguem o uso do blockchain em diferentes áreas como Supply Chain, Saúde, Finanças e Internet of Things (IoT), vale ressaltar que há uma ascensão de trabalhos científicos que exploram, especificamente, o seu potencial na área de desenvolvimento de produtos, ressaltando a necessidade de explorar ainda mais esse campo promissor.

Os estudos existentes se concentram, principalmente, na Manufatura Aditiva (MA) ou 3D Printing (3DP), na etapa do Ciclo de Vida do Produto, na Propriedade Intelectual e Direitos Autorais e na Cadeia de Suprimentos, conforme mencionado por Fernández-Caramés e Fraga-Lamas (2018). Porém, há oportunidades de ascensão nos estudos referentes à aplicação do blockchain no campo em questão, como demonstrado por Andoni et al. (2019) e Zheng et al. (2017) em suas análises e investigações de novas aplicações dessa tecnologia.

Nesse contexto, a presente proposta de pesquisa tem como objetivo apresentar uma abordagem inicial e o planejamento de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que será realizada em um estudo subsequente, com o intuito de verificar e investigar o estado da arte das publicações referentes ao tema blockchain aplicado ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP).

Propõe-se ainda ressaltar as principais publicações que destacam a implementação prática da tecnologia e seus conceitos na área em questão e identificar oportunidades de pesquisa nesse campo de investigação. O estudo apresenta como metodologia de pesquisa o método qualitativo, utilizando a RSL para compreender como o assunto é abordado nas pesquisas e, a partir disso, realizar associações sobre o tema.

Ao investigar a área de PDP, esta pesquisa busca contribuir para a ascensão do tema e oferecer ideias para novos estudos nesse campo específico. A expectativa é que a exploração do blockchain no Processo de Desenvolvimento de Produtos possa melhorar a eficiência, a segurança e a transparência, estimulando a inovação e o crescimento.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS (PDP)

O Desenvolvimento de Produtos (DP) desempenha um papel crucial no mundo dos negócios, sendo considerado um processo de negócio cada vez mais crítico para a competitividade das empresas, principalmente com a crescente internacionalização dos mercados, aumento da diversidade e variedade de produtos e redução do ciclo de vida dos produtos no mercado (ROZENFELD et al., 2006).

Além do mais, um Processo de Desenvolvimento de Produtos eficiente é simplesmente um facilitador de melhores produtos com qualidade aprimorada a um custo mais barato (TYAGI et al., 2015). Sendo assim, a tomada de decisão durante o PDP tem um significativo impacto na qualidade do produto e dos processos, na duração do seu ciclo de vida e nos seus custos (BORNIA; LORANDI, 2008).

Diversos estudos estão sendo conduzidos na área de PDP, por ser uma das principais formas de obtenção de vantagem competitiva para uma empresa (IBUSUKI; KAMINSKI, 2007). Segundo Rozenfeld et al. (2006), apesar de oferecerem custos incorridos relativamente baixos em relação ao custo final, as fases de desenvolvimento são bastante críticas quanto ao comprometimento do custo final do produto, sendo responsáveis por cerca de 85% desse custo. Diante disso, é necessária uma correta abordagem de gestão de custos no PDP (IBUSUKI; KAMINSKI, 2007).

O DP compreende uma sequência de etapas ou atividades em que concepções de produtos novos ou incrementais são concebidas, investigadas, elaboradas através do processo de design, fabricadas, comercializadas e suportadas por meio de serviços de pós-venda. Sendo assim, todo o processo que começa desde a pesquisa de mercado até a entrega do produto é denominado de PDP. Ele geralmente segue uma estrutura definida em uma sequência de fases de revisão para garantir a implementação de um processo estruturado de gerenciamento de projetos (TYAGI et al., 2015).

Bornia e Lorandi (2008) definem o PDP como sendo o modo como as atividades e tarefas relacionadas ao projeto de desenvolvimento de produtos são desenvolvidas. Esse processo parte da ideia inicial das necessidades do mercado e das possibilidades tecnológicas e considera as estratégias corporativas, de

negócios e de produto da empresa, até chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção. Já Krishnan e Ulrich (2001) o denominam como a transformação de uma oportunidade de mercado em um produto disponível para venda.

O objetivo do processo de DP consiste em criar uma “receita” para a produção de um produto. Essa receita deve estar em conformidade com os requisitos decorrentes das necessidades do cliente ou do mercado e inclui o design do produto, seus materiais constituintes, seu processo de produção e planos para sua distribuição, operação, suporte e descarte (BROWNING, 2003).

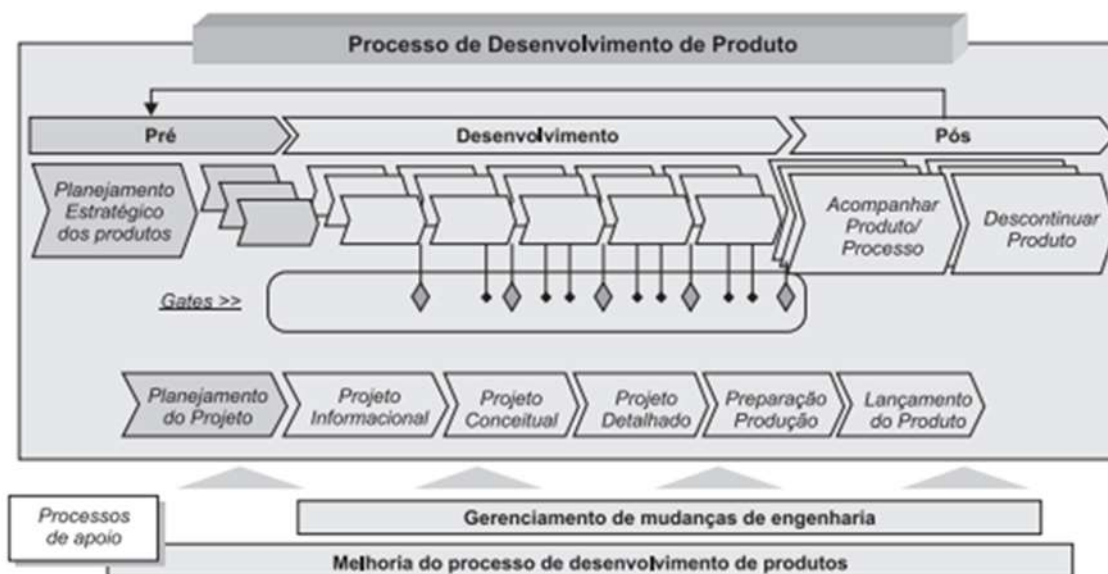
No DP, a ênfase é colocada no design e desenvolvimento de um produto, visando atingir vários critérios-chave, tais como mapeamento de requisitos do cliente, qualidade, desenvolvimento de tecnologia, estratégia de produto, custo, gerenciamento de interface, entre outros critérios (CLARK; FUJIMOTO, 1991).

Ao longo dos anos, diversos autores propuseram diferentes modelos e abordagens que investigam as etapas do processo de desenvolvimento dos produtos. Cooper, Edgett e Kleinschmidt (2001), por exemplo, propõem um modelo que divide o PDP em sete fases: Requisito, Definição, Projeto, Implementação, Produção, Manutenção e Retirada.

Segundo Clark e Fujimoto (1991), o PDP é dividido em quatro fases de desenvolvimento, sendo elas: Geração de Conceito, Planejamento de Produto, Engenharia de Produto, e Engenharia de Processo. Wheelwright e Clark (1992) sugerem um modelo similar composto por quatro fases. No entanto, eles combinam as duas últimas etapas presentes no modelo de Clark e Fujimoto (1991) e introduzem um novo estágio denominado de Produção Piloto/Ramp-Up em sua estrutura.

Por fim, o modelo proposto por Rozenfeld et al. (2006) é constituído por 3 macrofases denominadas de Pré-Desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós-Desenvolvimento, conforme mostrado na Figura 1. Dentro de cada uma dessas macrofases ainda existem diversas etapas de desenvolvimento. O primeiro estágio referente ao Pré-Desenvolvimento engloba duas etapas que são denominadas de Planejamento Estratégico dos Produtos e Planejamento do Projeto.

Figura 1 - Visão geral do modelo de referência do PDP.



Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

Já o segundo estágio denominado de Desenvolvimento é dividido em 5 fases sendo elas: Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado, Preparação da Produção e Lançamento do Produto. Por fim, o terceiro estágio referente ao Pós-Desenvolvimento constitui as etapas de Acompanhamento do Produto/Processo e Descontinuação do Produto.

De modo geral, o PDP situa-se na interface entre a empresa e o mercado, cabendo a ele identificar e até mesmo se antecipar às necessidades do mercado e dos clientes em todas as fases do ciclo de vida do produto e propor soluções que atendam a tais necessidades (ROZENFELD *et al.*, 2006).

2.2. BLOCKCHAIN

Os conceitos sobre o *blockchain* foram propostos pela primeira vez em 2008 por um indivíduo ou grupo de indivíduos utilizando o pseudônimo de Satoshi Nakamoto (XU; CHEN; KOU, 2019). Em seu artigo intitulado de “*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*”, Nakamoto (2008) aborda o dinheiro eletrônico *peer-to-peer* (P2P) e descreve a estrutura de banco de dados distribuída e imutável, bem como a mesma pode ser combinada em um aplicativo de moeda digital.

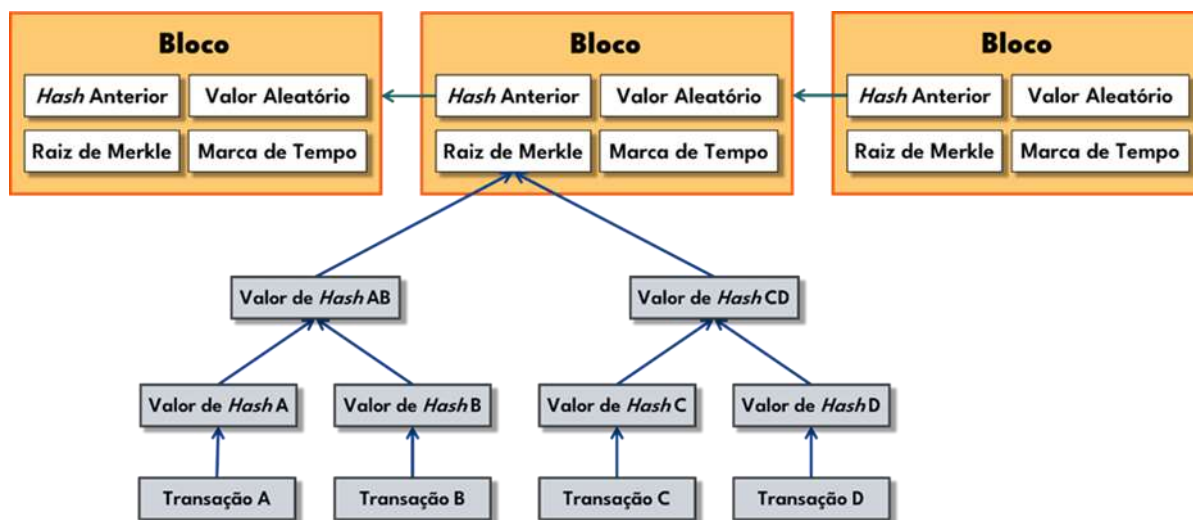
A tecnologia foi originalmente concebida como sendo subjacente ao Bitcoin, a primeira criptomoeda descentralizada do mundo. Algumas das vantagens do *blockchain* incluem seu *ledger* distribuído, a descentralização, a transparência de informações, a construção à prova de adulteração e a abertura. Sua aplicação se estendeu da moeda digital para as finanças, e, gradualmente, se expandiu para os

cuidados da saúde, gerenciamento da cadeia de suprimentos, monitoramento de mercado, energia inteligente e proteção de direitos autorais (XU; CHEN; KOU, 2019).

O termo “*blockchain*” possui diversas definições existentes. O seu significado varia conforme a perspectiva de análise da tecnologia e a área ou campo de pesquisa que a mesma será aplicada ou estudada. Segundo Bahga e Madisetti (2016), *blockchain* é definido como sendo uma estrutura de dados distribuídos que compreende uma cadeia de blocos. Ele atua como um banco de dados distribuído ou um *ledger* global que mantém registros de todas as transações em uma rede *blockchain*.

Essas transações são marcadas com data e hora e agrupadas em blocos em que cada bloco é identificado por seu *hash* criptográfico. Os blocos em questão formam uma sequência linear onde cada bloco faz referência ao *hash* do bloco anterior, formando uma cadeia de blocos denominada de *blockchain*. Um *blockchain* é mantido por uma rede de nós e cada nó executa e registra as mesmas transações. Ele é replicado entre os nós dessa rede e qualquer um desses nós pode ler as transações (BAHGA; MADISSETTI, 2016). A Figura 2 mostra a arquitetura de um *blockchain*.

Figura 2 - Estrutura do *blockchain*.



Fonte: Adaptado de Bahga e Madisetti (2016).

Tian (2018) define *blockchain* como uma sequência de blocos que funcionam como um *ledger* público para registrar transações. Cada bloco contém uma lista completa de registros de transações e possui uma referência ao bloco. Essa referência é geralmente um valor de *hash*, que é um código único gerado a partir dos dados do bloco anterior. A estrutura em cadeia e a inclusão dos *hashes* dos blocos anteriores proporcionam uma maior segurança e resiliência à tecnologia, tornando difícil a

manipulação ou exclusão de registros passados. Dessa forma, o *blockchain* se torna um *ledger* confiável e transparente, permitindo que as transações sejam verificáveis e permanentemente registradas.

Em termos técnicos, a tecnologia é descrita como sendo um *ledger* distribuído *peer-to-peer* que é criptograficamente seguro, apenas anexado, imutável (que é extremamente difícil de mudar) e atualizável apenas por meio de consenso ou acordo entre os pares (BASHIR, 2020). Assim, embora os blocos sejam compartilhados por todos os nós do *blockchain*, os usuários não podem ser alterados ou excluídos (MAHMOOD; AL DABAGH, 2023). Isso permite que uma comunidade de usuários registre transações em um *ledger* compartilhado dentro dessa comunidade, de modo que, sob operação normal da rede *blockchain*, nenhuma transação possa ser alterada depois de publicada (YAGA *et al.*, 2019).

Cada *ledger* é um bloco que está interligado a outros blocos na estrutura e os bancos de dados são compartilhados entre si de forma distribuída. Existe um servidor de registro para controlar os bancos de dados e cada bloco é associado a uma referência ao bloco anterior, que também é gerenciada por um mecanismo de *hash* para a segurança (RAJ; SAINI; SURIANARAYANAN, 2020).

Cada um desses blocos é composto por um cabeçalho de bloco contendo metadados sobre o bloco, dados contendo um conjunto de transações e outros dados relacionados. Cada transação envolve um ou mais usuários da rede *blockchain* e uma gravação do que aconteceu, que é assinada digitalmente pelo usuário que enviou a transação (YAGA *et al.*, 2019). Nesses blocos também são incluídos um registro de data e hora que significa a hora da criação do bloco e um valor aleatório (*nonce*) para tarefas criptográficas (MAHMOOD; AL DABAGH, 2023).

Já no ponto de vista dos negócios, o *blockchain* se apresenta como uma plataforma que permite a troca de valores entre pares por meio de transações, sem a necessidade de um árbitro central confiável. Essa característica única confere ao *blockchain* a capacidade de funcionar como um mecanismo de consenso descentralizado, em que nenhuma autoridade única é responsável pelo banco de dados (BASHIR, 2020).

2.3. BLOCKCHAIN OF THINGS (BCOT)

Segundo Miller (2018), na próxima década, o *blockchain* e a Internet das Coisas (IoT) terão impacto transformador no cenário industrial, pois essas tecnologias irão promover melhorias na eficiência,

além de propiciar novas perspectivas de trabalho que possam garantir a conformidade e ampliar a transparência e visibilidade no sistema produtivo.

Miraz (2020) ressalta que o destaque dessas duas tecnologias decorre das características do *blockchain*, como sua estrutura descentralizada e segura, que proporcionam um sistema confiável para a troca de informações entre dispositivos interconectados. Ao mesmo tempo, a IoT está transformando a maneira como as pessoas interagem com os dispositivos inteligentes, permitindo a coleta de uma grande quantidade de dados. Essa combinação entre *blockchain* e IoT impulsiona a inovação e abre novas possibilidades em diversos setores, reforçando a importância dessas tecnologias no cenário atual.

Além disso, ressalta-se que a estrutura do *blockchain*, em conjunto com a IoT, desempenha um papel fundamental na manutenção de um banco de dados imutável que registra dados de dispositivos interconectados (SINGH *et al.*, 2020). Essa funcionalidade permite a eliminação da necessidade de centralização do sistema, uma vez que todo o histórico de operações do dispositivo é preservado.

Por outro lado, Li *et al.* (2019) destacam a questão do alto consumo energético associado ao *blockchain*, que é um aspecto a ser abordado. O processo de mineração, comum em *blockchains*, como o Bitcoin, demanda grandes quantidades de eletricidade devido ao algoritmo de consenso “*Proof of Work*” (PoW), que envolve uma busca intensiva por *hash*. Além do mais, as comunicações P2P exigem que os dispositivos de borda estejam constantemente ligados, resultando em desperdício de energia.

Já Vukolić (2016) destaca a limitação de latência como um desafio na interação entre o *blockchain* e a IoT, devido à necessidade de lidar com um grande fluxo de informações em um curto espaço de tempo. A tecnologia *blockchain* aplicada ao Bitcoin, por exemplo, tem uma capacidade máxima de transferência de apenas 7 transações por segundo, tornando-a inadequada para atender à demanda das aplicações de IoT, que exigem milhares de transações simultâneas.

Por fim, Atlam *et al.* (2018) salientam que, embora o *blockchain* tenha seus benefícios, o mesmo apresenta limitações em lidar com grandes volumes de dados, ao passo que o sistema IoT é reconhecido por gerar uma quantidade significativa de informações. Diante disso, a capacidade de armazenamento é um desafio importante a ser considerado na aplicação conjunta dessas duas tecnologias.

3. METODOLOGIA

Para a condução do estudo e o levantamento das informações bibliográficas a respeito do tema de pesquisa em discussão, aplicou-se o método de Revisão Sistemática da Literatura. A RSL engloba a condução de análises e estudos que envolvem o levantamento de materiais e pesquisas bibliográficas produzidas por diversos autores que correspondem à área específica em foco da análise (KITCHENHAM *et al.*, 2009).

A Revisão Sistemática da Literatura é uma técnica de levantamento de dados que segue uma abordagem sistemática e busca identificar pontos específicos sobre determinado tema de pesquisa ou área pretendida para a análise e execução dos estudos (FREIRE, 2013). Trata-se de um método sistemático, explícito e reproduzível para identificar, avaliar e sintetizar um corpo existente de estudos primários concluídos e registrados, produzidos por pesquisadores, acadêmicos e profissionais (FINK, 2014).

Entre as principais características da revisão sistemática estão as fontes de busca abrangentes, a seleção dos estudos primários com critérios uniformemente aplicados e a avaliação criteriosa da amostra. Em virtude disso, para sua execução, é necessário um planejamento prévio e a documentação através de protocolo (LOPES; FRACOLLI, 2008). Sendo assim, a RSL é uma ferramenta poderosa usada para avaliar trabalhos publicados em um campo científico e é uma propriedade que outros métodos não possuem (DALLASEGA; MARENGO; REVOLTI, 2020). Além disso, ela permite identificar as principais contribuições científicas para um determinado campo ou questão (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

Em uma RSL são apresentadas, de maneira explícita, as bases de dados bibliográficos consultadas, as estratégias de busca utilizadas em cada base, o processo de seleção dos artigos científicos, os critérios de inclusão e exclusão dos artigos e o processo de análise dos mesmos, bem como as limitações de cada artigo analisado e as limitações da própria revisão (GALVÃO; RICARTE, 2019).

Nesse sentido, para fins deste estudo o método aplicado neste artigo baseia-se no protocolo de revisão sistemática proposto por Tranfield, Denyer e Smart (2003) e representado na Figura 3, em que sua execução envolve o desenvolvimento de três etapas bem definidas a seguir:

- 1) Planejamento da revisão: fase de preparação;
- 2) Condução da revisão: fase operacional;
- 3) Documentação e divulgação da revisão: fase de registro.

Figura 3 - Etapas e subetapas da RSL.



Fonte: Adaptado de Tranfield, Denyer e Smart (2003).

A etapa 1 de Planejamento da Revisão é dividida em três subetapas, sendo elas: a) “Identificação da necessidade de revisão”, que se trata de identificar o motivo da realização da RSL e destacar a relevância da pesquisa para o objeto de estudo; b) “Definição das perguntas de pesquisa”, que consiste na elaboração das perguntas de pesquisa a respeito do tema abordado e que direcionarão para as próximas etapas do estudo; e c) “Desenvolvimento de um protocolo de revisão”, que se trata de um plano que fornece descrições explícitas das etapas a serem executadas, como a estratégia de busca para identificação de estudos relevantes e os critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

A fase 2 denominada de “Condução da Revisão” ainda é dividida em quatro subetapas: a) “Identificação da pesquisa”; b) “Seleção dos estudos”; c) “Extração dos dados”; e d) “Síntese e análise dos dados”. Por fim, a última etapa do método de revisão compreende as subetapas de a) “Desenvolvimento do relatório de revisão e das recomendações” e b) “Divulgação da revisão”. Nesse estágio, é feita a documentação com a descrição clara de todos os passos realizados, os resultados encontrados e a discussão dos mesmos, e as conclusões da revisão (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

3.1. PLANEJAMENTO DA REVISÃO

Este presente trabalho propõe verificar e investigar o estado da arte das publicações relacionadas ao tema blockchain aplicado ao Processo de Desenvolvimento de Produtos, ressaltar as principais publicações que destacam a implementação prática da tecnologia e identificar oportunidades de pesquisa neste campo de estudo.

Desse modo, primeiramente efetuou-se a etapa de identificação da necessidade de revisão. Em seguida, realizou-se a etapa de definição das perguntas de pesquisa, na qual foram elaboradas as

questões de pesquisa a respeito do tema abordado e que direcionarão para as próximas etapas do desenvolvimento da RSL.

Essas questões foram desenvolvidas com base nas abordagens de mapeamento, a fim de explorar a visibilidade do tema na literatura, e abordagens de conteúdo, a fim de aprofundar sobre os aspectos trazidos pelo tema, como benefícios e desafios da aplicação, oportunidades e limitações, resultados obtidos dos estudos realizados e possíveis direcionamentos futuros. Como resultado desse processo, foram formuladas as seguintes perguntas de pesquisa:

- Q1)** Qual o ano de publicação das pesquisas?
- Q2)** Quais são os principais autores?
- Q3)** Quais os principais periódicos de publicação?
- Q4)** Quais são os principais países?
- Q5)** Quais são as palavras-chave mais citadas?
- Q6)** Quais as publicações mais citadas?
- Q7)** Qual segmento de atuação em que foi realizado o estudo?
- Q8)** Qual o objetivo da aplicação do blockchain no estudo?
- Q9)** Qual o método de pesquisa do estudo?
- Q10)** Quais campos de aplicação do blockchain na área de PDP foram explorados nos estudos?
- Q11)** Quais as principais características ou elementos do blockchain trabalhados nos artigos?
- Q12)** Quais as principais limitações e desafios encontrados na aplicação do blockchain no PDP?
- Q13)** Quais contribuições o blockchain pode oferecer para a área de PDP?
- Q14)** Quais são as propostas para estudos futuros do campo de pesquisa?

Após essa etapa, partiu-se para o desenvolvimento do protocolo de revisão. Isso incluiu a descrição das estratégias de busca para encontrar estudos relevantes, a escolha das bases de dados onde os artigos seriam coletados, a definição dos termos e strings de busca, e o estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos estudos. A busca de artigos e periódicos foi realizada na base de dados Scopus, considerada a maior fonte de literatura acadêmica (KWARY, 2018).

Para pesquisar os artigos relevantes sobre o tema de estudo, inicialmente foram definidos os termos em inglês “Blockchain” e “Blockchain of Things”. Já no campo do Processo de Desenvolvimento de Produtos, os termos principais definidos inicialmente envolvem definições e assuntos que refletem o mesmo significado dentro do contexto em questão ou estão relacionados com o campo estudado e

são bastante utilizados na área, sendo eles: “Product Development Process” e “Product Development”. Porém, ao longo da execução da RSL, no decorrer do desenvolvimento da segunda parte da proposta de pesquisa, será feita uma análise preliminar, a fim de determinar os termos definitivos.

3.2. CONDUÇÃO DA REVISÃO

Após o desenvolvimento do planejamento da revisão, segue-se para a fase de condução da revisão. A partir das informações do protocolo de revisão estabelecidas e da definição dos critérios de inclusão e exclusão, parte-se para as fases de busca e seleção dos artigos propriamente ditos.

A busca será realizada utilizando a base de dados Scopus, conforme definido na etapa de planejamento da revisão. Os termos de pesquisa definitivos, juntamente com suas combinações, também serão estabelecidos na etapa mencionada anteriormente. A partir disso, filtros serão aplicados durante o processo, considerando os critérios de inclusão/exclusão adotados, a fim de refinar os resultados e selecionar os artigos mais relevantes para o estudo.

Após a seleção, os artigos selecionados serão analisados para identificar aqueles que possuem relação ou aplicação com o tema abordado e que possam contribuir para o estudo. Em seguida, os dados relevantes serão extraídos, sintetizados e analisados. A extração e a análise dos dados serão conduzidas com base nas perguntas de pesquisa levantadas na fase de planejamento da revisão, sendo respondidas à medida que o estudo é desenvolvido.

3.3. DOCUMENTAÇÃO E DIVULGAÇÃO DA REVISÃO

Por fim, a última fase do método de RSL proposto por Tranfield, Denyer e Smart (2003) compreende o desenvolvimento do relatório de revisão, das recomendações e da divulgação da revisão. Nessa etapa, pretende-se apresentar a documentação e a análise dos resultados da pesquisa desenvolvida, bem como as recomendações, conclusões dos autores e sugestões para trabalhos futuros.

4. RESULTADOS ESPERADOS E DISCUSSÕES

Por meio desta pesquisa, busca-se identificar novas abordagens e estratégias que possam aprimorar as análises no processo de desenvolvimento de produtos, com ênfase na segurança, transparência e eficiência, impulsionando a inovação em processos que explorem a aplicação do blockchain no campo estudado.

O presente artigo também visa verificar o estado da arte das publicações relacionadas ao tema proposto, apresentando o mapeamento de todas as pesquisas relevantes que destacam, tanto a implementação prática quanto as possíveis aplicações identificadas da tecnologia no Processo de Desenvolvimento de Produtos.

Os resultados esperados acerca deste estudo têm como foco apresentar o fluxo de trabalhos produzidos, assim como a confiabilidade das informações geradas por estudos relacionados ao blockchain aplicado ao PDP, visando aprimorar a interação de pesquisadores que utilizam essa tecnologia como fonte.

Além disso, o estudo propõe identificar as aplicações mais exploradas da tecnologia no âmbito em questão e analisar as tendências e oportunidades de pesquisa nessa área, bem como trazer as soluções apresentadas pelas publicações, potenciais aplicações observadas e as lacunas, a fim de contribuir para estudos futuros neste campo.

5.CONCLUSÃO

O presente artigo teve como objetivo apresentar um aspecto inicial e o planejamento e de uma Revisão Sistemática da Literatura, que será desenvolvida em um trabalho subsequente. A RSL buscará investigar o estado da arte das publicações sobre o uso do blockchain no contexto do Processo de Desenvolvimento de Produtos, bem como identificar as aplicações já exploradas, suas tendências e as oportunidades de pesquisa nesse campo específico.

Neste trabalho, pretende-se apenas delinear a abordagem, os objetivos e as etapas iniciais da RSL, que será conduzida no próximo estudo, com foco na análise aprofundada das aplicações do blockchain no contexto do desenvolvimento de produtos. Assim, este estudo visa não apenas apresentar as soluções discutidas nas publicações analisadas, mas também identificar potenciais aplicações que possam ser difundidas na área explorada e aplicadas no campo de estudo em questão.

Além disso, pretende-se identificar lacunas existentes, apontando caminhos para melhorias e avanços em futuras investigações. Dessa forma, este artigo visa contribuir para o acervo de literatura existente e fornecer estratégias que possam aprimorar as análises para o desenvolvimento de estudos futuros nesta área de pesquisa.

Os próximos passos deste projeto consistem em dar continuidade na condução da RSL, que incluem a definição dos termos finais de pesquisa, a busca e seleção das publicações com base nos protocolos estabelecidos na primeira fase da metodologia e a extração dos dados a partir das publicações selecionadas, orientada pelas perguntas de pesquisa formuladas. Por fim, serão apresentados os

resultados obtidos por meio deste método, acompanhados de uma análise detalhada e das recomendações decorrentes do estudo.

6.REFERÊNCIAS

- ANDONI, Merlinda et al. Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 100, p. 143–174, 2019.
- ATLAM, Hany F. et al. Blockchain with internet of things: Benefits, challenges, and future directions. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, v. 10, n. 6, p. 40-48, 2018.
- BAHGA, Arshdeep; MADISETTI, Vijay K. Blockchain Platform for Industrial Internet of Things. *Journal of Software Engineering and Applications*, v. 9, n. 10, p. 533–546, 2016.
- BASHIR, Imran. *Mastering Blockchain: A deep dive into distributed ledgers, consensus protocols, smart contracts, DApps, cryptocurrencies, Ethereum, and more*. 3a ed. Birmingham: Packt Publishing, 2020.
- BORNIA, Antonio Cezar; LORANDI, Joisse Antonio. O processo de desenvolvimento de produtos compartilhado na cadeia de suprimentos. *Revista da FAE*, v. 11, n. 2, p. 35–50, 2008.
- BROWNING, Tyson R. On Customer Value and Improvement in Product Development Processes. *Systems Engineering*, v. 6, n. 1, p. 49–61, 2003.
- BUTERIN, Vitalik. A next-generation smart contract and decentralized application platform. *Ethereum White Paper*, v. 3, n. 37, p. 1–36, 2014.
- CLARK, Kim B.; FUJIMOTO, Takahiro. *Product development performance: Strategy, organization, and management in the world auto industry*. 1a ed. Cambridge: Harvard Business Review Press, 1991.
- COOPER, Robert Gravlin; EDGETT, Scott J.; KLEINSCHMIDT, Elko J. *Portfolio Management for New Products*. 2a ed. Basic Books, 2001.
- DALLASEGA, Patrick; MARENGO, Elisa; REVOLTI, Andrea. Strengths and shortcomings of methodologies for production planning and control of construction projects: a systematic literature review and future perspectives. *Production Planning & Control*, v. 32, n. 4, p. 257–282, 2020.
- FERNÁNDEZ-CARAMÉS, Tiago M.; FRAGA-LAMAS, Paula. A Review on the Use of Blockchain for the Internet of Things. *IEEE Access*, v. 6, p. 32979–33001, 2018.
- FINK, Arlene. *Conducting Research Literature Reviews: From the Internet to Paper*. 4a ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2014.
- FREIRE, Patrícia de Sá. *Aumente a qualidade e quantidade de suas publicações científicas: manual para elaboração de projetos e artigos científicos*. 1a ed. CRV, 2013.
- GAD, Ahmed G. et al. Emerging Trends in Blockchain Technology and Applications: A Review and Outlook. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, v. 34, n. 9, p. 6719–6742, 2022.
- GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion: Filosofia da Informação*, v. 6, n. 1, p. 57–73, 2019.

ANSITI, Marco; LAKHANI, Karim R. The Truth About Blockchain. *Harvard Business Review*, v. 95, n. 1, p. 118–127, 2017.

IBUSUKI, Ugo; KAMINSKI, Paulo Carlos. Product development process with focus on value engineering and target-costing: A case study in an automotive company. *International Journal of Production Economics*, v. 105, n. 2, p. 459–474, 2007.

JOÃO, Belmiro N. Blockchain e o Potencial de Novos Modelos de Negócios: Um Mapeamento Sistemático. *Revista de Gestão e Projetos*, v. 9, n. 3, p. 33–48, 2018.

KITCHENHAM, Barbara et al. Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review. *Information and Software Technology*, v. 51, n. 1, p. 7–15, 2009.

KRISHNAN, V.; ULRICH, Karl T. Product Development Decisions: A Review of the Literature. *Management Science*, v. 47, n. 1, p. 1–21, 2001.

KWARY, Deny A. A corpus and a concordancer of academic journal articles. *Data in Brief*, v. 16, p. 94–100, 2018.

LI, Jianan et al. Decentralized on-demand energy supply for blockchain in internet of things: a microgrids approach. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, v. 6, n. 6, p. 1395–1406, 2019.

LOPES, Ana Lúcia Mendes; FRACOLLI, Lislane Aparecida. Revisão sistemática de literatura e metassíntese qualitativa: considerações sobre sua aplicação na pesquisa em enfermagem. *Texto & Contexto-Enfermagem*, v. 17, n. 4, p. 771–778, 2008.

MAHMOOD, Mahmood Subhy; AL DABAGH, Najla Badie. Blockchain technology and internet of things: review, challenge and security concern. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, v. 13, n. 1, p. 718–735, 2023.

MILLER, Dennis. Blockchain and the internet of things in the industrial sector. *IT Professional*, v. 20, n. 3, p. 15-18, 2018.

MIRAZ, Mahdi H. Blockchain of things (BCoT): The fusion of blockchain and IoT technologies. Springer Singapore, 2020.

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Decentralized Business Review*, p. 1–9, 2008. Disponível em: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>.

PANETTA, Kasey. 5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018. Disponível em: <<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018>>. Acesso em: 6 jul. 2023.

RAJ, Pethuru; SAINI, Kavita; SURIANARAYANAN, Chellammal. *Blockchain Technology and Applications*. 1a ed. Nova York: CRC Press, 2020.

ROZENFELD, Henrique et al. *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. 1a ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

- SINGH, Saurabh et al. Convergence of blockchain and artificial intelligence in IoT network for the sustainable smart city. *Sustainable Cities and Society*, v. 63, p. 102364, 2020.
- TIAN, Feng. An information System for Food Safety Monitoring in Supply Chains based on HACCP, Blockchain and Internet of Things. 2018.
- TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003.
- TYAGI, Satish et al. Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. *International Journal of Production Economics*, v. 160, p. 202–212, 2015.
- VUJIČIĆ, Dejan; JAGODIĆ, Dijana; RANĐIĆ, Siniša. Blockchain Technology, Bitcoin, and Ethereum: A Brief Overview. In: 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), 2018. East Sarajevo: IEEE, 2018. p. 1–6.
- VUKOLIĆ, Marko. The quest for scalable blockchain fabric: Proof-of-work vs. BFT replication. In: Open Problems in Network Security: IFIP WG 11.4 International Workshop, iNetSec 2015, Zurich, Switzerland, October 29, 2015, Revised Selected Papers. Springer International Publishing, 2016. p. 112-125.
- WHEELWRIGHT, Steven C.; CLARK, Kim B. *Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality*. 1a ed. New York: Free Press, 1992.
- XU, Min; CHEN, Xingtong; KOU, Gang. A systematic review of blockchain. *Financial Innovation*, v. 5, n. 1, p. 1–14, 2019.
- YAGA, Dylan et al. *Blockchain Technology Overview*. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg: 2019.
- ZHENG, Zibin et al. Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey. *International Journal of Web and Grid Services*, v. 14, n. 4, p. 1–25, 2017.

ENGENHARIA: A MÁQUINA QUE CONSTRÓI O FUTURO

VOLUME XIII



conhecimentolivres.org/home



contato@conhecimentolivres.org



[editoraconhecimentolivres](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivres)



EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE