

# REVISTA



**SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS**

Atendimento:  
sodebras@sodebras.com.br  
Acesso:  
<http://www.sodebras.com.br>

## ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL  
Nesta edição

ANÁLISE DO PROBLEMA DE PESQUISA DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS NA REVISTA SODEBRAS EM 2019	
ANALYSIS OF THE RESEARCH PROBLEM OF SCIENTIFIC ARTICLES PUBLISHED IN THE JOURNAL SODEBRAS IN 2019 – Caroline Guadagnin Da Silva; Marcelo Fabiano Costella; Cristiano Reschke Lajus; Francieli Dalcanton; Gean Lopes Da Luz; Rodrigo Barichello .....	04
GESTÃO DE RISCO NAS EMPRESAS MINERADORAS FRENTE ÀS CATÁSTROFES AMBIENTAIS	
RISK MANAGEMENT IN MINING COMPANIES IN RESPONSE TO ENVIRONMENTAL DISASTERS – Lauana Lobo Silveira; Samuel Carvalho De Benedicto; Luiz Henrique Vieira Da Silva .....	09
RISCO NUTRICIONAL A PARTIR DO ESCORE NUTRIC EM PACIENTES DE UMA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA DE CAMPO GRANDE – MATO GROSSO DO SUL	
ASSESSMENT OF NUTRITIONAL RISK FROM THE NUTRIC SCORE IN CRITICALLY ILL PATIENTS OF AN INTENSIVE CARE UNIT OF CAMPO GRANDE – MATO GROSSO DO SUL – Luciene De Oliveira; Lidiani Figueiredo Santana; Luciana Albina Centurião Lima; Karine De Cássia Freitas .....	20
UMA SOLUÇÃO EM FUSÃO DE INFORMAÇÃO PARA GERENCIAMENTO DE RECLAMAÇÕES FEITAS NA WEB	
AN INFORMATION FUSION SOLUTION FOR MANAGING COMPLAINTS MADE ON THE WEB – Emanuel Gilvan Souza Lima Júnior; Rodrigo Frazão Maia; Fábio Manoel França Lobato; Antonio Fernando Lavareda Jacob Junior .....	28
MODELOS DE DIMENSIONAMENTO PARA SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS	
SIZING MODEL FOR SYSTEMS SOLAR PHOTOVOLTAICS – João Edson Leite Júnior; Artur De Souza Moret	34
PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO E CONTROLE DE UMA ESTUFA AGRÍCOLA UTILIZANDO REDES MESH E TRANSCETORES DE RADIOFREQUÊNCIA	
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN AGRICULTURAL GREENHOUSE COMMUNICATION AND CONTROL SYSTEM USING MESH NETWORKS AND RF TRANSCEIVERS – Gabriel Henrique Testa; Wyrlllen Everson De Souza; Roberto Ribeiro Neli; Eduardo Giometti Bertogna .....	38
FINITE ELEMENT ANALYSIS OF KNEE IMPLANTS MANUFACTURED BY FDM TECHNOLOGY – Ryanne Soares Da Silva; Thiago Dantas Gomes; Jayann Ismar Lira Almeida; Paula Frassinetti Cavalcante .....	44
SELEÇÃO DE SOFTWARE BASEADA EM AHP PARA CRIAÇÃO DE DATASET SINTÉTICO 3D	
SOFTWARE SELECTION BASED ON AHP FOR 3D SYNTHETIC DATASET CREATION – Cristian Bressiani Vieira De Rocco; Ricardo Luhm Silva; Osiris Canciglieri Junior; Marcelo Rudek .....	50

## Área: Interdisciplinar

---

9-8	<p><b>ANÁLISE DO PROBLEMA DE PESQUISA DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS NA REVISTA SODEBRAS EM 2019</b></p> <p><b>ANALYSIS OF THE RESEARCH PROBLEM OF SCIENTIFIC ARTICLES PUBLISHED IN THE JOURNAL SODEBRAS IN 2019</b></p> <p>Caroline Guadagnin Da Silva; Marcelo Fabiano Costella; Cristiano Reschke Lajus; Francieli Dalcanton; Gean Lopes Da Luz; Rodrigo Barichello</p>
-----	--

## ANÁLISE DO PROBLEMA DE PESQUISA DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS NA REVISTA SODEBRAS EM 2019

### ANALYSIS OF THE RESEARCH PROBLEM OF SCIENTIFIC ARTICLES PUBLISHED IN THE JOURNAL SODEBRAS IN 2019

CAROLINE GUADAGNIN DA SILVA<sup>1</sup>; MARCELO FABIANO COSTELLA<sup>1</sup>; CRISTIANO RESCHKE LAJUS<sup>1</sup>; FRANCIELI DALCANTON<sup>1</sup>; GEAN LOPES DA LUZ<sup>1</sup>; RODRIGO BARICHELLO<sup>1</sup>

1 - UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA DA REGIÃO DE CHAPECÓ, 89809-900, CHAPECÓ-SC, BRASIL

*csilva@unochapeco.edu.br; costella@unochapeco.edu.br; clajus@unochapeco.edu.br; fdalcanton@unochapeco.edu.br; geanluz@unochapeco.edu.br; rodrigo.b@unochapeco.edu.br*

**Resumo** - Foram analisados e organizados artigos publicados no ano de 2019 pela revista Sodebras, através de alguns métodos específicos como, a utilização de um checklist encontrado no decorrer do trabalho. O objetivo da pesquisa foi identificar a qualidade dos problemas de pesquisa nos artigos científicos publicados revista Sodebras (Soluções para o Desenvolvimento do País). A pesquisa foi a partir de 146 artigos analisados por meio de perguntas e tabelas, sendo estes separados por áreas temáticas: Ciências Humanas e Sociais, Ciências Agrárias e Biológicas, Ciências Exatas e Ambientais, e Interdisciplinar. Após organizá-los por área temática foi então realizado uma lista de verificação, onde facilitou a identificação dos problemas de pesquisa nos artigos. A contribuição primordial dos artigos científicos reverte diretamente na formação de pesquisadores e no desenvolvimento das pesquisas, e não na sua divulgação ao público em geral (KUHLMANN, 2015).

**Palavras-chave:** Problemática Científica. Metodologia. Publicações.

**Abstract**- Articles published in 2019 by Sodebras magazine were analyzed and organized using some specific methods, such as the use of a checklist found during the work. The objective of the research was to identify the quality of research problems in the scientific articles published by Sodebras (Soluções para o Desenvolvimento do País). The research was based on 146 articles analyzed by means of questions and tables, which were separated by thematic areas: Human and Social Sciences, Agricultural and Biological Sciences, Exact and Environmental Sciences, and Interdisciplinary Sciences. After organizing them by thematic area, a checklist was then carried out, where it facilitated the identification of research problems in the articles. The primordial contribution of scientific articles reverts directly in the formation of researchers and in the development of research, and not in its dissemination to the general public (KUHLMANN, 2015).

**Keyword:** Scientific Problem. Methodology. Publications.

#### I. INTRODUÇÃO

A contribuição primordial dos artigos científicos reverte diretamente na formação de pesquisadores e no desenvolvimento das pesquisas, e não na sua divulgação ao público em geral (KUHLMANN, 2015). Isto porque o estilo reflete o juízo de valor que o sujeito possui sobre o tema, considera experiências anteriores e aquilo que os outros sujeitos poderão dizer sobre esse tema (BRAIT, 2012).

Geralmente, na maioria dos artigos científicos, tem-se um problema de pesquisa que normalmente é encontrado na introdução, o qual pode estar em forma de pergunta ou na forma de um objetivo para o projeto. De acordo com Cunha, Dal Magro e Dias (2012), o problema de pesquisa precisa de uma resolução,

se ele estiver em forma de pergunta essa pergunta deverá ser respondida no decorrer do trabalho e, conseqüentemente, terá que ser destacada na conclusão para o leitor entender o que o autor quis dizer em seu artigo. Quando pesquisadores pretendem escrever um artigo, geralmente, eles já possuem alguma inquietação ou um problema a ser resolvido. Também requer que nenhum outro cientista já tenha feito esta pesquisa. Antes mesmo de começar um artigo é necessário que o autor/pesquisador tenha em mente uma dúvida em que ele não achou a resposta em nenhum outro lugar, a partir disto surgem as pesquisas.

Eles também destacam outro fator do problema de pesquisa em que, não se pode formular um problema de pesquisa se você não encontrou a resposta para ele, sendo que o problema não tenha resposta o artigo terá um problema na engenharia/conclusão do projeto, o problema será implícito, não trazendo clareza para os leitores.

Segundo Cunha, Dal Magro e Dias (2012), quando um problema de pesquisa é encontrado, parte da pesquisa está encaminhada. A definição do problema de pesquisa é uma peça chave para superar tais dificuldades que, à primeira vista, parece ser simples, mas no decorrer do caminho se apresenta cheia de complexidades.

O presente artigo procura identificar a maneira pela qual foram ou não apresentados os problemas de pesquisa nos artigos científicos publicados na revista Sodebras (Soluções para o Desenvolvimento do País).

#### II. MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar os problemas de pesquisa dos trabalhos publicados na revista Sodebras no ano de 2019, os mesmos foram extraídos do *site* da revista e foram organizados e analisados a partir da lista de verificação apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Lista de verificação para análise dos problemas de pesquisa

- a) Existe problema de pesquisa na introdução?
- b) O problema de pesquisa está explícito?
- c) O problema de pesquisa está formulado na forma interrogativa?
- d) O problema de pesquisa pode ser respondido com uma resposta do tipo sim ou não?
- e) O problema de pesquisa possui problema de engenharia?

Fonte: Cunha, Dal Magro, Dias, 2012.

Após a separação dos artigos por área temática foi analisado e tabulado em planilha eletrônica contendo título do artigo, número e nome dos autores. Para analisar os artigos com problema de pesquisa foi analisado a introdução do artigo, pois é nesta parte do artigo em que o(s) autor(es) faz(em) menção a este item.

Para saber se há problema de pesquisa na introdução é necessário ler a introdução do artigo, geralmente o problema está próximo ao final da introdução, mas é preciso ler toda ela, pois o problema pode estar escrito ao longo do texto. O problema de pesquisa é explícito quando é possível identificá-lo facilmente, por exemplo, quando ele está em forma de pergunta ou quando ele diz claramente o objetivo do projeto, como neste artigo da área das Ciências Agrárias e Biológicas, “[...] o presente trabalho tem como objetivo avaliar se existem benefícios na aplicação da terapia com LED no músculo esquelético imobilizado tendo como parâmetro as concentrações plasmáticas de interleucina 6 e TNF $\alpha$  bem como a relação proteína/DNA e o conteúdo de glicogênio” (BONVINO, *et al.*, 2019).

Para saber se o problema de pesquisa está formulado de forma interrogativa é simples, geralmente artigos com problema de pesquisa de forma interrogativa se encontram no final da introdução, com uma pergunta que será respondida durante a escrita do artigo. Essa pergunta algumas vezes pode ser respondida com um simples “sim ou não”, mas os autores a respondem com mais clareza durante o artigo e dando mais ênfase a ela na conclusão.

O problema de engenharia acontece quando a pergunta feita na introdução ou o objetivo destacado não são enfatizados na conclusão, ou seja, se caso os leitores querem saber o objetivo do projeto e a resolução dele sem precisar ler o artigo inteiro é possível ler somente a introdução e conclusão.

A análise dos artigos foi feita apenas pela introdução e pela conclusão, por meio destes é possível responder as perguntas da lista de verificação.

### III. RESULTADOS

Os dados foram retirados através da revista Sodebras, na qual todos os artigos publicados em 2019 foram separados por áreas temáticas Ciências Humanas e Sociais, Ciências Agrárias e Biológicas, Ciências Exatas e Ambientais, e Interdisciplinar. O total de artigos está descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Número de artigos analisados segregados por área temática

Área temática	Número de artigos	Frequência relativa
Ciências Humanas e Sociais	43	29%
Ciências Agrárias e Biológicas	18	12%
Ciências Exatas e Engenharias	72	49%
Interdisciplinar	13	9%
Total	146	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

Apresenta-se na tabela 2 um panorama geral dos artigos em que pode-se observar a quantidade de artigos com a formulação do problema de pesquisa de forma adequada e inadequada.

Tabela 2 - Panorama geral dos problemas de pesquisa apresentados nos artigos

Área temática	CHS	CAB	CEE	INT	Total
Número de artigos aprovados	43	18	72	13	6
Artigos com problema de pesquisa adequados	36	18	50	10	105
Frequência relativa	25%	12%	34%	7%	78%
Artigos com problema de pesquisa inadequados	7	0	13	3	23
Frequência relativa	5%	0%	9%	2%	16%

Legenda: CHS - Ciências Humanas e Sociais; CAB - Ciências Agrárias e Biológicas; CEE - Ciências Exatas e Engenharias; INT - Interdisciplinar

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 2 observa-se que, dos 146 artigos aprovados, 105 deles, ou seja, 78% não apresentaram algum tipo de inconsistência na formulação do projeto de pesquisa, conforme a lista de verificação utilizada para análise. Das áreas temáticas analisadas, Ciências Humanas e Sociais apresentaram relação percentual de 5%, seguida das Ciências Exatas e Engenharias com 9%. As áreas com menor percentual de inconsistências foram as Ciências Agrárias e Biológicas com nenhum artigo inadequado, seguida da área Interdisciplinar com 2%.

A relação da frequência relativa está voltada para frequência total do número de artigos descritos na tabela 1. Como exemplo positivo de problema de pesquisa, Barreto *et al.* (2019):

[...]considerando os benefícios do reaproveitamento dos alimentos, objetivou-se analisar nutricionalmente e sensorialmente pães e massas, elaborados com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de cenoura, contribuindo com a redução do desperdício deste vegetal (BARRETO *et al.* p.53. 2019).

Na tabela 3 estão indicados os artigos que não apresentaram problema de pesquisa na introdução.

Tabela 3 - Relação dos artigos que não apresentaram o problema de pesquisa na introdução do artigo

Área temática	Total de artigos com problemas de pesquisa	Número de artigos identificados com o item analisado	Frequência relativa
CHS	43	4	3%
CAB	18	0	0%
CEE	72	2	1%
INT	13	0	0%
Total	146	6	4%

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 4, os artigos que apresentaram problemas de pesquisa na introdução, porém de forma implícita, sem uma pergunta de pesquisa formulada.

Tabela 4 - Relação dos artigos que apresentaram problemas de pesquisa de forma implícita

Área temática	Total de artigos com problemas de pesquisa	Número de artigos identificados com o item analisado	Frequência relativa
CHS	43	24	16%
CAB	18	17	12%
CEE	72	62	42%
INT	13	10	7%
Total	146	113	77%

Fonte: Dados da pesquisa.

A relação da frequência relativa está voltada para frequência total do número de artigos descritos na tabela 1.

Buscou-se analisar se os artigos apresentam perguntas de pesquisa, que ressalta que um problema é uma questão que pergunta como as variáveis estão relacionadas. Tal condição foi enfatizada, onde o problema de investigação deve conter uma pergunta que indique os caminhos que o investigador deve percorrer.

Entretanto, caso o artigo apresentasse uma questão de pesquisa elaborada de forma explícita/interrogativa, tal vinculação ao objetivo se apresentaria de forma mais clara e direta. Como pode-se observar na tabela 4 a maioria dos artigos analisados não apresenta o problema de pesquisa na forma interrogativa, com isso totaliza 113 artigos.

Outro tipo de inconsistência encontrada na elaboração de problema de pesquisa se refere ao problema de pesquisa que pode ser respondido com resposta do tipo “sim” ou “não”. O número de artigos que apresentaram estes problemas é demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Relação de artigos que podem ser respondidos com simples “sim” ou “não” quando o problema de pesquisa se encontra de forma interrogativa

Área temática	Total de artigos com problemas de pesquisa	Número de artigos identificados com o item analisado	Frequência relativa
CHS	43	2	1%
CAB	18	0	0%
CEE	72	2	1%
INT	13	3	2%
Total	146	7	4%

Fonte: Dados da pesquisa.

A relação da frequência relativa está voltada para frequência total do número de artigos descritos na tabela 1.

Na tabela 6 pode-se perceber poucos artigos que podem ser respondidos com simples “sim” ou “não”, com um total de 7 artigos, sendo a maioria da área de artigos Interdisciplinares. Pode-se citar um exemplo de artigo com problema de pesquisa de forma interrogativa, onde Neiva e Silva (2019) esclarecem melhor o problema:

[...]será que os professores dos cursos de Matemática e Pedagogia estão preparados para utilizar metodologias para um ensino e aprendizagem que envolva as TDIC? (NEIVA; e SILVA, p.5,2019).

De acordo com alguns pesquisadores, é ressaltado que problemas de pesquisa que são respondidos com “sim” ou “não” não são considerados científicos por não apresentar contribuição para a formação da ciência. Eles se tornam inadequados, impossibilitando a discussão da pesquisa e contribuindo para a estagnação da ciência.

Em seguida, na Tabela 6, são demonstrados os artigos que possuem problemas de engenharia, ou seja, na conclusão do artigo não está destacando a resultante do problema de pesquisa.

Tabela 6 - Relação de artigos que não destacaram a resultante do problema de pesquisa na engenharia/conclusão

Área temática	Total de artigos com problemas de pesquisa	Número de artigos identificados com o item analisado	Frequência relativa
CHS	43	5	3%
CAB	18	2	1%
CEE	72	4	3%
INT	13	2	1%
Total	146	13	8%

Fonte: Dados da pesquisa.

A relação da frequência relativa está voltada para frequência total do número de artigos descritos na tabela 1.

Verifica-se na tabela 7, que 13 artigos apresentaram problema de engenharia na elaboração do problema de pesquisa, sendo a maior parte deles na área das Ciências Humanas e Sociais com 5 artigos, ou seja, em 5 artigos não foi possível observar a resultante do problema de pesquisa citado na introdução.

#### IV. DISCUSSÃO

Em função de que o tipo de inconsistência mais recorrente na formulação dos problemas de pesquisa foi o fato de o problema estar implícito, embora destaca-se a constatação de 6 artigos sem identificação do problema na introdução do artigo.

Considerando que há duas vertentes muito importantes dentro da área de pesquisa, que, como lembram Russel e Cortes (2012) e Severino (2013), esses autores entendem como textos científicos aqueles produzidos por profissionais da ciência (pesquisadores, cientistas); já como textos acadêmicos, aqueles geralmente produzidos por estudantes no ensino superior, tendo normalmente como objetivo prepará-los para escrita dos textos científicos.

Ou seja, os artigos científicos são de importância no desenvolvimento de pesquisadores, que se iniciam ainda na graduação, e é no tecido da instituição universitária que a pesquisa se desenvolve capilarmente. Jovens pesquisadores em formação na pós-graduação *stricto sensu* têm sido cada vez mais incentivados a produzir e a publicar textos científicos, especialmente na forma de artigo científico, que é a “[...] prática comunicativa prototípica da atividade de pesquisa” (BOCH, 2013, p. 553).

Como foi possível observar durante o desenvolvimento da pesquisa, a maior parte da inconsistência se encontra na problemática, que por consequência afeta no desenvolvimento do projeto, partindo do pressuposto que a pesquisa se inicia a partir de uma hipótese levantada pelo autor. Considerando-se a “capilaridade universitária” sendo incentivada na publicação de artigos, é importante levar em consideração a fase de aprendizado dos mesmos.

É possível observar também a maior incidência de artigos com problemática indefinida ou inconsistente, de acordo com a tabela 3, está em primeiro lugar a CHS, apresentando 3% do total de artigos analisados que apresentam problemática indefinida; e em segundo lugar as CEE, apresentando 1% deste mesmo total.

## V. CONCLUSÃO

A pesquisa foi desenvolvida a partir de 146 artigos analisados um por um por meio de perguntas e tabelas desenvolvidas. Como foi possível observar durante o desenvolvimento do presente projeto, a maior parte da inconsistência se encontra na problemática, que por consequência afeta o desenvolvimento do projeto, partindo do pressuposto que a pesquisa se inicia a partir de uma hipótese levantada pelo autor.

Observa-se um número elevado de artigos que se encontram de forma implícita, esse número equivale a mais de 50% dos artigos analisados. Também nota-se que a maioria dos artigos que não possui problema de pesquisa são os das Ciências Agrárias e Biológicas, onde também há o segundo menor número de artigos publicados, isso pode-se dar pelo motivo de que para realizar artigos nesta área é necessário que tenha estrutura e, em alguns casos, até mesmo laboratórios. A área possui menos artigos publicados, mas se percebe, por outro lado, que os artigos da área são os mais consistentes e com melhor resolução de pesquisa.

Este trabalho em si irá contribuir com o desenvolvimento na vida acadêmica e profissional da autora.

## VI. REFERÊNCIAS

BARRETO, B. M., ROHLFES, A. L. B., BACCAR, N. M., MARQUARDT, L. Produção de pães e massas frescas empregando diferentes percentuais de farinha de cenoura em substituição à farinha de trigo. **Revista SODEBRAS [on line]**, v. 14. N° 157. p. 52-57, 2019. ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.157.52>

BOCH, F. Former les doctorants à l'écriture de la thèse en exploitant les études descriptives de l'écrit scientifique. **Linguagem em (Dis)curso**, v. 13, n. 3, p. 543-568, set./dez. 2013.

BONVINO, M. A. S., GONÇALVES E SILVA, B. F., DE SOUZA, A. R. T., SILVA, C. A., PERTILLE, A. Relações metabólicas e concentração de miocinas na terapia com led: estudo em músculos imobilizados. **Revista SODEBRAS [on line]**, v. 14. N° 163. p. 15-20. 2019. ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.163.15>

BRAIT, B. Construção coletiva da perspectiva dialógica: história e alcance teórico-metodológico. In: FÍGARO, R. (Org.). **Comunicação e análise do discurso**. São Paulo: Contexto, 2012. v. 1. p. 79-98.

CUNHA, P. R., DAL MAGRO, C. B., DIAS, D. R. Análise do problema de pesquisa dos artigos científicos publicados no

11º congresso USP de controladoria e contabilidade. **Revista de Contabilidade e Organizações**, Universidade de São Paulo –USP, vol. 6 n. 15 (2012) p. 123-141.

KUHLMANN JR., Moysés. Publicação em periódicos científicos: ética, qualidade e avaliação da pesquisa. **Cad. Pesqui.**, São Paulo, v. 44, n. 151, p. 16-32, mar. 2014. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-15742014000100002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-15742014000100002&lng=pt&nrm=iso)> <https://doi.org/10.1590/198053142877>

NEIVA, S. M. S. F., SILVA, H. R. O uso do celular na prática de professores de dois cursos de licenciatura. **Revista SODEBRAS [on line]**, v. 14. N° 160. p. 5-10, 2019. ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.160.5>

RUSSEL, D. R.; CORTES, V. Academic and scientific texts: the same or different communities. In: CASTELLO, M.; DONAHUE, C. (Eds.). **University writing - selves and texts academic societies studies in writing (Studies in Writing, volume 24)**. Emerald Group Publishing Limited, 2012. p.3-18.

SEVERINO, A. J. Ensino superior: lugar da escrita no e da produção do conhecimento. In: RIOLFI, C. R.; ALMEIDA, S.; BARZOTTO, V. H. (Org.). **Leitura e escrita: impasses na universidade**. São Paulo: Paulistana, 2013. p. 63-72.

## VII. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 24/06/2020*  
*Aprovado em: 18/08/2020*

## Área: Ciências Humanas e Sociais

---

6-2	<p><b>GESTÃO DE RISCO NAS EMPRESAS MINERADORAS FRENTE ÀS CATÁSTROFES AMBIENTAIS</b></p> <p><b>RISK MANAGEMENT IN MINING COMPANIES IN RESPONSE TO ENVIRONMENTAL DISASTERS</b></p> <p>Lauana Lobo Silveira; Samuel Carvalho De Benedicto; Luiz Henrique Vieira Da Silva</p>
-----	---

## GESTÃO DE RISCO NAS EMPRESAS MINERADORAS FRENTE ÀS CATÁSTROFES AMBIENTAIS

### *RISK MANAGEMENT IN MINING COMPANIES IN RESPONSE TO ENVIRONMENTAL DISASTERS*

LAUANA LOBO SILVEIRA<sup>1</sup>; SAMUEL CARVALHO DE BENEDICTO<sup>2</sup>;  
LUIZ HENRIQUE VIEIRA DA SILVA<sup>3</sup>

1, 2, 3 - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS (PUC-CAMPINAS)  
*lauanalobo@gmail.com; samuel.debenedicto@gmail.com; vieiraluiz77@gmail.com*

**Resumo** - A gestão de risco busca prevenir catástrofes que possam ocorrer em qualquer momento, garantindo a proteção da vida e da natureza, envolvendo, assim, aspectos ambientais, sociais e econômicos. Os desastres decorrentes da atividade mineradora nos últimos anos no Brasil, como os ocorridos em Mariana e Brumadinho, municípios do estado de Minas Gerais, contribuíram para o surgimento de novos processos de gerenciamento de risco e sustentabilidade nesse setor, com a participação de técnicos, entes governamentais, autoridades e comunidades. O objetivo da pesquisa é discutir a importância da gestão de risco nas empresas mineradoras a fim de evitar as catástrofes ambientais. Sendo assim, por meio de uma pesquisa de abordagem qualitativa, descritiva e de natureza exploratória, discutiu-se a necessidade e a importância da implantação da gestão de risco nas empresas mineradoras brasileiras. Os dados coletados de artigos científicos, publicações jornalísticas e relatórios oficiais foram submetidos a uma análise de conteúdo. Concluiu-se que, além da implementação de modelos de gestão de risco no setor de mineração, demanda-se uma reorientação na economia, de maneira a evitar que os lucros de acionistas sobrepujam vidas humanas e o meio ambiente.

**Palavras-chave:** Gestão de Risco. Catástrofes Ambientais. Mineração. Sustentabilidade.

**Abstract** - Risk management seeks to prevent catastrophes that may occur at any time, guaranteeing the protection of life and nature, thus involving environmental, social and economic aspects. The disasters resulting from mining activity in recent years in Brazil, such as those in Mariana and Brumadinho, municipalities in the state of Minas Gerais, contributed to the emergence of new risk and sustainability management processes in this sector, with the participation of technicians, governments, authorities and communities. The objective of the research is to discuss the importance of risk management in mining companies in order to avoid environmental disasters. Therefore, through a qualitative, descriptive and exploratory nature research, the need and importance of implementing risk management in Brazilian mining companies was discussed. The data collected from scientific articles, journalistic publications and official reports were submitted to a content analysis. It was concluded that, in addition to the implementation of risk management models in the mining sector, a reorientation in the economy is required, in order to prevent shareholder profits from overlapping human lives and the environment.

**Keywords:** Risk Management. Environmental Catastrophes. Mining. Sustainability.

#### I. INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do Século XX, a humanidade passou a enfrentar diretamente as consequências de um sistema de organização social e econômica remanescente da Revolução Industrial, que, por visar prioritariamente a produtividade com foco no crescimento, não zelou pela qualidade do ambiente natural e o bem-estar das pessoas.

Em resposta à contaminação de rios, poluição do ar, vazamento de produtos químicos nocivos e a perda de milhares de vidas, a comunidade científica, governantes de todo o mundo e a sociedade civil começaram a discutir e buscar formas de remediação ou prevenção a catástrofes socioambientais (POT; ESTRELA, 2017).

Sabe-se que as catástrofes, ou desastres ambientais, ocorrem há centenas de anos em todo o planeta. Seja por um acidente, ou mesmo por falha humana, esses traumáticos acontecimentos deixam marcas significativas para os habitantes das regiões afetadas, bem como ao meio ambiente, cuja recuperação pode levar décadas ou até mesmo séculos para suceder-se (GONÇALVES, 2017a). A ideia utilizada por organizações internacionais, de “conviver com risco” torna ainda mais latente a sensação de que uma catástrofe de grandes proporções pode efetuar-se a qualquer momento (PINHEIRO, 2017).

Os desastres ocorridos nos últimos anos, causados por grandes e impactantes empreitadas industriais, influenciaram mudanças nos princípios de negócios das organizações, em legislações e em políticas públicas formuladas e implementadas por governos mundo afora, abarcando uma nova ideia de responsabilidade. Frente a esses acidentes, as comunidades passaram a exigir regras mais rígidas para o processo de licenciamento ambiental, restringindo e minimizando os riscos para as populações que vivem nos arredores dos empreendimentos (MORAES, 2016).

Parte desse agravamento dos problemas ambientais está ligada à forma como o conhecimento técnico-científico vem sendo aplicado no processo produtivo. Portanto, as catástrofes e danos ambientais não são acontecimentos inesperados, mas sim, uma característica inerente ao modelo de produção dominante, que mostra, acima de tudo, a dificuldade de se controlar os efeitos gerados pela descomedida expansão industrial (DEMAJOROVIC, 2003).

No caso específico da mineração brasileira, presente na história do país desde os idos da colonização portuguesa, sobremaneira em Minas Gerais (REZENDE, 2016), ressalta-se que foi somente nas duas últimas décadas que se observaram avanços a fim de vincular as atividades de mineração ao desenvolvimento sustentável, em suas mais variadas dimensões (GONÇALVES, 2017a). Ainda assim, catástrofes como as ocorridas nos municípios de Mariana-MG, em 2015, e Brumadinho-MG, em 2019, acenderam a luz de alerta para esse problema iminente no país, algo especialmente delicado tendo em vista a copiosa quantidade de barragens semelhantes espalhadas pelo território brasileiro (BBC BRASIL, 2019).

Desponta, então, a gestão de risco, um processo social complexo cuja finalidade é a redução ou previsão e controle permanente de riscos na sociedade (CEPREDENAC/PNUD, 2003). Observando, então, o cenário exposto, emerge a seguinte questão: quais as características e a efetividade dos modelos de gestão de risco nas empresas mineradoras frente às catástrofes ambientais? O objetivo da pesquisa é discutir a importância da gestão de risco nas empresas mineradoras a fim de evitar as catástrofes ambientais.

Para responder a essa indagação e ao objetivo proposto, a pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e descritiva. A investigação qualitativa apresenta características particulares, pois seu universo de ação está longe de ser captado por hipóteses perceptíveis, verificáveis e quantificáveis. Seu campo de investigação se situa na esfera da subjetividade e do simbolismo, fortemente inserido no contexto social e situacional, e sua utilização está francamente vinculada a estudos de cunho interpretativo (LIMA; MOREIRA, 2015). Os dados descritivos foram analisados indutivamente, tendo seu processo e significado como focos principais de abordagem (CRESWELL, 2014).

A metodologia é tecnicamente de natureza exploratória, por ter desenredado o problema e construído hipóteses (RICHARDSON, 2017). Segundo Gil (2008), um estudo exploratório é adotado em situações em que o objeto de pesquisa ainda é pouco conhecido ou foi pouco estudado, proporcionando maior familiaridade com o problema para que se possa explicitá-lo com mais qualidade.

A coleta de dados foi realizada seguindo a análise documental, configurando, assim, um estudo exploratório documental (GIL, 2008). Foram utilizados dados secundários, encontrados em artigos científicos, artigos jornalísticos, livros, dissertações e teses que tratam deste tema.

Finalmente, os dados coletados foram submetidos à técnica de análise de conteúdo, conforme instruído por Mozzato e Grzybovski (2011).

## II. CATÁSTROFES AMBIENTAIS

Segundo Nestrovski e Seligmann-Silva (2000), a palavra “catástrofe” provém do grego e significa, literalmente, “virada para baixo” (*kata + strophé*). Outra tradução possível é “desabamento”, ou “desastre”. A catástrofe é, por definição, um evento que provoca um trauma. Nesse caso, está associada a outra palavra grega, que quer dizer “ferimento”.

Em consonância, os desastres se caracterizam como “uma séria interrupção no funcionamento de uma comunidade ou sociedade que ocasiona uma grande quantidade de mortes e igual perda e impactos materiais, econômicos e ambientais”, uma vez que “excedem a

capacidade de uma comunidade ou a sociedade afetada para fazer frente à situação mediante o uso de seus próprios recursos” (UFSC, 2012, p. 13-14).

No passado, esses eventos apresentavam características bem diferentes das de agora: eram irremediáveis, pois o homem vivia sob seus desígnios e tinha o contato direto e presencial com o acontecimento. Deixavam sequelas duradouras, a experiência permanecia na memória coletiva por várias gerações, a vida da comunidade era delimitada pelo “antes e depois” da catástrofe e as tragédias eram explicadas por meio de mitos e ritos, numa tentativa de dominar o inesperado (AMARAL, 2013). Mas, em virtude de um conjunto de aspectos, naturais e sociais, as sociedades estão vivenciando com mais frequência os riscos de desastre, causados pelos efeitos da ação antrópica no meio ambiente. Por isso, faz-se necessário propor métodos sustentáveis para todas as atividades (CASSALI, 2017).

Pinheiro (2017) avalia que “urgência” é hoje o termo primeiro quando se refere às catástrofes. A urgência indica que o acontecimento catastrófico não possui qualquer referência a um agente ou a uma causalidade externa. A cada catástrofe, o atributo de “urgência” qualifica os acontecimentos como repentinos e imprevisíveis, causando sofrimentos e situações perigosas que demandam uma resposta imediata.

Segundo Pereira (2009), existem diversos tipos e graus de emergência que podem afetar o meio ambiente e a sociedade. É possível diferenciar os acidentes de catástrofes, nos quais acidentes são emergências que podem ser controladas pelos seres humanos, enquanto as catástrofes estão fora do controle do homem.

Igualmente, os desastres ambientais possuem uma classificação de intensidade, evolução e origem. A classificação por intensidade abarca quatro níveis, do I ao IV. Os desastres de pequeno porte (nível I) produzem poucos danos e são facilmente superados pela comunidade. Os de médio porte (nível II) apresentam prejuízos um pouco mais significativos. Os de grande porte (nível III) produzem danos bem significativos, causando prejuízos que podem ser reestabelecidos com algum suporte estadual ou federal. Os de muito grande porte (nível IV) não são superáveis pela comunidade, e para a situação voltar ao normal é preciso da ajuda do Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, contando também com a ajuda internacional. No critério de evolução, estão os desastres súbitos ou de evolução aguda (terremoto e inundações), desastres graduais ou de evolução crônica (estiagem) e os desastres por somação de efeitos parciais (acidentes de trânsito). Por último, a origem dos desastres pode ser natural – origem sideral; relacionados com a geodinâmica terrestre externa ou relativos a fenômenos meteorológicos; os relacionados com a geodinâmica terrestre interna ou relativos a fenômenos tectônicos; e os relacionados com o desequilíbrio na biossíntese –, antropogênica – de natureza tecnológica; social, econômico e político; e biológica – e mista (CASTRO, 2003).

Segundo Moraes (2016) esses eventos indesejáveis são classificados como: naturais, ou seja, resultantes das forças da natureza como terremotos, furacões, inundações, tsunamis, deslizamentos, nevascas, erupções vulcânicas; biológicos, que consistem em epidemias, pandemias, infestações por insetos, ataques animais, secas, entre outros; e tecnológicos, para aqueles decorrentes de eventos indesejáveis nas atividades industriais envolvendo

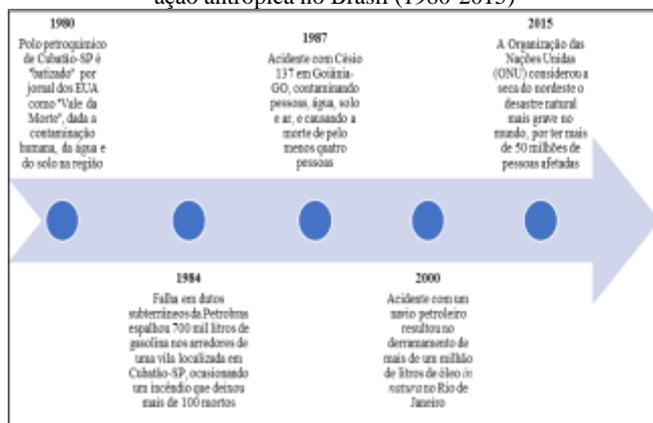
incêndios, explosões, e vazamentos que resultem em lesões graves, mortes, impactos ao ambiente e perdas materiais significativas.

### III. CATÁSTROFES NO BRASIL E SUAS CONSEQUÊNCIAS SOCIOAMBIENTAIS

Geralmente os desastres ambientais afetam, desproporcionalmente, as pessoas mais pobres no mundo, isto pelo fato deles não possuírem infraestrutura ou serviços sociais para os protegerem, ou mitigar os efeitos dos desastres ambientais. Além disso, dependendo da dimensão e do grau de vulnerabilidade da área atingida, um desastre pode causar danos irreversíveis ao meio ambiente e ao ecossistema, incapacitando aquele local para a vida ou mesmo para a sua sustentabilidade; e, por vezes, inviabilizando o seu desenvolvimento econômico (CNM, 2016).

Gonçalves (2017a) aponta alguns dos principais desastres causados por ação antrópica (de cunho nuclear, químico, derramamento de poluentes etc.), em ordem cronológica, que causaram danos irreparáveis às populações de diversos países, dos quais se destacam alguns ocorridos em solo brasileiro, compilados na Figura 1.

Figura 1 – Enumeração dos principais desastres causados por ação antrópica no Brasil (1980-2015)



Fonte: Elaborado com base em Gonçalves (2017a).

Na Figura 1, não foram contemplados os desastres em Mariana-MG e em Brumadinho-MG. Sabe-se, porém, que os acidentes com barragem continuam a acontecer em uma frequência de pelo menos um acidente grave por ano. A magnitude dos prejuízos causados por desastres em barragens depende de alguns fatores como a densidade de ocupação do território ao redor das barragens, das características da população, da atividade econômica ou da existência de outras indústrias na localidade (PEREIRA, 2009).

Freitas *et al.* (2016), ao analisarem 147 incidentes em barragens de mineração no Brasil, apontam um conjunto de causas, das quais destacam-se: a manutenção deficiente das estruturas de drenagem; ausência de monitoramento contínuo e controle durante construção e operação; crescimento das barragens sem adequados procedimentos de segurança; a sobrecarga a partir de rejeitos de mineração. Do mesmo modo, chamam a atenção para a falta de regulamentação sobre os critérios de projetos específicos. Combinada com políticas frágeis e instituições públicas de controle e prevenção desestruturadas, constitui cenário fértil para a ocorrência de desastres no Brasil, em que

anormalidades são cotidianamente transformadas em normalidades.

Além dos rompimentos de barragens nas cidades mineiras supracitadas, outro caso ocorreu em 2018, no município de Barcarena-PA, onde a mineradora Hydro Alunorte foi responsável pelo vazamento de rejeitos de bauxita que vieram da barragem da empresa. Esses rejeitos contaminaram os rios da região impossibilitando que a comunidade consuma da água, ao todo foram 13 comunidades afetadas. O relatório técnico do Instituto Evandro Chagas diz que nesses mananciais foram encontrados elementos tóxicos como alumínio, ferro, arsênio, cobre, mercúrio e chumbo. No rio Murucupi, que banha Barcarena, o nível de alumínio é de 25 vezes acima do permitido pelo Conama (BARBOSA, 2018).

Também, Gonçalves (2017a) menciona o vazamento de barragem em Cataguases-MG, em 2003, e o rompimento de barragem em Miraf-MG, em 2007, causando sérios danos ao ecossistema e à população ribeirinha de ambos os municípios (WESTRA, 2009).

Em adição aos impactos ambientais, esses acidentes podem impulsionar: surtos de infecções; o agravamento de doenças crônicas entre os atingidos; a piora de sua saúde mental; e problemas como acidentes domésticos e doenças respiratórias decorrentes da toxicidade da lama (FREITAS *et al.*, 2019).

### IV. GESTÃO DE RISCOS AMBIENTAIS DOS GOVERNOS E DAS EMPRESAS MINERADORAS FRENTE ÀS CATÁSTROFES AMBIENTAIS

De acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2016), os municípios que possuem atividades mineradoras apresentam Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)<sup>1</sup> maior do que a média registrada no Estado em que está localizado. Sendo assim, à primeira vista, as atividades mineradoras parecem refletir na qualidade de vida da população ao seu redor.

Entretanto, a atividade mineradora sabidamente possui impactos negativos e riscos às pessoas e ao meio ambiente. Segundo Nobrega (2011), as barragens provocaram danos irreversíveis e significativos, destacando a destruição da fauna e flora, tal como a qualidade da água e solo após o desastre. O autor também revela que as implicações sociais das barragens são bem mais graves do que os “impactos positivos” sugeridos pelos empreendedores.

E, tomando como referência a base de dados sobre desastres em barragens de mineração da organização *World Information Service on Energy* (WISE, 2019), que cobre os impactos humanos e ambientais da mineração em nível global, pode-se verificar que, ao longo dos últimos 50 anos, ocorreram pelo menos 37 desastres em barragens de mineração considerados muito graves.

Levando em conta os acontecimentos supracitados, muitas organizações têm investido em planos estratégicos de gestão com finalidades de amenizar os riscos ambientais aos quais estão expostas tanto as pessoas como as empresas, principalmente pela grande evolução da globalização (CASTRO *et al.*, 2011) e pelas crescentes expectativas dos *stakeholders* (DURÃO; GUIMARÃES, 2020).

<sup>1</sup> Esse índice considera três dimensões: a expectativa de vida ao nascer; os anos médios de estudo e os anos esperados de escolaridade; e, finalmente, o PIB per capita.

Em um processo de gestão de riscos, a iniciação se dá pela percepção de possíveis anomalias à segurança ou às suas funcionalidades; posteriormente é feita uma análise de riscos para se determinar quais as decisões ou recomendações a serem tomadas, para assim implementar a gestão de riscos (PEREIRA, 2009).

A gestão de riscos é uma nova abordagem de sistematização visando a antecipação dos problemas que possam afetar os objetivos estratégicos das organizações. Sua implementação visa aproveitar a experiência adquirida na implementação dos Sistemas de Gestão de SMSQRS (Saúde, Meio Ambiente, Segurança, Qualidade, Responsabilidade Social). As Normas ABNT ISO 31000 (Gestão de Riscos) e ABNT ISO 31010 (Técnicas de Análise de Riscos) são dois documentos que podem ser utilizados como referência, cujos princípios e diretrizes estendem-se para quaisquer atividades econômicas (MORAES, 2016).

Relacionando a gestão de riscos com a sustentabilidade, afirma-se que esse processo busca o desenvolvimento sustentável, que pode ser ideal, desde que a atividade econômica seja mantida em meios poucos invasivos ao meio ambiente, tendo aplicação efetiva dos métodos da gestão (CASSALI, 2017).

Em âmbito global, o Relatório da Comissão Mundial de Barragens (CMB), sintetizou os principais problemas envolvidos na construção de barragens, destacando o déficit das barragens já construídas e o seu desempenho, para a corrupção e os interesses corporativos envolvidos, e para a incompetência institucional na garantia dos direitos dos atingidos (NOBREGA, 2011).

No Brasil, como forma de prevenir os riscos ambientais, foi estabelecido pela Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho, do extinto Ministério do Trabalho, o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), um conjunto de ações orientados para a preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, não desprezando os cuidados com o meio ambiente e recursos naturais (MORAES, 2016). Também, o Projeto de Lei nº 436 de 2007 afirma que há uma obrigatoriedade da contratação de seguro contra o rompimento de barragens para que, em caso de acidente, ele cubra os danos físicos e/ou materiais causados às comunidades atingidas, sendo que as seguradoras devem atuar como auditores e fiscais, controlando e garantindo que haja execução e manutenção adequadas nas obras (PEREIRA, 2009).

De maneira complementar, Moraes (2016) destaca que, após alguns acidentes ambientais, os órgãos ligados ao meio ambiente, que antes atuavam apenas de maneira corretiva e punitiva, passaram a trazer mais informações de caráter educativo e preventivo, estabelecendo a obrigatoriedade da elaboração de instrumentos como o Estudo de Análise de Riscos (EAR), o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) e o Plano de Ação Emergencial/Individual (PAE/PEI), documentos necessários ao processo de tomada de decisão sobre a viabilidade socioambiental.

Finalmente, o Plano de Ações Emergenciais (PAE) e o monitoramento de riscos são importantes complementos da gestão de riscos, podendo trazer à tona diferentes respostas em caso da ocorrência de determinados eventos não previstos (PEREIRA, 2009).

Ainda assim, geralmente não é possível a eliminação completa dos riscos. Portanto, devem-se identificar quais riscos gerir, mitigar ou controlar. Nesse sentido, existem

meios de ação alternativos que se enquadram na prevenção de acidentes: evitar, reduzir, retirar, transferir e aceitar. Por outro lado, as medidas de mitigação apoiam-se em estudos específicos, podendo ser de natureza técnica, não técnica, educacional, organizacional ou legal, em geral, como parte integrante da estratégia de gestão de risco (PEREIRA, 2009).

## V. GESTÃO DE RISCO NO SETOR DE MINERAÇÃO

Nos processos para obtenção dos minérios são gerados grandes volumes de rejeito, e, para armazená-los, normalmente são construídas barragens de contenção. Com isso, as condições naturais do local se modificam, acarretando riscos ao ambiente natural e à segurança da população local (GONÇALVES, 2017b).

Como visto, dada a crescente demanda por segurança, foram introduzidas fundamentações de inúmeros instrumentos jurídicos que buscam evitar acontecimentos abruptos que sejam nocivos ao meio ambiente e aos assentamentos humanos, baseando-se nos princípios da prevenção e da precaução (GONÇALVES, 2017b).

Beck (2008), proponente da teoria da sociedade do risco, na qual o risco é intermédio entre a segurança e a destruição (MENDES, 2015), relata que as instituições responsáveis pela gestão dos riscos são confrontadas por uma sensação geral de insegurança e pela crescente consciência de que o sistema é ineficiente, provocando uma banalização do risco. De fato, pode-se tomar como exemplo a Vale, que, segundo seus próprios reportes de sustentabilidade, apesar de considerar que o gerenciamento de risco é fundamental para apoiar a estratégia de crescimento e flexibilidade financeira, haja visto que o Conselho de Administração estabeleceu, em 2005, uma Política de Gestão de Riscos Corporativo e um Comitê Executivo de Gestão de Risco (VALE, 2009), não evitou o desastre em Brumadinho-MG.

Ainda assim, em qualquer empresa cuja atividade seja geradora de riscos, a gestão deles faz-se imprescindível. Para tanto, utilizam-se suas fases (identificação das ameaças; análise e avaliação das ameaças; definição dos tratamentos; e definição do monitoramento), junto a ferramentas que guiam as empresas em um caminho que evite a ocorrência de acidentes e desastres (LOPES *et al.*, 2016).

Figura 2 – Programas de Gerenciamento de Riscos (PGR) existentes nos processos e fases das atividades de mineração



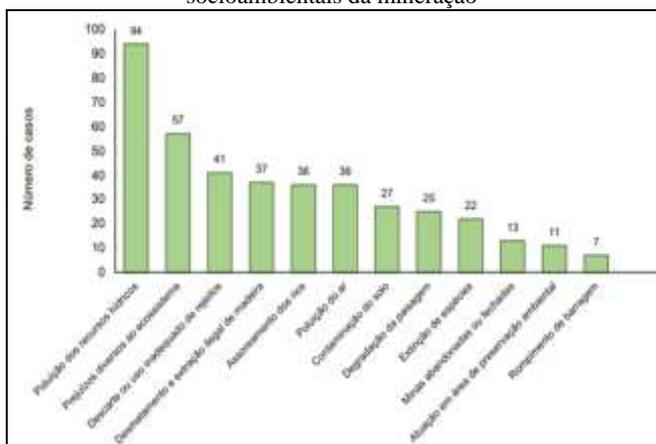
Fonte: Verde Ghaia (2019).

Uma gestão de riscos adequada nas atividades de mineração, se põe em dúvida por conta da enorme barreira no interesse econômico, pois, em muitas regiões, é a mineração que movimenta a economia, sendo que, em alguns casos, ela dita o ritmo de crescimento da região (GONÇALVES, 2017b). Isso dificulta a imposição de limites e obrigações aos operadores, permitindo a elaboração de políticas minerárias que privilegiem o interesse econômico de poucos em detrimento do ambiente natural e das comunidades instaladas nos locais em que a atividade mineradora acontece (GONÇALVES, 2017b).

A exploração desses recursos traz alguns conflitos quando confrontados com critérios de sustentabilidade forte, fraca ou prudente/sensata. Silva e Dummond (2005) apontam que as soluções para essas questões podem ser buscadas de acordo com as particularidades de cada sociedade e suas diferentes realidades econômicas, sociais e ambientais. Entende-se, assim, que quanto maior for a dependência econômica em relação a uma determinada atividade, menor será o grau de sustentabilidade. Portanto, somente uma economia de grau forte e capaz de uma política independente pode optar pela erradicação da sustentabilidade fraca ou sensata, podendo até mesmo existir uma política que dê prioridade às questões ambientais, por meio da opção de risco zero (SILVA; DUMMOND, 2005).

A atividade extrativa enfrenta sérios problemas quando o assunto é o local da exploração, em razão do dano irreversível ao solo que o torna impossibilitado para usos futuros. Esse é um dos problemas centrais e de maior complexidade do fechamento de minas, levando em conta que essa ação, além de implicar em danos ecológicos puros, afeta o potencial de utilização do solo na comunidade local, refletindo em impactos socioeconômicos, sendo que os riscos ambientais que permeiam por um longo período após o fim da atividade fazem com que se agravem os problemas de (in)sustentabilidade no pós-operação (GONÇALVES, 2017b).

Gráfico 1 – Tipologia número de casos dos impactos socioambientais da mineração



Fonte: Gonçalves (2017b).

Se o axioma sustentável fosse estruturante a esse ramo, a renda decorrente da exploração mineral poderia ser considerada um importante instrumento para combater problemas gerados por essa atividade, por meio da destinação das verbas decorrentes da compensação financeira, dos *royalties* e da consequente canalização dos recursos para a conservação ambiental e para o bem-estar das pessoas, como forma de responsabilidade social

corporativa (GONÇALVES, 2017b). E, em caso de acidentes, essa destinação seria às comunidades afetadas, além da recomposição do ambiente a longo prazo (GONÇALVES, 2017b).

No entanto, Sousa e Freitas (2019) explicam o desequilíbrio no Tripé da Sustentabilidade (*Triple Bottom Line*), pendendo para o capital, pode gerar danos a todas as suas hastes, incluindo a do próprio desenvolvimento econômico. As tragédias descritas são marcas permanentes nas populações atingidas, afinal, vidas humanas foram perdidas, muitos sobreviventes perderam sua subjetividade cultural ao serem desapropriados de seu espaço pela lama tóxica; histórias de vida se foram; redes de amizades se desfizeram; e os impactos aos ambientes atingidos ainda permanecem imensuráveis e possivelmente irreversíveis.

Em seguida ao rastro de destruição deixado pelo desastre de Mariana-MG, a opinião pública brasileira foi forçada a se voltar para a questão da mineração no país, procurando reavaliar os métodos de fiscalização governamental e delineando melhorias. No entanto, quando a barragem de Brumadinho-MG se rompeu quatro anos depois, foi percebido que não houve nenhuma mudança significativa para solucionar essas questões (SOUSA; FREITAS, 2019).

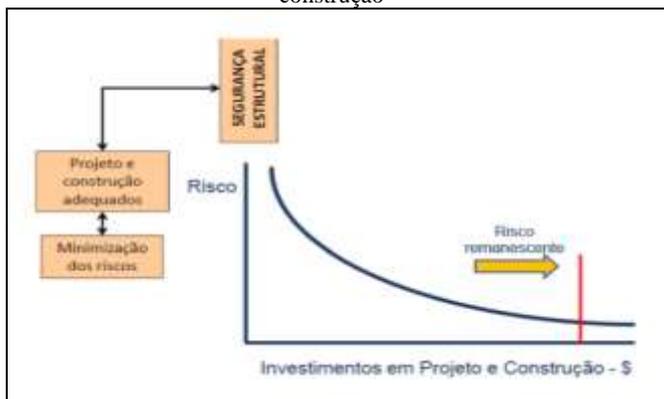
O país já possui bagagem o suficiente para compreender a necessidade de mudanças, a real integração entre o social, ambiental, econômico e político é o caminho a se buscar para garantir o direito constitucional ao meio ambiente equilibrado essencial a saúde e a qualidade de vida da população (SOUSA; FREITAS, 2019). Contudo, ao analisarem as peças comunicacionais produzidas pela Vale e circuladas na região do Vale do Paraopeba, que engloba os municípios de Congonhas-MG, Belo Vale-MG e Brumadinho-MG, um ano antes da tragédia, Oliveira e Oliveira (2019, p. 37) constatam que o material baseou-se “na semântica do eufemismo, uma modalidade discursiva que privilegia a imagem idealizada pela empresa sobre si mesma”. E complementam que o que aconteceu em Brumadinho foi muito mais um crime do que um simples desastre ou um acidente de percurso do setor de mineração, pois como declararam os próprios representantes da Vale, os sinais de perigo de rompimento da barragem do Córrego do Feijão estavam dados e consubstanciados tanto nos relatórios de fiscalização e de consultoria contratados pela empresa quanto em seus próprios relatórios e que, ao que tudo indica, foram ignorados.

Estudos de Davies e Martins (2019) que analisaram 143 desastres em mineração entre 1968 e 2009, revelaram uma correlação entre os ciclos de alta e baixa dos preços dos minérios no mercado internacional com rompimentos de barragem de rejeitos. A explicação para isso é que, em tempos de elevação dos preços dos minérios, os procedimentos de licenciamento e de execução da construção de barragens seriam acelerados, devido à intensa demanda, por parte das mineradoras, para que o período de fatura fosse aproveitado; porém, em momentos de queda, a pressão das empresas volta-se à redução de custos operacionais, como os de manutenção e segurança das obras. Os pesquisadores também identificaram nesse estudo que o número de acidentes de trabalho aumentou, evidenciando que nesses períodos há problemas de gestão de segurança nas empresas.

Em consonância, a Figura 3 destaca a relação entre o risco de acidentes e os investimentos realizados nas fases de

projeto e construção, na qual é possível visualizar que os riscos diminuem à medida que os gastos e investimentos aumentam, até um ponto em que ficam estáveis (VIANNA, 2015).

Figura 3 – Relação do risco e investimento em projeto e construção



Fonte: Vianna (2015).

Portanto, quanto maior foi o investimento em prevenção, preparação e resposta, menor será a chance de que ocorra um rompimento de barragem e as consequências de um, caso aconteça (VIANNA, 2015).

Os dois últimos desastres desse tipo mostraram o quanto eles podem ser destrutivos. Onde ao todo somaram-se centenas de mortos, destruição ambiental gigantesca que não atingiu apenas o local, mas regiões vizinhas, a economia em setores estratégicos sofreu um grande impacto (CEDEC, 2019).

Após o rompimento da barragem na mina Córrego do Feijão, em Brumadinho-MG, os valores das ações da Vale caíram aproximadamente 24%, gerando a perda de R\$ 70 bilhões em valor de mercado. Em adição, houve um intenso reflexo no exterior, no qual a empresa observou uma queda de 16% no pré-mercado (BRASIL ECONOMICO, 2019). Porém, menos de um ano após o ocorrido, a Vale recuperou o valor que tinha antes do desastre, e, com essa valorização, a mineradora superou a marca de R\$ 300 bilhões em valor de mercado, cerca de R\$ 5 bilhões a mais do registrado anteriormente ao acidente no município mineiro (MOURA, 2020).

Esse cenário positivo se deu por conta das ações que a Vale afirmou ter tomado acerca de outras barragens, adotando medidas que buscam evitar novos rompimentos. Estimou-se que a Vale desembolsou R\$ 6,55 bilhões em 2019 para reparação, indenização e despesas pelo desastre de Brumadinho-MG. Contudo, esse valor é menor do que geralmente é distribuído aos acionistas, cerca de R\$ 7,25 bilhões. Até 2031, é esperado que seja fornecido cerca de R\$ 32,75 bilhões em ações relacionadas a Brumadinho-MG e à descaracterização de nove barragens da companhia (MOURA, 2020).

Em relação aos aspectos sociais, políticos e econômicos, os dois eventos citados geraram no quesito social vítimas fatais e não fatais, comunidades e famílias destruídas, redução da arrecadação de tributos relacionados a mineração e impacto nos ramos de turismo, transporte, saúde (CEDEC, 2019), diversos problemas psicológicos (FREITAS *et al.*, 2019) e muitos outros impactos já discutidos. No âmbito político, ressalta-se, após os eventos, a criação de uma Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI)

sobre o desastre, além da tentativa de mudança da legislação sobre barragens no país.

Tendo em vista o potencial dos danos ambientais causados pelos acidentes com barragens, bem como os problemas sociais e econômicos decorrentes deles, a essencialidade do monitoramento e do uso da boa engenharia demonstrou-se inadiável, uma vez que todas as imperfeições no processo poderiam ser identificadas com um monitoramento correto e a utilização assertiva das normas (VALERIO, 2016), ainda que, no final de 2018, a empresa alemã Tüv Sud, contratada pela Vale, tenha atestado a estabilidade da barragem de Brumadinho-MG, evidenciando o conflito existente entre mineradoras e empresas consultoras e fiscalizadoras (PASSARINHO, 2019).

Além disso, a barragem da Vale não recebia rejeitos desde 2014 e possuía declarações de estabilidade física e hidráulica, emitidas pela referida empresa alemã, que alegou que todas as inspeções não detectaram nenhum problema na estrutura. Mas, nas primeiras investigações, detectou-se rachaduras na barragem, um problema que já havia sido mencionado pelos funcionários da mineradora brasileira (FREITAS; SILVA, 2019).

Essas instabilidades geram um grande desconforto para as famílias à jusante, que sofrem com o risco de rompimento a todo momento. Inclusive, após o ocorrido em Brumadinho-MG, algumas mineradoras relataram seu risco à ANM, que, por sua vez, solicitou retirada imediata de famílias das comunidades de risco, após verificação *in loco*. Pelo fato de que, em alguns municípios as sirenes de alerta foram acionadas, as famílias foram realojadas em hotéis, pensões e casas de parentes até que a segurança das barragens fosse reafirmada pelas autoridades (JUCÁ, 2019).

A maioria das falhas em barragens se dá por conta da aplicação de métodos inadequados, construção sem a supervisão necessária ou negligência, relacionadas, geralmente, a algumas questões e estágios da construção (MATOS, 2017).

No caso de Mariana-MG, após análise do processo de licenciamento ambiental da Barragem do Fundão, não foi constatado nenhum tipo de auditoria, visto que é essencial que mineradoras passem por Auditorias Técnicas de Segurança, algo que pode ter intensificado a ocorrência dos riscos que geraram o evento catastrófico (MATOS, 2017). E, de acordo com Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça da Defesa do Meio Ambiente, do Patrimônio Histórico e Cultural e da Habitação e Urbanismo (CAOMA, 2016), outro fato que contribuiu para o desastre foi a irregularidade nos licenciamentos, que perpassou desde a fraude de documentos, passando pela omissão de dados em relatórios, até o descumprimento de condicionamentos expressos nos processos de licenciamento.

O mesmo aconteceu em Brumadinho-MG, onde alguns pontos cruciais foram comprovadamente negligenciados (MATOS, 2017). Isso pode ser evidenciado pela imprudência em construir um refeitório e um prédio administrativo localizados a cerca de um quilômetro da barragem, que, em caso de rompimento, seriam as primeiras estruturas atingidas, comprometendo quaisquer possibilidades de evacuação, contrariando a legislação brasileira, que atribui ao empreendedor a responsabilidade de garantir a segurança das suas estruturas, além de manter a fiscalização das suas atividades de mineração, em

comunicação com a ANM e outros órgãos licenciadores (FREITAS; SILVA, 2019).

O Ministério Público (MP) ressaltou que a Vale não adotava as medidas necessárias para manter a segurança de suas estruturas, colocando em risco a vida humana e o meio ambiente. O órgão também relatou que todas as barragens que apresentam risco iminente têm uma zona urbana à jusante, algo que pode significar alto risco às vidas humanas em caso de acidente (RONAN, 2019).

Os dados obtidos através da Polícia Federal e da própria Vale, mostram a principal hipótese de causas do rompimento da barragem de Brumadinho-MG (e, similarmente, da barragem em Mariana-MG): erosão interna e liquefação, que ocorrem quando há um aumento no volume ou pressão da água que por algum motivo aumentam. Sobre o desastre em Brumadinho-MG, por meio de um laudo disponibilizado pela mineradora constatou-se que os piezômetros – que medem o nível da água no interior da barragem – estavam sem o funcionamento dos sensores em janeiro de 2019. E, verificando os e-mails trocados pela Vale e a consultoria alemã, identificou-se que a mineradora estava ciente sobre esses problemas (RONAN, 2019).

Após o rompimento da Barragem I da Vale em Brumadinho-MG, os fiscais da ANM – Agência Nacional de Mineração interditaram imediatamente o empreendimento, além de notificar que deveriam ser apresentados documentos técnicos referentes à Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), também havendo uma ampliação das atividades de fiscalização e, paralelamente, a discussão de um regulamento que vise a eliminação e a redução do risco de acidentes com barragens de mineração no Brasil (ANM, 2019).

Porém, logo constatou-se que a atuação da ANM tem diminuído gradativamente desde 2010, bem como seus recursos humanos e econômicos: mesmo com atribuições e contribuições de responsabilidade sendo feitas ao órgão, ele ainda se mantém sem os recursos necessários (ANM, 2019).

## VI. HORIZONTES DE AÇÃO PARA A GESTÃO DE RISCO

As consequências desses acidentes implicam em severas adversidades ao meio ambiente, à sociedade e à economia. Dessa forma, para tentar sanar ou reduzir as causas delas, as empresas mineradoras precisam cumprir fielmente as leis e normas estabelecidas, além de adotar modelos de análise de eficácia comprovada na prevenção de riscos, como o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) – Análise do Tipo e Efeito de Falha.

Essa é considerada uma das metodologias de análise mais importantes do planeta, algo evidenciado pela grande utilização dela nas discussões sobre esse tema (VALERIO, 2016). A aplicação da técnica FMEA mostra-se adequada para identificar os aspectos mais críticos de uma barragem (VIANNA, 2015).

A ferramenta pode trazer resultados úteis para mapear os impactos de todos os eventos que podem ser prejudiciais durante a construção ou operação de uma barragem, buscando identificar e priorizar as ações de detecção e mitigação. Para aplicar esse método, é seguida uma estrutura básica que consistem em seis etapas: 1 – Estruturar o sistema; 2 – Definir a função de cada componente desse sistema; 3 – Identificar os potenciais modos de ruptura associado a cada função de cada componente; 4 – Identificar potenciais causas; 5 – Descrever os efeitos diretos nos

demais componentes e no sistema; 6 – Levantar as medidas disponíveis para detectar os modos de ruptura ou das suas possíveis causas e controle ou mitigação de seus efeitos (FONSECA, 2018).

Na Tabela 1, há um exemplo de FMEA aplicado em alguns pontos de uma barragem.

Tabela 1 – Aplicação da FMEA para o corpo da barragem

Função	Falha	Efeito Final	S1	Causa	S2	Controle	Tipo de Controle	S3	RPN
1 Corpo da barragem									
Controlar os rejeitos	Inclusões e capacidade de controlar os rejeitos	Instabilidade Global da Barragem	10	Instalação do Projeto / construção	2	Adequação do Projeto Inspeção Visual e Instrumentação	Prevenção	3	60
1.1 Caixa									
Controlar os rejeitos	Liquefação	Homogeneidade da zona da barragem	10	Instalação do Projeto / construção	2	Adequação do Projeto Inspeção Visual e Instrumentação	Prevenção	7	140
Permitir acesso a barragem	Não permitir acesso a barragem	Impossibilidade de realizar inspeções	4	Instalação do Projeto / construção	2	Adequação do Projeto Inspeção Visual e Instrumentação	Prevenção	1	8
1.2 Núcleo									
Redução de constante de turbulência	Redução de penetração	Liquefação	10	Dissolução de materiais	3	Adequação do Projeto Inspeção Visual e Instrumentação	Prevenção	2	210
1.3 Tabela de constante									
Evitar rejeitos	Instabilização devido aos momentos de massa de solo (Ruptura e falta de enchimento de legir)	Redução do volume da massa - Perda de sustentabilidade do sistema - ruptura da barragem	8	Aterro de ferro-quinca dos solos, diferentes tipos de materiais de construção etc.	3	Adequação do Projeto Inspeção Visual e Instrumentação	Prevenção	3	24
Prever estabilidade mecânica a barragem	Definição incorreta das condições de enchimento de legir	Redução do Fator de Segurança - Erosão superficial	6	Definição correta entre as condições de construção, definição de projeto	3	Adequação do Projeto Inspeção Visual e Instrumentação	Prevenção	3	54

Fonte: Fonseca (2018).

A análise por meio dessa ferramenta pode abrir a perspectiva para possíveis propostas e execuções de intervenções corretivas e preventivas contra acidentes similares. Dessa forma, a utilização da mesma mostrou-se ser bastante eficiente, de fácil e rápida aplicação, por conta da sua maleabilidade e grande liberdade de atribuição de valores às classes de probabilidades e consequências (FONSECA, 2018).

Os fatos enumerados na pesquisa lançam luz à fragilidade no processo de licenciamento ambiental no país, que demonstra inúmeras falhas no controle e monitoramento das barragens. Em adendo, as práticas de gerenciamento de riscos nas duas ocasiões demonstraram-se demasiadamente artificiais. A partir disso, torna-se necessária a intervenção do poder público, dos órgãos ambientais e da própria sociedade civil, por meio de ONGs, da Academia e de sindicatos (MATOS, 2017), além da representatividade de membros das comunidades impactadas.

Por conseguinte, após o evento da Barragem do Fundão foram feitas diversas alterações no processo de licenciamento, e em outros processos que buscavam tornar o empreendimento com barragens balizado por instrumentos mais rigorosos (MATOS, 2017). Ainda assim, demanda-se uma visão que aproxime a alteração e modificação desses pontos ao que se refere o risco de desastres de barragens de mineração, em complemento a alguns processos como, por exemplo: prevenção riscos pela criação de novas barragens com tecnologias obsoletas e perigosas; redução de riscos mediante uma fiscalização justa e eficaz; estruturação de sistemas de alerta; desenvolvimento de planos de emergência; e garantia de recuperação após desastres. Tudo isso deve ser selado com a participação de representantes de setores como: trabalho, saúde, serviço, social, meio-ambiente, águas e mineração, com clareza e participação ativa de seus representantes e de movimentos de atingidos por barragens (FREITAS; SILVA, 2019).

Em acréscimo, a conjuntura atual exige das empresas uma responsabilidade que ultrapasse a mera participação na produção de bens e serviços, atingindo fatores de natureza

social e ambiental. Há um forte interesse em informações sobre responsabilidade e riscos ambientais, adotados pelas empresas como um elemento relevante na tomada de decisão dos seus *stakeholders*. Do ponto de vista contábil, por exemplo, riscos ambientais devem fazer parte da agenda da controladoria ambiental da organização contemporânea, como parte dos esforços para criar valor aos seus clientes e usuários (GOMES; GARCIA, 2013).

Observando a necessidade de uma reorientação dos negócios a fim de que as empresas sejam cada vez mais generosas e regenerativas (RAWORTH, 2019), um setor altamente impactante como o da mineração deve incrementar sua responsabilidade social para além do cumprimento das leis e recomendações técnicas, de maneira a reduzir a exploração irreversível dos recursos naturais. Com isso, a própria gestão de risco sentirá os efeitos positivos desse novo modelo, pois a probabilidade de acidentes diminuiria consideravelmente, bem como os danos ao meio ambiente e às pessoas.

Desse modo, as empresas do setor de mineração devem melhor refletir o compromisso e a prática do Tripé da Sustentabilidade conforme preconizado no Índice de Desenvolvimento de Ecoeficiência Empresarial (IDECOE). (DE SOUSA; ZUCCO, 2020).

## VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo lançou luz à importância da gestão de risco nas empresas mineradoras em resposta às recentes catástrofes ambientais ocasionadas recentemente pela atividade extrativista em dois municípios de Minas Gerais: Mariana, em 2015, e Brumadinho, em 2019.

Os pontos que poderiam ter sido trabalhados para que houvesse a diminuição dos desastres, e que o cumprimento das devidas normas, legislações e de apropriados métodos de prevenção de risco, monitoramento e segurança fossem seguidos à risca a chance de eventos. Esses cuidados devem ser tomados para garantir a sustentabilidade do meio ambiente, da sociedade, da comunidade à jusante e de sua economia.

Partindo dos pilares ambiental, social e econômico da sustentabilidade, esta pesquisa evidenciou a discrepância entre a recuperação econômica da Vale, empresa responsável pelo desastre em Brumadinho-MG, que recuperou completamente o valor de suas ações apenas um ano depois do ocorrido, enquanto as comunidades afetadas e os ecossistemas destruídos pelo rompimento da barragem apresentam danos irreparáveis, como a perda de vidas humanas e o comprometimento de recursos hídricos e do solo. Isso foi relatado por afetados que, nesse mesmo horizonte temporal, afirmam que ainda não conseguiram escapar das consequências psicológicas, materiais e ambientais do desastre. Além disso, muitos produtores e pequenos empreendedores locais ainda não se recuperaram por conta da desvalorização à qual seus empreendimentos e propriedades foram submetidos.

Apostando em uma gestão de risco eficiente, e, de maneira concomitante, reorientando genuinamente os negócios para o desenvolvimento sustentável, desastres como os supracitados poderiam ter sido evitados. Sendo assim, para os próximos anos, métodos de gestão de risco, aliados a agendas globais pelo desenvolvimento sustentável e ao fortalecimento das instituições e da participação de mais atores sociais no processo decisório para a instalação e manutenção de barragens, devem figurar no horizonte de

ação de empresas do setor minerador, algo que pode ser expandido para outros nichos de mercado, a fim de priorizar a vida, a prosperidade e a manutenção dos recursos naturais disponíveis no planeta.

## VIII. REFERÊNCIAS

AMARAL, M. F. Os testemunhos de catástrofes nas revistas brasileiras: do medo individual à patemização midiática. *Revista Contracampo*, v. 26, n. 1, p. 71-78, abr. 2013.

ANM – Agência Nacional de Mineração. **Perguntas e respostas sobre Barragens de Mineração e o caso de Brumadinho**. 2019. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/perguntas-e-respostas-sobre-barragens-de-mineracao-e-o-caso-de-brumadinho>. Acesso em: 11 mai. 2020.

BARBOSA, C. **Hydro Alunorte**. 2018. Disponível em: <https://www.xapuri.info/meio-ambiente/crimes-ambientais/mineradora-desastre-ambiental-barcarena/>. Acesso em: 27 fev. 2019.

BBC BRASIL. **Brumadinho: Brasil tem mais de 300 barragens de mineração que ainda não foram fiscalizadas e 200 com alto potencial de estrago**. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47056259>. Acesso em: 17 jun. 2020.

BECK, U. **World at Risk**. Cambridge: Polity Press, 2008.

BRASIL ECONÔMICO. **Após brumadinho, Vale perde quase R\$ 70 bilhões de valor de mercado**. 2019. Disponível em: <https://economia.ig.com.br/mercados/2019-01-28/acoes-da-vale-apos-brumadinho.html>. Acesso em: 18 mai. 2020.

CAOMA. **Relatório de Atividades da Força-Tarefa do MPMG**. 2016. Disponível em: <https://www.mpmg.mp.br/comunicacao/noticias/mpmg-apresenta-relatorio-de-atuacao-na-area-ambiental-um-ano-apos-o-desastre-de-mariana.htm>. Acesso em: 23 jun. 2020.

CASSALI, N. K. Desastres ambientais: regulação e métodos de compensação. *Revista do Direito da Empresa e dos Negócios*, v. 1, n. 2, p. 1-15, 2017.

CASTRO, A. *et al.* **Gestão de riscos ambientais**. 2011. Disponível em: <http://www.uneb.br/espcont/files/2011/12/art-001200-4.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2019.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil – vol. 1**. 2003. Disponível em: <https://www.franca.unesp.br/Home/Pos-graduacao/-planejamentoeanalisedepoliticaspUBLICAS/isippedes/analacia-bueno-dos-reis-giometti.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2019.

CEDEC. **Plano de Segurança para as comunidades próximas a barragens de mineração**. 2019. Disponível em: [http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/workshop\\_barragem2019/plano\\_seguranca\\_barragens\\_03.05.19.pdf](http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/workshop_barragem2019/plano_seguranca_barragens_03.05.19.pdf). Acesso em: 07 mai. 2020.

CEPREDENAC/PNUD. **La gestión local del riesgo**. 2003. Disponível em: [http://www.desenredando.org/public/libros/2006/ges\\_loc\\_riesg/gestion\\_riesgo\\_espanol.pdf](http://www.desenredando.org/public/libros/2006/ges_loc_riesg/gestion_riesgo_espanol.pdf). Acesso em: 26 fev. 2019.

CNM - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. **Defesa civil e prevenção de desastres**.

- Coletânea gestão pública municipal: gestão 2017-2020. Brasília: CNM, 2016.
- CRESWELL, J. W. **Research Design: Qualitative and Quantitative approaches**. 4th ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2014.
- DAVIES, M.; MARTIN, T. **Mining market cycles and tailings dam incidents**. 2019. Disponível em: <https://docplayer.net/14797608-Mining-market-cycles-and-tailings-dam-incidents.html>. Acesso em: 22 jun. 2020.
- DEMAJOROVIC, J. **Sociedade de risco e responsabilidade socioambiental**. São Paulo: Senac, 2003.
- DE SOUSA, F. S.; ZUCCO, A. Indicador de desenvolvimento de ecoeficiência das empresas listadas no índice de carbono eficiente da bolsa de valores, mercadorias e futuros de São Paulo. **Brazilian Journal of Business**, v. 2, n. 2, p. 1115-1139, 2020.
- DURÃO, M.; GUIMARÃES, F. **Brumadinho aumenta pressão de investidor estrangeiro por mais transparência e segurança na mineração**. 2020. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,brumadinho-aumenta-pressao-de-investidor-estrangeiro-por-mais-transparencia-e-seguranca-na-mineracao,70003171617>. Acesso em: 07 maio 2020.
- FONSECA, M. N. E. **Análise dos modos de falha e efeitos (FMEA) para avaliação de um acidente em barragem de rejeitos: um evento de mineração no Brasil**. Salvador: UFBA: 2018.
- FREITAS, C.M.; SILVA, M.A. Acidentes de trabalho que se tornam desastres. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 17, n. 1, p. 21-29, 2019.
- FREITAS, C. M. *et al.* O desastre na barragem de mineração da Samarco. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, p. 25-30, 2016.
- FREITAS, C. M. *et al.* Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho-MG. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 5, p. 1-7, 2019.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GOMES, S. M. S.; GARCIA, C. O. **Controladoria ambiental**. São Paulo: Atlas, 2013.
- GONÇALVES, D. P. **Principais desastres ambientais no Brasil e no mundo**. 2017a. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2017/12/01/principais-desastres-ambientais-no-brasil-e-no-mundo>. Acesso em: 26 fev. 2019.
- GONÇALVES, M. M. Fechamento de minas: gestão de riscos e sustentabilidade no pós operação. In: GOMES, C. A. (Org.). **Estudos sobre riscos tecnológicos**. Lisboa: CJP/CIDP, 2017b. p. 291-412.
- IBRAM. **Pesquisa sobre desenvolvimento de cidades mineradoras é apresentada no WMC 2016**. Disponível em: [http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD\\_CHAVE=263171](http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=263171). Acesso em: 11 mar. 2019.
- JUCÁ, B. **Com laudos sob desconfiança, MP faz pente fino para checar risco real de barragens**. 2019. Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2019/02/08/politica/1549657902\\_617190.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/02/08/politica/1549657902_617190.html). Acesso em: 02 mai. 2020.
- LIMA, M. S. B.; MOREIRA, É. V. A pesquisa qualitativa em Geografia. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 37, v. 2, p. 27-55, ago./dez. 2015.
- LOPES, A.C.S. *et al.* **Caso Samarco**. 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/305487956\\_Caso\\_Samarcousando\\_a\\_gestao\\_de\\_riscos\\_e\\_os\\_principios\\_da\\_precaucao\\_e\\_prevencao\\_em\\_desastres\\_ambientais](https://www.researchgate.net/publication/305487956_Caso_Samarcousando_a_gestao_de_riscos_e_os_principios_da_precaucao_e_prevencao_em_desastres_ambientais). Acesso em: 01 mar. 2020.
- MATOS, M.E.N. **Gerenciamento de risco no licenciamento ambiental**. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20884/3/GerenciamentoRiscoLicenciamento.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2020.
- MENDES, J. M. Ulrich Beck: a imanência do social e a sociedade do risco. **Análise Social**, n. 214, p. 211-215, 2015.
- MORAES, G. **Sistema de Gestão de Riscos - Princípios e Diretrizes- ISSO 31.000 Comentada e Ilustrada**. 2ª ed, Rio de Janeiro: GVC, 2016.
- MOURA, J. **Um ano após Brumadinho, Vale recupera valor que tinha antes da tragédia**. 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2020/01/um-ano-apos-brumadinho-vale-recupera-valor-que-tinha-antes-da-tragedia.shtml>. Acesso em: 18 mai. 2020.
- MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D. Análise de conteúdo como técnica de análise de dados qualitativos no campo da administração. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 15, n. 4, p. 731-747, jul./ago. 2011.
- NESTROVSKI, A.; SELIGMANN-SILVA, M. **Catástrofe e representação**. 2000. Disponível em: <https://joaocamillopenna.files.wordpress.com/2015/03/seligmann-silva-org-catastrofe-e-representacao.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2019.
- NOBREGA, R. S. Os atingidos por barragem: refugiados de uma guerra desconhecida. **Revista Interdisciplinar da Mobilidade Humana**, v.19, n. 36, p. 125-143, 2011.
- OLIVEIRA, V. C.; OLIVEIRA, D. C. A semântica do eufemismo: mineração e tragédia em Brumadinho. **Reciis**, v. 13, n. 1, P. 13-38, mar. 2019.
- PASSARINHO, N. **Por que no Brasil não tem como saber se suas barragens são seguras?**. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47240090>. Acesso em: 01 mai. 2020.
- PEREIRA, F. M. S. **Gestão de riscos e plano de ações emergenciais aplicado à barragem de contenção de rejeitos Casa de Pedra/CSN**. Ouro Preto: OFOP, 2009.
- PINHEIRO, M. A. O sentido das catástrofes naturais na mídia: da prevenção à adaptação. **Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social "Disertaciones"**, v. 10, n. 2, 2017.
- POT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017.

RAWORTH, K. **Economia Donut**: Uma alternativa ao crescimento a qualquer custo. São Paulo: Zahar, 2019.

REZENDE, V. L. A mineração em Minas Gerais: uma análise de sua expansão e os impactos ambientais e sociais causados por décadas de exploração. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 375-384, 2016.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

RONAN, G. **Conheça as oito barragens mineiras com risco severo de rompimento**. 2019. Disponível em: [https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/02/12/interna\\_gerais,1030084/conheca-as-oito-barragens-mineiras-com-risco-severo-de-rompimento.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/02/12/interna_gerais,1030084/conheca-as-oito-barragens-mineiras-com-risco-severo-de-rompimento.shtml). Acesso em: 16 mai. 2020.

SILVA, M. A. R.; DRUMMOND, J. A. Certificações socioambientais. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 3, p. 1-21, jan. 2005.

SOUSA, V. S.; FREITAS, V. M. **Revisão teórica sobre os desastres da mineração brasileira incididos em Mariana-MG (2015) e Brumadinho-MG (2019)**. 2019. Disponível em: <http://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/633>. Acesso em 24 jun. 2020.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. **Gestão de riscos de desastres**. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2012.

VALE. **Gestão de riscos**. 2009. Disponível em: <http://www.vale.com/PT/old-investors/old-Annual-reports/Sustainability-reports/RelatoriosSustentabilidade/2009/operador-governanca-gestao-riscos.html>. Acesso em: 02 Mar. 2020.

VALERIO, I. F. **Estudo e análise de metodologias preventivas para segurança de barragens**. 2016. Disponível em: [http://www.eng-minas.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/170/2018/05/Isabella\\_Fernandes\\_Valerio.pdf](http://www.eng-minas.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/170/2018/05/Isabella_Fernandes_Valerio.pdf). Acesso em: 07 mai. 2020.

VERDE GHAIA. **Programa de Gerenciamento de Riscos na Mineração**. 2019. Disponível em: <https://www.verdeghaia.com.br/blog/pgr-programa-de-gerenciamento-de-riscos/>. Acesso em: 02 mar. 2020.

VIANNA, L. F. V. **Metodologia de análise de risco aplicadas em planos de ação de emergência de barragens**. Belo Horizonte: UFMG, 2015.

WESTRA, L. **Environmental Justice and the Rights of Ecological Refugees**. London: Earthscan, 2009.

## IX. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 26/06/2020*

*Aprovado em: 14/08/2020*

## Área: Ciências Agrárias e Biológicas

---

4-5	<p><b>RISCO NUTRICIONAL A PARTIR DO ESCORE NUTRIC EM PACIENTES DE UMA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA DE CAMPO GRANDE – MATO GROSSO DO SUL</b></p> <p><b>ASSESSMENT OF NUTRITIONAL RISK FROM THE NUTRIC SCORE IN CRITICALLY ILL PATIENTS OF AN INTENSIVE CARE UNIT OF CAMPO GRANDE – MATO GROSSO DO SUL</b></p> <p>Luciene De Oliveira; Lidiani Figueiredo Santana; Luciana Albina Centurião Lima; Karine De Cássia Freitas</p>
-----	--

## RISCO NUTRICIONAL A PARTIR DO ESCORE NUTRIC EM PACIENTES DE UMA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA DE CAMPO GRANDE – MATO GROSSO DO SUL

### ASSESSMENT OF NUTRITIONAL RISK FROM THE NUTRIC SCORE IN CRITICALLY ILL PATIENTS OF AN INTENSIVE CARE UNIT OF CAMPO GRANDE – MATO GROSSO DO SUL

LUCIENE DE OLIVEIRA<sup>1</sup>; LIDIANI FIGUEIREDO SANTANA<sup>2</sup>; LUCIANA ALBINA CENTURIÃO LIMA<sup>3</sup>; KARINE DE CÁSSIA FREITAS<sup>4</sup>

1- RESIDENTE EM NUTRIÇÃO PELO PROGRAMA DE RESIDÊNCIA MULTIPROFISSIONAL EM SAÚDE - ATENÇÃO AO PACIENTE CRÍTICO. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, CAMPO GRANDE, MS, BRASIL; 2 - DOUTORANDA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E DESENVOLVIMENTO NA REGIÃO CENTRO-OESTE. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, CAMPO GRANDE, MS, BRASIL; 3 - RESIDENTE EM ENFERMAGEM PELO PROGRAMA DE RESIDÊNCIA MULTIPROFISSIONAL EM SAÚDE - ATENÇÃO AO PACIENTE CRÍTICO. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, CAMPO GRANDE, MS, BRASIL; 4 - DOUTORA EM CIÊNCIAS. PROFESSORA ASSOCIADA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS, ALIMENTOS E NUTRIÇÃO. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, CAMPO GRANDE, MS, BRASIL  
*luciene.nutri2011@gmail.com; lidi.lfs@gmail.com; lucianaalbina@gmail.com; kcfreitas@gmail.com*

**Resumo** - O objetivo deste estudo foi classificar o risco nutricional por meio da ferramenta escore NUTRIC, e avaliar a adequação calórico-proteica de pacientes internados em uma Unidade de Terapia Intensiva (UTI). Foram incluídos no estudo os pacientes adultos e realizada a triagem nutricional utilizando a ferramenta de triagem escore NUTRIC modificada. Para analisar a adequação calórico-proteica após 72 horas de ter iniciado a terapia nutricional, foi considerado como adequação o valor  $\geq 80\%$  da meta calórico-proteica estimada. Participaram do estudo 59 pacientes e 79,7% dos pacientes apresentaram risco nutricional alto. A adequação calórica foi superior a 80% e o grupo de alto risco teve menor prescrição proteica que o de baixo risco, porém, ambos os grupos receberam quantidade de proteínas inferior ao prescrito. A triagem NUTRIC se torna uma ferramenta viável se as escalas de gravidade estiverem disponíveis no setor.

**Palavras-chave:** Cuidados Críticos. Estado Nutricional. Triagem. Dietoterapia. Avaliação Nutricional. Necessidades Nutricionais.

**Abstract** - This study classifies the nutritional risk using the NUTRIC score tool and evaluates the caloric-protein adequacy of patients admitted to an Intensive Care Unit (ICU). Adult patients were included in the study and the nutritional screening was performed using the modified Score NUTRIC screening tool. To analyze the caloric-protein adequacy after 72 hours of starting the nutritional therapy, the value  $\geq 80\%$  of the estimated caloric-protein target was considered as adequacy. Fifty-nine critical patients have participated in the study, and 79.7% had been under nutritional risk. Caloric adequacy higher than 80% and regarding the protein prescription, the high risk group had lower prescription than that under low risk, however, both groups received less protein than prescribed. The NUTRIC screening becomes a viable tool if scales for risk degree are available in the sector.

**Keywords:** Critical Care. Nutritional Status. Screening. Dietotherapy. Nutritional Assessment. Nutritional Needs.

#### I. INTRODUÇÃO

O paciente crítico é definido por apresentar instabilidade hemodinâmica de um ou mais de seus sistemas orgânicos, por alterações agudas ou agudizadas que ameaçam sua vida, sendo necessários cuidados imediatos e intensivos (SANTOS; VIANA, 2016).

A triagem e a avaliação nutricional em pacientes críticos têm como finalidade identificar o risco de mortalidade e morbidade por desnutrição, bem como, suas causas e consequências, identificando e individualizando aqueles pacientes com maior probabilidade de se beneficiarem do suporte nutricional mais agressivo que se adeque às suas necessidades o mais rápido possível (TOLEDO *et al.*, 2018). Além disso, se aplicada precocemente, ou seja, dentro das primeiras 24 e 48 horas de cuidados intensivos, logo após a estabilidade hemodinâmica, visa atenuar o catabolismo, com a oferta precoce e progressiva do plano dietético, bem como, a manutenção do estado nutricional e da função gastrointestinal, a reparação tecidual e a prevenção da translocação bacteriana (SANTOS *et al.*, 2019)

Com a determinação do Ministério da Saúde (2005) da portaria nº 343/05, tornou-se obrigatória à elaboração e aplicação de protocolos de triagem e avaliação nutricional que melhor contemple as necessidades da instituição, a qual deve ser realizada na admissão hospitalar dos pacientes assistidos pelo Sistema Único de Saúde (SUS), em todo o território brasileiro.

Diante da dificuldade de estabelecer parâmetros de intervenção nutricional em pacientes críticos, e da necessidade de se ter um método para avaliar o risco

nutricional no Centro de Terapia Intensiva, Heyland e colaboradores (2011) desenvolveram e validaram uma ferramenta nutricional por meio de *escore* para ser aplicado em pacientes críticos admitidos nas Unidades de Terapia Intensiva (UTIs), que avalia os riscos de eventos adversos, a mortalidade e dias de ventilação mecânica, sendo conhecida como *Nutrition Risk in the Critically ill* (NUTRIC), a qual se baseia em um modelo conceitual que aborda a linha de pensamento atual sobre desnutrição em adultos, onde se inclui fatores constitucionais, gravidade da doença, fome e inflamação, como aspectos relevantes que influenciam no estado nutricional e no prognóstico dos pacientes internados na UTI.

Assim, este estudo teve por objetivo classificar o risco nutricional por meio da ferramenta *escore* NUTRIC, e avaliar a adequação calórico-proteica de pacientes internados em uma Unidade de Terapia Intensiva de um hospital escola de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

## II. MÉTODOS

Estudo de caráter transversal, observacional, de natureza quantitativa, realizado com pacientes admitidos na UTI de um hospital escola na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. No presente estudo optou-se por fazer a coleta de dados de todos os pacientes que deram entrada na UTI no período de fevereiro a maio de 2018, sendo considerado pacientes aqueles com idade igual ou superior a 18 anos, todos em ventilação mecânica e que receberam exclusivamente nutrição por via enteral. Considerou-se como critério de exclusão os pacientes em cuidados paliativos e gestante. O mesmo foi aprovado pelo comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), sob o número 80375817.0.0000.0021.

Os voluntários foram convidados a participar da pesquisa através de solicitação individual, e caso aceitassem participar, deixavam expresso através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os pacientes que se encontravam impossibilitados de resposta verbal e escrita tinham seus familiares acionados e aqueles que consentiram a participação do paciente na pesquisa, também assinaram o TCLE, o qual foi redigido em duas vias, sendo uma para o participante da pesquisa e outra para o pesquisador.

Para classificar o risco nutricional foi utilizada a ferramenta de triagem NUTRIC modificada, e aplicada nas primeiras 24 horas de admissão na UTI. Foram coletadas variáveis como: sexo, idade, data de internação, data de admissão na UTI, números de comorbidades, *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation* (*Score* APACHE II) e *Sequential Organ Failure Assessment* (*Score* SOFA), as quais foram calculadas a partir de informações laboratoriais e fisiológicas registradas em prontuário (HEYLAND *et al.*, 2011; RAHMAN *et al.*, 2016).

A pontuação final do *escore* NUTRIC foi calculada sem o valor de interleucina-6 (IL-6) devido ao alto custo e por não ser rotineiramente dosada no setor. Sendo assim, a classificação da pontuação alta tornou-se de 5-9, o que se associa ao maior risco nutricional e piores resultados clínicos, e a pontuação baixa de 0-4, sugerindo baixo risco nutricional (HEYLAND *et al.*, 2011).

Foram utilizadas como medidas antropométricas peso e altura estimados, cálculo do Índice de Massa Corpórea (IMC), e a circunferência do braço (CB). Para obter o peso corporal dos pacientes acamados foram utilizadas as fórmulas de estimativa, segundo CHUMLEA *et. al* (1988); a CB foi realizada de acordo com técnicas padronizadas no braço não dominante, com a demarcação do ponto médio entre o acrômio e o olecrano. Neste ponto foi aferida a CB com fita flexível da marca Sanny®, no ponto marcado de forma ajustada, evitando-se compressão ou folga, e a média de três medidas do parâmetro foi considerada a medida final (DUARTE, 2007).

Para estimar a altura foi utilizada fórmula que considera a altura do joelho (AJ). Este procedimento foi realizado conforme a técnica descrita por GIBSON (1993), onde, na posição supina, dobra-se a perna esquerda do paciente, alcançando um ângulo de 90°, posicionando a base da régua do paquímetro na planta do pé, conservando a parte superior do paquímetro, logo acima da rótula; deve-se manter a haste do paquímetro exatamente paralela à tíbia e pressionar gentilmente a parte superior do paquímetro sobre a rótula, sendo utilizada a seguinte equação matemática: Para homens:  $(0,04 \times \text{idade}) - (2,02 \times \text{AJ} + 64,19)$  e mulheres  $(0,24 \times \text{idade}) - (1,18 \times \text{AJ} + 84,88)$ .

O IMC foi calculado de acordo com a equação:  $\text{IMC} = \text{peso atual (kg)} / \text{altura}^2 \text{ (m)}$ , levando em consideração a idade dos pacientes. Os valores encontrados foram classificados de acordo com o padrão para adultos em quatro níveis: magreza, eutrofia, sobrepeso e obesidade, proposto pela Organização Mundial da Saúde (1997), e para os idosos de acordo com a classificação proposta pela Organização Pan-Americana (2002).

Para analisar a adequação calórico-proteica os dados foram coletados logo após 72 horas a partir dos registros dos formulários do Serviço de Nutrição da instituição. Tais registros possuem informações como: cálculo das necessidades energéticas e proteicas e o acompanhamento diário. Os cálculos da adequação calórico-proteica foram feitos por meio das necessidades nutricionais programadas versus a quantidade administrada. Foi avaliado no 3º dia de terapia nutricional enteral (D3), para identificar o alcance mínimo da prescrição nutricional em até 72h, sendo considerado adequado quando  $\geq 80\%$ , utilizando as seguintes fórmulas: Adequação das calorias (kcal) prescritas (%) =  $\text{kcal infundidas} \times 100 / \text{kcal prescritas}$ . Adequação das proteínas (PTNs) (g) prescritas (%) =  $\text{PTNs infundidas} \times 100 / \text{PTNs prescritas}$  (BRASIL, 2005; RIBEIRO, 2015). Para calcular as necessidades energéticas foi considerado na fase inicial (aguda) de 20-25 kcal/kg/dia, e proteína de 1,2 a 2,0 g/kg/dia (MCCLAVE *et al.*, 2016).

O desfecho clínico foi apresentado por meio de percentuais levando em consideração: alta para enfermaria ou óbito na Unidade de Terapia Intensiva.

Já os procedimentos realizados foram coletados dos prontuários médicos, verificando quais pacientes foram extubados e quais realizaram a traqueostomia, sendo também representados por meio de percentuais.

Os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas do programa Microsoft Office Excel® 2010, e os valores

das variáveis categóricas foram expressos em frequência absoluta (n) e relativas (%), enquanto os das variáveis numéricas de distribuição paramétrica foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão e as de distribuição não paramétricas em valores mínimos, máximos e mediana, apresentados de forma descritiva, em gráficos e tabelas.

As associações foram realizadas pelo Teste Exato de Fisher. As diferenças entre as médias foram calculadas pelo teste t de Student independente, e as diferenças intra grupos foram analisadas pelo teste t pareado, enquanto a diferença entre a mediana foi calculada pelo teste Mann Whitney. Foi utilizado o software BIOESTAT 5.0 para a análise estatística, com nível de significância de 5%.

### III. RESULTADOS

Foram incluídos no estudo 59 pacientes críticos, sendo os principais motivos de internação: Problemas respiratórios (35,6%), choque séptico e sepse (28,8%), todos em terapia nutricional enteral de forma exclusiva. Apesar da predominância de participantes do sexo masculino com 55,9% (n=33) do total da amostra, não houve associação com a classificação de risco nutricional (p=1,00). A idade dos participantes variou entre 19 e 86 anos, sendo observado que no grupo de alto risco foi significativamente maior a média de idade - 54 anos (p=0,004), assim como uma maior pontuação no *escore* APACHE II - 26,23 (p<0,001), maior pontuação SOFA - 8,68 (P=0,004) e maior tempo de permanência na UTI - 14,7 dias (p=0,001) (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição das características sociodemográficas e clínicas de pacientes críticos de acordo com o *escore* NUTRIC. Campo Grande - MS. (n=59)

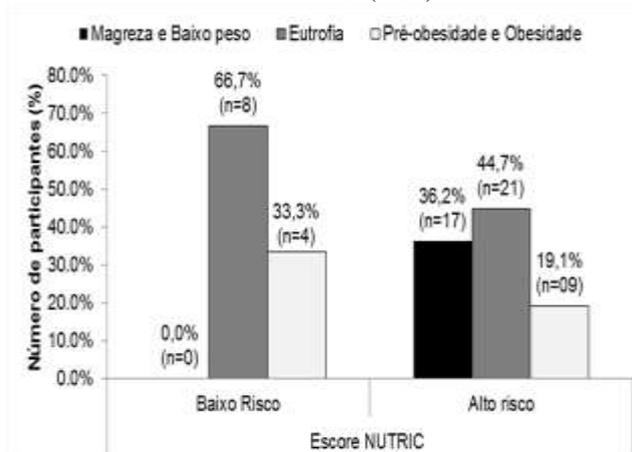
Variáveis	Total (n=59)	<u>Escore NUTRIC</u>		Valor de P
		Baixo Risco (n=12)	Alto Risco (n=47)	
<b>Sexo (%)</b>				
Feminino	26(44,1)	05(41,7)	21(44,7)	<b>1,00<sup>(a)</sup></b>
Masculino	33(55,9)	07(58,3)	26(55,3)	
<b>Idade (<math>\bar{x}\pm dp</math>)</b>	50,97 $\pm$ 17,51	38,42 $\pm$ 17,02	54,17 $\pm$ 16,30	<b>0,004<sup>(b)</sup></b>
<b>APACHE II (<math>\bar{x}\pm dp</math>)</b>	24,66 $\pm$ 5,96	18,50 $\pm$ 5,70	26,23 $\pm$ 4,96	<b>&lt;0,0001<sup>(b)</sup></b>
<b>SOFA (<math>\bar{x}\pm dp</math>)</b>	8,07 $\pm$ 3,38	5,67 $\pm$ 2,61	8,68 $\pm$ 3,27	<b>0,004<sup>(b)</sup></b>
<b>Número de comorbidades (%)</b>				
0-1	25(42,4)	09(75,0)	16(34,0)	<b>0,02<sup>(a)</sup></b>
$\geq 2$	34(57,6)	03(25,0)	31(66,0)	
<b>Número de dias na UTI (<math>\bar{x}\pm dp</math>)</b>	13,19 $\pm$ 7,29	7,25 $\pm$ 2,90	14,7 $\pm$ 3,31	<b>0,001<sup>(b)</sup></b>
<b>Procedimentos (%)</b>				
Extubados	24(40,7)	07(58,3)	17(36,2)	<b>0,33<sup>(a)</sup></b>
Traqueostomizados	30 (50,8)	05(41,7)	25(53,2)	
<b>Desfecho (%)</b>				
Alta	47(79,7)	12 (100,0)	35 (74,5)	<b>0,10<sup>(a)</sup></b>
Óbito	12 (20,3)	00 (0,0)	12(25,5)	

Nota: <sup>(a)</sup> Teste Exato de Fisher; <sup>(b)</sup> Teste t Student; \*Associação ou diferença significativa; Valores expressos em frequência absoluta e relativa (%) ou média $\pm$ desvio padrão da média ( $\bar{x}\pm dp$ ); NUTRIC: Nutrition Risk in Critically ill; APACHE II: Acute Physiology and Chronic Health Evaluation; SOFA: Sequential Organ Failure Assessment.

Na pontuação final da triagem para risco nutricional realizada pelo método *escore* NUTRIC, 79,7% (n=47) apresentaram alto risco nutricional e 20,3% (n=12) foram classificados com baixo risco. Para o desfecho clínico desfavorável (óbito) (p=0,10) ou os procedimentos realizados (p=0,33) não houve diferença entre o baixo risco nutricional e alto risco (Tabela 1), embora 100% dos pacientes de baixo risco tiveram alta, enquanto 25,5% dos pacientes de alto risco foram a óbito. Salienta-se que 91,5% (n=54) dos pacientes realizaram procedimentos de extubação ou traqueostomia, não sendo considerado neste cálculo os 5 pacientes que não realizaram nenhum procedimento. Destaca-se ainda que, 53,2% (n=25) dos pacientes do grupo de alto risco realizaram traqueostomia. Os participantes com baixo risco nutricional apresentaram uma frequência menor de duas ou mais comorbidades quando comparados àqueles com alto risco nutricional (p=0,02), porém sem associação com o desfecho clínico de alta e óbito (p=0,10) (Tabela 1).

Em relação ao estado nutricional, foi observado que os valores de IMC entre os participantes com classificação *escore* NUTRIC de baixo risco variou entre 18,6 e 35,5 kg/m<sup>2</sup>, com mediana de 22,9 kg/m<sup>2</sup>, enquanto o grupo de alto risco obteve uma variação entre 12,9 e 40,2 kg/m<sup>2</sup> com mediana de 22,0 kg/m<sup>2</sup>, sem diferença entre as medianas dos grupos (p=0,36). Considerando todos os pacientes do estudo, 28,8% (n=17) foram classificados em magreza e baixo peso, 49,2% (n=29) classificados em eutrofia e 22,0% (n=13) em obesidade. Apesar de não haver diferença estatística em relação ao estado nutricional e *escore* NUTRIC, foi observado que nenhum paciente com classificação do estado nutricional em magreza e baixo peso apresentou um *escore* NUTRIC de baixo risco (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Representação gráfica do estado nutricional dos pacientes críticos de acordo com o escore NUTRIC. Campo Grande - MS. (n=59)



Não houve diferença entre grupos com baixo ou alto risco nutricional em relação às médias de calorias prescritas ( $p=0,09$ ), assim como entre as calorias recebidas ( $p=0,38$ ), com média geral dos grupos de 22 kcal/kg/dia. Contudo, foram significativamente maiores as calorias prescritas para os pacientes do grupo de alto risco nutricional em relação à quantidade de calorias recebidas por estes ( $p=0,03$ ), sendo que essa diferença não foi observada no grupo de baixo risco ( $p=0,10$ ) (Tabela 2).

Tabela 2 – Oferta calórica e proteica aos pacientes críticos de acordo com o escore NUTRIC. Campo Grande - MS. (n=59)

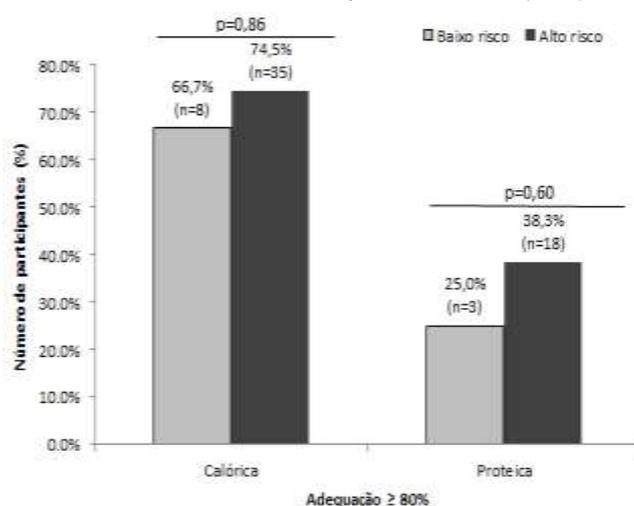
Variáveis	Escore NUTRIC		Valor de p
	Baixo Risco (n=12)	Alto risco (n=47)	
Prescrição calórica	1.595,90±249,45	1.437,70±291,45	<b>0,09</b>
Calorias recebidas no D3	1.337,10±457,54	1.229,60±355,60	<b>0,38</b>
<b>Valor de p</b>	<b>0,10</b>	<b>0,03*</b>	
Prescrição de proteína (1,2 – 2,0 g/kg/dia)	90,51±33,31	71,06±18,70	<b>0,009*</b>
Total de proteínas recebidas (g) no D3	52,99±16,65	49,89±17,50	<b>0,58</b>
<b>Valor de p</b>	<b>0,001**</b>	<b>&lt;0,0001**</b>	

\* Diferença significativa teste t independente; \*\* Diferença significativa teste t pareado. Valores expressos em média±desvio padrão da média, D3= 3º dia de Terapia Nutricional Enteral.

Já em relação à prescrição proteica, o grupo de alto risco teve menor prescrição que o de baixo risco com média de 71,06g/kg/dia ( $p=0,009$ ), porém, para ambos os grupos ofertaram-se quantidade de proteína inferior ao prescrito (Baixo risco  $p=0,001$ , Alto risco  $p<0,0001$ ) (Tabela 2), sendo a média geral dos grupos de 0,82 g/kg/dia recebida.

A maioria dos pacientes classificados como de baixo ou alto risco nutricional apresentaram adequação calórica superior a 80,0% (66,7 e 74,5%), após 72 horas de ter iniciado a terapia nutricional, sem diferença entre os grupos ( $p=0,86$ ). Ao contrário, a maioria dos pacientes de baixo e alto risco nutricional apresentou adequação proteica inferior a 80,0% (25,0% e 38,3%), porém, sem diferença entre as médias dos grupos ( $p=0,60$ ) (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Representação gráfica da proporção de adequação calórica-proteica após 72h (D3) nos pacientes críticos, de acordo com o escore NUTRIC. Campo Grande, 2018. (n=59)



#### IV. DISCUSSÃO

O escore NUTRIC é um método de rastreamento do estado nutricional que mensura a inflamação e sua correlação com a severidade da doença. É bem reconhecido na identificação da desnutrição, bem como na sua associação com tempo de permanência no hospital (REIS *et al.*, 2019).

No presente estudo, os resultados encontrados pelo escore NUTRIC apontaram que 79,7% dos pacientes apresentaram alto risco, sendo esta porcentagem superior a

de estudos realizados em países como: Portugal, Índia, Estados Unidos, onde foi observado uma porcentagem de

aproximadamente 39% dos pacientes avaliados como alto risco nutricional pelo método *escore* NUTRIC (COLTMAN *et al.*, 2015; KALAISELVAN *et al.*, 2017; MENDES *et al.*, 2017).

Em um estudo piloto com 50 pacientes críticos, para validação do *escore* NUTRIC no Brasil, realizado por Rosa e colaboradores (2016), em 4 UTIs no sul do país, foi encontrado uma porcentagem também inferior ao estudo em questão, sendo que 46% do total de sua amostra apresentaram alto risco nutricional.

Dessa forma, a prevenção ou tratamento da desnutrição se tornou um grande desafio no ambiente hospitalar, sendo de máxima importância. Segundo Kondrup (2014) ao realizarmos a triagem e a avaliação nutricional em pacientes críticos, temos que levar em consideração a gravidade da doença, pois os mesmos apresentam várias alterações metabólicas relacionadas ao estado inflamatório, ao hipermetabolismo e ao hipercatabolismo, podendo assim, acelerar o processo da desnutrição.

Ressalta-se ainda que a triagem NUTRIC vem sendo aplicada para avaliar não somente o risco nutricional, mas também o risco de mortalidade, considerando resultados de estudos que mostram que os pacientes de alto risco possuem maior probabilidade de ir a óbito do que os de baixo risco, haja vista que esta ferramenta leva em consideração a gravidade da doença e o estado inflamatório, utilizando um conjunto de índices de prognósticos na UTI como APACHE II e SOFA (WHO, 1997). Estas escalas foram desenvolvidas para serem aplicadas na admissão do paciente, tendo como objetivo prever a mortalidade hospitalar, e para auxiliar nas condutas a serem tomadas pela equipe multidisciplinar, tornando assim uma análise mais acurada da gravidade da doença (CARDOSO; CHIVONE, 2013).

No atual estudo, quando analisadas as escalas de APACHE II e SOFA, foi observado que os pacientes de alto risco apresentaram pontuações elevadas em ambas, com diferença significativa entre os grupos de baixo e alto risco, o que se assemelha com a pontuação final destas escalas encontrada no estudo de Mendes e colaboradores (2017). Em relação às variáveis: número de comorbidades e tempo de internação foram encontradas diferenças significativas quando associadas aos grupos de baixo e alto risco. Os resultados demonstraram que os pacientes de alto risco foram os que apresentaram maior número de comorbidades e maior tempo de internação e foram classificados segundo IMC com algum grau de desnutrição.

Estes resultados corroboram com várias pesquisas realizadas com pacientes hospitalizados, demonstrando que quanto maior o número de comorbidades, maior o risco nutricional e maior será o tempo de internação. Segundo o Sistema de Informação Hospitalar do Sistema Único de Saúde (SIH-SUS), o tempo médio de permanência na UTI é de 7,6 dias, sendo essa média inferior à encontrada no presente estudo, contribuindo assim para o maior risco nutricional, podendo acarretar em várias complicações como piora da resposta imunológica, atraso no processo de cicatrização, risco elevado de complicações cirúrgicas e infecciosas, maior risco de desenvolver lesão por pressão e maior risco de mortalidade, além de considerável aumento nos gastos hospitalares (COLTMAN *et al.*, 2015; ROSA *et al.*, 2016; MENDES *et al.*, 2017).

Em nossa pesquisa, todos os pacientes estavam em ventilação mecânica, e apesar de não haver diferença estatística significativa entre os grupos de alto e baixo risco, é válido destacar que os pacientes de alto risco foram os que mais realizaram traqueostomia, ou seja, permaneceram por um período maior na ventilação mecânica e, conseqüentemente, maior tempo de internação. Estudos realizados com a ferramenta de triagem *escore* NUTRIC observaram uma forte associação do uso de ventilação mecânica entre os pacientes de alto risco e que estes pacientes, quando receberam a oferta calórica-proteica adequada, tiveram reduzida a mortalidade. (HEYLANCK *et al.*, 2011; MENDES *et al.*, 2017).

Diante disso, neste estudo foi analisado se os pacientes de alto e baixo risco alcançaram o mínimo de 80% da meta nutricional prescrita, em até 72 horas, o que é necessário para garantir a efetividade do plano nutricional (COPPINI *et al.*, 2011).

Os resultados não demonstraram diferença significativa entre os grupos de baixo e alto risco, em relação às calorias prescritas e recebidas pelos mesmos. Porém, o grupo de alto risco nutricional tinha maior prescrição calórica em comparação às calorias efetivamente recebidas, não sendo observado o mesmo para os pacientes de baixo risco. Tal situação pode estar relacionada ao fato dos pacientes críticos de alto risco apresentar instabilidade hemodinâmica com altas doses de drogas vasoativas o que impossibilita o início do suporte nutricional, bem como uma evolução da terapia nutricional mais agressiva. Ressalta-se que, após estabilização hemodinâmica, é crucial iniciar o suporte nutricional, pois estudos apontam que a terapia nutricional precoce reduz risco de eventos adversos e o risco de mortalidade (CORREIA *et al.*, 2017; TOLEDO *et al.*, 2017)

Já em relação à prescrição proteica, foi encontrado que tanto os pacientes de baixo e alto risco receberam quantidades significativamente inferiores às necessidades programadas, sendo menor a prescrição proteica nos pacientes de alto risco. Isso se deve ao fato de que 36,2% dos pacientes de alto risco foram classificados segundo o IMC, em magreza e baixo peso, ou seja, quanto menor o peso, menor será a prescrição.

Quando analisado a adequação calórica-proteica no D3, ambos os grupos apresentaram adequação calórica superior a 80,0%, porém esse resultado não foi observado para adequação proteica, onde a grande maioria apresentou uma adequação inferior a 80,0%. Conforme preconizado por Coppini e colaboradores (2011) os pacientes críticos devem atingir suas necessidades programadas em até 72h do início da terapia nutricional. No presente estudo, esta dificuldade em atingir a meta, pode estar relacionada à fórmula enteral utilizada no hospital, pois a mesma era normoproteica, ou seja, torna difícil atingir as necessidades programadas de proteínas sem ultrapassar as necessidades calóricas. Destaca-se ainda, que no referido hospital, no momento do estudo, não era feito uso de suplementação proteica, para que se atingisse a necessidade de cada paciente, pois havia falta de módulos proteicos. No estudo de Nicolo *et al.*, 2016, ao avaliarem a adequação proteica, observaram que uma adequação  $\geq 80,0\%$  da meta estabelecida associou-se com a redução da mortalidade em pacientes com internações prolongadas. Outros estudos também vêm constatando que a média de percentuais de adequação calórica foi maior em relação à adequação proteica, indo de encontro ao estudo em

questão (LINS *et al.*, 2015; NICOLO *et al.*, 2016; NUNES *et al.*, 2018).

As proteínas desempenham um papel funcional importante em nosso organismo, o que requer uma ingestão contínua para manutenção da vida. Segundo Simpson e Doing (2016), os pacientes críticos podem apresentar perda significativa de massa magra durante sua permanência no Centro de Tratamento Intensivo, sendo que esta perda muscular e alterações na função metabólica podem contribuir para o aumento da morbidade, mortalidade, tempo maior na ventilação mecânica e permanência prolongada na UTI (HOFFER, 2016; SIMPSON; DOING, 2016).

Estudo realizado por Rahman e colaboradores (2016) para validar a segunda versão do *escore* NUTRIC sem os valores de IL-6 em pacientes da UTI, observaram que, pacientes de alto risco e que receberam uma oferta adequada de calorias e proteínas tiveram menor incidência de mortalidade, demonstrando existir uma associação positiva entre a adequação calórica-proteica com desfecho clínico favorável (ALLINGSTRUP *et al.*, 2012; COMPHER *et al.*, 2017; ATA *et al.*, 2018).

Ainda no que se refere à oferta proteica, estudo prospectivo e observacional foi realizado com 886 pacientes críticos, avaliando-se uma oferta proteica de no mínimo de 1,2 g/kg/dia, mostrando que ao atingirem a meta estipulada houve uma associação com redução da mortalidade em 28 dias de até 50,0% entre os pacientes de alto risco. Sendo assim, uma oferta de proteína dentro das recomendações de 1,2 a 2,0g/kg/dia favorece um desfecho clínico favorável (WEIJS *et al.*, 2012; ELKE *et al.*, 2014; WEIJS, 2014).

Sugere-se então que uma triagem nutricional bem realizada antes do início da terapia nutricional pode mudar o desfecho clínico dos pacientes críticos, pois são identificadas intercorrências precocemente e as intervenções nutricionais poderão ser realizadas de forma individualizada, contribuindo para a manutenção ou recuperação do estado nutricional (RASLAN *et al.*, 2011; RODRIGUEZ *et al.*, 2016).

O presente estudo apresentou limitações no que se refere ao número de pacientes estudados, pois um número maior poderia permitir visualizar diferenças estatísticas significativas na comparação entre os grupos, bem como, a não dosagem de rotina nesta UTI da IL-6, cujo resultado traria novas evidências ao estudo.

## V. CONCLUSÃO

A maioria dos pacientes críticos apresentou alto risco nutricional pela triagem NUTRIC e, sendo assim, o acompanhamento nutricional adequado se torna fundamental. A partir da classificação do risco nutricional, pode-se elaborar uma terapia nutricional individualizada e mais adequada para cada situação. A triagem NUTRIC é de fácil aplicação, desde que as variáveis APACHE II e SOFA sejam aplicadas na admissão dos pacientes e que os resultados estejam disponíveis para o profissional nutricionista. Em relação à adequação calórica, foi observado que a grande maioria alcançou a meta prescrita, porém o mesmo resultado não foi observado para adequação proteica. Considerando a associação positiva entre a adequação calórica-proteica com desfecho clínico favorável descrito na literatura, esse resultado alerta para necessidade de maior atenção para a adequação proteica na referida UTI.

## VI. REFERÊNCIAS

ALLINGSTRUP, M.; ESMAILZADEH, N.; KNUDSEN, A. W.; ESPERSEN, K.; JENSEN, T. H.; WIIS, J.; KONDRUP, J. Provision of protein and energy in relation to measured requirements in intensive care patients. **Clinical Nutrition**, v. 31, n. 4, p. 462-468, 2012.

ATA, Y.M.; AL-DORZI, H.M.; MEHTA, S, *et al.* Association of protein intake with the outcomes of critically ill patients: a post hoc analysis of the permit Trial. **Am J Clin Nutr**, v.108, p. 988-996, 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 343, de 7 de março de 2005. Institui, no âmbito do SUS, mecanismos para implantação da assistência de Alta Complexidade em Terapia Nutricional. **Sistema de legislação da saúde**: edição federal, Brasília, 2005.

BRASIL. MINISTERIO DA SAUDE. Sistema de informações hospitalares do SUS (SIH/SUS) - Morbidade Hospitalares do SUS por local de Internação. Brasília: Ministério da Saúde, 2003.

CARDOSO, L. G. dos S.; CHIAVONE, P. A. APACHE II medido en la salida de los pacientes de la Unidad de Terapia Intensiva en la previsión de la mortalidad. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 21, n. 3, p. 811-819, 2013.

CHUMLEA, W. C.; GUO, S.; ROCHE, A. F.; STEINBAUGH, M. L. Prediction of body weight for the nonambulatory elderly from anthropometry. **Journal Am Diet Assoc.** 1988.

COPPINI L.Z.; SAMPAIO H.; MARCO D.; MARTINI C. **Recomendações nutricionais para adultos em terapia nutricional enteral e parenteral**. In: Projeto Diretrizes. São Paulo: Associação Médica Brasileira. 2011.

COLTMAN A.; PETERSON S.; ROEHL K.; ROOSEVELT H.; SOWA D. Use of 3 tools to assess nutrition risk in the intensive care unit. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v.39, n. 1, p. 28-33, 2015.

COMPHER, C.; CHITTAMS, J.; SAMMARCO, T.; NICOLO, M.; HEYLANK, D. K. Greater Protein and Energy Intake May Be Associated with Improved Mortality in Higher Risk Critically Ill Patients: A Multicenter, Multinational Observational Study. **Critical Care Medicine**, v. 45, n. 2, p. 156-163, 2017.

CORREIA, M.I.T.D.; PERMAN, M.I.; WAITZBERG, D.L. Hospital Malnutrition in Latin America: A systematic review. **Clinical Nutrition**, v.36, p. 958-967, 2017.

DUARTE, A. C. G.; **Avaliação nutricional**: aspectos clínicos e laboratoriais. São Paulo: Atheneu, 2007.

GIBSON, R. S. **Nutritional Assesment**: A laboratory manual. Oxford: Oxford University press. p. 196, 1993.

ELKE, G.; WANG, M.; WEILER, N.; DAY, A. G., HEYLAND, D. K. Close to recommended caloric and protein intake by enteral nutrition is associated with better clinical outcome of critically ill septic patients: secondary analysis of a large international nutrition database. **Critical Care**, v. 18, n. 1, p.29, 2014.

HEYLAND, D. K.; DHALIWAL, R.; JIANG, X., DAY, A. G. Identifying critically ill patients who benefit the most from nutrition therapy: the development and initial validation of a

- novel risk assessment tool. **Critical Care**, v. 15, n. 6, p. R268, 2011.
- HOFFER, L. J.; BISTRAN, B. R. Nutrition in critical illness: a current conundrum. **F1000Research**, v. 5, 2016.
- KALAISELVAN, M. S.; RENUKA, M. K.; ARUNKUMAR, A. S. Use of nutrition risk in critically ill (NUTRIC) score to assess nutritional risk in mechanically ventilated patients: a prospective observational study. **Indian journal of critical care medicine**: peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine, v. 21, n. 5, p. 253, 2017.
- KONDRUP, J. Nutritional-risk scoring systems in the intensive care unit. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 17, n. 2, p. 177-182, 2014.
- LINS N.F.; DIAS C.A.; OLIVEIRA M.G.O.A.; NASCIMENTO C.X.; BARBOSA J.M. Adequação da terapia nutricional enteral em pacientes críticos de um centro de referência em Pernambuco. **Revista Brasileira Nutrição Clínica**. v. 30, p. 76-81, 2015.
- MCCLAVE, S. A.; TAYLOR, B. E.; MARTINDALE, R.; WARREN, M. M.; JOHNSON, D. R.; BRAUNSCHWEIG, C.; GERVASIO, J. M. Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN). **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 40, n. 2, p. 159-211, 2016.
- MENDES, R.; POLICARPO, S.; FORTUNA, P.; ALES, M.; VIRELLA, D.; HEYLAND, D. K. Nutritional risk assessment and cultural validation of the modified NUTRIC score in critically ill patients—a multicenter prospective cohort study. **Journal of critical care**, v. 37, p. 45-49, 2017.
- NICOLO, M.; HEYLAND, D. K.; CHITTAMS, J.; SAMMARCO, T.; COMPHER, C. Clinical outcomes related to protein delivery in a critically ill population: a multicenter, multinational observation study. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**. v.40, n. 1, p. 45-51, 2016.
- NUNES, A.P.; ZANCHIM M.C.; KUMPEL D.A.; RODRIGUES T.P.; ZANIN J. Adequação calórico-proteica da terapia nutricional enteral em pacientes críticos de um hospital de alta complexidade do rio grande do sul. **Journal Brazilian Society of Parenteral and Enteral Nutrition**. v.33, n.2, p. 116-21, 2018.
- OPAS. Organização Pan-Americana. **XXXVI Reunión del Comité Asesor de Investigaciones en Salud**. Encuesta Multicêntrica – Salud Bienestar y Envejecimiento (SABE) en América Latina e el Caribe – Informe preliminar, mar. 2002.
- RAHMAN, A.; AGARWALA, R.; MARTIN, C.; DAY, A. G.; HEYLAND, D. K. Identifying critically-ill patients who will benefit most from nutritional therapy: further validation of the “modified NUTRIC” nutritional risk assessment tool. **Clinical nutrition**, v. 35, n. 1, p. 158-162, 2016.
- RASLAN, M.; GONZALES, M. C.; TORRINHAS, R. S. M.; RAVICCI, G. R.; PERIERA, J. C.; WAITZBERG, D. L. Complementarity of Subjective Global Assessment (SGA) and Nutritional Risk Screening 2002 (NRS 2002) for predicting poor clinical outcomes in hospitalized patients. **Clinical Nutrition**, v. 30, n. 1, p. 49-53, 2011.
- REIS, A. M. dos; FRUCTHENICHT, A. V. G.; MOREIRA, L. F. NUTRIC score use around the world: a systematic review. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 31, n. 3, p. 379-385, 2019.
- RIBEIRO P.C. **Nutrição**. São Paulo: Atheneu; 2015.
- ROSA M.; HEYLAND D.K.; FERNANDES, D.; RABITO E.I.; OLIVEIRA M.L.; MARCADENTI A. Translation and adaptation of the NUTRIC Score to identify critically ill patients who benefit the most from nutrition therapy. **Clin Nutr ESPEN**. v.14, p.31-6, 2016.
- RODRIGUEZ A.H.; CAMARGO B.U.B.; PERÃO, O. F.; ZANDONADI, G.; RODRIGUEZ, M. D. J. Epidemiological characteristics and causes of deaths in hospitalized patients under intensive care. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 69, n. 2, 2016.
- SANTOS, F. A.; VIANA, K. D. A. L. Avaliação do estado nutricional e da terapêutica dietética de pacientes internado em uma Unidade de Terapia intensiva. **Revista de Pesquisa em Saúde**, v. 17, n. 1, 2016.
- SANTOS, L. S.; dos SANTOS, E. M. C.; de OLIVEIRA, N. C. M.; SILVA, L. M. L.; da COSTA, I. C. L.; MAIO, R. Comparação da especificidade e sensibilidade entre os métodos de triagem nutricional Nutritional Risk Screening 2002 e Graz Malnutrition Screening em pacientes oncológicos hospitalizados. **Nutrición clínica y dietética hospitalaria**, v. 39, n. 2, p. 84-89, 2019.
- SIMPSON, F.; DOIG, G. S. Bedside nutrition evaluation and physical assessment techniques in critical illness. **Current opinion in critical care**, v. 22, n. 4, p. 303-307, 2016.
- TOLEDO, D.; CASTRO, M. G. Fisiopatologia da desnutrição e Terapia Nutricional no paciente não infectado. In: Waitzberg DL. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Atheneu; p. 2129-2133. 2017.
- TOLEDO, D.; CASTRO, M. G. Campanha “Diga não à desnutrição”: 11 passos importantes para combater a desnutrição hospitalar. **CEP**, v. 5652, p. 900, 2018.
- WEIJS, P.; STAPEL, S. N.; de GROOT, S. D.; DRIESSEN, R. H.; de JONG, E.; GIRBES, A. R.; BEISHUIZEN, A. Optimal protein and energy nutrition decreases mortality in mechanically ventilated, critically ill patients: a prospective observational cohort study. **Journal of parenteral and enteral nutrition**, v. 36, n. 1, p. 60-68, 2012.
- WEIJS, P. Fundamental determinants of protein requirements in the ICU. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 17, n. 2, p. 183-189, 2014.
- WHO – World Health Organization. **Obesity**. Preventing and managing the global epidemic. Geneva: Report of a WHO Consultation on Obesity, 1997. 276.

## VII. COPYRIGHT

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

Submetido em: 17/06/2020  
Aprovado em: 03/07/2020

## Área: Ciências Exatas e Engenharias

1-3	<p><b>UMA SOLUÇÃO EM FUSÃO DE INFORMAÇÃO PARA GERENCIAMENTO DE RECLAMAÇÕES FEITAS NA WEB</b></p> <p><b>AN INFORMATION FUSION SOLUTION FOR MANAGING COMPLAINTS MADE ON THE WEB</b></p> <p>Emanuel Gilvan Souza Lima Júnior; Rodrigo Frazão Maia; Fábio Manoel França Lobato; Antonio Fernando Lavareda Jacob Junior</p>
3-4	<p><b>MODELOS DE DIMENSIONAMENTO PARA SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS</b></p> <p><b>SIZING MODEL FOR SYSTEMS SOLAR PHOTOVOLTAICS</b></p> <p>João Edson Leite Júnior; Artur De Souza Moret</p>
3-4	<p><b>PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO E CONTROLE DE UMA ESTUFA AGRÍCOLA UTILIZANDO REDES MESH E TRANSCETORES DE RADIOFREQUÊNCIA</b></p> <p><b>DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN AGRICULTURAL GREENHOUSE COMMUNICATION AND CONTROL SYSTEM USING MESH NETWORKS AND RF TRANSCEIVERS</b></p> <p>Gabriel Henrique Testa; Wyrllen Everson De Souza; Roberto Ribeiro Neli; Eduardo Giometti Bertogna</p>
3-5	<p><b>FINITE ELEMENT ANALYSIS OF KNEE IMPLANTS MANUFACTURED BY FDM TECHNOLOGY</b></p> <p>Ryanne Soares Da Silva; Thiago Dantas Gomes; Jayann Ismar Lira Almeida; Paula Frassinetti Cavalcante</p>
3-8	<p><b>SELEÇÃO DE SOFTWARE BASEADA EM AHP PARA CRIAÇÃO DE DATASET SINTÉTICO 3D</b></p> <p><b>SOFTWARE SELECTION BASED ON AHP FOR 3D SYNTHETIC DATASET CREATION</b></p> <p>Cristian Bressiani Vieira De Rocco; Ricardo Luhm Silva; Osiris Canciglieri Junior; Marcelo Rudek</p>



## UMA SOLUÇÃO EM FUSÃO DE INFORMAÇÃO PARA GERENCIAMENTO DE RECLAMAÇÕES FEITAS NA WEB

### AN INFORMATION FUSION SOLUTION FOR MANAGING COMPLAINTS MADE ON THE WEB

EMANUEL GILVAN SOUZA LIMA JÚNIOR<sup>1</sup>; RODRIGO FRAZÃO MAIA<sup>1</sup>;

FÁBIO MANOEL FRANÇA LOBATO<sup>2</sup>; ANTONIO FERNANDO LAVAREDA JACOB JUNIOR<sup>1</sup>

1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
juniorlima.e@gmail.com; rodrigoframa@gmail.com; fabio.lobato@ufopa.edu.br;  
antoniojunior@professor.uema.br

**Resumo** - O número crescente de usuários ativos na internet vem gerando um grande volume de dados a cada segundo. Os consumidores também procuram recursos de mídia social para expor seus problemas com fornecedores de produtos e/ou serviços, o que aumentou o uso de plataformas de resolução de reclamações, como Consumidor.gov.br e ReclameAQUI. Nota-se, no entanto, a ausência de uma ferramenta computacional que ofereça suporte às organizações no tratamento e na integração dos dados disponibilizados por diferentes plataformas de registro de reclamações e resolução de conflitos. Nesse contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema computacional para extração, fusão e análise dos dados contidos nessas duas plataformas, a fim de obter conhecimento a ser utilizado para apoiar o gerenciamento dessas organizações.

**Palavras-chave:** Web Scraping. Fusão de Informação. Gerenciamento de Reclamações.

**Abstract** - The growing number of active users on the Internet has generated a large volume of data every second. Also, consumers are looking for social media resources to expose their problems with suppliers of products and/or services, which has increased the use of complaint resolution platforms, such as Consumidor.gov.br and ReclameAQUI. It is noted, however, the absence of a computational tool that supports organizations in handling and integrating the data made available by different complaint registration and conflict resolution platforms. In this context, this work proposes the development of a computational system for extraction, fusion and analysis of the data contained in these two platforms, in order to obtain knowledge to be used to support the management of these organizations.

**Keywords:** Web Scraping. Data Fusion. Complaint Management.

#### I. INTRODUÇÃO

A Web 2.0 forneceu um ambiente para plataformas baseadas em conteúdo gerado pelo usuário, como as redes sociais virtuais (DONELAN & KEAR & RAMAGE, 2012), o que é refletido no crescimento da utilização da Internet: em janeiro de 2020 haviam mais de 4,54 bilhões de usuários ativos na Internet, 7% a mais do que em janeiro de 2019. Este número de usuários ativos equivale a 59% da população mundial (WE ARE SOCIAL, 2020). Com este crescimento de usuários ativos, há também uma grande quantidade de dados gerados constantemente. Estima-se que, em 2020, 1,7

MB de dados serão gerados por segundo para cada ser humano vivente no planeta Terra (DOMO, 2020).

Esta grande quantidade de conteúdo gerado por usuários, denominado de Boca a Boca Virtual (*electronic Word-of-Mouth* - eWoM), é valiosa para as empresas, uma vez que empodera os consumidores de produtos e/ou serviços (SOUSA *et al.*, 2019; CONSTANTINIDES & FOUNTAIN, 2008). Além disso, a busca dos consumidores por eficiência e eficácia dos fornecedores torna cada vez mais competitivo o mercado, criando um cenário no qual as empresas buscam um nível de qualidade cada vez mais alto nos serviços prestados (ANDION *et al.*, 2016).

As plataformas de mídias sociais vêm se destacando como uma ferramenta ágil para expor problemas com produtos ou provedores de serviços pelos consumidores (TRIPP & GRÉGOIRE, 2011). Aliado a este fato, o sentimento da raiva é o tipo mais influente e que se espalha mais rapidamente e mais amplamente nas mídias sociais (FAN *et al.*, 2013). Logo, adotar estratégias para lidar com reclamações, como rastrear as queixas mais prejudiciais para atender primeiro são fundamentais para o bom posicionamento da empresa em mídias digitais (GRÉGOIRE & SALLE & TRIPP, 2015).

Em 2014, o Ministério da Justiça do Brasil construiu uma plataforma de gerenciamento de reclamações chamada Consumidor.gov.br. Com base em dados de 2018, o mesmo ministério relata que a taxa média de solução dessa plataforma é superior ao índice da tradicional agência brasileira de proteção ao consumidor (Procon): 81% de solução das 609.644 reclamações na plataforma, em contraste com 76,5% de solução dos 2.274.191 casos tratados na rede Procon (BRASIL, 2019). A plataforma Consumidor.gov.br já possui mais de 2 milhões de usuários e 800 empresas registradas (BRASIL, 2020).

Os consumidores brasileiros também podem contar com a plataforma ReclameAQUI, que afirma ter mais de 15 milhões de usuários ativos e mais de 120 mil empresas registradas. Os dados disponíveis nessas plataformas são de grande interesse para as empresas, a fim de estabelecer um gerenciamento de relacionamento com o cliente.

Por outro lado, o processo de aquisição de dados em mídias digitais é baseado na disponibilidade destes dados fornecidos pelas plataformas por meio de Interface de Programação de Aplicação (*Application Programming Interface - API*). Existem uma grande variedade de arquiteturas para implementar essas APIs, como SOAP (*Simple Object Access Protocol*), REST (*Representational State Transfer*), CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*), dentre outras. Essas APIs podem usar JSON, XML, ou outro modelo de estrutura para a apresentação destes dados. No entanto, nem sempre existe uma API para acesso a dados disponível, ou é possível que a API tenha restrições no acesso ao dado (BALAZS & VELÁSQUEZ, 2016). Nestes casos, é necessário codificar uma solução conhecida como *web crawler* para adquirir os dados, geralmente usando ferramentas que permitem a identificação de elementos do documento HTML por XQuery ou seletores CSS.

Empresas, órgãos públicos e pesquisadores interessados nos dados de interações de usuários registradas em múltiplas plataformas de mídias digitais podem encontrar dificuldades, devido à falta de softwares especializados para executar esta tarefa, ou seja, a fusão e análise de dados disponíveis em diferentes plataformas.

Neste contexto, este trabalho propõe uma ferramenta para adquirir, fusionar, analisar e visualizar dados em plataformas de mídias digitais. Para isto, a ferramenta proposta foi desenvolvida de tal forma que os módulos de aquisição de dados específicos das plataformas de mídia digital desejadas somente precisam ser acoplados à ferramenta. Como prova de conceito, serão utilizadas duas plataformas de resolução de conflitos: Consumidor.gov.br<sup>1</sup> e ReclameAQUI<sup>2</sup>.

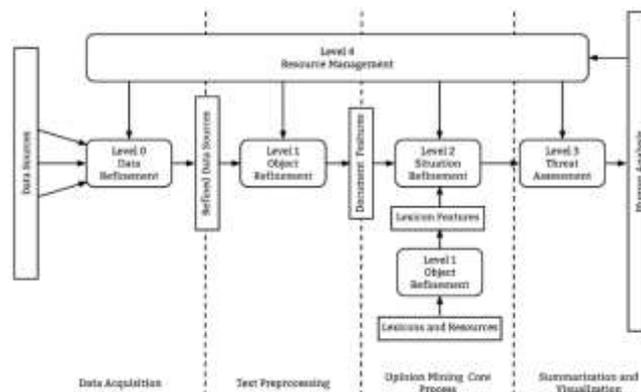
## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O modelo JDL é o mais popular e difundido modelo de fusão de dados. Esse divide os subprocessos da fusão de dados em cinco níveis: pré-processamento, refinamento de objeto, refinamento de situação, refinamento de ameaça e refinamento de processo (LYTRIVIS; THOMAIDIS; AMDITIS, 2009). Porém, o modelo JDL, da década de 1980, era focado em aplicações militares e redes de sensores. Posteriormente, houve um crescente interesse em fusão de dados gerados por seres humanos para tomada de decisão humana ou automatizada (BALAZS; VELÁSQUEZ, 2016; BOSTRÖM *et al.*, 2007).

Neste contexto, surge a área de fusão de informação. Uma das aplicações de destaque desta técnica é a mineração de opinião. Como o modelo JDL, essa técnica é subdividida em diversos níveis, os quais podem ser observados na Figura 1. O primeiro nível é o responsável pela filtragem e calibração de diferentes fontes de dados. O segundo nível é responsável pela correlação dos dados, colocando-os em uma única representação, como um vetor de dados. Este nível, também, é o responsável pelo pré-processamento dos dados. Uma vez que a coleção de documentos é pré-processada no segundo nível, no terceiro nível, a coleção será analisada através dos modelos e técnicas de mineração aplicados. No quarto nível ocorre a entrega dos resultados para visualização e suporte à tomada de decisões. O quinto nível garante continuamente a qualidade dos níveis anteriores (BALAZS; VELÁSQUEZ, 2016).

Outro conceito relacionado, o qual merece destaque, é a metodologia *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM). Este modelo de processo está dividido em 6 fases genéricas: entendimento de negócio, entendimento de dados, preparação dos dados, modelagem, avaliação e entrega.

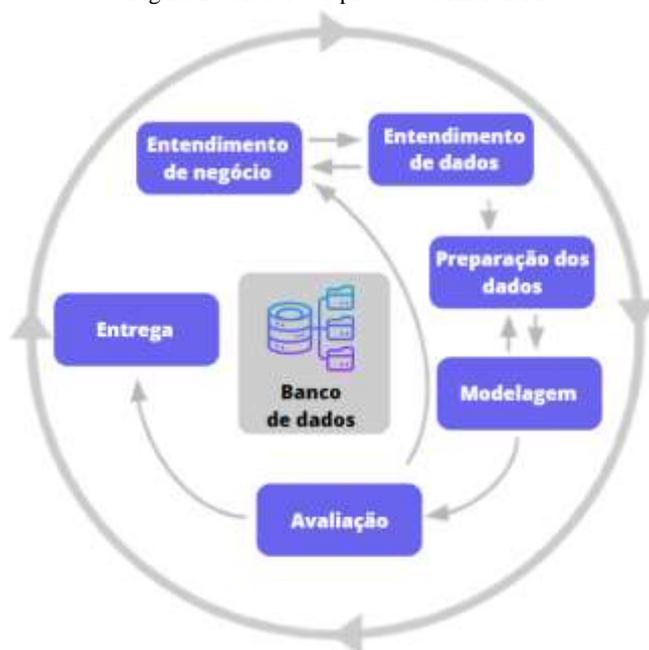
Figura 1 - Framework para aplicação de fusão de informação a mineração de opinião



Fonte: BALAZS; VELÁSQUEZ, 2016.

Conforme pode ser observado na Figura 2, apesar de apresentar uma sequência natural de fases, este modelo de processo permite a retroalimentação. Desta forma, não é um modelo de processo unidirecional, o que favorece à qualidade do desenvolvimento da ferramenta de mineração de dados. Tem-se, assim, descrito um modelo de processo independente tanto da área de aplicação quanto das tecnologias utilizadas no processo (WIRTH & HIPPE, 2000).

Figura 2 - Modelo de processo CRISP-DM



Fonte: Autores, 2020.

A fase 3 (preparação dos dados) da metodologia CRISP-DM pode ser associada aos níveis 0 e 1 do modelo de fusão de informação, a fase 4 (modelagem) ao nível 3, a fase 5 (avaliação) ao controle de qualidade do nível 4. Finalmente, o nível 6 (entrega) é correlato ao nível 3, onde haverá a

<sup>1</sup> <https://www.consumidor.gov.br/>

<sup>2</sup> <https://www.reclameaqui.com.br/>

disponibilização dos resultados das análises para a tomada de decisão. Vale destacar que o desenvolvimento da solução proposta neste artigo fez uso da metodologia CRISP-DM.

Alguns trabalhos, também, realizaram análise de dados extraídos de plataformas de gerenciamento de reclamações. Teixeira *et al.* (2018) realizam um trabalho de análise de dados na plataforma de avaliação de reputação eBit, objetivando identificar os tópicos mais relevantes dentre as avaliações na plataforma. Para isto, utiliza um *web crawler* desenvolvido por meio da ferramenta *Scrapy* e o modelo *Latent Dirichlet allocation* (LDA).

D'Aquino Netto *et al.* (2019) analisam dados da plataforma ReclameAQUI para suporte à tomada de decisões de empresas através de ferramentas como mapa de calor, nuvem de palavras e modelagem de tópicos com o algoritmo *LDA*. Por fim, o trabalho disponibiliza os dados ao usuário em um *dashboard*.

Outro trabalho nesta temática foi realizado por Sousa *et al.* (2020), o qual analisou dados de reclamações da plataforma ReclameAQUI extraídos por meio de um *web crawler*. O objetivo principal foi identificar os principais tópicos presentes nas reclamações e suas possíveis relações. Além disso, fez uma análise da distribuição geográfica e temporais das reclamações.

Vale destacar que todos estes trabalhos realizam análises de dados das plataformas, porém nenhum realiza a fusão de informações advindas de plataformas distintas.

### III. MÉTODOS

A ferramenta foi desenvolvida seguindo o modelo de arquitetura cliente-servidor, tornando possível isolar as responsabilidades dos módulos do sistema.

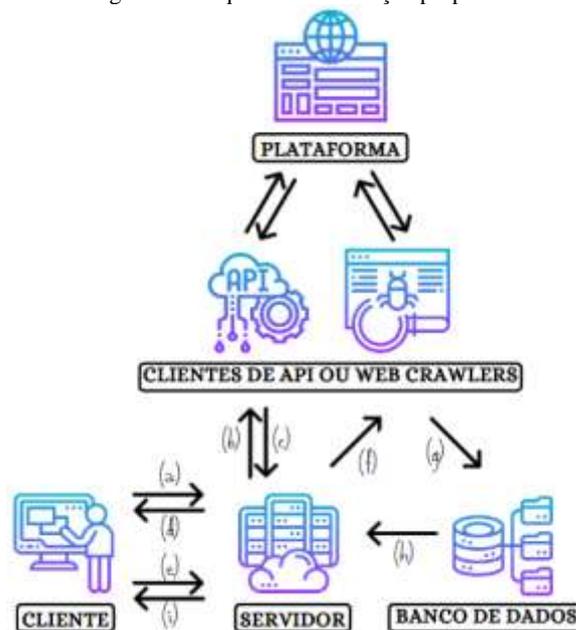
A aplicação em servidor é desenvolvida em *Python 3.8.2* com o *framework Flask 1.1.1* para mapear as rotas, responsáveis por fornecer: (i) uma lista de empresas correspondentes à pesquisa do usuário; (ii) dados para a visualização dos resultados das análises realizadas nas plataformas; (iii) exportação de dados fundidos. Para que a aplicação em servidor se comunique com os módulos de aquisição de dados específicos de cada plataforma, é necessário que estes módulos possuam os métodos *name()* e *crawl()*, que retornarão, respectivamente, uma lista com os nomes semelhantes ao pesquisado, e uma lista de interações dos usuários das plataformas da mídia digital. São estes módulos que devem encapsular o acesso aos dados da plataforma, seja por *web crawler* ou por acesso a API de dados. A inserção destes módulos no sistema se dá através da disponibilização dos mesmos no diretório específico (*./fusaoapi/crawlers*) e sua importação na aplicação em servidor. O nome do módulo deve ser igual ao da plataforma correspondente, assim seus métodos serão invocados dinamicamente quando uma requisição de análise de dados indicar a aquisição de dados da respectiva fonte. Os módulos utilizados neste trabalho fazem uso de *web crawlers* desenvolvidos com o auxílio da ferramenta *Selenium* para obter dados nas plataformas selecionadas para prova de conceito.

A aplicação cliente é desenvolvida em *JavaScript* com o *framework Vue.js 4.2.0* para criar os componentes de aplicação de página única. Criado para prototipagem rápida, o *framework Vue.js* permite reutilização de componentes com ligação de dados entre *model* e *view* da aplicação (FILIPOVA, 2016) de forma reativa (KYRIAKIDIS &

MANIATIS, 2016). A biblioteca *chart.js 2.9.3* foi utilizada para criar visualizações gráficas em um *dashboard*.

Uma visualização gráfica da arquitetura do sistema é ilustrada na Figura 3.

Figura 3 – Arquitetura da solução proposta



Fonte: Autores, 2020.

Os principais componentes da aplicação cliente são o de pesquisa de empresas e o de visualização de análises. O primeiro componente (pesquisa) está relacionado à seleção da empresa registrada no banco de dados de cada plataforma, e seu funcionamento se dá quando o usuário do sistema insere o nome da empresa a ser pesquisada e a aplicação cliente envia os dados para a rota */name* da aplicação em servidor (Figura 3a). Em seguida, a ferramenta aciona os módulos de aquisição de dados de cada plataforma informando a palavra-chave correspondentes ao nome digitado (como empresas, no caso da prova de conceito utilizada neste trabalho), conforme observado na Figura 3b. Cada módulo deve retornar à aplicação (servidor) uma lista de nomes semelhantes ao pesquisado (Figura 3c), sendo que o servidor apresenta esta lista para a aplicação cliente (Figura 3d).

O usuário do sistema escolhe o nome correto (p.e. empresa) dentre as opções encontradas na(s) plataforma(s), e então a aplicação cliente envia as seleções do usuário para a rota */analysis* da aplicação em servidor (Figura 3e). Nesta etapa, os módulos de aquisição dos dados são executados e os dados (reclamações dos usuários de uma determinada empresa) são extraídos (Figura 3f).

Neste ponto, é realizada a fusão das informações obtidos das diferentes plataformas e estes são salvos em um banco de dados não-relacional (Figura 3g) criado no sistema de gerenciamento de banco de dados *MongoDB 4.2.3*, tanto para armazenar em cache os comentários (reclamações) quanto para posteriores exportações. Neste ponto, os dados obtidos são enviados para a aplicação servidor (Figura 3h), a qual executa as análises nos dados. Estas análises serão mais bem detalhadas na subseção 2.1. Por fim, os resultados da análise são enviados de volta à aplicação cliente (Figura 3i) para alimentar os gráficos com os dados obtidos para visualização.

Conforme exposto anteriormente, após o recebimento dos dados, a aplicação realiza a fusão das informações e, com os dados unificados, passa a realizar análises. Essas análises

vão desde simples contabilização das interações de usuários, suas distribuições geográfica e cronológica até a utilização de técnicas de aprendizagem de máquina (AM), a fim de realizar descoberta de conhecimento na nova base de dados. Dentre as técnicas de AM disponíveis, optou-se por implementar a modelagem de tópicos, nuvem de palavras e análise de sentimentos, uma vez que são amplamente utilizados em análise de mídias sociais (CIRQUEIRA *et al.*, 2017).

Para entender a percepção dos usuários acerca de um tema, é necessário saber os assuntos sobre os quais os usuários estão comentando. Esse conhecimento pode ser alcançado usando uma estratégia para descobrir os tópicos presentes em uma coleção de documentos, representando-os em termos de temas latentes descobertos (WANG & BLEI, 2011), técnica chamada de modelagem de tópicos. Nesta técnica, podem ser utilizadas abordagens como a correlação de palavras para identificar padrões de texto latentes no conteúdo (WALLACH, 2006; HONG, 2010). Neste trabalho, foi utilizado o modelo LDA (BLEI & NG & JORDAN, 2003).

Além disto, para saber como o usuário interage com os elementos do cenário em análise, é realizada uma análise de sentimento. Esta forma de análise é amplamente utilizada para tratar computacionalmente opinião, sentimento e subjetividade em texto (PANG & LEE, 2008).

Esta técnica permite analisar avaliações, atitudes e emoções das pessoas em relação a produtos, serviços, organizações, tópicos e seus atributos, entre outros (LIU, 2012). Os sentimentos identificados podem ser classificados como *Positivo*, *Neutro* e *Negativo*, baseado na polaridade de um segmento textual. Para realizar esta tarefa, é utilizado o auxílio da ferramenta *Polyglot*<sup>3</sup>.

#### IV. RESULTADOS

A ferramenta possui uma interface intuitiva, conforme mostrado nas Figuras a seguir. Primeiramente, o usuário do sistema deve informar uma palavra-chave (empresa) para analisar os dados de interações de usuários, conforme Figura 4.

Uma vez que as palavras-chaves estão relacionadas a empresas, os assuntos comentados nas reclamações obtidas podem ser os produtos e serviços desta empresa, e os documentos serão os comentários relacionados às empresas nas plataformas.

Figura 4 - Busca por empresas

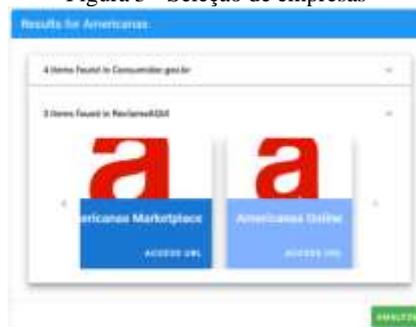


Fonte: Autores, 2020.

A tela de pesquisa da empresa (Figura 4) é usada para inserir o nome da empresa e quais plataformas serão utilizadas. Ao retornar com os resultados das plataformas consultadas, é apresentada a tela de seleção da empresa (Figura 5). Uma vez que a palavra-chave informada pode retornar vários resultados (assim como mostra o exemplo da

figura), faz-se necessário que o usuário confirme qual a empresa que serão capturados e analisados os dados.

Figura 5 - Seleção de empresas

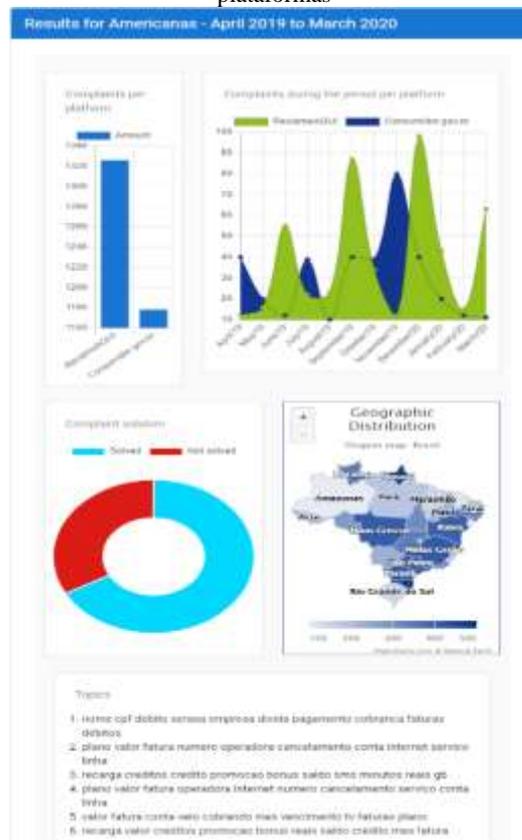


Fonte: Autores, 2020.

Conforme apresentado na seção II, após a seleção da empresa, é realizada o processo de fusão das informações da empresa escolhida com dados advindos das diferentes plataformas. Em seguida, é construída a tela do *dashboard*, na qual podem ser visualizadas todas as informações coletadas. A Figura 6 ilustra o painel com os resultados das análises realizadas.

Conforme pode ser observado no *Dashboard*, a fusão das informações viabiliza uma consolidação das informações que estavam distribuídas nas diferentes plataformas. Neste contexto, a ferramenta possibilita a visualização dos seguintes componentes gráficos: reclamações por plataformas; distribuição temporal de reclamações em plataformas; índice de solução de reclamações e distribuição geográfica de reclamações no território nacional por mapa de calor.

Figura 6 – Dashboard com a fusão das informações das diferentes plataformas

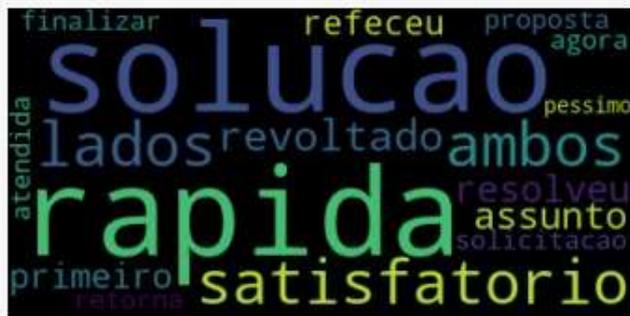


Fonte: Autores, 2020.

<sup>3</sup> <https://pypi.org/project/polyglot/>

Outro destaque do *Dashboard* é o resultado da análise dos tópicos realizados por meio do algoritmo *LDA*. Como pode ser observado, neste exemplo, foram gerados 6 tópicos com diversas palavras correlacionadas. Para cada tópico descoberto é disponibilizada uma nuvem de palavras para visualização da frequência de termos nos documentos associados ao tópico, conforme observado na Figura 7.

Figura 6 – Exemplo de nuvem de palavras associada a um tópico



Fonte: Autores, 2020.

#### IV. CONCLUSÃO

O presente trabalho fez utilização de ferramentas e tecnologias *web* para a criação de uma plataforma *online* de fusão e análise de dados de interações de usuários de múltiplas plataformas de mídias digitais. À plataforma desenvolvida devem ser acoplados módulos de aquisição de dados específicos para as plataformas desejadas.

Como nenhuma das funcionalidades da plataforma apresentada estão presentes nas versões gratuitas das fontes de dados, todas são contribuições apresentadas por este trabalho para o gerenciamento de reclamações e *customer relationship management* de empresas, favorecendo aos processos de tomada de decisão e gerando um melhoramento gerencial nas mesmas, além de ser uma implementação de uma solução de fusão das informações de reclamações em língua portuguesa totalmente desenvolvida com *softwares* de código aberto. Dentre as limitações deste trabalho, podem ser citadas as atualizações de segurança das fontes, eventuais alterações nos tipos de dados das mesmas, além da remoção de disponibilidade dos dados presentes nas fontes.

Através dos resultados pode-se concluir que é possível realizar a fusão e análise de dados de múltiplas plataformas de mídias digitais de forma a gerar conhecimento e agregar valor a quaisquer interessados nas análises, como empresas, pesquisadores e órgãos públicos.

#### V. REFERÊNCIAS

ANDION, I. P.; ANDION, M. da S.; RODRÍGUEZ, J. L. M.; LEITE, J. C. Solução do Problema do Roteiro de Veículos Da Distribuição das Botijas de Gás. *Revista Sodebras [on line]*, v. 11, n. 121, Jan./2016, p. 109-114. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N121.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2020.

BALAZS, J. A.; VELÁSQUEZ, J. D. Opinion mining and information fusion: a survey. *Information Fusion*, v. 27, p. 95-110, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2015.06.002>

BLEI, D. M.; NG, A. Y.; JORDAN, M. I. Latent dirichlet allocation. *Journal of machine Learning research*, v. 3, n. Jan, p. 993-1022, 2003.

BOSTRÖM, H., ANDLER, S. F., BROHEDE, M., JOHANSSON, R., KARLSSON, A., VAN LAERE, J., ... & ZIEMKE, T. **On the definition of information fusion as a field of research**. 2007.

BRASIL. **Senacon lança Consumidor em Números**. 2019. Disponível em: <https://www.justica.gov.br/news/collective-nitf-content-1552676889.94>. Acesso em: 24 junho 2020.

BRASIL. **Consumidor.gov.br ganha atualização da sua versão para celular**. 2020. Disponível em: <https://www.novo.justica.gov.br/news/consumidor-gov-br-ganha-atualizacao-da-sua-versao-para-celular>. Acesso em: 26 maio 2020.

CIRQUEIRA, D., PINHEIRO, M., BRAGA, T., JACOB, A., REINHOLD, O., ALT, R., & SANTANA, Á. 2017. Improving relationship management in universities with sentiment analysis and topic modeling of social media channels. *Proceedings of the International Conference on Web Intelligence - WI '17*, p. 998–1005, 2017.

CONSTANTINIDES, E.; FOUNTAIN, S. J. Web 2.0: Conceptual foundations and marketing issues. *Journal of direct, data and digital marketing practice*, v. 9, n. 3, p. 231-244, 2008.

DOMO. **Data Never Sleeps 7.0**. 2020. Disponível em: <https://www.domo.com/learn/data-never-sleeps-7>. Acesso em: 29 julho 2020.

DONELAN, H.; KEAR, K.; RAMAGE, M. **Online communication and collaboration: A reader**. Routledge, 2012.

FAN, R.; ZHAO, J.; CHEN, Y.; XU, K. Anger is more influential than joy: Sentiment correlation in Weibo. *PloS one*, v. 9, n. 10, p. e110184, 2014. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110184>

FILIPOVA, O. **Learning Vue.js 2**. Packt Publishing Ltd, 2016.

GRÉGOIRE, Y.; SALLE, A.; TRIPP, T. M. Managing social media crises with your customers: The good, the bad, and the ugly. *Business Horizons*, v. 58, n. 2, p. 173-182, 2015.

GRINBERG, M. **Flask web development: developing web applications with python**. O'Reilly Media, Inc., 2018.

KYRIAKIDIS, A.; MANIATIS, K. **The Majesty of Vue.js**. Packt Publishing Ltd, 2016.

LI, D.; ZAMANI, S.; ZHANG, J.; LI, P. Integration of Knowledge Graph Embedding Into Topic Modeling with Hierarchical. In: *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, vol. 1, p. 940–950, 2019.

LIU, B. Sentiment analysis and opinion mining. *Synthesis lectures on human language technologies*, v. 5, n. 1, p. 1-167, 2012.

LYTRIVIS, P., AMDITIS, A., & THOMAIDIS, G. **Sensor data fusion in automotive applications**. INTECH Open Access Publisher. 2009.

D'AQUINO NETTO, J. S.; ALMEIDA, G. R. Torres de; LOBATO, F. M. F.; JACOB JUNIOR, A. F. L. Melhorando Sistemas de Social CRM por meio de Eletronic Word-of-Mouth. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica em*

**Computação**, v. 17, n. 4, 2019. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/reic/article/view/89899>>

PANG, B.; LEE, L. Opinion mining and sentiment analysis. **Comput. Linguist**, v. 35, n. 2, p. 311-312, 2009.

SOUSA, G. N. de; GUIMARÃES, I. da S.; JACOB JR, A. F. L.; LOBATO, F. M. F. Gerenciamento de publicidades na plataforma de Redes Sociais de acordo com categorias de conteúdo. **Revista Sodebras [on line]**, v. 14, n. 166, pp. 18-23, Out./2019. DOI: 10.29367/issn.1809-1957.14.2019.166.18

SOUSA, G. N. de; GUIMARÃES, I. da S.; JACOB JR, A. F. L.; LOBATO, F. M. F. **Análise comparativa das principais plataformas de reclamações online**: implicações para análise de mídia social em negócios. In: Anais do IX Brazilian Workshop on Social Network Analysis and Mining, 2020, p. 154-165. DOI: 10.5753/brasnam.2020.11171

TEIXEIRA, M. A. M.; LOBATO, F. M. F; CHAGAS, B. N. R.; JACOB JR, A. F. L. Um Sistema de Aquisição e Análise de Dados para Extração de Conhecimento da Plataforma Ebit, In: **Proceedings of the 15th International Conference On Information Systems & Technology Management**, 2018, p. 4195-4206.

TRIPP, T. M.; GRÉGOIRE, Y. When unhappy customers strike back on the Internet. **MIT Sloan Management Review**, v. 52, n. 3, p. 37-44, 2011.

WALLACH, H. M. Topic modeling: beyond bag-of-words. In: **Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning**. 2006. p. 977-984.

WANG, C.; BLEI, D. M. Collaborative topic modeling for recommending scientific articles. In: **Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining**. 2011. p. 448-456.

WE ARE SOCIAL. **Digital 2020 - We Are Social**. 2020. Disponível em: <https://wearesocial.com/digital-2020>. Acesso em: 29 julho 2020.

WIRTH, R., & HIPPEL, J. CRISP-DM: Towards a standard process model for data mining. In: **Proceedings of the 4th international conference on the practical applications of knowledge discovery and data mining** (pp. 29-39). London, UK: Springer-Verlag. 2000.

## VI. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 08/07/2020*

*Aprovado em: 02/08/2020*

## MODELOS DE DIMENSIONAMENTO PARA SISTEMAS SOLARES FOTVOLTAICOS

### *SIZING MODEL FOR SISTEMAS SOLAR PHOTOVOLTAICS*

JOÃO EDSON LEITE JÚNIOR<sup>1</sup>; ARTUR DE SOUZA MORET<sup>2</sup>

1; 2 – GRUPO DE PESQUISA ENERGIA RENOVÁVEL E SUSTENTÁVEL GPERS/FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA – UNIR  
*eng.leitejoao@gmail.com; amoret@unir.br*

**Resumo** – O texto trata de dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos on grid que são regidos pela Resolução 482/2012 da ANEEL. Este aparato jurídico mudou o mercado de eletricidade, porque permitiu auto geração de eletricidade, o uso das redes das distribuidoras, da mesma forma aqueceu a demanda e forçou a queda dos preços possibilitando aumento de consumidores interessados nesta modalidade de geração. Entretanto, ainda há muitas dúvidas na implantação de sistemas, na operação, na tarifação e, sobretudo, no dimensionamento. O foco deste texto é a apresentação de dois modelos de cálculo da potência instalada de sistemas fotovoltaicos que tem como referência a facilidade de compreensão e de aplicação, visando auxiliar interessados e empresas que tenham como foco a implantação de sistemas fotovoltaicos.

**Palavras-chave:** Modelo de Dimensionamento. Sistema Fotovoltaica.

**Abstract** - The text deals with the dimensioning of photovoltaic solar systems on grid that are governed by ANEEL Resolution 482/2012. This legal apparatus changed the electricity market, because it allowed self-generation of electricity, the use of the distributors' networks, likewise heated demand and forced the fall in prices, allowing an increase in consumers interested in this type of generation. However, there are still many doubts in the implementation of systems, in the operation of the system, in pricing and, above all, in the dimensioning of the system. The focus of this text is the presentation of two models for calculating the installed power of photovoltaic systems that have as reference the ease of understanding and application, aiming to help interested parties and companies that have as objective the implantation of photovoltaic systems.

**Keywords:** Dimensioning Model. Photovoltaic System.

### I. INTRODUÇÃO

Moret, Feitosa e Guimarães (2018), Moret e Guerra (2012) mostraram a importância das energias renováveis para a ampliação do sistema elétrico Brasileiro com impactos ambientais e sociais menores, porque são mais sustentáveis do que o sistema hidrotérmico tradicional brasileiro que é baseado em grandes hidrelétricas e termelétricas. Destacam-se que as fontes de energia renovável são importantes na atualidade porque podem contribuir para a diminuição da emissão líquida de CO<sub>2</sub>.

Há um leque expressivo de fontes renováveis: biomassa, eólica, solar, hidráulica. As fontes promissoras renováveis no final do século e início deste século foram

biomassa, sobretudo, óleo vegetal, esterco para produção de biogás, madeira, resíduos de cana de açúcar. Nesta década, a fonte solar surge como promissora decorrentes dos avanços tecnológicos em níveis internacionais resultando em menor custo de instalação. Em nível local a ANEEL, com a publicação da Resolução 482/2012, produziu alterações importantes no mercado porque permitiu que a micro geração fosse autorizada a injeção da energia excedente nas redes das Concessionárias de Distribuição. Esta Resolução aplica-se apenas a sistemas on grid, diferente do sistema isolado (SILVA e DEMONDI, 2013; GUEDES JUNIOR, 2016).

Este novo marco do Setor Elétrico permite que o consumidor gere a energia elétrica durante os dias e o excedente (de energia elétrica) seja injetado na rede das distribuidoras e nos momentos que não tem geração recebe (da rede da distribuidora) a energia necessária para o consumo. A contabilidade entre o que foi injetado e o que foi consumido da rede da Concessionária produz a quantidade de energia que será paga.

Mesmo que seja importante para o consumidor este modelo, as distribuidoras não têm simpatia pelo formato da Resolução, porque o consumidor utiliza a rede da Concessionária sem o pagamento por este uso.

Como destacado, o mercado atual é atrativo para a implantação da Energia solar fotovoltaica, entretanto devemos destacar que o crescimento da energia fotovoltaica reafirma a importância desta tecnologia, como apresentado por Tiepolo *et al.* (2015):

É inevitável que os investimentos em fontes renováveis de energia como a fotovoltaica estejam em alta, mediante a evolução das tecnologias utilizadas tanto a nível mundial como nacional, e respectivamente pela diminuição dos custos de implantação e melhoria significativa na eficiência nestas tecnologias, a ponto de se comparar os custos relacionados a outras fontes historicamente importantes como hidroelétricas e termoeelétricas.

A implantação de sistemas fotovoltaicos tem uma dinâmica singular, porque não envolvem apenas os custos, a técnica, o conhecimento da tecnologia, sobretudo, porque altera toda a dinâmica do uso e do consumo da eletricidade. Ou seja, com o uso corrente da eletricidade disponibilizada pela concessionária não há

preocupação (por parte do consumidor) com o tamanho e com a robustez deste sistema, entretanto na auto geração um dos pontos que impõe é o conhecimento do tamanho do sistema. Há muitas dúvidas quanto à implantação de sistemas, a operação do sistema, a tarifação e, sobretudo, no dimensionamento do sistema. No Estado da Arte há materiais que tratam desta questão, como pode ser visto em Santos, Canha e Barnadon (2018), Hanna, Leach e Toriti (2018), Tonin (2018) e Bayer *et al* (2018).

Os objetivos deste texto baseiam-se na apresentação de dois modelos de dimensionamento e na análise dos resultados da aplicação destes em cinco consumidores da cidade de Porto Velho Rondônia.

Os modelos têm como referência a facilidade de compreensão e de aplicação, para que possa ser incorporado pelos interessados por instalação de sistemas, bem como de empresas que tenham como foco a implantação de sistemas fotovoltaicos. Nos modelos objetiva-se a determinação da potência P do sistema para atender uma determinada unidade consumidora. Os modelos podem ser sucintamente apresentados: no modelo 1 o P é determinado pela contabilidade da energia gerada com as insolações mensais; no modelo 2 o P é determinado pela relação entre média de consumo diário e o tempo médio anual de insolação.

## II. PROCEDIMENTO DE MODELO DE DIMENSIONAMENTO

O resultado que se espera do dimensionamento é a determinação da potência P em kW do sistema fotovoltaico para diferentes tipos de consumidores, para tanto Celik e Yorukoglu (2006) indicaram que “A quantidade de radiação solar global e sua distribuição temporal são as principais variáveis para a concepção de sistemas de energia solar”. Neste texto, a referência balizadora do dimensionamento é a Resolução 482/2012 da ANEEL, que delimita o pagamento mensal de eletricidade a energia líquida que é a diferença entre a energia gerada e a energia consumida, demonstrada pela Eq. 1.

A potência P é resultado da relação entre a radiação e o consumo de eletricidade específico do consumidor, que podemos dizer que é uma função  $P=f(cons, ins)$ , sendo *cons* a quantidade de energia elétrica mensal em kWh disponíveis nas contas de eletricidade e *ins* é quantidade em horas mensais de insolação para uma determinada localidade disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020).

A seguir serão destacados os dois modelos de dimensionamento da potência de sistemas fotovoltaicos.

### 2.1- Método 1

Este modelo tem como referência a contabilidade da energia gerada (com as insolações mensais) e a energia consumida na unidade consumidora Eq. 1. A potência mais eficiente P para atender ao consumidor é quando o somatório da energia elétrica gerada e consumida é nulo, ou seja, a energia líquida (*enerlq*) Eq.1 é zerada e por consequência produz a Eq.2.

$$enerlq = \sum_{n=1}^{12} (P * ins_n - cons_n) \quad Eq.1$$

Onde:

*enerlq*- energia líquida é diferença a geração e o consumo  
P- potência do sistema fotovoltaico

*ins<sub>n</sub>*- insolação no mês n

*cons<sub>n</sub>*- consumo mensal no mês n

Quando a Eq.1 é igual a zero obtêm-se a Eq.2.

$$P = \frac{\sum_{n=1}^{12} cons_n}{\sum_{n=1}^{12} ins_n} \quad Eq. 2$$

### 2.2 - Método 2

Neste modelo a potência *Pac* (Eq.5) é determinado pela relação entre o consumo diário (*Ecd*) Eq.3 e o tempo diário de insolação (*Hm*), Eq. 4.

$$Ecd_n = \frac{cons_n}{30} \quad Eq. 3$$

$$Hm_n = \frac{ins_n}{30} \quad Eq. 4$$

$$Pac = \frac{\sum_{n=1}^{12} \frac{cons_n}{ins_n}}{12} \quad Eq. 5$$

### 2.3- Dados e análises

Os dados analisados representam uma amostra não estatística e serão utilizadas as insolações de Porto Velho e que são disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020). Os dados de consumo serão de unidades consumidoras da cidade de Porto Velho, escolhidos aleatoriamente dentro de um rol daqueles que desenvolvem atividades com o Grupo de Pesquisa Energia Renovável Sustentável- GPERS ([www.energusust.unir.br](http://www.energusust.unir.br))

Serão realizadas análises numéricas através da comparação entre os valores dos dois modelos, portanto a viabilidade dos modelos é representada pela diferença entre eles, ou seja, quanto menores forem estes valores mais próximos estão das potências mais eficientes para o sistema. Da mesma forma, serão feitas comparações gráficas entre as potências requeridas mensais e os resultados dos dois modelos, visando apresentar graficamente se os resultados podem atender o consumidor, considerando as variações da insolação durante o ano, uma parte com baixa insolação (janeiro a maio) e outra com alta insolação (junho a dezembro), portanto na menor insolação a potência requerida é maior e nos outros momento é menor. Assim, a potência mais efetiva é aquela que gera crédito de energia nos momentos de alta para serem utilizados nos momentos de baixa.

### III. RESULTADOS

Os quadros a seguir apresentam os dados de Insolação para a cidade de Porto Velho (PVH) e os consumos de cinco unidades consumidoras

Quadro 1 - Insolação e consumos de unidades consumidoras

	Insolação PVH (horas)	Consumos (kWh)				
		1	2	3	4	5
janeiro	117,2	1470	190	2000	5825	1431
fevereiro	104,2	846	143	2000	6418	1203
março	98,7	1184	211	2000	4370	1208
abril	100,7	1334	199	2000	9713	1290
maio	125,8	1286	275	2000	9040	1133
junho	161,2	1239	251	2000	9582	1284
julho	202,7	1409	290	2000	10548	1686
agosto	226,9	1235	245	2000	5074	1649
setembro	237,7	1375	253	2000	9045	1553
outubro	245,4	1287	234	2000	5421	1488
novembro	199,2	1311	210	2000	6240	1248
dezembro	162,7	745	195	2000	7054	754
<b>Total</b>	<b>1982,4</b>	<b>14721</b>	<b>2696</b>	<b>24000</b>	<b>88330</b>	<b>15927</b>

Fonte: Elaboração dos Autores, 2020.

Os dados apresentados no Quadro 1 permitem aplicar os dois métodos destacadas por este texto.

Iniciando com o método 1, Eq. 2, que utiliza os valores totais de insolação e de consumo, resultando nos dimensionamentos das potências (P) para cada consumidor, apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Aplicação do modelo 2

	Consumidores				
	1	2	3	4	5
Modelo 1	1	2	3	4	5
P (kW)	7,4	1,4	12,1	44,6	8,0

Fonte: Elaboração dos Autores, 2020.

O método 2 é referenciado pelas Equações 3, 4 e 5. O Quadro 3 apresentam as potências para todos os meses e por consequência a potência final (Pot) para cada consumidor.

Quadro 3 - Potências mensais e final de cada consumidor

	Consumidores				
	1	2	3	4	5
Pac <sub>n</sub>					
janeiro	12,5	1,6	17,1	49,7	12,2
fevereiro	8,1	1,4	19,2	61,6	11,5
março	12,0	2,1	20,3	44,3	12,2
abril	13,2	2,0	19,9	96,5	12,8
maio	10,2	2,2	15,9	71,9	9,0
junho	7,7	1,6	12,4	59,4	8,0
julho	7,0	1,4	9,9	52,0	8,3
agosto	5,4	1,1	8,8	22,4	7,3
setembro	5,8	1,1	8,4	38,1	6,5
outubro	5,2	1,0	8,1	22,1	6,1
novembro	6,6	1,1	10,0	31,3	6,3
dezembro	4,6	1,2	12,3	43,4	4,6
Pot (kW)	8,2	1,5	13,5	49,4	8,7

Fonte: Elaboração dos Autores, 2020.

Os valores dos dimensionamentos, P e Pot, para os dois modelos têm pequenas diferenças e por isso não são excludentes, ou seja, o resultado de um modelo não é mais adequado do que o outro. As diferenças das potências para os consumidores variaram entre 7,1% até 10,8%.

Quadro 4 - Potências e variação para diferentes modelos

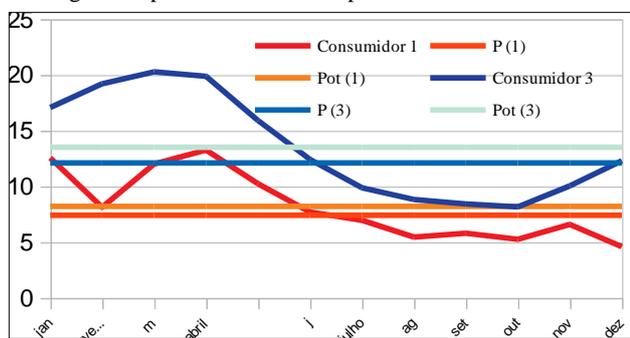
	Consumidores				
	1	2	3	4	5
Modelo 1- P	7,4	1,4	12,1	44,6	8
Modelo 2- Pot	8,2	1,5	13,5	49,4	8,7
Variação %	10,8	7,1	11,6	10,8	8,8

Fonte: Elaboração dos Autores, 2020.

Visando fortalecer a análise será apresentado o gráfico, dos consumidores 1 e 3, para demonstrar que a potência calculada atende ao que foi delimitado que é a geração de eletricidade que seja capaz de atender a demanda de eletricidade de unidades consumidoras.

A figura 1 que apresenta as potências mensais demandadas e as potências dimensionadas para os consumidores 1 e 3, e no gráfico é possível indicar que os valores calculados são maiores do que as demandas para uma parte do ano e menores para outra parte, ou seja, atende ao que é preconizado na Resolução da ANEEL 482/2012, geram crédito em uma parte do ano para serem utilizados naqueles momentos que a geração é menor do que a demanda.

Figura 1 - potências mensais e potências dimensionadas



Fonte: Elaboração dos Autores, 2020.

#### IV. CONCLUSÃO

Os resultados dos dois modelos de dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos apresentados e as aplicações em consumidores demonstram a viabilidade da utilização, porque os valores não foram discrepantes e atendem a Resolução 482/2012 da ANEEL. Da mesma forma, os resultados dos modelos não são subdimensionados e, tampouco, superdimensionados, desta forma atendem aos objetivos propostos apresentados.

#### V. REFERÊNCIAS

BAYER, Benjamin; MATSCHOSS, Patrick; THOMAS, Heiko; MARIAN, Adela. The German experience with integrating photovoltaic systems into the low-voltage grids. **Renewable Energy**, v. 119, Apr. 2018, p.129-141.

CELIK, A. N.; YORUKOGLU, M. A critical review on the estimation of daily global solar radiation from sunshine duration. **Energy Conversion and Management**, v. 47, p. 2441-2450, 2006.

GUEDES JUNIOR, Orlando Moreira. Proposta de um sistema de geração de energia elétrica fotovoltaico isolado e estudo de viabilidade econômica: estudo de caso em condomínio horizontal. XXXIV International Sodebras Congress. 07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo – SP, **Revista Sodebras [on line]**. v. 11, n.123, mar.2016, p.152-156. ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N123.pdf>. Acesso em 05 abr. 2020.

HANNA, Richard; LEACH, Matthew; TORITI, Jacopor. Microgeneration: The installer perspective. **Renewable Energy**, v. 116, Part A, Feb. 2018, p. 458-469.

INMET. **Insolação Total (horas)**. Instituto Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>

MORET, A. S.; FEITOSA, M. G. M.; GUIMARAES, J. L. L. Energias alternativas como fonte de calor na indústria de cerâmicas do estado de Rondônia. **Revista Sodebras [on line]**. v. 13, n. 146, p. 47-52, Fev./2018. ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N146.pdf>. Acesso em 05 de Abr.2020.

MORET, A. S.; GUERRA, Sinclair Mallet Guy. Geração de eletricidade e qualidade de vida: análise de um sistema aplicado. **DELOS: Desarrollo local sostenible**, v. 5, p. 1-5, 2012.

SANTOS; L.L.C. dos; CANHA, L.N.; BERNADON, D.P. Projection of the diffusion of photovoltaic systems in residential low voltage consumers. **Renewable Energy**, v. 116, Part A, Feb. 2018, p. 384-401.

SILVA, Alex de Lima e. DEMONDI, Rogers. Dimensionamento de um sistema fotovoltaico com armazenamento de energia. **Revista Sodebras [on line]**. v.8, n. 91, p. 10-16, Jul./2013. ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N91.pdf>. Acesso em: 05 de Abr./2020.

TIEPOLO *et al.* Comparação do potencial fotovoltaico do estado do Paraná com Alemanha, Espanha e Itália – valores revisados e atualizados. XXXIII International Sodebras Congress. **Revista Sodebras [on line]**. v.10, n.116, p. 127-130, Ago/ 2015. ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N116.pdf>. Acesso em: 05 de Abr./2020.

TONIN, Fabianna Stumpf. Characterization of grid-connected photovoltaic systems in Curitiba, Brazil. **Braz. arch. biol. technol.** v.6, Oct. 29, 2018.

#### VI. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 28/04/2020*

*Aprovado em: 18/05/2020*

## PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO E CONTROLE DE UMA ESTUFA AGRÍCOLA UTILIZANDO REDES MESH E TRANSCETORES DE RADIOFREQUÊNCIA

### DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN AGRICULTURAL GREENHOUSE COMMUNICATION AND CONTROL SYSTEM USING MESH NETWORKS AND RF TRANSCEIVERS

GABRIEL HENRIQUE TESTA<sup>1</sup>; WYRLLEN EVERSON DE SOUZA<sup>2</sup>; ROBERTO RIBEIRO NELI<sup>3</sup>;  
EDUARDO GIOMETTI BERTOGNA<sup>4</sup>

1 – GRADUANDO DO CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA  
FEDERAL DO PARANÁ; 2;3;4 – DOCENTES DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INOVAÇÕES  
TECNOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

*gabrieltesta@alunos.utfpr.edu.br, wyrlleensouza@utfpr.edu.br, neli@utfpr.edu.br, ebertonha@gmail.com*

*Resumo - Este artigo apresenta a concepção, implementação e testes de um sistema de comunicação, para o monitoramento e controle de variáveis ambientais do interior de uma estufa de cultivo de plantas. O sistema visa adquirir, transmitir, registrar e analisar dados de temperatura, luminosidade e umidade de modo a realizar o controle destas variáveis através de atuadores próprios de modo a manter o ambiente interno da estufa dentro dos parâmetros desejados para estas três variáveis e, além disso, expor os dados de maneira fácil para análise do agricultor. A topologia escolhida para a rede de comunicação dos sensores foi a do tipo mesh devido a sua robustez contra falhas, utilizando transceptores de radiofrequência, que viabiliza o monitoramento de uma área relativamente grande e, ainda, possibilita a modularidade do sistema. Os resultados obtidos se mostraram promissores para se constituir em um produto comercial.*

*Palavras-chave: Estufas de Plantio. Redes Mesh. Internet das Coisas.*

*Abstract – This article presents the conception, implementation and tests of a system for the monitoring and control of environmental variables inside a plant cultivation greenhouse. The system aims to acquire, record and analyze data on temperature, light and humidity in order to control these variables through specific actuators to keep the internal environment of the greenhouse within the desired parameters for these three variables. The topology chosen for the sensor network was the mesh type using radiofrequency transceivers, thereby enabling the monitoring of a relatively large area still allowing the system's modularity. The results obtained showed to be promising to become a commercial product.*

*Keywords: Greenhouses. Mesh Network. Internet of Things.*

#### I. INTRODUÇÃO

As estufas agrícolas foram utilizadas durante séculos como meio de proteção das plantas contra climas extremos, como por exemplo, no cultivo de espécies tropicais em latitudes mais altas (CRITTEN; BAYLEY, 2002).

O uso de estufas tornou possível criar melhores condições de crescimento das culturas devido à manutenção do ambiente interno em condições adequadas se comparado ao ambiente externo (CRITTEN; BAYLEY, 2002). Além disso, o ambiente controlado no interior destas estufas

possibilita um fornecimento constante de água para as plantas em regiões com longos períodos de seca, mantendo-se o uso eficiente desta água, proteção contra insetos, doenças e ventos fortes (BAILEY, 2002). Contudo, também há um efeito indesejado ao cultivo de plantas que se traduz em um ambiente confortável dentro do qual as pragas e fungos podem se esconder (CRITTEN; BAYLEY, 2002).

Os custos de cultivo em estufas agrícolas dotadas de monitoramento e controle de seus parâmetros ambientais (umidade relativa do ar, temperatura e luminosidade) são geralmente mais caros do que os cultivos no campo. Com isso, deve-se alcançar uma maior produtividade para compensar os custos adicionais de implantação, operação e manutenção (SHAMSHIRI; ISHAK, 2013).

Mundialmente a agricultura de cultivo controlado está passando por uma transição impulsionada pelos avanços na tecnologia (SHAMSHIRI; *et al.*, 2018). Inovações em sensores de baixo custo e baixo consumo, instrumentação, dispositivos de comunicação, processamento de dados móvel e aplicações, juntamente com os avanços tecnológicos no design das estruturas (COELHO; *et al.*, 2020), estão mudando o cultivo controlado tradicional que consistia de apenas estruturas cobertas simples, para verdadeiras indústrias de alta tecnologia que em razão disto aumentam a produtividade do cultivo (EHRET; *et al.*, 2001).

Nos últimos anos com o retorno da pauta ambiental nos assuntos globais, surgiram estudos sugerindo metodologias de operação das estufas abrangendo desde a reutilização da água do sistema, até instalação de micro geração de energia elétrica, seja eólica ou através de painéis solares (CUCE; *et al.*, 2016).

Com o advento da Indústria 4.0 e conceitos de *Internet of Things* (IoT), métodos científicos podem ser mais facilmente implementados, já que a conectividade dos dispositivos sensores com a Internet abre caminho para um efetivo acompanhamento remoto dos dados de cultivo. A aplicação destas novas tecnologias ao cultivo em estufas possibilita a identificação de problemas e anormalidades no cultivo ao longo do tempo, e cálculo de estimativas de

desempenho e produtividade (LI; ZHANG; ZHANG; 2014). Uma aplicação clássica de controle de uma estufa tropical usa sensores tanto no seu interior como no exterior, monitorando as variáveis ambientais pertinentes que afetam o crescimento das culturas (SHAMSHIRI; ISMAIL, 2013). Os dados provenientes dos sensores são utilizados para fornecer um *feedback* em um controlador, o qual envia comandos para atuadores, tais como: ventiladores, refrigeradores, sistema de nebulização e sistema de iluminação (SHAMSHIRI; *et al.*, 2018).

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 - Modelo da rede mesh implementada utilizando dispositivos de radiofrequência.

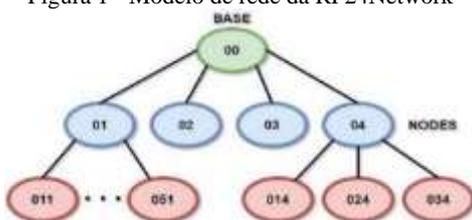
Uma rede sem fio com topologia *mesh* é composta por um *gateway* conectado à internet, e todos os demais dispositivos da rede seguem o modelo cliente/roteador, reduzindo consideravelmente o custo com instalação de cabos para a conexão entre os dispositivos. Uma das grandes vantagens do modelo *mesh* é a robustez a falhas, isto é, caso haja uma falha em algum roteador, a rede automaticamente procura outro roteador ao alcance e uma nova rota entre cliente e *gateway* é estabelecida (ARAÚJO; MESTRIA, 2017). Este modelo de rede será aplicado, tendo como base dispositivos *transceiver* de radiofrequência do tipo NRF24L01 com antena embutida. O modelo foi selecionado devido a seu alcance que pode chegar a 100m de distância em campo aberto.

Para estruturar a rede *mesh* do sistema aqui proposto foram usadas as bibliotecas Arduino RF24Network e RF24Mesh associadas.

A biblioteca RF24Network é usada para a criação de redes de comunicação RF em topologia de árvore, ou seja, é capaz de criar um sistema onde um nó da rede é a base (mestre), e os outros nós são filhos desta base ou de outro nó. Cada nó da rede criada através da biblioteca RF24Network pode ter até 5 nós filhos, e a rede toda pode ter até 5 níveis de profundidade. Com essas características a rede pode contar com até 3125 nós no total. Cada nó deve ser definido com um endereço de até 15 bits, que descreve precisamente sua posição (TUCOWS, 2020). Podemos definir os endereços de forma octal, portanto, o endereço do mestre é 00, e os endereços dos filhos básicos são de 01 a 05, e os filhos deles de 011 a 051, e assim em diante.

A limitação da topologia implementada pela biblioteca RF24Network é que a comunicação ocorre apenas entre ramos da árvore com familiaridade. Assim, caso um nó derivado do nó 01 precise se comunicar com derivado do nó 02, o dado deverá percorrer todo o ramo até a base, e depois para o ramo desejado como mostra a Figura 1, assim, sendo necessário que todos os nós estejam funcionais para que a comunicação seja efetuada com sucesso nos nós mais distantes fora do alcance da base.

Figura 1 - Modelo de rede da RF24Network



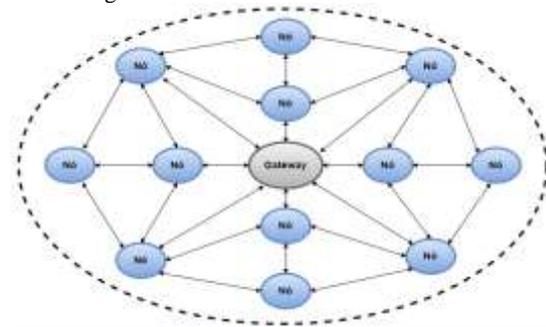
Fonte: adaptado de (TUCOWS, 2020).

Podemos concluir então, que a biblioteca RF24Network por si só não resolve o problema de construir uma rede inteligente, garantindo que a informação sempre chegue na base, caso algum nó fique inoperante ou seja removido do sistema.

A biblioteca RF24Mesh, por sua vez, é utilizada para fornecer um ecossistema de endereçamento para nós dentro de uma rede de sensores. Os nós podem receber uma identificação única variando de 1 a 255, e o endereçamento e o roteamento são gerenciados por esta biblioteca, podendo ser customizado para atender a diversos cenários (TESTA; BERTOGNA, 2019). A topologia implementada pela biblioteca RF24Mesh pode ser observada na Figura 2.

A biblioteca RF24Mesh fornece uma rede *mesh* de curto alcance, ou seja, dentro do alcance do mestre, e, portanto, por si só não resolve a necessidade de uma rede *mesh* de longo alcance. Portanto, para se atingir melhores resultados do sistema de comunicação, as bibliotecas RF24Network e RF24Mesh foram associadas, explorando o melhor das duas bibliotecas, ou seja, todos os nós possuem um endereço de árvore da biblioteca RF24Network, e um ID de 1 a 255 da biblioteca RF24Mesh, de forma a resolver a restrição de comunicação da árvore, onde um nó apenas poderia comunicar-se com seu nó familiar previamente definido mencionada anteriormente.

Figura 2 - Modelo de rede da RF24Mesh

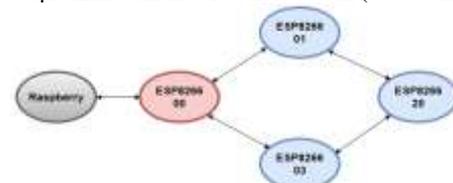


Fonte: adaptado de (TUCOWS, 2020).

### 2.2 - Dimensões atendidas pela rede mesh proposta

Analisando as necessidades de um agricultor de estufa, observou-se que não existe padronização de dimensões de espaço para cultivo controlado, portanto, cada agricultor demanda um sistema com diferentes dimensões de estufa, muitas vezes necessitando realizar alterações devido à expansão em seu cultivo. Para resolver este problema de dimensão, observou-se que a maioria das estufas existentes possuem o formato retangular, de aproximadamente 100 m por 300 m, chegando então a um valor padrão de 30.000 m<sup>2</sup>. Para esta dimensão é possível aplicar o método a partir de quatro dispositivos de medição conforme pode ser observado na Figura 3, cobrindo uma pequena área de monitoramento, e conforme se necessite uma expansão da área de cultivo, novas estações podem ser adicionadas sem maiores dificuldades.

Figura 3 - Disposição dos dispositivos do sistema para uma estufa de aproximadamente 100 m x 300 m (30.000 m<sup>2</sup>)



Fonte: Autoria própria.

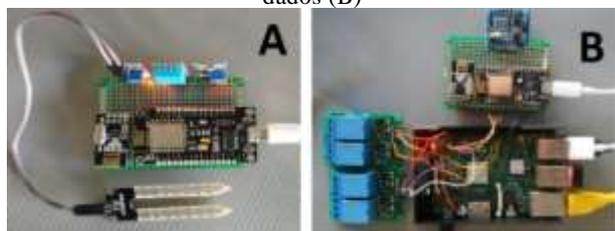
### 2.3 - Arquitetura de Hardware

O hardware do sistema é constituído por módulos sensores responsáveis pelo sensoramento dos parâmetros ambientais da estufa, módulos *transceiver* de RF, para comunicação de dados na rede *mesh*, e placas Nodemcu baseadas nos microcontroladores ESP8266 da empresa chinesa Espressif Systems.

#### 2.3.1 - Estações de medição (EM) 01, 03 e 20

A Figura 4-A mostra uma das estações de medição (EM), responsáveis pela aquisição de dados ambientais dos vários setores da estufa. Estas EMs contam com sensores de temperatura, umidade e luminosidade interfaceados às placas Nodemcu. Os dados das medições, por sua vez, são enviados para a rede de estações remotas via RF usando o protocolo de rede *mesh* implementado, e usando para isto, módulos *transceiver* de RF modelo NRF24L01.

Figura 4 - Ligações físicas das estações de medição (A), e da estação mestre de comunicação com a estação de tratamento de dados (B)



Fonte: Autoria própria.

#### 2.3.2 - Estação Master de Comunicação (EMC00)

O elemento central do Sistema de comunicação RF utiliza também uma placa Nodemcu, sendo denominada de Estação Master de Comunicação (EMC), tendo a função de receber dados das EMs, via rede *mesh*, cuidando também do endereçamento dos nós e checagem de dados para evitar que informações corrompidas passem adiante, além de também possuir função de sensoramento como já mencionado nas EMs.

Devido à concepção da arquitetura da comunicação, será a EMC quem ativará a conexão de ponte com cada EM, criando uma linha de roteamento que se forma do EMC para as EM's, criando assim linhas de fluxo de informação que conduzem os dados da última EM até o EMC.

#### 2.3.3 - Estação de Tratamento de Dados (ETD)

Para armazenar, e direcionar todos os dados recebidos pela rede *mesh* há um quinto dispositivo conectado à EMC via USB, trata-se de um sistema embarcado RaspberryPi 3B, tendo a função de realizar o tratamento dos dados, sendo então, este dispositivo chamado de Estação de Tratamento de Dados (ETD). Uma foto de uma EMC conectada à ETD pode ser observada na Figura 4-B.

As principais funções da ETD são: recebimento dos dados que chegam ao dispositivo *Master*, decodificação do vetor de dados, separando as variáveis, armazenamento destes num banco de dados relacional MySQL, e

hospedagem da interface Web para exposição de dados de medição em tempo real na forma de gráficos e tabelas das estações.

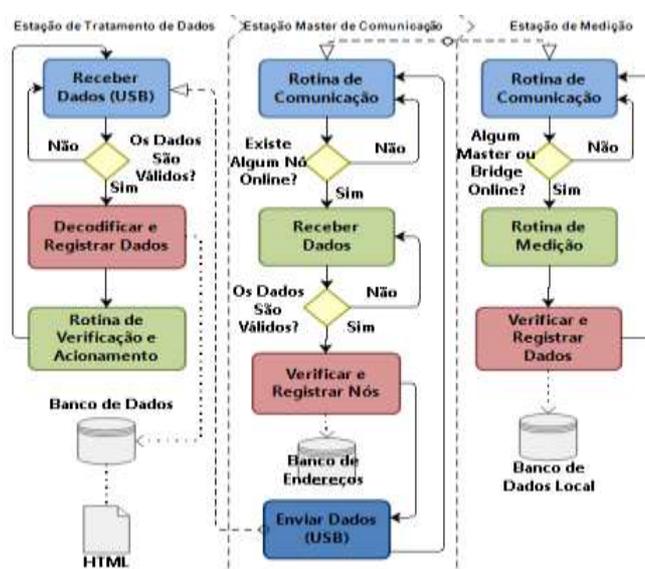
A partir dos dados recebidos da EMC, a ETD compara os dados recebidos com a faixa de tolerância definida, fazendo o acionamento dos respectivos atuadores de modo a manter as condições ambientais da estufa dentro dos parâmetros definidos como ideais para cultivo. A ETD, ainda, contará com um módulo relógio de tempo real para manter dados de data/hora em caso de perda de conexão com a internet.

#### 2.3.4 - Arquitetura de Software

Um fluxograma resumido de funcionamento do *firmware* do sistema pode ser observado na Figura 5.

O protocolo de comunicação utilizado é baseado na estrutura *ModBus* do tipo *Master-Slave*, que conta com endereço, função, campo de identificação e verificação de segurança. As EM serão do tipo *Slave (off-line)* inicialmente, vindo a se tornarem *Bridge (online)* após conexão com a rede.

Figura 5 - Fluxograma de código do sistema de monitoramento



Fonte: Autoria própria.

Sabendo-se que, todas as EM são *Slaves* inicialmente, as mesmas atuarão na rede aguardando conexão com o *Master* prioritariamente, e se esta comunicação não se efetivar o nó buscará conexão com outros nós que tenham conexão com o *Master*. Os dispositivos que estão conectados ao *Master* ou a nós que estão conectados com o *Master* são chamados de *Bridge* e se diferenciam dos *Slaves* através de um *flag*.

O *firmware* das EM continuamente realiza uma rotina de aquisição e envio de informações dos sensores. O código será estruturado de forma que a EM constantemente atualize as informações medidas em seu setor, depois de estabelecida a conexão com o sistema de comunicação.

A rotina de comunicação é o primeiro passo que este *firmware* da EM irá executar, fazendo um teste de conexão, caso não haja uma conexão estabelecida, será desabilitada o *flag Bridge*. Este *flag* sinaliza que o

dispositivo está *off-line*, não podendo enviar informações ao *Master*, então, o *Slave* iniciará a rotina de conexão. Esta consiste em procurar dentro de seu alcance outro dispositivo que se identifique como *Master*. Caso o *Master* não se encontre em seu alcance, a EM irá procurar um dispositivo *Bridge*. Ao encontrar um dispositivo *online*, a conexão será efetuada e a EM antes definida como *off-line* agora estará disponível para enviar informações ao node pareado. Além disso, estará apto a realizar conexão com outros nós que estejam procurando um EM definida como *Bridge*. Desta forma, estabeleceremos uma linha de roteamento de informação da EM atual em direção ao *Master*.

Após a comunicação ser estabelecida, a EM irá receber os vetores de dados das EM que se conectarem a ela, montando os vetores em uma pilha, que serão enviadas ao nó no qual a EM se conectou inicialmente.

Caso a comunicação seja interrompida, a EM retorna a rotina de comunicação até que se estabeleça uma nova conexão, de forma a criar um novo arranjo de comunicação dinâmica para rotear novamente o fluxo de dados.

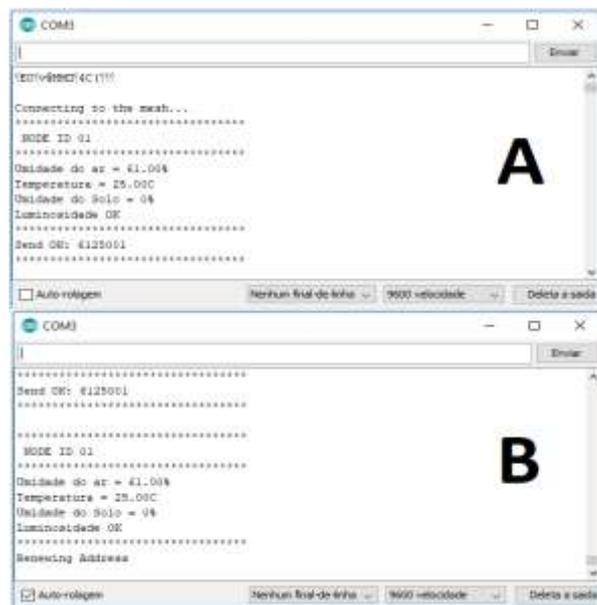
O *firmware* da EMC (diferente do *firmware* das EM's que possuem *flags Bridge* a serem alterados de acordo com seu *status* no Sistema) é previamente definido com *flag* de *Master* via código. O primeiro passo é dar o gatilho para que o roteamento da rede aconteça, já que todas as EM estão em situação *off-line* no início, a partir da primeira conexão da EMC com as EM dentro do seu alcance, todo o restante da rede se organiza de forma a criar um caminho de comunicação em direção ao EMC, que passa a receber os vetores de toda a rede, e também receber os dados dos próprios sensores.

Além de fazer uma verificação em cada pacote recebido para se certificar que possuem apenas informações válidas, a EMC também identifica de onde os dados estão vindo, a partir do ID de cada dispositivo remoto, realizando um endereçamento da rede, e averiguando se há novos nós sendo inseridos na rede. A EMC pode endereçar e receber informações de até 256 EM's.

O algoritmo da ETD é baseado em duas rotinas realimentadas, sendo que uma delas a de aquisição de informações do sistema de comunicação, e uma rotina de acionamento.

A rotina de comunicação da ETD se inicia na USB, quando a estação aguarda até que cheguem informações para iniciar os próximos passos. Quando um dado chega pela USB, proveniente da EMC a ETD verifica se o vetor está com suas informações íntegras, já que a comunicação USB pode também corromper o vetor de dados. Após 10 minutos, os dados são registrados no banco de dados. Para os parâmetros de temperatura e umidade do ar, serão calculadas as médias aritméticas dos valores medidos. Ainda antes da rotina de comunicação ser encerrada, a ETD verifica se alguma EM está inativa, e partir de um contador que é zerado a cada vez que uma amostra de uma EM chega pela USB, pode assim, notificar um mal funcionamento na interface Web, como pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 - Resultados de saída serial da estação de medição 01 em funcionamento (A), e quando o *master* de comunicação é desativado (B)



Fonte: Autoria própria.

A rotina de acionamento, assim como o cálculo da média e registro no banco de dados, acontece a cada 10 minutos. Após o *timer* registrar 10 minutos, a ETD irá analisar os dados registrados no banco de dados, e em seguida fará o acionamento do item específico para que se mantenha as condições climáticas internas da estufa dentro dos parâmetros selecionados, além de detectar estações com mal funcionamento.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização dos testes apresentados, foram registrados previamente na EMC, três EM com as identificações 01, 03 e 05, sendo que apenas a 01 e 03 serão estações ativas no Sistema, e a 05 para testar a sinalização de falhas nas EM. Haverá ainda uma EM com identificação 20 que será adicionada posteriormente no sistema para testar o cadastramento dinâmico de novas estações. A posição na qual os dispositivos estão dispostos pode ser observada também na Figura 1. Vale mencionar que a EM 20 não possui alcance de comunicação com a EMC para garantir que a informação transite pelas EM 01 ou 03.

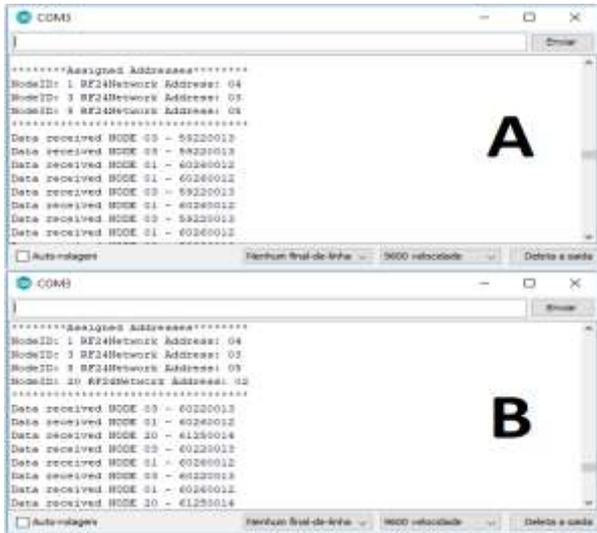
#### 3.1 - Resultados das Estações de Medição (EM) 01, 03 e 20.

Como mencionado, a EM inicialmente busca estabelecer conexão com o *Master*, e com outros nós antes de ir para a próxima etapa. A resposta da saída serial da Estação 01 pode ser vista na Figura 7-A.

A Figura 7-B mostra quando a EM não encontra disponibilidade de rede, imediatamente sua atividade é pausada até que a comunicação seja restabelecida. No caso das EM 03 e 20, o mesmo resultado é obtido, com a diferença de que as identidades previamente cadastradas serão seus ID's.

Podemos observar na Figura 7-A o vetor de dados sendo enviado. Após o ciclo de medições serão adicionados outros dados ao vetor via função de envio para que o *Master* identifique sua origem, e que não puderam ser mostrados devido à limitação da biblioteca utilizada.

Figura 7 - Resultados de saída da porta serial da estação *master* de comunicação antes (A), e após o acionamento da EM 20 (B)



Fonte: Autoria própria.

### 3.2 - Resultados da Estação Master de Comunicação (EMC)

Para os resultados da EMC, inicialmente a EM 20 não será registrada em seu armazenamento de ID's para constatação de sua capacidade de identificar e endereçar novos pontos de medição.

A Figura 7-A mostra o funcionamento da EMC com os nós 01 e 03 operantes.

Após alguns segundos de operação conforme mostrado anteriormente, a EM 20 foi inicializada, a resposta da EMC pode ser vista na Figura 7-B.

Podemos constatar então, que a EMC durante a operação pode identificar novos nós de medição, assim como oferece robustez a falhas dos nós de medição devido sua característica de buscar novas rotas de informação. Para melhor funcionamento do sistema, um detalhe deve ser observado. Ao inserirmos um novo ponto de medição, esse nó deve ser disposto preferencialmente à 100 m de distância de um outro ponto de medição para melhor aproveitamento da distância de transmissão de dados.

### 3.3 - Resultados da Estação de Tratamento de Dados

Para testar a ETD em operação, um procedimento foi feito para adquirir amostras durante 10 minutos, durante esse período 6250 amostras foram registradas (10,4 amostras por segundo aproximadamente).

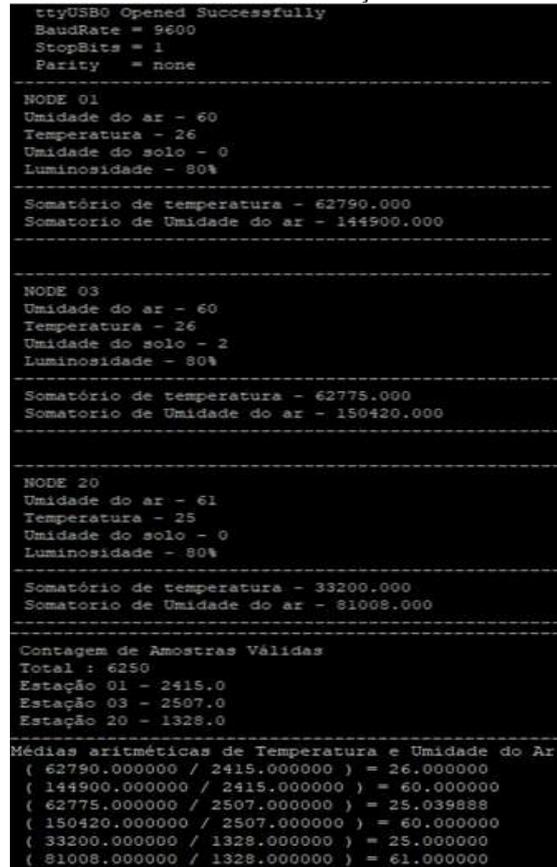
Devido ao fato de que não há uma sequencialidade definida de recebimento de dados, as amostras são registradas conforme a disponibilidade da comunicação no momento. O resultado da aquisição de amostras pode ser visto na Figura 8.

Foi constatado que conforme a distância a qual o node será posicionado do Master, isso irá afetar negativamente a frequência de dados que chegam na ETD, podendo haver perda de aproximadamente 50% das amostras para cada ponte entre o nó que envia os dados e o Master. Na Figura 8 pode-se também observar os dados adquiridos de cada ponto de medição individualmente para as 6250 amostras adquiridas.

Para obtenção de um número mais próximo do real, para os parâmetros de temperatura e umidade do ar, é calculada uma média simples aritmética dentro do período de medição ativa, definido para funcionamento normal a cada 10 minutos, passado esse tempo os dados serão registrados no banco de dados, e em

seguida zerados para nova contagem. Já para os parâmetros de luminosidade e umidade do solo, o que nos interessa é o valor instantâneo, portanto, não serão calculadas médias para estes parâmetros.

Figura 8 - Resultados de saída serial da estação de tratamento de dados



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 8 pode-se observar o cálculo das médias após o ciclo de 10 minutos dos valores apresentados anteriormente. Após o cálculo dessas médias os valores serão registrados no banco de dados, e em seguida a ETD irá executar a rotina de acionamentos se necessário for.

Foi testado também o acionamento nos limiares definidos via código para tomates. No caso da temperatura foi definido o limiar superior de 25°C, para umidade do ar o limiar inferior é de 50% e o superior 80%, para umidade do solo o limiar inferior é também 40%, e para a luminosidade o limiar inferior é 500 Lux.

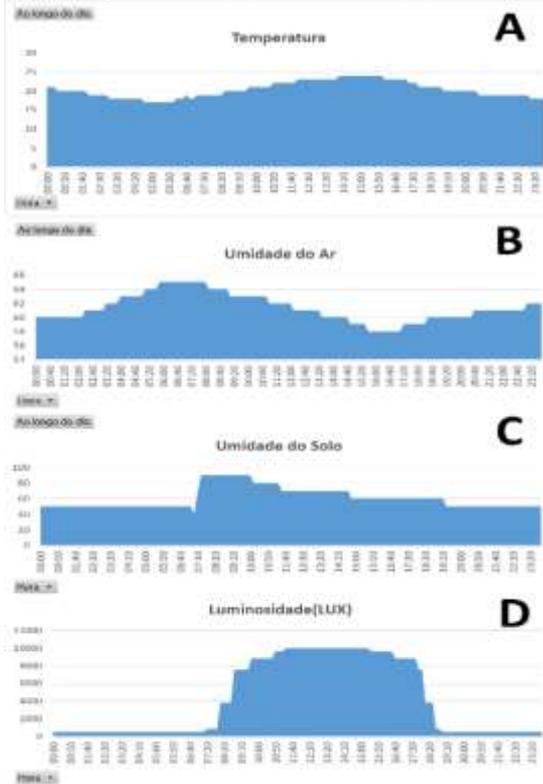
Para exposição de dados na interface web foi utilizado uma ferramenta baseada em Javascript, e os dados são referentes a medições em um dia completo, das 00:00 às 23:50. Para melhor visualização das escalas, um gráfico foi gerado em Excel do arquivo exportado do banco de dados, e podem ser observados a seguir. Os dados foram obtidos em um dia ensolarado com temperatura média de 20°C.

A Figura 9-A mostra informações registradas no banco de dados do parâmetro de temperatura, lembrando que as informações são atualizadas no gráfico conforme são registradas no banco de dados em uma interface HTML.

Devido aos valores não terem atingido o limiar superior de temperatura definido em 28°C, nem de umidade do ar definido em 40%, não houve acionamento dos exaustores ou pulverizadores de água.

A Figura 9-B ilustra os dados de umidade do ar, registrados no banco de dados, e a Figura 9-C mostra dados da umidade do solo, ficando sempre acima de 40%, como desejado.

Figura 9 - Gráficos referentes aos parâmetros medidos ao longo do dia. Em (A) Temperatura, em (B) Umidade e em (C) Luminosidade



Fonte: Autoria própria.

Pode-se observar um aumento abrupto da umidade do solo por volta das 7:20 h da manhã, nesse momento os irrigadores foram acionados, e mantidos durante 20 minutos, para que a umidade atingisse 90%, ideal para que a cultura não resseque devido ao calor do sol durante o dia.

Para a luminosidade, quando esta atinge 40%, ou aproximadamente 500 LUX, as lâmpadas são acionadas para manter o parâmetro e garantir a incidência luminosa mínima para o plantio, vale ressaltar que todos os parâmetros podem ser alterados via código de acordo com a cultura desejada.

Já os dados de luminosidade registrados no banco de dados podem ser observados na Figura 9-C, onde pode-se observar um movimento acentuado próximo de 8:00 h e de 19:00 h, momentos esses onde são desligadas e acionadas as lâmpadas da estufa, respectivamente, quando o módulo LDR atinge os limiares inferior e superior.

Para melhor entendimento, do gráfico de luminosidade da Figura 9-D foi feita a conversão da luminosidade para LUX utilizando a curva de comportamento do LDR.

#### IV. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma integração das tecnologias de sensoriamento remoto, Internet das Coisas (IoT), banco dados e interface web, para disponibilizar informações ambientais de uma estufa de cultivo controlado, e de modo remoto manter os parâmetros ambientais desta estufa dentro dos valores desejados de temperatura, umidade do ar, umidade do solo e luminosidade.

Os resultados mostraram que o sistema proposto é eficiente, viável, e, portanto, pode ser aplicado com sucesso na agroindústria. Adicionalmente, a arquitetura do sistema proposto apresenta a possibilidade da alteração dos sensores utilizados, de modo a poder ser aplicado em outros ambientes como nos ambientes industriais e residenciais, desde que não sejam aplicações críticas.

#### V. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M.L.; MESTRIA, M. Método GRASP para Planejamento de Redes em Malha Sem Fio. **Revista Sodebras**. [on line]. v. 12, n.144, dez/2017, p. 171-176. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N144.pdf>>. Acesso em: 29 de jul. 2020.

BAILEY, B.J. Control and monitoring of glasshouses. **Proceedings of the UK Controlled Environment UsersGroup**. vol. 13, pp. 2-5, 2002.

COELHO, V.; ALMEIDA, T.; PEREIRA, L.; SANTOS, I.; DINARDI, P.; VERMEHREN, V.; VALENZUELA, W. Implementação de um Sistema de Sensoriamento Ultrassônico para Aplicações em IOT no Contexto de Smart Cities. **XLI International Sodebras Congress**. [on line]. v. 10, n.169, jan/2020, p. 163-167. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N169.pdf>>. Acesso em: 29 de jul. 2020.

CRITTEN, D.L.; Bailey, B.J. A Review of Greenhouse Engineering Developments During the 1990s. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 112, p. 1-22, 2002.

DAVID Ehret, Anthony Lau, ShabtaiBittman, Wei Lin, Tim Shelfor, “Automated monitoring of greenhouse crops”. **Agronomie, EDP Sciences**, vol, 21, pp. 403-414,2001.

E. CUCE, D. Harjunowibowo, O. M. Cuce, “Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: A comprehensive review” **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol64, pp. 34-59, 2016.

G. LI, W. Zhang, Y. Zhang, “A Design of the IOT Gateway for Agricultural Greenhouse”, **Sensors & Transducers**, vol. 172, no. 6,pp. 75-80.

SHAMSHIRI, R. R.; KALANTARI, F.; TING, K.C.; THORP, K. R.; HAMEED, I.A.; WELTZIEN, C.; AHMAD, D.; SHAD, Z. M. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. **Int J Agric&BiolEng**, vol. 11, no. 1, pp. 1-22, 2018.

SHAMSHIRI, R.; ISMAIL, W.I.W.; “A Review of Greenhouse Climate Control and Automation Systems in Tropical Regions”. **Journal of Agricultural Science and Applications**, vol. 2, pp. 176-183, 2013.

TESTA, G. H.; BERTOGNA, E. G. Automatização de Estufas para Cultivo Controlado Utilizando Redes Mesh. TCC, UTFPR, Campo Mourão, BR, 2019.

TUCOWS. Howtomechatronics, Arduino Wireless Network with Multiple NRF24L01 Modules. [Online].Available: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-build-an-arduino-wireless-network-with-multiple-nrf24l01-modules/>. Accessed on: Abr 27, 2020.

#### VI. COPYRIGHT

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

Submetido em: 05/06/2020  
Aprovado em: 05/08/2020

## FINITE ELEMENT ANALYSIS OF KNEE IMPLANTS MANUFACTURED BY FDM TECHNOLOGY

RYANNE SOARES DA SILVA<sup>1</sup>; THIAGO DANTAS GOMES<sup>2</sup>; JAYANN ISMAR LIRA ALMEIDA<sup>3</sup>;  
PAULA FRASSINETTI CAVALCANTE<sup>4</sup>

1; 2; 3; 4 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

*rianne.silva@hotmail.com, thiagodantas\_z@hotmail.com, jayann.ismar@gmail.com, pplegal2@yahoo.com*

**Abstract** - Knee prostheses are used in knee replacement surgery in patients who have or develop some type of disease in this joint. The prostheses currently on the market have the femoral component in a metal body and have been used for many years. Problems of metallic implants such as patient sensitivity, adaptation to existing models of prosthesis and cost of prosthesis are some of the factors that influenced the study of non-metallic prosthesis materials. The finite element method will be applied in the study of prostheses made in 3D by Fused Modeling Deposition (FDM) in ABS and PLA materials, and its orthotropic nature will be evaluated. In order to achieve this objective, the prosthesis was modeled graphically, in which the load and boundary conditions to simulate the activity of an individual walking with the prosthesis were applied and the Tsai-Hill' and Tsai-Wu' failure theories for composite materials were used to evaluate the functionality of this prosthesis. Thus, several results are obtained, such as failure index and strain rate for these materials.

**Keywords:** Knee Prostheses. Finite Element. Fused Modeling Deposition.

### I. INTRODUCTION

The knee is a joint of the body that joins the thigh with the leg. It is classified as a ginglymus, that is, it allows extension and flexion in only one plane and consists of two connections, one between the femur and the tibia and another between the femur and the patella. A good joint function is critical for the mobility of the human being to perform activities such as standing, walking and running (AHN, *et al.* 2002).

The knee prostheses are used during knee arthroplasty surgery. Total knee arthroplasty (TKA) surgery is recommended when nonsurgical methods are not sufficient to help the patient, and is one of the most successful medical procedures in medicine. There are many types of implants and their choice depends on the type of surgery to be performed, the individual needs of the patient, the cost of the prosthesis and its performance (ÁLVAREZ, *et al.* 2016)

The prostheses are made mostly of metal, or at least contain metal parts due to their durability and corrosion resistance. Chromium-cobalt alloy (CoCr) is a hard, tough, corrosion-resistant and bio-compatible material and is one of the materials most used in this type of implant. Titanium alloys have similar advantages, as well as unique characteristics such as low density and less elasticity (for this reason titanium and its alloys act as if they were the natural knee joint), but its application is more restricted to implants that do not require high mechanical strength (ALVES, 2013).

Lack of success of ATJ may be due to many factors but the main reasons are related to mechanical and biological causes (SUNDFELDT, *et al.* 2006) Chronic inflammations following wear of the prosthesis have been recognized as the main biological factor that leads to failure of prostheses (PIZZOFERRATO, *et al.* 1991). The materials used in orthopedic prostheses are categorized according to their toxicity, hypersensitivity (or allergy) and the presence of carcinogens. For example, significant sensibility is noted for metallic elements, such as Titanium and Vanadium, are also reported (LALOR, *et al.* 1991) and the accumulation of aluminum in the body has been associated with several types of diseases (TURNER, *et al.* 1988). In dynamic load conditions, such as knee implants, where the interface in contact degrades the surface oxide film on the surface of the prosthesis causes an increase in corrosion (GALANTE, *et al.* 1991).

The objective of this work is to create an approach for the study of the mechanical resistance of knee implants manufactured by the Molded Material Deposition Model (FDM) using ABS (Acrylonitrile butadiene styrene) and PLA (Lactic acid) thermoplastics. In addition, we can highlight some specific objectives:

- Check the resistance of the prostheses against the failure criteria of Tsai-Wu and Tsai-Hill by the macromechanical approach.
- Compare the response of the two materials ABS and PLA to the loads suffered in the walking activity.
- Create a methodology to serve as a basis for the study of any material manufactured in FDM beyond those addressed.

### II. THE MANUFACTURING TECHNOLOGY CAST MATERIAL DEPOSITION MODELING (FDM)

Fused Deposition Modeling, or FDM, is a process of manufacturing objects in three dimensions used in many applications. The creation of this method by S. Scott Crump co-founder of Stratasys in the late 1980s along with new additive manufacturing technologies made a leap forward in the areas of rapid modeling and rapid prototyping in engineering (CHUA, *et al.* 2014).

The additive manufacturing machines are capable of constructing any volume or shape by depositing a series of overlapping slices of a desired material until the desired shape is obtained. It is in this context that the STL file comes in to facilitate this process. This type of file is able to be

worked and processed much faster than other files used in additive manufacturing (MAMADAPUR, 2007).

The FDM manufacturing equipment is powered by a material such as ABS, which is a thermoplastic polymer material with excellent strength and durability at low temperatures, as well as offering good thermal and chemical resistance (IBEH, 2011). The thermoplastic filament is inserted into the machine nozzle through a feeder where it is semi-fused and extruded into a desired wire shape on a pallet. The platform moves in a plane perpendicular to the axis of the nozzle (alternatively the nozzle may move in one of the orthogonal directions) and the molten thermoplastic is deposited on the table and joining the adjacent filaments in a diffusion process until a layer is formed. At the end of each layer the nozzle moves in the vertical direction so that the process of modeling a new layer restarts until the desired object is formed (AHN, *et al.* 2002).

### III. THE MECHANICAL PROPERTIES OF PROTOTYPES FDM

In order to determine the effects of the manufacturing parameters on the mechanical properties of the FDM prototypes, (AHN, *et al.* 2002) determined that the void between the filaments and the deposition angle has an important effect on the tensile strength of these materials, on the other hand, other manufacturing parameters have negligible effect. However, the factors studied by them do not affect the compressive strength in a remarkable way (CASAVOLA, *et al.* 2016).

The difference between the mechanical properties between the ABS material entering the extrusion tube and the fabricated material is mainly due to the welding kinetics of the additive manufacturing machine. The main differences are due to faults present in the fabric structure and its orthotropic nature (LEE, 2013).

Isotropic materials have identical mechanical properties in all directions, examples of isotropic materials are metals and glass. Anisotropic materials on the other hand vary their mechanical properties according to directions. A subdivision of the anisotropic materials are orthotropic materials that have different properties along three mutually orthogonal planes (JONES, 1998). Objects created by FDM technology of additive manufacture are orthotropic materials (BELLEHUMEUR, *et al.* 2004).

An important feature of an orthotropic material is that there is no shear relationship with the main axes of the material. In other words, normal stresses generate only normal deformations, and shear stresses generate only shear deformations (LI, 2014).

When one approaches the prototypes in FDM, one can study certain levels of its structure, below shows these levels. The laminate is the first level and the macromechanical approach is used in this case, the laminates that make up the laminate make up the second level. The last level is the analysis of its mesostructure, which takes into account the bond strength of the filaments (BELLEHUMEUR, *et al.* 2004).

The mechanical properties are governed by their mesostructure, which are governed by the manufacturing parameters and their elastic behavior in the flat state of stresses can be demonstrated by the elastic constants E11, E22, G12 and by the Poisson's coefficient,  $\nu_{12}$  (LI, *et al.* 2002). A new system of equations was proposed by (LI, *et*

*al.* 2002) to determine the elastic constants as will be shown later.

Objects created with FDM can be compared to composite materials by having a mesostructure very similar to the latter (HILL, 2014). In this work ABS materials and composites will be treated as similar and all considerations from one will be extended to the other.

### IV. RESULTS

In the software, Hooke's Law must be specified in the case of an orthotropic material or alternatively, the elastic constants can be inserted so that it is not necessary to calculate the constants Cij of the matrix. In the present work, this last option will be chosen.

PLA offers better thermomechanical properties than ABS (Acrylonitrile butadiene styrene), having a higher mechanical strength and a low coefficient of thermal expansion. Moreover, it presents a lower health risk than most types of ABS when manufactured in small and poorly ventilated places, according to (CASAVOLA, *et al.* 2015). However, (CASAVOLA, *et al.* 2015) showed that even though PLA is more resistant it is more fragile, and also showed the fracture deformation of 0.079 mm / mm for PLA and 0.16 mm / mm for ABS.

#### Tsai-Wu and Tsai-Hill failure criterion

In order for the object to not fail by the Tsai-Hill fault criterion, it is necessary that equation (4.1) be less than 1, such that:

$$I_F = \frac{\sigma_{xx}^2}{X^2} + \frac{\sigma_{yy}^2}{Y^2} - \frac{\sigma_{xx}\sigma_{yy}}{X^2} + \frac{\tau_{xy}^2}{T^2} < 1 \quad (4.1)$$

If  $\sigma_{11} > 0$  then  $X = \sigma_{1l}$ , otherwise  $X = \sigma_{cl}$ . If  $\sigma_{22} > 0$ , then  $Y = \sigma_{2t}$ , otherwise  $Y = \sigma_{ct}$ .  $E T = \sigma_s$ .

The same logic can be extended to the Tsai-Wu failure criterion, Eq. (4.2) must be less than 1 so that the object does not fail.

$$I_F = F_1\sigma_{11} + F_2\sigma_{22} + F_{11}\sigma_{11}^2 + F_{22}\sigma_{22}^2 + F_{66}\sigma_{12}^2 + 2F_{12}\sigma_{11}\sigma_{22} < 1 \quad (4.2)$$

Abaqus provides fault results through the R index in the color legend. As previously discussed, fault theories are determined by an elliptical surface and failure occurs every time the stress state is outside that surface. R is a scalar factor that measures the proximity of the state of stresses of the fault surface, such that for a state of stress  $\{\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{12}\}$

$$\left\{ \frac{\sigma_{11}}{R}, \frac{\sigma_{22}}{R}, \frac{\sigma_{12}}{R} \right\} \rightarrow I_F = 1 \quad (4.3)$$

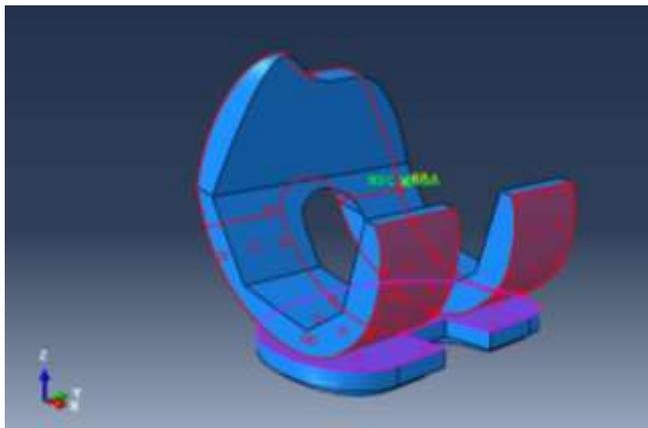
That is,  $1 / R$  is the factor in which we need to multiply all the voltage components simultaneously so that they stay on the fault surface. Values of  $R < 1$  indicate that the state of voltages is within the fault surface. For values of  $R \geq 1$  the fault occurs.

#### 4.1 - Prosthesis made of ABS

The model was assigned as a continuum shell section with the composite feature to take into account the layers of the FDM material. This type of section has three-

dimensional appearance but the kinematics and behavior of a shell section. The number of layers was adjusted according to the size of the mesh elements that will be defined later. A surface -to-surface contact was inserted between the lower surface of the femoral component and the upper surface of the plastic spacer highlighted in red and purple as shown in Fig. (1), and a normal and tangential behavior was inserted in that contact between the interaction surfaces.

Figure 1- Contact surfaces



Source: Authors, 2018.

Before the mesh of the femoral component was generated, the model was partitioned into several 2 mm slices so that the direction of the layers in each element is better defined horizontally. The element SC8R, a quadrilateral with 8 nodes to analyze plane problems, was chosen for the model and applied to the mesh.

The analysis was submitted to the ABS material for all angles of Table (1) and the most critical point was found for the angle of 20 ° as shown in Fig. (2). Figure 2 (a) shows the results for the Tsai-Hill failure criterion and (b) for the Tsai-Wu criterion, it being possible to observe that the elements located at the ends of the flaps are subjected to higher load and have the maximum R index equal to (a) 0.7988 and (b) 0.7995, respectively, according to the legend. This means that the stress state is within the failure surface in the two analyzes and the fracture does not occur.

Table 1 - Load and flexion angle as a function of the walking activity cycle

Runtime	Charge F <sub>x</sub> (N)	Bending Angle (°)
0	1118	0
0,10	2556	13
0,15	2794	16
0,20	2690	13
0,30	2391	5
0,40	2762	5
0,50	3318	20
0,60	1453	43
0,70	470	57
0,80	315	50
0,90	345	25
1,00	1085	0

Source: Authors, 2018.

Figure 2 - Results of the MEF analysis for the 20 ° angle for ABS material according to the criteria of (a) Tsai-Hill and (b) Tsai-Wu

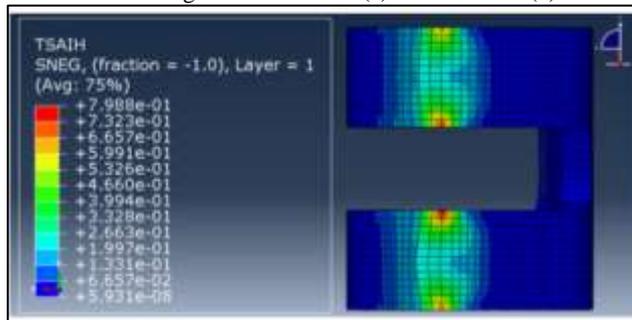


Figure 2 (a)

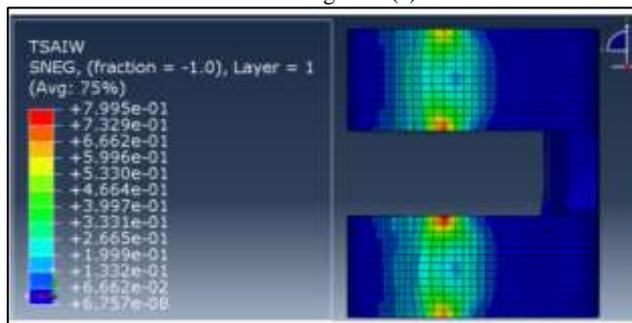


Figure 2 (b)

Source: Authors, 2018.

Although the R index is within the failure surface, we are considering mean values of individuals' weight and mean values of load acting on the prosthesis. The problem in working with the average is that there are observed values that are above and below it, and these variations impact the value of R increasing and decreasing this index. The lowest safety factor found was  $1 / 0.7988 = 1.25$  which may not be enough to guarantee the safety of the prosthesis in these cases.

Bergmann, *et al.* 2014, showed that individuals running lightly show average loads-Fz in the range of 5000 N and for such activities the ABS prosthesis probably cannot guarantee safety against failure, and it is necessary to carry out more analysis to verify this.

Figure (3) below shows the maximum von Mises stresses observed in the prosthesis by the percentage of the activity cycle. We observed that for 50% of the activity cycle the prosthesis is submitted to a maximum tension of 14.02 MPa.

Figure 3 – Stress von Mises and Activity angle for ABS



Source: Authors, 2018.

When analyzing the 0 ° and 57 ° bending angles, the orthotropic behavior of the ABS material can be observed. For the 0 ° angle the compressive force exerted by  $-F_z = 1118$  N acts perpendicular to the direction of deposition of the longitudinal fibers as already shown in Tab. (1). For the 57 ° angle the force  $F_z = -470$  N acts inclined in the longitudinal fibers and at that angle the index corresponds to  $R = 0.2005$ . But if a load of only  $-F_z = 750$  N acts at this angle its index has the value of  $R = 0.31$  (which is greater than  $R = 0.3078$ ). Thus it is possible to observe that the angles that are most sensitive to stress are the angles that the force acts on the fibers in an inclined way and this is due to the fact that in the FDM prototypes the shear strength between the planes is low being one of the main disadvantages of this type of manufacturing process against the injection molding process.

The Tsai-Wu and Tsai-Hill criteria show very close results as shown in Fig. (4) below. This can be explained by the fact that the data used in the simulation were obtained by the study of (RODRIGUEZ, *et al.* 2003), who considered the tensile and compression strengths the same for ABS materials manufactured by FDM with unidirectional fibers.

Figure 4 - Comparison between the two failure criteria for ABS



Source: Authors, 2018.

#### 4.2 - Prosthesis made of PLA

The analysis was re-used using the PLA material to predict its behavior under the same load and activity conditions. The most critical angle was found to be 20 °, and von Mises tensions were close to the finding for ABS material. The maximum value of the R index for the Tsai-Hill and Tsai-Wu criteria were 0.3531 and 0.3864, respectively. The maximum values are also located in the lower flaps of the prosthesis, as well as in the ABS, which indicates a point of concentration of tension that can be reevaluated and improved, either by means of a fillet to diminish the living corner, or by means of a material in these sensitive areas.

Figure 5 - Results of the MEF analysis for the 20° angle according to the criteria of (a) Tsai-Hill and (b) Tsai-Wu

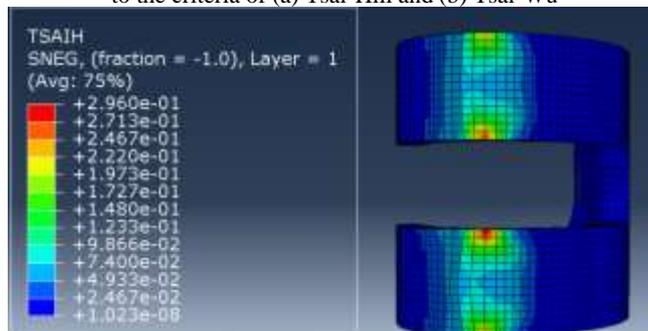


Figure 5 (a)

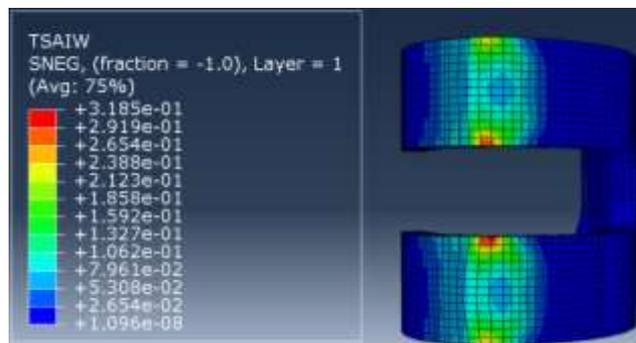


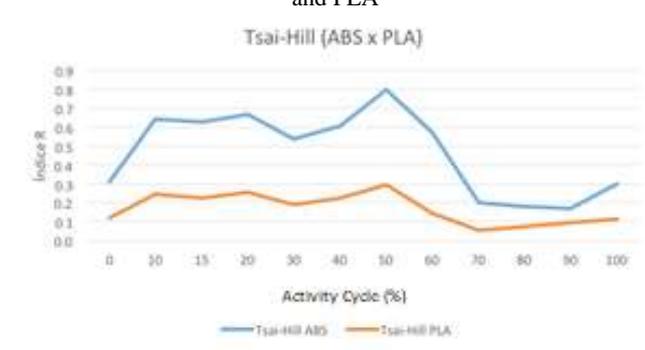
Figure 5 (b)

Source: Authors, 2018.

It can be seen that the values of the Tsai-Wu and Tsai-Hill indices for the PLA material vary more than for the ABS material of the previous topic. This is easily explained by the fact that the study by (SONG, *et al.* 2017) considers different values for the compressive strength and tensile strength of these objects.

The ABS and PLA materials have different resistances in their isotropic form and it was expected that after passing through the manufacturing process by melting of material they also had different resistances in their orthotropic form. The difference between the two materials goes beyond their chemical composition, the fusion dynamics and the type of technology implemented to manufacture the objects in FDM for each of the two materials also influences its resistance. Figure (6) below shows the comparison of the Tsai-Hill failure R index for the two materials, following the manufacturing technology used by (RODRIGUEZ, *et al.* 2003) for ABS and PLA materials respectively.

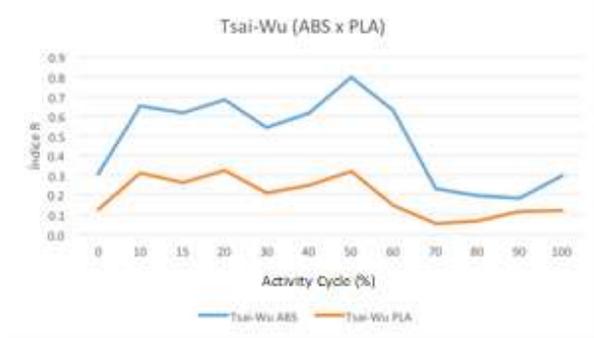
Figure 6 - Comparison by the Tsai-Hill failure criterion for ABS and PLA



Source: Authors, 2018.

The following figure (7) shows the same comparison for the Tsai-Wu criterion and, as expected, PLA is a very resistant material than ABS and therefore its applications have greater safety advantages.

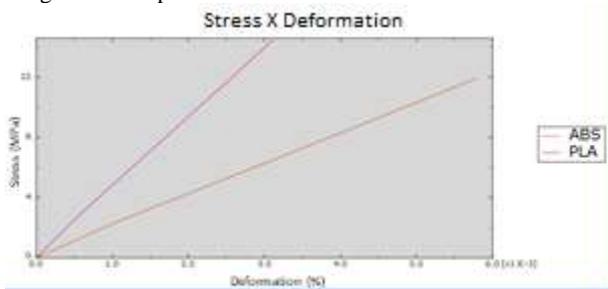
Figure 7 - Comparison by the Tsai-Wu failure criterion for ABS and PLA



Source: Authors, 2018.

Figure (8) below shows the response in the elastic regime of the deformation as a function of the stress applied in the materials analyzed.

Figure 8 - Graph Stress x Strain for ABS and PLA materials



Source: Authors, 2018.

The two curves seem to approach a perfectly elastic behavior, but they are not straight. Looking at Hooke's law and the elastic constants presented in this paper, it is easy to understand the difference between the two curves. The ABS material has a more elastic behavior by deforming more to an applied voltage, than the PLA material has undergone the same tension. This elastic characteristic of the ABS material is also in agreement with the study of (CASAVOLA, *et al.* 2016), showing ABS material with a feature less brittle than PLA.

## V. CONCLUSION

The present work shows that the finite element method can also be used in biomechanics to evaluate the behavior of 3D-made prostheses by the technology of cast material deposition (FDM) in ABS and PLA thermoplastic materials. The macromechanical analysis was reflected in this work, and therefore the mechanical resistances were analyzed considering the loads that act on the walking activity.

It was possible to observe that the prototype is more sensitive when the loads act inclined with respect to the plane of the filaments and was remarkable the superiority of the PLA in relation to the ABS in relation to the reliability and safety to have a lower index R, that is, a greater resistance mechanics. The PLA presented as a lower safety coefficient the value of  $CS = 3.378$ , well above the ABS,  $CS = 1.25$ , which shows that this material, besides being satisfactorily inside the fault surface, can be studied further considering other loads and other activities besides those approached in this work.

The Tsai-Wu and Tsai-Hill criteria were used for the two materials and it can be observed that they showed very close R values for the ABS material, while for the PLA material the

Tsai-Wu criterion was more conservative than the ABS material. Tsai-Hill. The Von-Mises voltage, although it is used for isotropic materials, follows a behavior similar to the variation of the R index during the activity cycle.

## VI. ACKNOWLEDGEMENTS

This work was financed by the BRASERV Petróleo Ltda, CAPES, CNPQ, Federal University of Paraiba, Mechanical Engineering Department and the Integrity and inspection laboratory.

## VII. REFERENCES

- AHN, SH.; MONTERO, M.; ODELL, D.; ROUNDY, S.; WRIGHT, P. K. Anisotropic material properties of fused deposition modeling ABS. **Rapid Prototyping Journal**. v. 8, ed. 4, p. 248-257, 2002.
- ÁLVAREZ, K; LAGOS, R. F.; AIZPUN, M. Investigating the influence of infill percentage on the mechanical properties of fused deposition modelled ABS parts. **Ingeniería e Investigación**. v. 36, ed. 3, p. 110-116, 2016.
- ALVES, F. A. **Elementos Finitos - A Base da Tecnologia** Cae. Editora Érica. ed. 6, 2013.
- BELLEHUMEUR, C.; LI, L; SUN, Q.; GU, P. Modeling of Bond Formation Between Polymer Filaments in the Fused Deposition Modeling Process. **Journal of Manufacturing Processes**. v. 6, ed. 2, 2004.
- BERGMANN, G.; BENDER, A.; GRAICHEN, F.; DYMKE, J.; ROHLMANN, A.; TREPCZYNSKI, A.; HELLER, M. O.; KUTZNER, I. Standardized Loads Acting in Knee Implants. **PLoS ONE**. V. 9, ed. 1, 2014.
- CASAVOLA, C.; CAZZATO, A.; MORAMARCO, V.; PAPPALLETTERE, C. Orthotropic mechanical properties of fused deposition modelling parts described by classical laminate theory. **Materials & Design**. v.90, p. 453-458, 2016.
- CHUA, C. K.; LEONG, K. F. **3D Printing and Additive Manufacturing: Principles and Applications**. World Scientific. ed. 4, 2014.
- GALANTE, J.O.; LEMONS, J.; SPECTOR, M.; WILSON, P.D. Jr, WRIGHT, T.M. The biologic effects of implant materials. **J Orthop Res.**, v. 9, p.760-75, 1991.
- HILL, N.; HAGHI, M. Deposition direction-dependent failure criteria for fused deposition modeling polycarbonate. **Rapid Prototyping Journal**. v. 20, ed. 3, p. 221-227, 2014.
- IBEH, C. C. **Thermoplastic Materials: Properties, Manufacturing Methods, and Applications**. CRC Press. p. 358, 2011.
- JONES, R. M. **Mechanics of Composite Materials**. ed. 2, CRC Press. 1998.
- LALOR, P.A.; REVELL, P.; GRAY A.B.; WRIGHT S.; RAILTON G.T.; FREEMAN MA. Sensitivity to titanium. A cause of implant failure? **J Bone Joint Surg Br**. v. 73, ed. 1, p. 25, 1991.
- LEE, J.; HUANG, A. Fatigue analysis of FDM materials. **Rapid Prototyping Journal**. v. 19, ed. 4, p. 291-299, 2013.

LI, L.; SUN, Q.; BELLEHUMEUR, C.; GU, P. Composite Modeling and Analysis for Fabrication of FDM Prototypes with Locally Controlled Properties. **Journal of Manufacturing Processes**. v. 4, ed. 2, 2002.

LI, Y.; BARBIC, J. **Stable Orthotropic Materials**. Eurographics/ ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation, 2014.

MAMADAPUR, M. S. **Constitutive Modeling of Fused Deposition Modeling Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)**. 2007.

PIZZOFERRATO, A.; CIAPETTI, G.; STEA, S.; TONI, A. Cellular events in the mechanisms of prosthesis loosening. **Clinical Materials**. Sup. 1, v. 7, ed. 1, p. 51-81. 1991.

RODRIGUEZ, J.F.; THOMAS, J.P.; RENAUD, J. E. Mechanical behavior of acrylonitrile butadiene styrene fused deposition materials modeling. **Rapid Prototyping Journal**. v. 9., ed. 4, p. 219-230, 2003.

SONG, Y.; LI, Y.; SONG, W.; YEE, K.; LEE, K.-Y.; TAGARIELLI, V.L. **Measurements of the mechanical response of unidirectional 3D printed PLA**. Materials & Design, 2017.

SUNDFELDT, M.; CARLSSON, L. V.; JOHANSSON C. B.; THOMSEN P.; GRETZER, C. Aseptic loosening, not only a question of wear: a review of different theories. **Acta Orthopaedica**, v. 77, ed. 2, p. 177-197, 2006.

TURNER, M.W.; ARDILA, M.; HUTCHINSON T, PRICHARD S, BARRÉ PE, BEAUVAIS J, KAYE M. Sporadic aluminum osteomalacia: identification of patients at risk. **Am J Kidney Dis**. v. 11, ed. 1, p. 51-56, 1988.

#### VIII. COPYRIGHTS

The authors are solely responsible for the material included in this article.

*Submetido em: 07/05/2019*

*Aprovado em: 10/07/2019*



## SELEÇÃO DE SOFTWARE BASEADA EM AHP PARA CRIAÇÃO DE DATASET SINTÉTICO 3D

### SOFTWARE SELECTION BASED ON AHP FOR 3D SYNTHETIC DATASET CREATION

CRISTIAN BRESSIANI VIEIRA DE ROCCO<sup>1</sup>; RICARDO LUHM SILVA<sup>2</sup>; OSIRIS CANGIOLIERI JUNIOR<sup>3</sup>; MARCELO RUDEK<sup>4</sup>

1; 2; 3; 4 – PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ, PARANÁ, BR  
[rocco.cristianb@gmail.com](mailto:rocco.cristianb@gmail.com); [ricardoluhms@gmail.com](mailto:ricardoluhms@gmail.com); [osiris.cangioli@pucpr.br](mailto:osiris.cangioli@pucpr.br); [marcelo.rudek@gmail.com](mailto:marcelo.rudek@gmail.com)

**Resumo** – Uma técnica promissora para aumentar o banco de dados em aplicações de inteligência artificial (AI) é a criação de ambientes virtuais em computador. Porém, o processo de criação desses ambientes é complexo e depende de uma rigorosa seleção do software a ser utilizado. Utilizando a técnica AHP selecionou-se o Blender como o software mais adequado para a criação desse cenário, sendo no caso, para agricultura de precisão. Baseando-se nessa criação, as principais limitações e vantagens foram identificadas no software em questão, e dentre as vantagens, a possibilidade de fazer anotações automáticas para aplicações em visão computacional (CV). Os principais desafios para a criação dos ambientes virtuais são, o elevado tempo de planejamento e dificuldade em atingir o fotorrealismo. Observou-se também que o uso de game engines são alternativas viáveis para a criação desse banco de dados para aplicações em CV.

**Palavras-chave:** Dataset Sintético. Visão Computacional. Ambiente Virtual Realista.

**Abstract** - The creation of a computer-simulated environment (CSE) is promising for artificial intelligence (AI) applications, due to its necessity for large datasets. However, the creative process of an environment is complex and depends on a software selection among several feasible platforms. Using AHP (Analytic Hierarchy Process) it was selected Blender as the most proper platform to create the CSE for a precision agricultural application. Based on this simulation environment we identified the limitations and advantages of the proposed software and the possibility of creating automatic image labels for computer vision (CV) applications. The main challenges for SDC in AI are the extended time demanded planning and rendering a realistic artificial environment. It was also observed that game engines and computer graphics software are a viable alternative to create a CSE to create a dataset for AI applications.

**Keywords:** Synthetic Dataset. Computer Vision. Realistic Simulation.

#### I. INTRODUCTION

During recent years, the number of articles and industrial applications implementing computer vision systems has increased as pointed by Silva (2019). That increase can be justified due to two main factors: (i) the reduction of graphic hardware costs and, also (ii) better software accuracy in computer vision systems (CVS). Some of the examples that can be observed in society are, quality control at car manufacturing (SILVA, 2019), surveillance in airports (LAI *et al.*, 2018), autonomous driving, medical

applications such as breast cancer detection (RAGAB *et al.*, 2019) and, lately, weed detection in agriculture (DI CICCIO *et al.*, 2017, AGRES, 2020). A CVS can identify outliers in objects, behaviors, and scenarios, and an automatic mechanical response can be made automatically if appropriate.

The improvement of CVS in a real environment is associated with the development of better artificial intelligence techniques implemented in images (SHUSTANOV & YAKIMOV, 2017), that technic mainly is the convolutional neural network (CNN). Frequently the number of images used to train a CNN are considerably high (ZHAO *et al.*, 2019), sometimes around hundreds of thousands or even millions of images (LIN *et al.*, 2014, MAYER *et al.*, 2016).

The challenging process of creating a large image data set requires several aspects during its creation such as camera setup, weather, illumination, reflectivity (JALAL *et al.*, 2019), and several hours of labeling (LIN *et al.*, 2014). Even more, after evaluating the scenario environment, it is also necessary to examine the occurrence of several unexpected events during the dataset creation process, such as shadow, high temperature, humidity, rain, and wind, the last two in case it is outdoor. All those environmental details could damage the camera or include bias in the dataset. The images taken should represent reality as similar as possible, but at the same time avoiding bias and allowing the CNN to generalize its neural network.

The use of synthetic datasets (SD) has become popular during the last decade since it allows to simplify the image acquisition process and generate infinite data (KHAN *et al.*, 2019). SD can be created in digital content creator (DCC) software, such as Blender, Maya, Houdini, Cinema 4D, 3DS Max, Modo, ZBrush among others.

Since the process for creating the CSE depends on the software used and each one of them possesses different modeling characteristics to be considered, choosing one of them can be difficult due to its variability and counterpoint advantages. To decide which software is better suited for each application, there are several possible approaches, most of them defining a set of criteria. One of the main multi-criteria tools used in software systems is the method AHP through pairwise comparisons (SAATY, 2008, SAATY, 1988) and Likert scale evaluation (LIKERT, 1932).

The use of multi-criteria tools usually depends on various parameters and their relative weights related to each possible resulting decision. If the weights included are inaccurate, the chance of an unsatisfactory decision increases. A survey among several specialists in the DCC software community was made to reduce that error.

Based on the AHP survey results, the most relevant software was selected to create 3D models and an SD. For this present work, it was decided to create a dataset of plants, using sugar cane yield for a case study scenario.

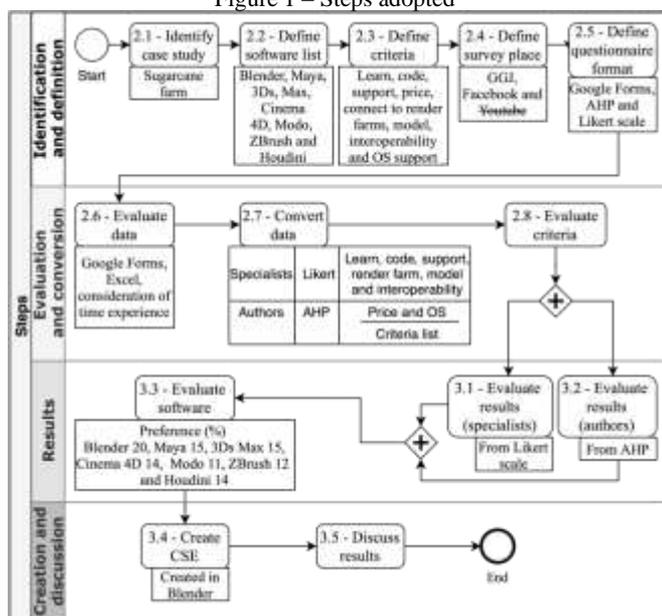
The current paper was grounded by using the systematic review proposed by Reche *et al.* (2019). From which it was identified crucial articles and books (DI CICCIO *et al.*, 2017, LIN *et al.*, 2014, MAYER *et al.*, 2016, JALAL *et al.*, 2019, KHAN *et al.*, 2019, NIKOLENKO, 2019, DUNLOP, 2014) The systematic review was conducted in the website LENS.ORG (2020), that provides a search mechanism that covers more than 200 million scholarly works.

The main contribution of this paper is the implementation of a decision-making technique to help the definition of a DCC software for a synthetic dataset creation process (SDCP). This contribution was also not found by the authors in the current academic literature, suggesting an innovative application. This paper also contributes to the academic community providing data of a survey related to 3D virtual modelers and sculptors' specialists.

## II. METHODS

The current work was divided into 13 steps, see Figure 1: (2.1) Identification of a case study scenario, (2.2) the definition of software, and (2.3) criteria to be considered, (2.4) identify places to realize the research, (2.5) definition of questionnaire format, (2.6) evaluate the data collected, (2.7) convert the data to numeric weight, (2.8) realize the evaluation of the criteria, identify the software decision from the (3.1) specialists, from the (3.2) authors, (3.3) evaluate the software, (3.4) creation of the CSE, images and semantic segmentation labels in the software identified and (3.5) discuss the results.

Figure 1 – Steps adopted



Source: Authors, 2020.

### 2.1 – Case study

During the process of case study identification, it was evaluated several aspects of, geography, Brazilian market, industrial demands, and opportunities. Once completed, it was identified that the use of SD for sugarcane applications is considerably interesting.

The case study will be made of a weed detection system at a sugarcane farm from an aerial view (drone), where the soil will be covered by straws (*cana-soca*). The case study application for weed detection would perform during the day and low cloud cover. The process for the dataset creation considered several environmental characteristics. Such as the expected sun position during the identification flight, the stage of growth, the color of the soil, straws, and shadows for example.

### 2.2 – Software Definition

Once defined the application, it was selected the 7 main 3D DCC software used in the creative industry of computer games and cinematography. In the computer game and cinematographic industry, several tasks demand an appropriate 3D DCC software. Depending on the application that tool should be able to render and create realistic models, and realistic models can also be applied at SDC.

The decision of the 3D DCC software to be considered in this research was based mainly on the popularity and usage in the industry and academy (KENT, 2015, POLOZUNS, 2013, DUNLOP, 2014) for 3D modeling, cinematography, and development of characters. The software alternatives considered for this research are, Blender, Maya, 3Ds Max, Cinema 4D, Houdini, ZBrush, and Modo.

### 2.3 – Criteria Identification

After identifying the software list to be evaluated, it is necessary to identify the criteria to be considered, and that depends on the authors' necessity and the use of those tools by the entertainment/creative industry. Considering that, it was elaborated a criteria list to be applied in the software decision task. The criteria considered during the process was the facility to learn (LF), facility to code (CF), support from developers (DS), support from the community (CS), the price for scholars (SP), the price for industries (IP), the facility or possibility to connect to render farms (FC), facility to model (MF), interoperability between 3D software (SI) and operating system supported (OS). The evaluation of these criteria (also shown in Table 2 and 3) was based on preferences from 3D artists, architects, animators, game developers, and, also based on the authors' demands to create the SD.

### 2.4 – Places for the survey

After defining the target to whom the specialist questionnaire should be applied. It was decided to evaluate the places where the questionnaire should be distributed. Since during the time of the project it was occurring a Global Game Jam in the city where the research was conducted and the number of persons registered was 624 (GGJ, 2020), the survey was distributed person to person, as a haphazard sample in the event. Initially, it was decided to realize the survey during the event, and if the number of responses where reduced the process would continue on the internet on websites such as Facebook and Youtube.

## 2.5 – Survey Format

After identifying the places where the specialist questionnaire should be distributed, it was evaluated if the use of AHP was adequate during the entire process, or if it should be only implemented for the authors and used a faster approach for the specialists. It was observed that the number of options that the specialist should answer would be around 2500 if it was chosen an AHP 9 to 1 to 9 scale. But, since the environment chosen to apply the research was not adequate for time demanding questionnaire, it was decided to simplify the process, implementing a Likert scale for the specialists, and AHP for the Authors. That change resulted in 300 options to be decided by the specialists, a reduction to 12 % of the initial options. The questionnaire was made at Google Forms, and it was not collected any personally identifiable information (PII).

## 2.6 – Data Evaluation

Once structured the procedure, it was distributed the forms and collected the data. During the process, it was observed that the number of responses during the GGJ was considerably low, 7 persons. Consequently, the survey was continued on the internet with posts in 6 Facebook groups that sum around 110 thousand people. From those groups, it was possible to gather more 22 survey responses. It was tried to obtain information on the YouTube community, but it was observed no response.

Once collected, the evaluation of the data collected was converted to the Excel software as .csv, and consequently, the user's decision was converted to a table of weights. The weights were then adapted using weighted arithmetic mean to considers the time experience of the artist from each software. It worth mention that it was removed one person who responds to the questionnaire inadequately<sup>1</sup>.

## 2.7 – Data Conversion

The experience layer was included to weigh the users' experience of the software according to their usage in the last 3 years. The possible decisions for the question "During the last 3 years, how long have you been using the following software?" was "Never" (weight 0), "Just started" (0.08), "6 months" (0.16), "1 Year" (0.33), "2 Years" (0.67) and "3 Years" (1). A duration higher than 3 years was not considered due to the frequent updates of 3D DCC software.

For the 7 criteria questions of the DCC software, it was used 6 possible choices. The questions considered in the process where: During your daily life how would you evaluate the... 1) Facility to use or connect to Render Farms, 2) Support from developers, 3) Support from the community, 4) Facility to learn, 5) Facility to model, 6) Interoperability between 3D software, 7) Facility to code (Python, C, C++...).

The possible choices followed a 5-point Likert scale, and included the midpoint "I don't know". The possible choices were "I don't know" (no weight), "Very good" (1), "Good" (0.75), "Fair" (0.5), "Poor" (0.25), "Very poor" (0) in the respective order. The inclusion of the midpoint avoided the inclusion of a user opinion that has not been exposed or

does not have a robust opinion of a specific aspect of that software (ARMSTRONG, 1987).

It was also created sections allowing suggestions from the interviewee and inclusion of more information with questions such as "What do you work with?", "Which country are you working at?", "How old are you?", "Where did you find the link to this survey?". "Do you have any suggestions for future research?", "Do you have any detail to be considered in the answers, such as version used, limitations...? If yes, what is?".

## 2.8 – Criteria Evaluation

In parallel to the process of collecting the responses with the Likert scale<sup>2</sup>, it was identified with the AHP model the criteria preference, technical and commercial demands for the authors. The technical and commercial demand, in this case, was the evaluation of supported operating systems, the price for students, and price for industrial applications. The software information that was not collected from the specialists was collected from the product developer on respective websites.

The criteria topics of the price for student, industry, and support for OS to each software was evaluated by the authors with an AHP questionnaire. The total AHP questionnaire was made of 45 criterion comparisons and 63 comparisons of price and OS support for each software. The main OS desired was in descending order of preference, Linux, Windows, and Mac. That order considered the facility to develop future deep learning applications.

All the multi-criteria process during this research has the goal of identifying a satisfactory 3D DCC software among the alternatives to create an SD. In the current work, satisfactory is understood as, a software that should be able to allow, facilitate and help the process of modeling, sculpting, coding, connecting to render farms, exporting the model for other DCC software and the possibility of acquiring and install in the author's computer. Several of the expectations were made based on the cinematographic and game development pipeline demands (DUNLOP, 2019).

## III. RESULTS

Although the number of responses was not large enough for a generalization view of the entire creative industry professionals, the 28 completed survey responses gathered from the specialists were sufficient to be applied at the agricultural industry case study scenario. Therefore, after the data evaluation and the AHP questionnaire by the authors was completed, it was possible to give continuity in the evaluation of the DCC software for the SDCCP.

### 3.1 – From specialists

The total number of specialist participants considered during the survey was 28, with an average age of 30.1 years old (9.5 std) where 3 persons did not reply to the age. It was observed during the research that most of the responses were made from persons who have a high experience with DCC software. From all the participants, 78% used at least one

<sup>1</sup> The person replied 32 times "very poor" in 49 questions but informed that "never" used several of the software in the last 3 years.

<sup>2</sup> The use of AHP for specialist was avoided since it would result in a list of overwhelming 210 questions (21 replies for each of the 10

criteria). Therefore, the use of Likert scale was implemented for specialists while, AHP was implemented for the Author's.

software for 3 years, 7% for 2 years, 7% for 1 year, 0 for 6 months, 4% just started and 4% never used any software.

Table 1- Numbers of users with experience at each software

DCC	Never	Just Started	6mo.	1yr.	2yr.	3yr.
Blender	11	2	1	2	1	11
Maya	3	13	1	2	2	7
3Ds Max	15	2	1	3	0	7
Cinema 4D	22	2	0	1	1	2
Modo	23	1	2	0	1	1
ZBrush	14	0	5	3	3	3
Houdini	22	1	1	1	2	1

From the software list evaluation, it was observed (Table 1), that the users who participated in this survey specialized at 3 main software, they are Blender, Maya, and 3DS Max.

From the data collected it was possible, according to the user experience in each software and their response, to realize weighted arithmetic mean, where the result is displayed in Table 2. The results shown correspond to the normalized preference of each software according to each criterion. The higher the value, the more desirable the software, according to the specialists and their time experience.

Table 2 - Specialists results - weighted arithmetic mean (in %)

DCC	CS	DS	LF	CF	MF	FC	SI
Blender	20	17	18	18	18	16	18
Maya	15	14	14	16	15	14	15
3ds Max	18	15	13	17	16	17	17
Cinema 4D	16	13	18	11 <sup>3</sup>	14	13	13
Modo	1	15	13	11 <sup>3</sup>	13	16	13
ZBrush	14	12	13	15	12	12	11
Houdini	16	14	11	12	12	12	13

### 3.2 – From authors

The process of AHP was implemented by the authors in 2 main steps for this paper, first, the evaluation of prices and OS supported and the second step the evaluation of the software criteria according to the authors of this paper. In Table 3, the values were converted from the bitwise comparison from the Saaty scale (SAATY, 1988) to a normalized scale, where the higher the value is, the best the software is evaluated, according to the authors.

Table 3 - Authors results for Price and OS support (in %)

DCC	Price (Student)	Price (Industry)	Operating System
Blender	18,9	52,5	22,4
Maya	18,9	7,6	22,4
3ds Max	18,9	6,7	1,8
Cinema 4D	18,9	12,6	4,3
Modo	5,0	3,1	22,4
ZBrush	1,8	14,4	4,3
Houdini	17,6	3,1	22,4
<b>CR</b>	<b>1,81</b>	<b>9,60</b>	<b>5,72</b>

During the evaluation of the software criteria, also using an AHP, pairwise Saaty scale, it was observed that the most important criteria considered by the authors that contribute to this software decision, with a total weight of 0,78 were: Community support (weights 0,184), Support from

<sup>3</sup> \*Due to the lack of responses at Cinema 4D and Modo in FC, it was considered that the response was Fair in the present table. At

developers (0,178), Facility to Model (0,165), Facility to Learn (0,131) and Facility to code (0,119), while the criteria Operating system (0,06), Student price (0,057), Industry price (0,035), Interoperability (0,051) and Render Farm (0,020) contributed only to 0,22 of the weight. Where the correspondent Consistency Ratio (CR) obtained for the software criteria evaluation was 0,071.

### 3.3 – Software evaluation

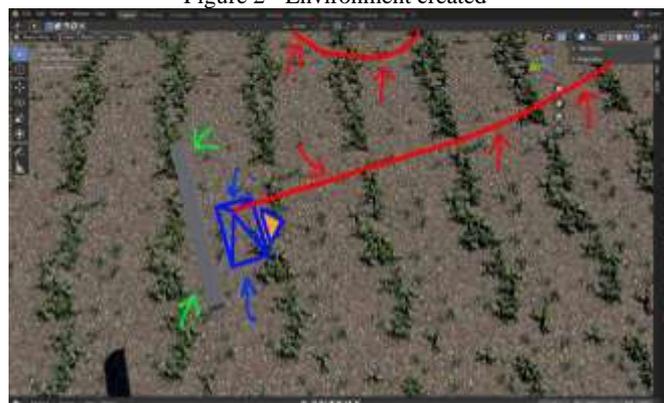
Considering the results obtained (Table 2 and Table 3) and the relevance of each criterion for the authors it was selected Blender as the software to be adopted in the current study. The second software would be Maya in case Cinema 4D is scored as “Fair” in Facility to Code, and it would be Cinema 4D, in case Cinema 4D is scored as “Very Good” in the same criteria. The final numeric results of software preference are Blender (0,196), Maya (0,152), 3Ds Max (0,151), Cinema 4D (0,139), Modo (0,106), ZBrush (0,118) and Houdini (0,138), in case the response for both, Cinema 4D and Modo is considered “Fair” in Facility to Code.

### 3.4 – Synthetic Dataset

During the process of creating the synthetic dataset, it was identified the main characteristics of a sugarcane crop and drone use, such as floor with several straws, weeds growing around the sugarcane, sun inclination (most of the field of sugarcane are close to the tropics and equator) and altitude that the drone could fly for better weed detection.

The procedure for the SD creation adopted was similar to (DI CICCO *et al.*, 2017), but diverges in the software used, since instead of the game engine Unreal Engine 4, it was implemented on Blender (see Figure 2). In the CSE, the altitude of the camera was 2.5 m and the Field of View was 60° by 36°, where the resolution adopted was 1280x720px, achieving a resolution of 2.2 mm per pixel.

Figure 2 - Environment created



Source: Authors, 2020.

The environment was created in Blender 2.82 (see Figure. 2) where it shows the drone path, in red, and its camera, in blue. To make a more realistic environment it was created a parallelepiped, pointed by green arrows, to create a shadow. The light considered in the environment is produced from HDRIs images to retract a more realistic illumination environment (see Figure 3), also allowing the illumination to be easy to change.

the software decision activity, it was considered the extremes to identify if any of both DCC software could be chosen.

Figure 3 - HDRI used



Source: Authors, 2020.

An example of how the HDRI can be used to create the illumination was implemented (see Figure 4), where the background is shown with trees, mountains, and flowers that were used as an illumination resource.

Figure 4 - The HDRI in the CSE

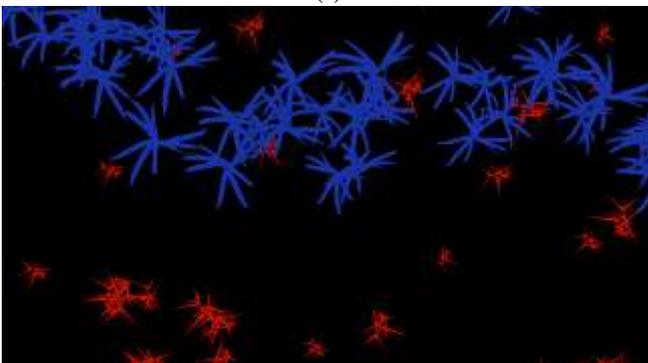


Source: Authors, 2020.

Figure 5 – Sugar cane crop synthetic images at (a). In (b) the corresponding segmentation mask of the image



(a)



(b)

Source: Authors, 2020.

During the process of rendering the synthetic model, it was used a desktop computer with an Intel i5-8400, NVIDIA RTX 2060 Super, and Memory card of 16 Gb RAM. The total time of each rendering was 30 seconds per frame, and it was rendered

600 images plus 600 masks, (example in Figure 5), resulting in a total of 5 hours to render the SD. The images rendered was with a JPG extension and the masks with a PNG. The complete model used around 10 GiB and the number of vertices reach around 3 million and the generation of the masks were made by converting the material shader to emissive.

The mask creation process (see Figure 5) was made through changing the render from Cycles to Eevee and making the material glow with the Emission channel at Principled BSDF. The use of emissive material was based on (DI CICCIO *et al*, 2017). The 3D models used during the creation process were obtained from Xfrog (2020), the HDRI was obtained through HDRI Haven (HDRI, 2020) and floor texture was obtained through Polligon (2020), all the creations mentioned were modified and adapted for the current work purpose.

### 3.5 – Results Discussion

Although the first option was Blender, it was observed that at least 4 of the proposed software possesses characteristics desirable by the Authors. The proximity observed in the scores obtained is around 6 percentual points to each other. That leads to the identification that Blender, Maya, 3DS Max, and Cinema 4D could be used to achieve similar results. It was also observed through the specialist responses that the software ZBrush, although not recommended to support the same task as a creation software of a CSE for the SD, could be used in sculpting to achieve an even more realistic and detailed 3D model of the objects.

The quantity of responses during the survey, although satisfactory for the current study, is recommended to be higher in case it is needed to generalize for a wider application.

The main aspect considering during the process was Facility to Model, Support from Community, Support from developers, and Facility to Learn. That demonstrates that the authors considered that the Interface and interaction between users/developers are considered important.

As soon as the objective of creating an SD was achieved, it was evaluated the observations made during the survey process. It was suggested by the specialists' several factors to be considered, they are, the necessity of including, the topic “direct support from developers” and “Interoperability with game engines”. The inclusion of the software Rhinoceros and the inclusion of VFX software. The evaluation of key features such as MoGraph at Cinema 4D was also made.

## IV. CONCLUSION

The present work identifies some of the main 3D DCC software used at the Cinematographic and Game industry. Once identified those tools and evaluate possible criteria to be considered, it was made an interview of 29 persons and considered 8400 responses from then. Most of them are specialists, 22 persons, who have been using one of the software for the last 3 years at least. Although, to achieve a more realistic and accurate user opinion of the DCC software the number of users surveyed should be increased.

It was also performed in parallel by the authors an evaluation of the criteria list relevance to be considered in the sugar-cane SD creation. Once defined Blender as the software to be used, the SCE creation started. After the 3D modeling step was concluded, it was possible to render the image and include a texture to make the materials shader

emissive allowing the creation of the image masks. Once rendered the images and the masks, the SD was created.

The use of only 3D DCC software was observed to be a limiting factor when compared to game engines, due to the expensive time demanded during the rendering process, and the difficulty to iterate the capture with the user's command of camera mobility or sun position for example. But, even with that limitation, it was observed that the software considered in this research easily achieve a photorealistic environment for a CV application when compared to game engines. It was also observed that a detailed evaluation and identification of the scenario characteristics should be considered as important in the SDCP.

Some important aspects that can be made in future research are, the creation of a ranking to evaluate the most common DCC software and game engine used in industrial applications; the comparison of game engines and DCC software for SDC and the validation of the SD in a real scenario through the training of an AI with SD.

In sum, the present work provides a procedure to select a software that allows the creation of annotated SD. It was used AHP and Likert scale for the selection and was applied for precision agriculture, the same procedure is likely to work for various scenarios, such as car manufacturing and autonomous driving. It was observed that the SD created can be used for the development of CV systems faster and at a higher scenario variety compared to real-world data.

## V. REFERENCES

- AGRES, IA, <<https://agres.com.br/ia/>>, last accessed 17/feb/2020.
- ARMSTRONG, R. L. The midpoint on a five-point Likert-type scale. **Perceptual and Motor Skills**, 64(2), 359-362, 1987.
- DI CICCIO, M., POTENA, C., GRISETTI, G., & PRETTO, A. Automatic model based dataset generation for fast and accurate crop and weeds detection. 2017 **IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)**, 2017.
- DUNLOP, R. Production Pipeline Fundamentals for Film and Games, 2014.
- GGJ, GLOBAL GAME JAM CURITIBA 2020, <<https://globalgamejam.org/2020/jam-sites/global-game-jam-curitiba-2020-pucpr>>, last accessed 11/mar/2020.
- HDRI HAVEN, <<https://hdrihaven.com/>>, last accessed 21/mar/2020.
- JALAL, M., SPJUT, J., BOUDAUD, B., & BETKE, M. Sidod: A synthetic image dataset for 3d object pose recognition with distractors. In Proceedings of the **IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops**, 2019 (pp. 0-0).
- KENT, B. R. 3D scientific visualization with blender (p. 90). San Rafael, CA: **Morgan & Claypool Publishers.**, 2015.
- KHAN, S., PHAN, B., SALAY, R., & CZARNECKI, K. (2019, June). Procsy: Procedural synthetic dataset generation towards influence factor studies of semantic segmentation networks. In Proceedings of the **IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops**, pp. 88-96, 2019.
- LAI, K., EASTWOOD, S. C., SHIER, W. A., YANUSHKEVICH, S. N., & SHMERKO, V. P. Mass Evidence Accumulation and Traveler Risk Scoring Engine in e-Border Infrastructure. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, 19(10), 3271-3281, 2018.
- LENS.ORG, <<https://www.lens.org/>>, last accessed 10/jul/2020.
- LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes. Archives of psychology**, 1932
- LIN, T.-Y., MAIRE, M., BELONGIE, S., HAYS, J., PERONA, P., RAMANAN, D., ZITNICK, C. L. Microsoft COCO: Common Objects in Context. **Lecture Notes in Computer Science**, 2014, 740-755.
- MAYER, N., ILG, E., HAUSSER, P., FISCHER, P., CREMERS, D., DOSOVITSKIY, A., & BROX, T. A Large Dataset to Train Convolutional Networks for Disparity, Optical Flow, and Scene Flow Estimation. 2016 **IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)**, 2016.
- RAGAB, D. A., SHARKAS, M., MARSHALL, S., & REN, J. Breast cancer detection using deep convolutional neural networks and support vector machines. **PeerJ**, v. 7, p. e6201, 2019.
- NIKOLENKO, S. I. **Synthetic Data for Deep Learning**. arXiv preprint arXiv:1909.11512, 2019
- POLOZUNS, A. **Computer Graphics in Cinematography**. 2013.
- POLIIGON, <<https://www.poliigon.com/>>, last accessed 21/mar/2020.
- RECHE, A. Y. U., JUNIOR, O. C., ESTORILIO, C. C. A., & RUDEK, M.. Integrated product development process and green supply chain management: Contributions, limitations and applications. **Journal of Cleaner Production**, 249, 119429, 2020.
- SAATY, T. L. **What is the Analytic Hierarchy Process?** Mathematical Models for Decision Support, 109-121, 1988.
- SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, 1(1), 83, 2008.
- SHUSTANOV, A., & YAKIMOV, P. CNN Design for Real-Time Traffic Sign Recognition. **Procedia Engineering**, 201, 718-725, 2017.
- SILVA, RICARDO LUHM. **Towards Cognitive Machine Vision For 2d Image Based Industrial Inspections: An Implementation Guideline Model**, 2019.
- XFROG INC, <<https://xfrog.com/>>, last accessed 21/mar/2020
- ZHAO, Z. Q., ZHENG, P., XU, S. T., & WU, X. Object detection with deep learning: A review. **IEEE transactions on neural networks and learning systems**, 30(11), 3212-3232, 2019.

## VI. COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the material included in the paper.

*Submetido em: 14/07/2020*

*Aprovado em: 18/08/2020*