



Engenharia de Produção:

NOVAS PESQUISAS E TENDÊNCIAS

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharias

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza
Centro Universitário Santa Amélia
Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz
Faculdade Sagrada Família
Prof.º Dr. Carlos López Noriega
Universidade São Judas Tadeu e Lab.
Biomecatrônica - Poli - USP
Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva
Centro Universitário FACEX
Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis
Universidade do Estado de Minas Gerais
Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig
Universidade Federal do Paraná
Prof.º Dr. Gilberto Zammar
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso
Universidade de Santa Cruz do Sul
Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues
Faculdade Sagrada Família
Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof.º Me. Jorge Soistak
Faculdade Sagrada Família
Prof.º Me. José Henrique de Goes
Centro Universitário Santa Amélia
Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim
Faculdade Sagrada Família e Centro de
Ensino Superior dos Campos Gerais
Prof.ª Ma. Lucimara Glap
Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues
Universidade Norte do Paraná
Prof.º Dr. Marcos Pereira dos Santos
Faculdade Rachel de Queiroz
Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch
Faculdade Sagrada Família
Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda
Centro Universitário Santa Amélia
Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira
Instituto Federal do Acre
Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail
Centro de Ensino Superior dos Campos
Gerais
Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens
Faculdade Sagrada Família
Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares
Universidade Federal do Piauí
Prof.ª Ma. Silvia Apª Medeiros Rodrigues
Faculdade Sagrada Família
Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda
Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues
Instituto Federal de Santa Catarina

© 2021 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.

E576 Engenharia da produção: novas pesquisas e tendências [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2021. 202 p. – ISBN 978-65-88580-59-2

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

DOI 10.47573/aya.88580.2.39

1. Engenharia de produção. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 658.5

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de
Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

SUMÁRIO

Apresentação 8

01

Problema de localização de facilidades em Smart Grids9

Aileen Zancanaro Carniel

Yngrith Soares da Silva

Mário Mestria

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.1

02

Um modelo de reação para testes de variáveis endógenas utilizadas na análise de situações de risco no controle de máquinas complexas 38

Isnard Thomas Martins

Edgard Thomas Martins

Béda Barkokébas Junior

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.2

03

A manutenção industrial frente à indústria 4.0 62

Rodrigo Araujo Viannini

Hamilton Lopes de Miranda Junior

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.3

04

Análise do clima organizacional em uma empresa do ramo agrícola na cidade de Ponta Grossa 76

Emanuela Aparecida Alves

Lorena Xavier Rosa

Rudy de Barros Ahrens

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.4

05

Análise de absorção de água para agregados graúdos comercializados nos municípios da Chapada do Apodi/RN – análise comparativa com a norma NBR 7211/2009 94

Renata Samyla Matias Nogueira

Clélio Rodrigo Paiva Rafael

Edna Lucia da Rocha Linhares

Ronald Assis Fonseca

Renata de Oliveira Marinho

Victor Carvalho Oliveira

Pábula Rayane da Silva

Rita de Cássia Rodrigues de Souto

Francisco Felinto de Lima Neto

Luzianne Galvão Pimenta

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.5

06

Reuso de água cinza: principais abordagens 103

Carmem Julia Firmino Araruna

Rivaildo da Silva Ramos Filho

Libânia da Silva Ribeiro

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.6

07

Desenvolvimento de um novo método para tomada de decisão de tempo de ciclo de aquecimento na rotomoldagem 113

Alessandro Fernandes Barros

Silvia Novaes Zilber Turri

José Carlos Curvelo Santana

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.7

08

Aplicação do processo de raciocínio na reestruturação do setor de alimentação e bebidas de um hotel 129

Léia Maria Erlich Ruwer

Luís Fernando Casagrande

Hamilton Luiz Kleinowski

Jaíne Ferreira dos Passos

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.8

09

Projeto de residência sustentável para a grande São Luís - MA 141

Sophia Luiza Rodovalho Mereb

Mágila Feitosa Medeiros

Amanda Carvalho Miranda

José Carlos Curvelo Santana

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.9

10

Bananicultura e desenvolvimento sustentável no litoral norte do Rio Grande do Sul: além da cultura do "veneno" 150

Josué da Rosa Valim

Solange Murta Barros

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.10

11

Avaliação dos impactos socioambientais do rio Guarabira 171

Rivaildo da Silva Ramos Filho

Markwiliam Marques de Oliveira

Rodolfo Sousa de Araújo
Rubens Hayran Cabral dos Santos
Tiago Weber dos Santos

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.11

12

**A inovação aberta e os modelos sistêmicos da indústria de
defesa: razões para falta de competitividade do Brasil¹⁸²**

Vinicius Casales Vieira

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.12

Índice Remissivo 197

Organizador 201

Apresentação

Apresentar um livro é sempre uma honra e muito desafiador, principalmente por nele conter tanto de cada autor, de cada pesquisa, suas aspirações, suas expectativas, seus achados e o mais importante de tudo a disseminação do conhecimento produzido cientificamente.

A Engenharia de Produção nas organizações nesta coletânea abrange diversas temáticas como: Modelagem, Simulação e Otimização, Gestão da Manutenção, Gestão do Desempenho Organizacional, Gestão de Sistemas da Qualidade, Gestão Ambiental, Gestão de Efluentes e Resíduos Industriais, Gestão de Recursos Naturais e Energéticos, Processos Decisórios, Gestão da Inovação e Gestão da Tecnologia, refletindo a percepção de vários autores.

Portanto, a organização deste livro é resultado dos estudos desenvolvidos por diversos pesquisadores e que tem como finalidade ampliar o conhecimento aplicado à área de engenharia de produção evidenciando o quão presente ela se encontra em diversos contextos organizacionais e profissionais, em busca da disseminação do conhecimento e do aprimoramento das competências profissionais e acadêmicas.

Este volume traz doze (12) capítulos com as mais diversas temáticas e discussões, as quais mostram cada vez mais a necessidade da engenharia de produção nas organizações. Os estudos abordam discussões como: problema de localização de facilidades em smart grids, modelo de reação para testes de variáveis endógenas utilizadas na análise de situações de risco no controle de máquinas complexas, a manutenção industrial, análise de clima organizacional, análise de absorção de água para agregados graúdos frente a norma NBR 7211/2009, reuso de água cinza, um novo método para tomada de decisão de tempo de ciclo de aquecimento na rotomoldagem, aplicação do processo de raciocínio na reestruturação do setor de alimentação e bebidas de um hotel, projeto de residência sustentável, bananicultura e desenvolvimento sustentável e por fim, um estudo sobre avaliação dos impactos socioambientais do rio Guarabira.

Por esta breve apresentação percebe-se o quão diverso, profícuo e interessante são os artigos trazidos para este volume, aproveito o ensejo para parabenizar os autores aos quais se dispuseram a compartilhar todo conhecimento científico produzido.

Espero que de uma maneira ou de outra os leitores que tiverem a possibilidade de ler este volume, tenham a mesma satisfação que senti ao ler cada capítulo.

Boa leitura!

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Problema de localização de facilidades em Smart Grids

Facility location problem in Smart Grids

Aileen Zancanaro Carniel

*Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Sustentáveis – Campus Vitória
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Vitória, ES*

Yngrith Soares da Silva

*Coordenadoria de Engenharia Elétrica – Campus Vitória
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Vitória, ES*

Mário Mestria

*Coordenadoria de Engenharia Elétrica – Campus Vitória
Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Sustentáveis
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Vitória, ES*

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.1

Resumo

Nas redes elétricas inteligentes tornam capazes as tecnologias como medidores inteligentes, veículos elétricos, redes de sensores, dentre outras facilidades serem importantes em escopos de pesquisas futuras. Assim, é necessário explorar a medição e a comunicação de redes inteligentes usando unidades de medição fasorial, sistemas de medição de área ampla e infraestrutura avançada de medição. Além de equipamentos como dispositivos eletrônicos inteligentes, medidores inteligentes e sensores inteligentes. Neste contexto, apresentamos modelos matemáticos de localização de facilidades com o objetivo de apoiar os tomadores de decisão nas categorias em medição avançada e infraestrutura de veículos elétricos. Para resolver esses modelos, propusemos os algoritmos baseados na metaheurística Otimização por Reação Química. Os testes foram realizados em banco de dados da literatura e em casos do mundo real. Os resultados computacionais mostraram a eficiência dos algoritmos propostos.

Palavras-chave: localização de facilidades. otimização combinatória. otimização por reação química. redes elétricas inteligentes. sustentabilidade.

Abstract

In smart grids make able technologies as smart meters, electric vehicle, sensor networks, and other facilities, to be important in future research scopes. Thus, are necessary explored in smart grids the metering and the communication using phasor measurement units, the wide area measurement systems and the advanced metering infrastructure. Beyond equipment as intelligent electronic devices, smart meters and smart sensors. In this context, we present math models of facility location with the objective to support decision makers in the categories in advanced metering and electric vehicle infrastructure. To solve these models, we have proposed the algorithms based in the Chemical Reaction Optimization (CRO) metaheuristic. The tests were performed on the existing literature database and in real world cases. The computational results showed the efficiency of the proposed algorithms.

Keywords: facility location. combinatorial optimization. chemical reaction optimization. smart grids. sustainability.

Pesquisadores e engenheiros estão enfrentando o desafio de reduzir as perdas inerentes aos processos de distribuição e transmissão das redes elétricas tradicionais. A solução parece estar num novo conceito de rede, chamando de redes inteligentes (smart grids) que se baseia em novas tecnologias (CARDENAS; GEMOETS; ROSAS; SARFI, 2014), tais como: distribuição eficiente de energia com a inclusão de eletrônicos de estado sólido de última geração; utilização de recursos renováveis para gerar eletricidade; participação dos consumidores no processo pela geração e/ou conservação de energia; retorno aos consumidores e aos serviços públicos sobre o consumo em tempo real através de medidores inteligentes; uso de baterias de veículos elétricos (VE) para armazenar e distribuir energia em domicílios e distribuir recursos energéticos.

O conceito de energia inteligente abrange uma gama de questões de pesquisa, como: controle distribuído, detecção de falhas, previsão, estabilidade da rede e resposta à demanda, e assim, smart grid é uma área multidisciplinar que apresenta muitos desafios (NAAMANE e MSIRDI, 2015). Segundo IEA (2019) algumas tecnologias associadas as smart grids estão sendo efetivadas e outras em etapas de desenvolvimento.

As smart grids agregam diversas tecnologias desde a geração até a distribuição, passando pelo consumo e armazenamento da energia elétrica. Na Figura 1 mostra uma descrição das tecnologias das smart grids organizadas por categoria, equipamentos de hardware e software correspondentes. Nesse sentido, decisões de longo prazo e curto prazo devem ser entregues aos tomadores de decisões, sejam com aplicações offline ou online.

O foco desse trabalho é apresentar modelos matemáticos de otimização para problemas de localização de facilidades numa smart grids associadas às categorias: (1) infraestrutura de medição avançada e (2) infraestrutura de carregamento de VE.

Em Almeida e Fettermann (2019), destaca que o uso de medidores inteligentes ainda é muito incipiente no Brasil, resultando em altos custos para as concessionárias na realização de coleta de dados de consumo no país.

Em Santos e Silva (2019) apresenta os desafios da implantação da sustentabilidade no transporte público nos quais estão relacionados à redução dos níveis de poluição e ruídos, promoção do crescimento econômico, redução dos níveis de congestionamento, minimização dos acidentes e mortes, dentre outros.

Figura 1 - Descrição das categorias das tecnologias de uma Rede Elétrica Inteligente.

Categoria	Hardware	Software
Monitoramento e controle de longas áreas	Sensores	Sistemas SCADA, WAMS, WAAPCA e WASA
Integração de informação e comunicação	Equipamentos para comunicação (PLC, WIMAX, LTE, RF mesh, Celular), Roteadores, Gateways e Computadores	Sistemas ERP e CIS
Integração de geração distribuída e de fontes renováveis	Equipamentos de geração, Inversores e armazenamento de eletricidade	Sistemas EMS, DMS, SCADA e GIS
Aprimoramento da transmissão	Supercondutores, FACTS, HVDC	Sistemas de análise de estabilidade da rede e de recuperação automática
Gerenciamento da rede de distribuição	Chaves religadoras automáticas com sensores, sensores em transformadores e em cabos condutores	Sistemas GIS, DMS, OMS e WMS
Infraestrutura de medição avançada	Medidores eletrônicos inteligentes, Mostradores visuais de consumo e Computadores	Sistemas MDMS e de faturamento de energia
Infraestrutura de carregamento de veículos elétricos	Baterias, Inversores e Unidades automatizadas de abastecimento	Sistema de faturamento de energia, G2V e V2G
Gerenciamento pelo lado do consumidor	Mostradores visuais de consumo, Dispositivos portáteis e Equipamentos atuadores	Sistemas visuais de consumo, de gerenciamento de consumo doméstico e aplicações móveis

Fonte: Adaptado de IEA (2019).

Em Losqui e Souza (2019) mostra um estudo para melhorar a otimização de menor caminho em vários cenários do cotidiano das empresas de transporte, de alimentação e do setor financeiro, com intuito de reduzir custos, menor poluição e promover sustentabilidade. Já em Gassen *et al.* (2019) propõem um modelo de programação linear para a otimização do planejamento da produção com restrições de capacidade produtiva e atendimento à demanda num planejamento multiperíodo.

Os trabalhos da literatura apresentados acima procuram realizar a otimização de parâmetros para redução de custos (econômicos, sociais, dentre outros) através de modelos matemáticos. Modelos nos quais são solucionados com algoritmos de diversas técnicas, além de destacar a sustentabilidade.

O trabalho apresentado aqui tem como objetivo os modelos matemáticos para os Problemas de Localização de Facilidades em Smart Grids e sua resolução através de algoritmos baseado na metaheurística CRO. Assim, soluções ótimas ou de alta qualidade podem ser encontradas com esses algoritmos, otimizando a função objetivo proposta para cada modelo matemático de localização.

O artigo é estruturado da seguinte forma: na segunda seção são apresentadas as formulações matemáticas para os problemas de localização das facilidades e na terceira seção uma breve revisão bibliográfica é realizada. Na quarta seção é apresentada a metodologia e na quinta

seção os resultados e as discussões. Na última seção são descritas as considerações finais.

FORMULAÇÕES MATEMÁTICAS

De forma geral existem aplicações nas áreas de engenharia que necessitam localizar facilidades com o objetivo de minimizar custos. Exemplos de facilidade são: subestações, estações de carregamento de VE, medidores inteligentes num sistema elétrico de potência, medidores de chuva, sirenes de emergência de alerta, fábricas, hospitais, creches, estações de metrô, dentre outras (CURRENT; DASKIN; SCHILLING, 2002).

Em Current, Daskin e Schilling (2002) descreve que as decisões de localização de uma facilidade envolvem vários fatores: (1) localização dos objetos que fazem parte do estudo; (2) decisões de natureza estratégica com efeitos econômicos de longo prazo; (3) atividade econômica que considera poluição, recursos naturais, desenvolvimento econômico, dentre outros; (4) não existe um modelo geral de localização de facilidade, esses são específicos com restrições e as variáveis.

Os modelos de localização são difíceis de resolverem para instâncias de grande porte devido ao custo computacional, desta forma uso de metaheurística torna-se promissora.

As smart grids necessita que o sistema elétrico seja ampliado considerando a demanda dos consumidores e nesse sentido novas facilidades deverão ser alocadas como subestações, transformadores, chaves seccionadoras, além de estações de carregamento de VE. E para monitorar as smart grids, UMF devem ser implantadas.

Modelo para Localização das UMF

O problema de localização das UMF é um problema de recobrimento de conjuntos (PRC), conhecido na literatura por set covering problem (GROSSMAN; WOOL, 1997). O PRC foi utilizado em diversas modelagens para diversas aplicações (CONSTANTINO; CASTRO; ARAÚJO; MENDONÇA NETO, 2016).

A modelagem para a localização das UMF considera apenas a minimização da quantidade (S_i) de UMF com observabilidade da rede elétrica.

A observabilidade se refere que a partir de um conjunto de valores já disponíveis ou medidos é possível determinar todas as variáveis de estado do sistema elétrico de potência.

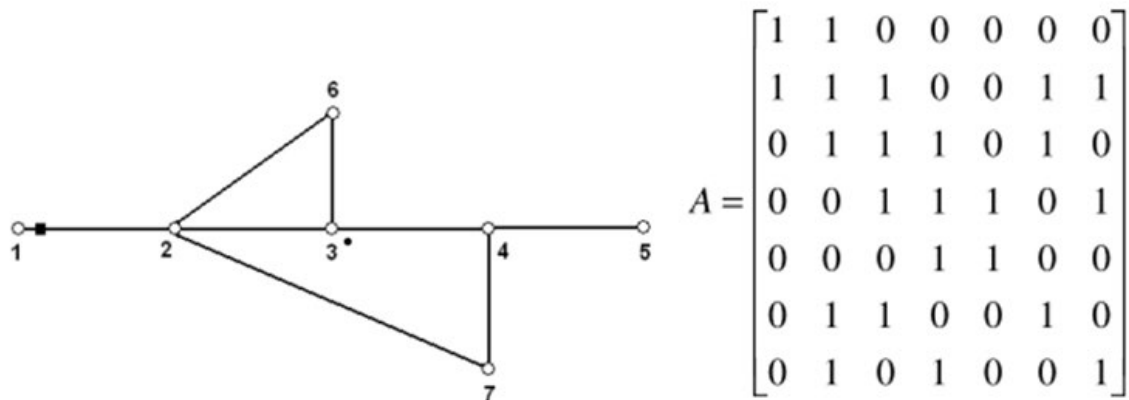
$$\min \sum_j^{N_{bus}} S_i, \quad \text{subject to } A.S \geq I$$

onde:

$$I = [1 \ 1 \ 1 \ \dots \ 1]_{N \times 1}^T,$$
$$S_i = \begin{cases} 1, & \text{se houver UMF instalada no barramento } i \\ 0, & \text{em caso contrário} \end{cases}$$
$$A(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{se } i = j \\ 1, & \text{se os barramentos } i \text{ e } j \text{ forem conectados entre si} \\ 0, & \text{em caso contrário} \end{cases}$$

A matriz $A(i,j)$ é definida como matriz de incidência. Exemplo, considere um sistema de 7 barras conforme apresentado por Xu e Abur (2004) na Figura 2, a matriz de incidência $A(i,j)$ indica as conexões entre as barras (nós do grafo).

Figura 2 - Sistema de exemplo de 7 barramentos e respectiva matriz de incidência (A)



Fonte: Adaptado de Xu e Abur (2004).

Modelo para Localização das Estações de Carregamento de VE

O modelo matemático, apresentado a seguir, para o problema de localização das estações de carregamento de VE visa minimizar o custo da localização das estações de carregamento e a distância percorrida pelos clientes (veículos) até uma estação (BAOUCHE *et al.*, 2014). Variáveis de decisão:

$$x_j = \{1 \text{ se a estação candidata } j \text{ foi selecionada; ou } 0, \text{ do contrário} \quad (1)$$

$$y_{ij} = \{1 \text{ se o centro de demanda } i \text{ é coberto pela estação } j; \text{ ou } 0, \text{ do contrário} \quad (2)$$

Modelo:

$$\text{Min} \sum_{j \in J} f_j \cdot x_j + \alpha \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} \cdot y_{ij} \quad (3)$$

Com as seguintes restrições:

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1, \forall i \in I \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = p, \forall i \in I \quad (5)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0; \forall i \in I; \forall j \in J \quad (6)$$

$$x_j \in \{0,1\}; j \in J, r \geq 0 \quad (7)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\}; i \in I, j \in J \quad (8)$$

onde:

I: Conjunto de centros de demanda

J: Conjunto de locais candidatos a estações de recarga

f_j : Custo para localização da estação de recarga

d_{ij} : Distância, percorrida pelo veículo, de um centro de demanda i até a estação de recarga j

α : Custo do Kilowatt-hora

p : Número de estações escolhidas (medianas)

A função objetivo (3) é a função que minimiza o custo total de instalação das estações de carregamento e a distância de cada cliente ao local da estação candidata escolhida. A restrição (4) diz que toda demanda do centro de demanda deve ser satisfeita. A restrição (5) estabelece que o número de estações escolhidas seja igual a p . A restrição (6) assegura que um centro de demanda só pode ser associado a uma estação escolhida. As restrições (7) e (8) mostram que as variáveis de decisão são inteiras binárias.

As simplificações adotadas nesse trabalho não implicam em perda de generalidade ao modelo proposto para a localização das estações de carregamento de VE: primeiro o custo (f_j) de instalação de cada estação de carregamento j foi mantido fixo, (custo monetário de aquisição do terreno); segundo, foi considerado que as estações possuem o mesmo número de baias (pontos de recarga dos VE); e por último, foi considerado, que o custo do quilowatt-hora (α) foi igual a 1 (um), devido ser uma constante e não impactar na localização das estações de trabalho.

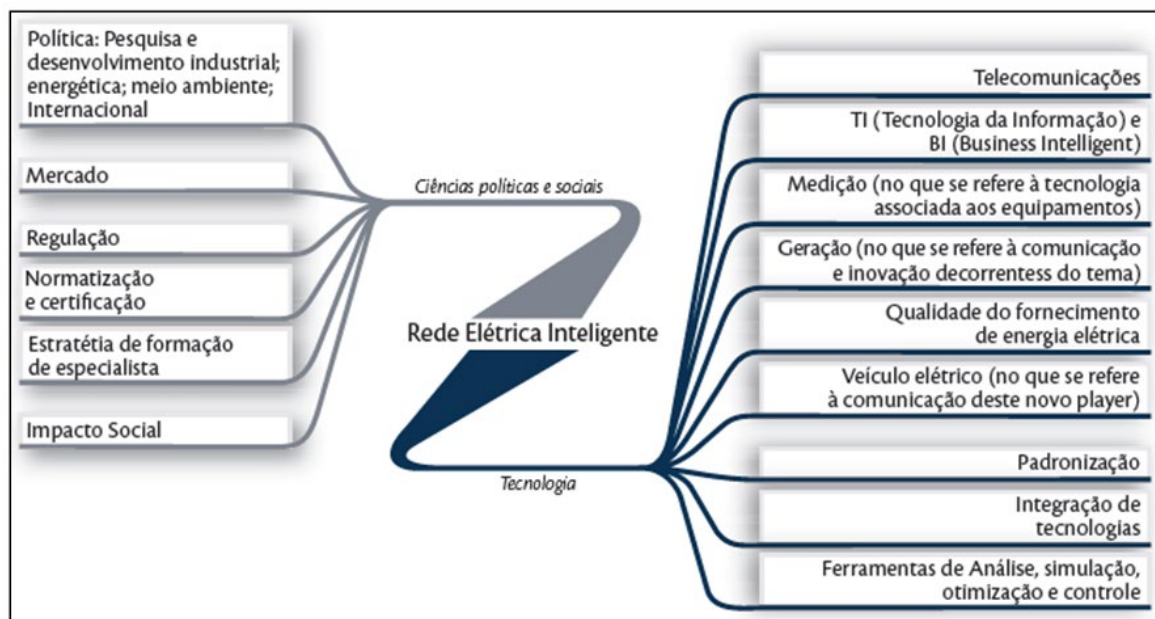
REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir, uma breve revisão bibliográfica relacionada às smart grids e a localização das facilidades (UMF e VE) é apresentada.

Smart Grids

A equipe do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos definiram linhas com foco em ações de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) associadas ao tema Smart Grids e classificaram em dois grandes blocos: as ciências humanas e a tecnologia, Figura 3 (CGEE, 2012).

Figura 3 – Blocos e classificação das áreas de pesquisa vinculadas a Smart grids.



Fonte: Adaptado de CGEE (2012).

A energia elétrica, um produto comercial, deve ser visto não só sob a ótica da continuidade, mas, também da conformidade e nesse novo ambiente o conhecimento da frequência de ocorrência das perturbações, bem como as durações das mesmas, passou a ser essencial para as concessionárias (ALMEIDA e KAGAN, 2010). Assim, Almeida e Kagan (2010) afirmam a necessidade de uma metodologia que determine o número mínimo de medidores de qualidade de energia elétrica necessários para monitorar uma rede elétrica, bem como os pontos onde os mesmos devem ser instalados.

Depuru, Wang e Devabhaktuni (2011) destacam entre outros que: a) os medidores inteligentes podem ler informações do consumo de energia em tempo real, incluindo os valores de tensão, ângulo de fase e frequência e comunicar com segurança esses dados; b) a capacidade de medidores inteligentes para a comunicação bidirecional de dados permite coletar informações sobre a eletricidade.

Boccardo *et al.* (2013) afirmam que o índice de sustentabilidade exibido no medidor inteligente não reflete a quantidade física de energia que chega ao usuário final, sendo que o medidor só fornece maneiras de incentivar a adoção de energias mais limpas para um determinado domínio.

Amin e Wollenberg (2005) destacam que um sistema de energia elétrica seja inteligente e autoconfigurável, com desafios de computar em grade (grid) e oferecer um meio eficiente para os participantes competir/cooperar no fornecimento de energia elétrica confiável, barata e sustentável. Em um lado oposto, a rede tradicional não atende com competência a demanda por fornecimento de energia de qualidade. Dessa forma a introdução de inteligência na rede, Figura 4 se faz necessária (HOSSAIN; OO; ALI, 2013).

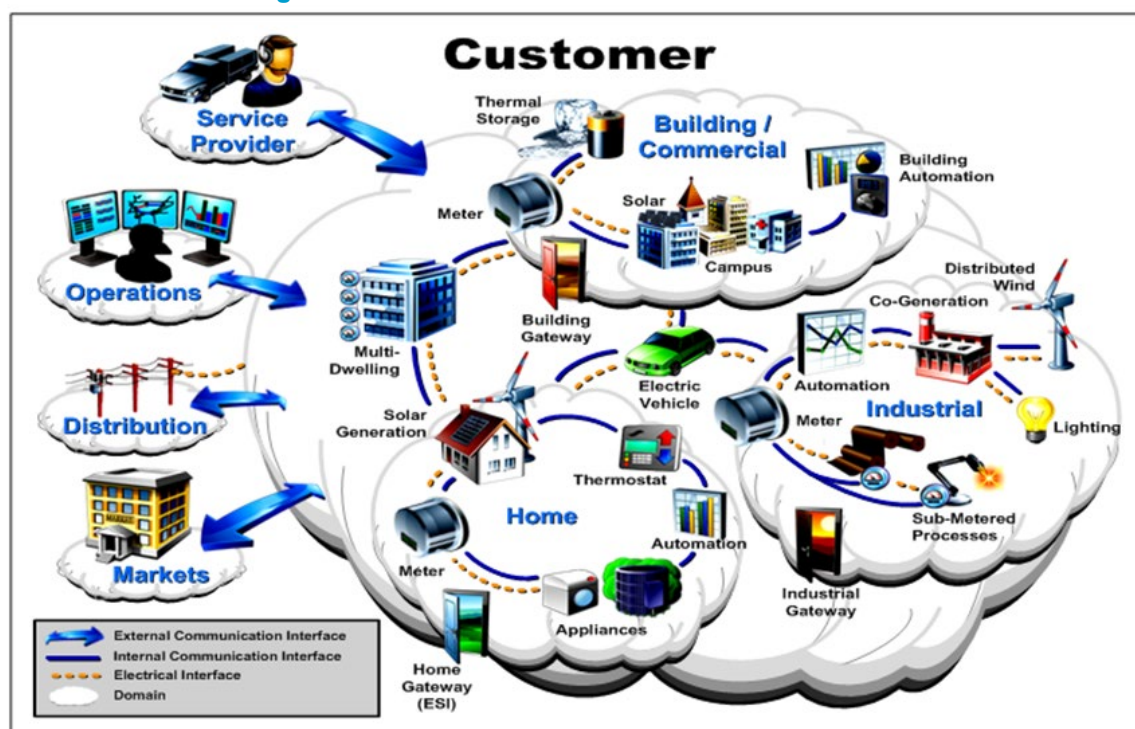
Figura 4 - Comparação entre a Rede Tradicional e a Rede Inteligente

Rede Tradicional	Rede Inteligente (Smart Grid)
Eletromecânico, estado sólido	Digital/Microprocessador
Comunicação local em duas vias e em via única	Global/Comunicação em duas vias integradas
Geração centralizada	Geração distribuída que se acomoda
Sistema de controle e monitoramento, proteção limitada	Monitoramento de área ampla, proteção e controle, proteção adaptativa
“Rede cega”	Auto-monitoramento
Restauração manual	Automatizado, “auto-cura”
Verifica o equipamento manualmente	Monitora o equipamento remotamente
Contingências limitadas do sistema de controle	Sistema de controle penetrante
Confiabilidade estimada	Confiabilidade preditiva

Fonte: Adaptado de Hossain, Oo e Ali (2013).

A implantação das redes elétricas inteligentes pode ser estendida para outros serviços públicos, tais como água, gás, segurança e trânsito, evoluindo para o conceito de cidades inteligentes (RIVERA, ESPOSITO e TEIXEIRA, 2013). Isto irá trazer um novo paradigma aos clientes de redes inteligentes através de um modelo conceitual denominado de Domínio do Consumidor (Customer Domain), Figura 5.

Figura 5 – Uma visão do Domínio do Consumidor



Fonte: Adaptado de EPRI (2017).

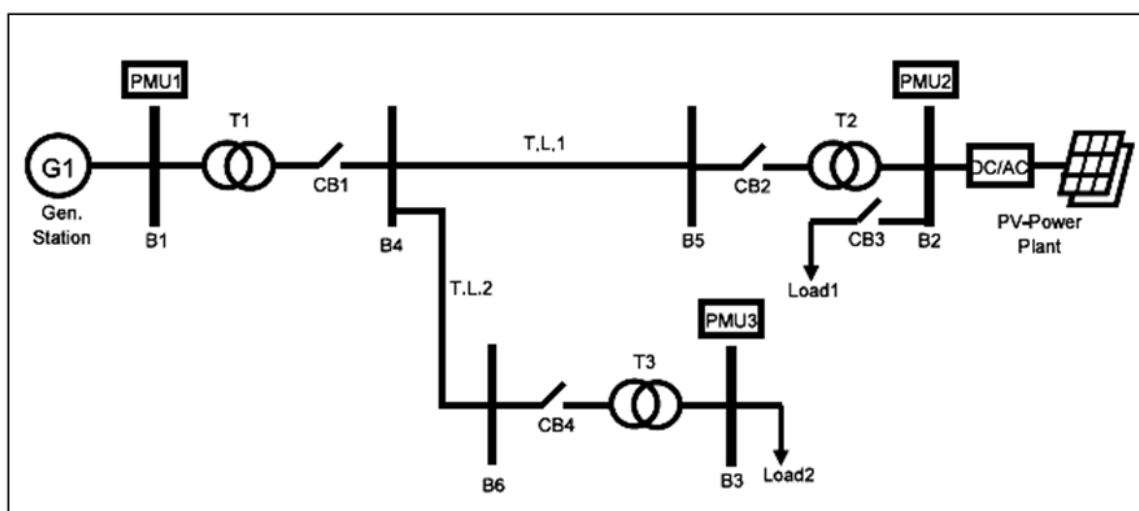
Segundo os autores Rivera, Esposito e Teixeira (2013), não somente a implantação de cidades inteligentes, mas também de ambientes, onde todos os objetos podem ser unicamente identificados, reconhecidos, localizados e endereçados, o que vem sendo chamado de Internet das Coisas (IoT - Internet of Things).

Numa smart grid, medidores inteligentes armazenam dados de consumo energético de cada residência que são enviados periodicamente a um ou mais agregadores. Os autores Tavaoli, Yaghmaee e Mohajerzadeh (2016) apresentaram um problema de otimização para encontrar o melhor local para os agregadores de dados numa rede híbrida de comunicação sem fio e com fio, que minimizam custos e a densidade de agregadores de dados.

Unidades de Medição Fasorial

Os sistemas de medição tornou-se uma das tecnologias moderna a ser inserida numa rede elétrica tradicional e necessária para modernizar a rede, após a ocorrência de grandes apagões em sistemas de energia ao redor do mundo (AMIN; MOUSSA; MOHAMMED, 2012). Neste sentido, as UMF surgem como uma tecnologia de aquisição de dados avançada. A Figura 6 ilustra as UMF num sistema elétrico de potência.

Figura 6 – UMF num Sistema Elétrico



Fonte: Adaptado de Amin, Moussa e Mohammed (2012).

Quando uma UMF é instalada em um barramento, o fasor de tensão nesse barramento e os fasores de corrente em todos os seus ramos são medidos diretamente. Assim, os fasores de tensão de todos os seus barramentos vizinhos podem ser calculados. De acordo com Xu, Wen, Li e Leung (2013), no paradigma de monitoramento de uma rede, chamado de estimação de estado, um barramento é chamado de “observável”, se seu fasor de tensão pode ser medido ou calculado.

Wen, Xu e Li (2013) propuseram um novo modelo de otimização para o problema da UMF, num cenário de instalação das UMF em vários estágios. O modelo estabelece orçamentos financeiros em cada estágio de instalação com restrições, e visa maximizar a observabilidade cumulativa em estágios intermediários. O orçamento consiste nos custos de compra, instalação de novas UMF e realocação dessas junto as UMF já instaladas.

Um Algoritmo Genético foi desenvolvido por Albuquerque, Coelho, Oliveira, Lima e San-

tos (2013) para alocação de UMF no sistema elétrico com modificações nos operadores genéticos de crossover e mutação, assim como na formação da subpopulação.

Nazari-Heris e Mohammadi-Ivatloo (2015) apresentaram um algoritmo denominado de UBHS (Upgraded Binary Harmony Search), uma adaptação da meta-heurística HSA (Harmony Search Algorithm), para resolver o problema de alocação UMF em um sistema de energia alcançando um sistema observável por completo.

No trabalho de Souza, Angelim e Affonso (2016), a proposta foi identificar o número mínimo de UMF e alocá-las nas barras mais adequadas do sistema de potência. A escolha das melhores barras é realizada por meio de análise modal.

Mouwafi, El-Sehiemy, El-Ela e Kinawy (2016) apresentaram um método multi-estágio eficiente baseado no Algoritmo ACO (Ant Colony Optimization) e propuseram regras RS (Reduction Strategy) para encontrar a alocação ótima de UMF, considerando o número mínimo de canais de medições com completa observabilidade topológica da rede.

Estações de Carregamento de VE

A evolução da eletro-mobilidade é impulsionada por potenciais benefícios ambientais que os VE e induz a busca por soluções alternativas no sentido de quebrar a dependência dos combustíveis fósseis (BAOUCHE; BILLOT; EL FAOUZI; TRIGUI, 2014).

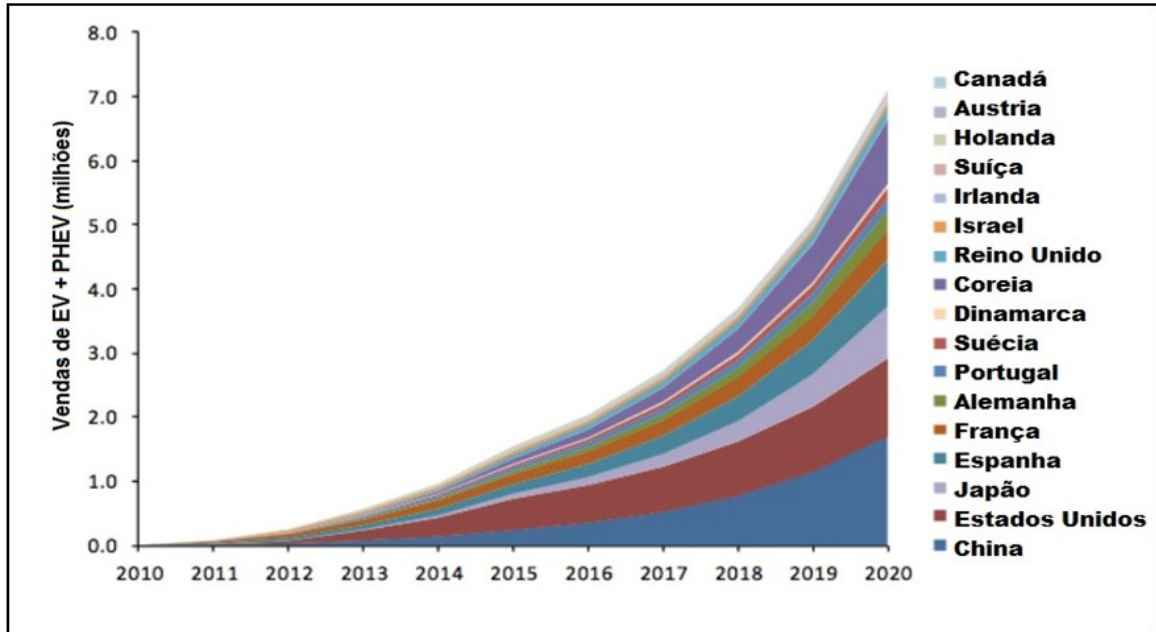
Estes autores, no entanto, ressaltam que um desenvolvimento da eletro-mobilidade de larga escala trará novos desafios e várias questões de pesquisa, tal como a localização ótima de estações de carregamento.

Vários países desenvolvidos têm financiado subsídios para aquisição diretamente financiados pelos impostos para promover a indústria de VE local, muitas vezes, um pagamento direto, crédito fiscal ou isenção fiscal para cada comprador dos VE (YANNICK; MARC; WILLET, 2013).

Os autores Yannick, Marc e Willet (2013) afirmam que os números de veículos plug-in (EV+PHEV - Electric Vehicles + Plug-in Hybrid Electric Vehicles) projetados em 2020 serão impressionantes, considerando a combinação dos objetivos de vendas dos VE estabelecidos em diferentes países e o custo do subsídio por veículo.

Desta forma, na projeção para 2020, ver Figura 7, sete milhões de veículos plug-in estará circulando. Com isto vimos é vantajoso implantar uma rede que proporciona o carregamento das baterias dos VE para a viabilização deste tipo de veículo, principalmente numa área urbana.

Figura 7 - Metas nacionais: EV (Electric Vehicles) e híbridos recarregáveis (PHEV) em 2020.



Fonte: IEA (2019), adaptado de Yannick, Marc e Willet (2013).

METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentadas as etapas da metodologia para solucionar a localização de facilidades em smart grids, seguida a metaheurística CRO (Chemical Reaction Optimization) e por fim os algoritmos.

Etapas da Metodologia

As etapas da metodologia desenvolvidas são mostradas na Figura 8.

Figura 8 – Etapas da metodologia.

Etapa 1: Levantar e revisar a bibliografia.
Etapa 2: Entender conceitos fundamentais como: otimização, facilidades, eficiência de veículos elétricos, sistemas elétricos de potência, impactos ambientais para implantação das facilidades, eficiência em energia elétrica, medidores inteligentes, metaheurísticas, algoritmos e projetos eficientes para os sistemas de engenharia elétrica.
Etapa 3: Pesquisar os problemas de sistemas de engenharia elétrica envolvendo facilidades.
Etapa 4: Procurar modelos matemáticos de otimização de custos de implantação das facilidades.
Etapa 5: Pesquisar os algoritmos que tratam de cada problema específico abordando: problemas de localização ótima de estações de carregamento de veículo elétrico e problemas de localização de medidores.
Etapa 6: Desenvolver os algoritmos baseados nas metaheurísticas CRO para os problemas descritos na Etapa 5.
Etapa 7: Realizar testes computacionais.
Etapa 8: Aprimorar a metodologia desenvolvida.
Etapa 9: Realizar novos testes computacionais.
Etapa 10: Propor melhorias para os sistemas de engenharia elétrica envolvendo facilidades.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O problema de localização de facilidades em smart grids (PLFSG) é um problema de otimização combinatória. Para solucionar o PLFSG foram utilizados algoritmos baseados na metaheurística CRO, no qual obteve desempenho superior em termos de qualidade da solução, para problemas de otimização combinatória, quando comparado com algoritmos da literatura (YU, LAM e LI, 2014).

Chemical Reaction Optimization

O CRO é inspirado na natureza das reações químicas. Uma reação química é um processo natural de transformar substâncias instáveis para substâncias estáveis (LAM; LI, 2012). Na visão microscópica, uma reação química começa com algumas moléculas instáveis com energia excessiva. As moléculas interagem umas com as outras através de uma sequência de reações elementares. No final, elas são convertidas para aquelas com energia mínima para suportar sua existência. Esta propriedade da reação química está embutida na metaheurística CRO (Chemical Reaction Optimization) para resolver problemas de otimização.

O CRO foi explorado com sucesso para resolver o problema de designação quadrática, treinamento em redes neurais, problema de escalonamento de projeto com restrição de recursos, problema de atribuição de canais em redes de malha sem fio, problema de otimização de codificação em rede, dentre outros.

De acordo Lam e Li (2012) as vantagens de CRO são: um framework que permite a implantação de operadores diferentes para atender a diferentes problemas; o tamanho da população variável permite que o sistema adaptar-se automaticamente aos problemas.

CRO tem outros atributos que podem ser facilmente incorporados dando flexibilidade para projetar diferentes operadores; CRO desfruta das vantagens de ambos, Simulated Annealing (KIRKPATRICK; GELATT JR.; VECCHI, 1983) e Algoritmos Genéticos (GOLDBERG, 1989); CRO pode ser facilmente programado em linguagem de programação orientada a objetos, onde uma classe define a molécula e os métodos definem os tipos de reação elementar.

Conforme afirma Lam e Li (2012), embora CRO seja uma metaheurística de propósito geral, esta também deve adaptar-se a cada problema. CRO consiste em três etapas: (1) a inicialização (das configurações do algoritmo e dos valores aos parâmetros, incluindo PopSize, KELossRate, MoleColl, buffer, InitialKE, α e β , ver Algoritmo 1), (2) o conjunto de iterações e (3) a fase final (é utilizado um critério de parada no qual poderá ser a quantidade máxima de tempo de CPU ou um número máximo de iterações realizadas sem melhorias).

Na fase de inicialização do CRO uma molécula define os valores dos parâmetros e constrói uma população inicial de moléculas. O CRO tem uma classe “Molécula” com atributos e cinco métodos, incluindo o construtor da classe e as quatro reações elementares. Como normalmente geramos um conjunto inicial de soluções aleatoriamente no espaço de solução, iremos atribuir uma solução aleatória para ω no construtor. O pseudocódigo da classe “Molécula” é dado no Algoritmo 1. Criamos um número PopSize de moléculas para formar uma população inicial de moléculas.

```

Algoritmo 1 - classe "Molécula"
1: class Molécula
2:   Atributos:
3:      $\omega$ ,  $PE$ ,  $KE$ ,  $NumHit$ ,  $MinStruct$ ,  $MinPE$ ,  $MinHit$ 
4:   Métodos:
5:     Molécula () // construtor
6:     {
7:       Gera aleatoriamente  $\omega$  no espaço de solução
8:        $PE \leftarrow f(\omega)$ 
9:        $KE \leftarrow InitialKE$ 
10:       $NumHit \leftarrow 0$ 
11:       $MinStruct \leftarrow \omega$ 
12:       $MinPE \leftarrow PE$ 
13:       $MinHit \leftarrow 0$ 
14:    }
15:    Onwall IneffectiveCollision()
16:    Decomposition()
17:    IntermolecularIneffectiveCollision()
18:    Synthesis()
19: end class

```

Fonte: adaptado de Lam e Li (2012).

Para Lam e Li (2012), no conjunto de iterações, as moléculas tem movimento de energia e colisões de gatilho. Uma molécula pode "bater na parede do recipiente" ou colidir umas com as outras. Isto é decidido pela geração de um número aleatório b no intervalo $[0, 1]$. Se $b > MoleColl$, o sistema tem apenas uma molécula ou temos uma colisão uni-molecular. Caso contrário, uma colisão intermolecular se seguirá.

Para uma colisão uni-molecular, selecionamos aleatoriamente uma molécula da população e decidimos se resulta em uma colisão ineficaz na parede (método Onwall IneffectiveCollision do Algoritmo 1) ou uma decomposição (método Decomposition do Algoritmo 1), verificando o critério de decomposição na molécula escolhida. Da mesma forma, para uma colisão intermolecular, podemos selecionar aleatoriamente a partir de duas moléculas da população e determinar se vai haver uma colisão ineficaz intermolecular (método IntermolecularIneffectiveCollision do Algoritmo 1) ou uma síntese (método Synthesis do Algoritmo 1), através da verificação do critério de síntese sobre as moléculas escolhidas.

Algoritmos para determinar a localização das facilidades

Na Figura 9, apresentamos um pseudocódigo do CRO para localização das UMF e na Figura 10 o fluxograma para determinar a localização de estações de carregamento de VE.

Figura 9 - Pseudo-algoritmo do CRO.

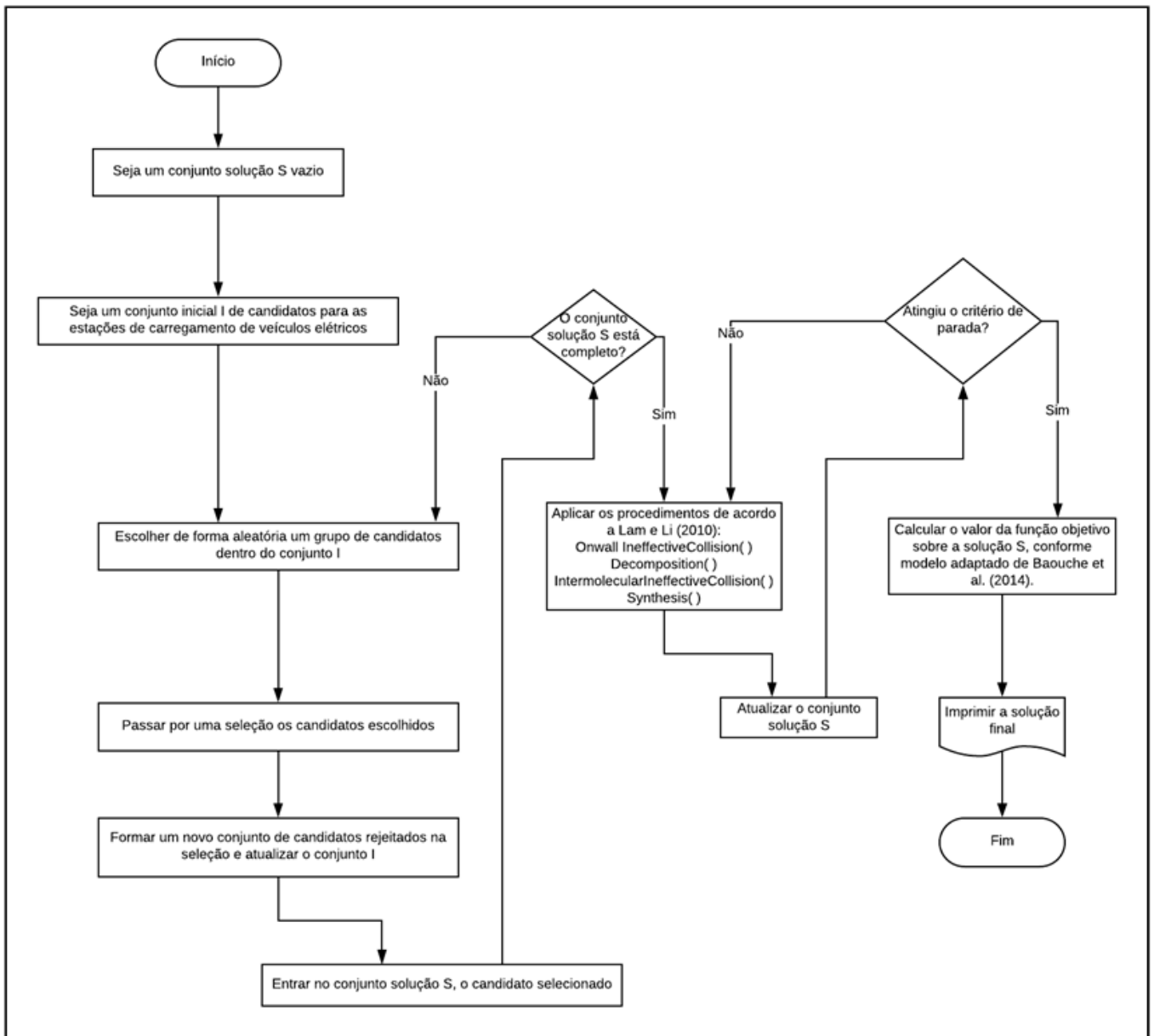
Algoritmo - CRO	
1:	Input: função objetivo $f()$ e valores de parâmetros
2:	Initialization:
3:	Inicializa PopSize, KELossRate, MoleColl, buffer, InitialKE, α , e β .
4:	Cria a quantidade definida em PopSize de moléculas
5:	Iterações:
6:	while critério de parada não atingido do
7:	Gera $b \in [0, 1]$
8:	if ($b > \text{MoleColl}$) then
9:	Seleciona randomicamente molécula M_ω
10:	if (Critério de Decomposição é atingido) then
11:	Executa Decomposição() else
12:	Executa ConlisaolnefetivaNaParede()
13:	end if
14:	else
15:	Seleciona randomicamente $M_{\omega 1}$ and $M_{\omega 2}$
16:	if (Critério de Síntese é atingido) then
17:	Executa Síntese() else
18:	Executa ColisãolnefetivaIntermolecular()
19:	end if
20:	end if
21:	Checa se há alguma nova solução mínima
22:	end while
23:	Saída:
24:	Define como saída a melhor solução encontrada e seu valor de função objetivo

Fonte: Adaptado de Lam e Li (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão mostrados os resultados computacionais. O algoritmo CRO para o problema de localização da UMF (PLUMF) utilizou um computador de 64 bits, processador Intel i7, 16GB memória RAM, Windows 10 e Java SE and NetBeans Cobundle (JDK 8u171 and NB 8.2). No entanto, o algoritmo CRO para solucionar o problema de localização de estações de carregamento de VE (PLECVE) foi desenvolvido em Linguagem em C++, com máquina de 64 bits, processador Intel Core i5 de 2,4GHz, 8GB de memória RAM e Windows 10.

Figura 10 – Fluxograma para determinar a localização das estações de carregamento de VE.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Parâmetros do CRO

PLUMF e a biblioteca OR-Library (PRC)

A fim de realizar a parametrização do CRO, definiram-se valores para cada parâmetro do CRO com todas as combinações possíveis entre os parâmetros para o Modelo MLU aplicado UMF. Na Tabela 1 são apresentados os valores combinados do CRO para PLUMF. Os parâmetros escolhidos estão na Tabela 6.

Tabela 1 - Valores testes para os parâmetros do Algoritmo CRO (PLUMF).

Parâmetro	Valores
PopSize	1, 10, 100
MAX_ITER	100*(Número de nós do sistema de testes - NN) 500*(NN) 1000 (NN)
iniBuffer	3000, 5000, 10000
initialKE	PE inicial da molécula, ou seja, o mesmo valor de sua da função objetivo.
KELossRate	0.3, 0.5, 0.8
MoleColl	0.2, 0.3, 0.5, 0.8, 0.9
Alpha	10*(NN) 100*(NN) 200*(NN)
Beta	200*(NN) 500*(NN) 800*(NN)

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Dado as diversas combinações dos parâmetros do CRO para a biblioteca OR-Library (PRC) e ao número de instâncias, restringiu-se a parametrização a um conjunto de instâncias (classe scp*). A Tabela 2 mostra os parâmetros para o PRC. Para o PRC utilizou a mesma parametrização do PLUMF com os mesmos valores combinados conforme a Tabela 1.

Tabela 2 - Valores dos parâmetros do Algoritmo CRO para a biblioteca OR-Library (PRC).

Parâmetro	Valores
PopSize	10
MAX_ITER	15*(Número de colunas do problema de cobertura - NC)
iniBuffer	10000
initialKE	50000
KELossRate	0.3
MoleColl	0.3
Alpha	0.5*(NC)
Beta	1*(NC)

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Para cada teste realizado executa-se 15 vezes o CRO, computando-se a melhor solução encontrada, o valor médio das soluções, o erro médio e o tempo médio dispendido em cada execução do algoritmo. A fim de melhorar os resultados encontrados, empregou-se uma busca local em cada solução encontrada após a execução do CRO, em que executamos 10 vezes a rotina ExhaustiveChange sobre o novo resultado encontrado. A rotina altera exaustivamente um bit por vez da solução de entrada e retorna a solução com o menor valor da função objetivo.

PLECVE e biblioteca OR-Library (p-medianas)

Foram utilizadas as variáveis correspondentes aos parâmetros PopSize, KELossRate, MoleColl, buffer, InitialKE, α (alfa) e β (beta) e para a classe “Molécula” com seus atributos ω , PE, KE, NumHit, MinStruct, MinPE e MinHit, e os quatro métodos correspondentes às reações elementares.

Como ponto de partida para o algoritmo CRO ao PLECVE, utilizamos os valores dos parâmetros mostrados em Lam, Leung e Chu (2014) e foram modificados a partir da alteração de um único parâmetro de cada vez e visualização dos resultados obtidos com valores ótimos da base OR-Library. O primeiro valor alterado foi KELossRate e por último, o valor de beta.

Os parâmetros calibrados foram: (1) no estudo de caso (Região Grande-Vitória) temos KELossRate= 0,5; MoleColl= 0,5; InitialKE= 1000; buffer= 0; alfa= 500; beta= 1000 e PopSize= 10; (2) na biblioteca OR-Library temos KELossRate= 0,9; MoleColl= 0,3; InitialKE= 10000; buffer= 0; alfa= 50; beta= 1000 e PopSize= 10. Os critérios de parada foram: número de iterações sem melhoria igual a 300 ou quando o número de total de iterações for igual a 5000.

Instâncias

Para avaliar os algoritmos ao PLUMF e PLECVE, em casos práticos, foram utilizados dados reais de sistemas elétricos de potência IEEE (2020) e o estudo de caso. E para validar esses algoritmos foram utilizados conjuntos de dados da biblioteca OR-Library disponível em Beasley (2021). A seguir, mostraremos as instâncias para um caso real na alocação de estações de carregamento de VE. Para a resolução do caso real, foi escolhida a região metropolitana de Vitória-ES, pois é a que possui o maior número de automóveis em circulação do Estado do ES, segundo DENATRAN (2020). Primeiramente, definimos a localização dos locais candidatos a estações e dos clientes. Foram selecionados 8 locais candidatos a estações de carregamento (que são as medianas) e 16 clientes na região de Vitória-ES.

Os locais candidatos escolhidos são locais de grande circulação de automóveis na cidade, como centros comerciais, instituições de ensino e áreas de lazer. Além de serem espaços nos quais, geralmente, ocorre um tempo de permanência mínima superior a 15 minutos. Estes locais estão listados na Tabela 3.

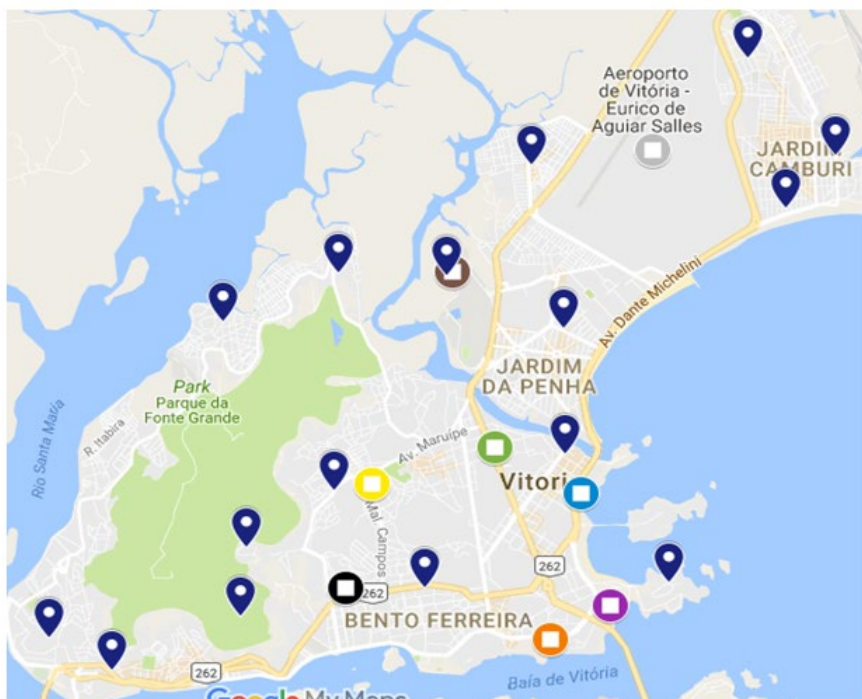
Tabela 3 - Locais candidatos a estações de carregamento em Vitória

Número	Local	Cor do ícone*
1	OK Hipermercado	Verde
2	Shopping Vitória	Roxo
3	Aeroporto de Vitória	Cinza
4	UFES Goiabeiras	Marrom
5	UFES Maruípe	Amarelo
6	IFES Vitória	Preto
7	Praça dos Namorados	Azul
8	Praça do Papa	Laranja

Fonte: Elaborado pelos autores (2021). * Ver detalhes na Figura 11.

Dado que os clientes podem estar em qualquer região da cidade de Vitória, estes foram selecionados de forma aleatória, mas cobrindo a maior área possível da região, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Locais candidatos a estações e os clientes escolhidos em Vitória



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os mapas foram plotados no Google My Maps (Google Maps, 2020), para melhor visualização. Na Figura 11, os ícones em azul são os clientes e os ícones quadrados, são os locais candidatos, como descrito na Tabela 3.

Para a região de Vitória foram realizados dois tipos de testes. O primeiro com distâncias em linha reta (normalmente utilizado pela literatura) e o segundo, com distâncias reais. Para o teste com distâncias em linha reta, utilizou-se as coordenadas geográficas encontradas no Google My Maps, mostradas nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Longitude e latitude dos locais candidatos (facilidades) mostrados no Google Maps.

Locais candidatos	Latitude	Longitude
Ok Hipermercado	-20,29359	-40,30146
Shopping Vitória	-20,31242	-40,28781
Aeroporto	-20,25802	-40,28297
Ufes Goiabeiras	-20,27252	-40,30641
Ufes Maruípe	-20,29784	-40,31586
IFES Vitória	-20,31019	-40,31891
Praça dos Namorados	-20,29892	-40,29140
Praça do Papa	-20,31638	-40,29495

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Tabela 5 – Longitude e latitude dos clientes mostrados no Google Maps

Locais candidatos	Latitude	Longitude
Cliente 1	-20,31377	-40,33135
Cliente 2	-20,24724	-40,27173
Cliente 3	-20,27869	-40,33330
Cliente 4	-20,27310	-40,30708
Cliente 5	-20,31031	-40,30961
Cliente 6	-20,27945	-40,29338
Cliente 7	-20,29881	-40,32027
Cliente 8	-20,30548	-40,33060
Cliente 9	-20,32008	-40,34638
Cliente 10	-20,31625	-40,35377
Cliente 11	-20,30976	-40,28100
Cliente 12	-20,26503	-40,26727
Cliente 13	-20,25988	-40,29720
Cliente 14	-20,29447	-40,29317
Cliente 15	-20,27286	-40,31978
Cliente 16	-20,25873	-40,26143

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os valores da latitude e longitude fornecidos pelo Google My Maps estão em graus decimais. Assim, há necessidade de conversão dos valores de latitude e longitude em graus decimais para graus, minutos e segundos. Então, calcula-se a distância latitudinal (DLA) e a distância longitudinal (DLO).

Os resultados das distâncias latitudinal e longitudinal são multiplicados por uma milha náutica. Por convenção, milha náutica equivale a 1852 metros.

Após, é feito o cálculo de distância euclidiana. A distância euclidiana (DE) entre dois pontos A e B quaisquer é dada por:

$$DE_{AB} = [(DLA_b - DLA_a)^2 + (DLO_b - DLO_a)^2]^{1/2}$$

A partir destes cálculos, foi implementada uma rotina para conversão destes valores e o preenchimento da matriz de distâncias. O Google My Maps fornece a distância em linha reta entre os locais, mas se torna inviável coletar estas informações para grandes instâncias.

No teste com distâncias reais, a matriz de distâncias foi preenchida com a menor distância percorrida de automóvel pelas ruas da cidade de todos os clientes até os locais candidatos. Essa distância é mostrada pelo Google Maps.

O CRO realizou 15 execuções para cada valor de mediana, para distâncias em linha reta e para as distâncias reais. Adotamos o valor de p entre 1 a 4. Assim, foram realizados 60 testes no total. A quantidade de 15 execuções foi definida empiricamente e com base em execuções utilizadas na literatura.

Unidades de medição fasorial

Durante a parametrização do algoritmo de CRO, definiram-se valores de seus parâmetros conforme descrito acima na Tabela 1. Executou-se 15 vezes o algoritmo para cada combinação, computando o melhor valor encontrado, o valor médio das melhores soluções, o erro médio e o desvio padrão.

Os melhores resultados dos testes com combinações de parâmetros para a para a modelagem proposta na seção (Modelo para Localização das UMF -MLU), e para modelagem baseada em Xu *et al.* (2013), (denominando Xu) são demonstrados na Tabela 6.

As células de “MS” indica a melhor solução encontrada por todas as configurações da tabela, ou seja, o número de UMF a serem instaladas para cada instância do sistema de testes IEEE. “EM(%) Modelo MLU” corresponde ao erro médio percentual com a modelagem proposta por MLU, enquanto “EM(%) Modelo Xu” corresponde ao erro médio percentual atingido com a modelagem de Xu *et al.* (2013).

Para fins de comparação, para o sistema de 118 barras com a modelagem de penalização o menor tempo computacional obtido neste trabalho foi de 376ms. Xu *et al.* (2013) encontra os valores ótimos em 3,1s com o CRO canônico e 1,1s com o SCRO.

Com a modelagem proposta em MLU, atingimos o tempo de 991ms. Em nossa pesquisa focamos na qualidade da solução encontrada ao invés do tempo computacional do algoritmo, que neste caso foi irrelevante.

Os primeiros resultados demonstrados possuem parâmetro MoleColl nulo, o que impede a realização de reações elementares intermoleculares. Para estes casos, notamos que valores baixos de Beta são aceitos, isso se deve ao fato do critério de síntese nunca ser testado, pois apenas se executam reações unimoleculares.

Os melhores resultados são encontrados para os maiores valores de KELossRate, o que indica que o algoritmo aceita piores soluções.

O modelo proposto chega à solução ótima com menor erro percentual que a modelagem de penalização. Entretanto, os melhores resultados ainda foram encontrados com maior incidência de reações de busca local (colisões inefetivas na parede e intermolecular), havendo baixa incidência de decomposição e síntese.

Tabela 6 - Melhores resultados encontrados para o CRO.

Parâmetros							Sistema IEEE 14 Barras		Sistema IEEE 30 Barras		Sistema IEEE 57 Barras		Sistema IEEE 118 Barras	
							MS: 4 UMF		MS: 10 UMF		MS: 17 UMF		MS: 32 UMF	
Tamanho da População	Número de iterações	Alpha	Beta	KELoss Rate	MoleCoil	Buffer	EM (%) Modelo Xu	EM (%) Modelo MLU	EM (%) Modelo Xu	EM (%) Modelo MLU	EM (%) Modelo Xu	EM (%) Modelo MLU	EM (%) Modelo Xu	EM (%) Modelo MLU
1	500	200	20	0,9	0,0	1000	0,00	0,00	20,00	0,00	9,02	0,00	9,17	0,63
1	700	150	50	0,8	0,0	0	3,33	0,00	30,00	0,00	4,31	0,00	9,79	0,42
10	700	150	2	0,7	0,0	1000	3,33	0,00	15,33	0,00	8,24	0,00	11,25	1,04
10	700	150	500	0,8	0,0	1000	0,00	0,00	25,33	0,00	6,67	0,00	9,38	2,29
10	700	500	2	0,9	0,0	0	6,67	0,00	22,67	0,00	7,84	0,00	9,17	2,29
10	700	500	50	0,9	0,0	1000	10,00	0,00	23,33	0,00	6,67	0,00	9,58	1,67
1	100	100	500	0,8	0,2	10000	21,67	0,00	7,33	0,00	13,33	0,00	14,17	4,38
1	100	200	800	0,8	0,3	5000	18,33	0,00	9,33	0,00	11,76	1,18	14,58	3,33
1	500	200	500	0,8	0,3	3000	26,67	1,67	18,67	0,00	14,90	0,78	19,58	1,04
10	500	100	200	0,8	0,5	5000	18,33	26,67	7,33	0,67	12,94	1,18	17,92	1,46
100	1000	100	800	0,8	0,2	10000	15,00	36,67	7,33	0,67	10,20	2,35	15,00	1,04
100	1000	200	200	0,8	0,5	5000	13,33	1,67	6,00	0,00	12,55	0,78	15,83	0,83

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Tabela 6 verificamos que sempre encontramos valores ótimos, rearranjando os parâmetros do CRO, para todos os sistemas de barras IEEE, exceto a barra 118 no qual o CRO teve gap mínimo de 0,42%. Assim, essa tabela mostra a qualidade do algoritmo CRO em encontrar, na maioria, valores ótimos na alocação de UMF.

Estações de carregamento

Nas Tabelas 7 e 8 são mostrados os testes realizados para a cidade de Vitória com o algoritmo baseado no CRO, com os melhores valores obtidos para a função objetivo nas 15 execuções realizadas para cada mediana (número de estações de carregamento) e o tempo médio. Nessas tabelas foram considerados 16 clientes (usuários de VE) e número de estações.

Tabela 7 - Resultados da metaheurística CRO para 16 clientes e linha reta em Vitória

Número de estações	Estações escolhidas	Função objetivo (melhor)(Km)	Tempo médio (s)
1	5	221,9	4
2	1 e 5	178,4	6
3	1, 4 e 5	107,0	9
4	1, 4, 5 e 7	27,40	11

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Tabela 8 - Resultados da metaheurística CRO para 16 clientes e distâncias reais em Vitória

Número de estações	Estações escolhidas	Função objetivo (melhor)(Km)	Tempo médio (s)
1	5	366,08	3
2	5 e 6	243,4	6
3	1, 5 e 6	168,0	6
4	1, 4,5 e 6	56,70	9

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Observamos que há uma diferença nas escolhas das estações de carregamento quando considera as distâncias em linha reta e as distâncias reais. A Figura 12 mostra os resultados obtidos com a metaheurística CRO para $p=4$, na configuração de distância em linha reta, com ícones em azul que mostram os clientes, ícones quadradas em laranja as estações não escolhidas e ícones em verde que são as medianas escolhidas.

Figura 12 – Configuração de 4 estações escolhida com metaheurística CRO.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Testes com dados da literatura

O problema de localização de UMF é modelado por um problema de recobrimento de conjuntos. Assim, foram realizados testes com instâncias disponíveis na biblioteca OR-Library associadas a problemas de cobertura de conjuntos (CC) para validar o algoritmo CRO. Os resultados desses testes estão dispostos na Tabela 9.

A Tabela 9 mostra os resultados de 31 instâncias (primeira coluna), seguido do tempo de processamento médio computacional do CRO dado em segundos, as dimensões (linhas e colu-

nas) e na quinta coluna os valores ótimos da função objetivo. Nas últimas quatro colunas têm: o melhor valor da função objetivo encontrado pelo CRO, o gap, o valor médio encontrado do CRO, e o erro médio, respectivamente. O CRO encontrou 19 valores com gap máximo igual a 10%, o que mostra a qualidade média do algoritmo considerando os valores para a função objetivo.

Tabela 9 - Resultados encontrados para instâncias PRC da biblioteca OR-Library.

Instância	Tempo Processamento (s)	Linhas	Colunas	Valor Ótimo	Melhor Solução Encontrada	GAP (%)	Média Soluções	Erro Médio (%)
41	167	200	1000	429	432	0,70%	449,60	4,80%
42	168	200	1000	512	525	2,54%	555,40	8,48%
43	160	200	1000	516	531	2,91%	546,53	5,92%
44	175	200	1000	494	530	7,29%	543,93	10,11%
45	176	200	1000	512	522	1,95%	548,40	7,11%
46	169	200	1000	560	568	1,43%	592,33	5,77%
410	161	200	1000	514	548	6,61%	563,33	9,60%
51	1077	200	2000	253	271	7,11%	278,27	9,99%
55	1085	200	2000	211	221	4,74%	225,53	6,89%
510	1054	200	2000	265	270	1,89%	276,07	4,18%
61	299	200	1000	138	144	4,35%	150,47	9,03%
65	286	200	1000	161	171	6,21%	176,93	9,90%
a4	4296	300	3000	234	246	5,13%	254,40	8,72%
a5	4268	300	3000	236	240	1,69%	247,20	4,75%
b1	5466	300	3000	69	77	11,59%	81,73	18,45%
b5	5444	300	3000	72	75	4,17%	80,93	12,41%
c1	10108	400	4000	227	232	2,20%	242,73	6,93%
c5	10475	400	4000	215	224	4,19%	233,20	8,47%
clr10	29	511	210	25	30	20,00%	31,73	26,93%
clr11	132	1023	330	23	31	34,78%	32,33	40,58%
clr12	614	2047	495	23	33	43,48%	34,40	49,57%
clr13	2735	4095	715	23	35	52,17%	35,87	55,94%
d1	13158	400	4000	60	65	8,33%	69,73	16,22%
d5	12564	400	4000	61	66	8,20%	71,73	17,60%
e1	34	50	500	5	6	20,00%	6,87	37,33%
e2	35	50	500	5	6	20,00%	6,87	37,33%
e3	36	50	500	5	6	20,00%	6,53	30,67%
e5	36	50	500	5	6	20,00%	6,80	36,00%
nre4	31434	500	5000	28	31	10,71%	33,53	19,76%
nre5	31369	500	5000	28	31	10,71%	32,93	17,62%
nrf1	45501	500	5000	14	16	14,29%	17,87	27,62%

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Para validar o algoritmo CRO que resolve o problema de localização de estações de carregamento de VE utilizamos os dados da literatura da biblioteca OR-Library, dado que conhecemos os valores ótimos de cada instância. A Tabela 10 mostra os resultados para 40 instâncias (primeira coluna) com valores da função objetivo (FO) ótimos na segunda coluna, seguido de suas dimensões (tamanho do número de vértices e número de medianas (p)).

Nas últimas quatro colunas têm: o valor da função objetivo do CRO, o gap, desvio padrão e tempo médio computacional dado em segundos, respectivamente. O CRO encontrou 31 valores ótimos e o máximo gap no valor de 0,07%, o que mostra a qualidade do algoritmo em termos dos valores encontrados para a função objetivo.

Tabela 10 - Resultados da resolução de 40 instâncias da OR-Library

OR Library				CRO			
Nome do arquivo	FO (valor ótimo)	Tamanho	p	FO	Gap (%)	Desvio médio (%)	Tempo médio (s)
pmed1	5819	100	5	5819	0,00	0,00	0,98
pmed2	4093	100	10	4093	0,00	0,03	0,97
pmed3	4250	100	10	4253	0,07	0,07	0,98
pmed4	3034	100	20	3033	0,03	0,03	0,99
pmed5	1355	100	33	1355	0,00	0,11	1,10
pmed6	7824	200	5	7824	0,00	0,00	1,78
pmed7	5631	200	10	5631	0,00	0,00	1,37
pmed8	4445	200	20	4445	0,00	0,39	3,46
pmed9	2734	200	40	2734	0,00	0,13	6,74
pmed10	1255	200	67	1255	0,00	0,00	7,23
pmed11	7696	300	5	7696	0,00	0,04	4,91
pmed12	6634	300	10	6634	0,00	0,02	5,37
pmed13	4374	300	30	4374	0,00	0,06	13,78
pmed14	2968	300	60	2969	0,03	0,00	32,45
pmed15	1729	300	100	1730	0,06	0,09	33,56
pmed16	8162	400	5	8162	0,00	0,01	7,89
pmed17	6999	400	10	6999	0,00	0,00	9,54
pmed18	4809	400	40	4809	0,00	0,00	31,93
pmed19	2845	400	80	2845	0,00	0,24	57,40
pmed20	1789	400	133	1790	0,06	0,11	83,27
pmed21	9138	500	5	9138	0,00	0,03	10,36
pmed22	8579	500	10	8579	0,00	0,03	19,18
pmed23	4619	500	50	4619	0,00	0,00	81,88
pmed24	2961	500	100	2962	0,03	0,06	125,02
pmed25	1828	500	167	1829	0,05	0,00	142,86
pmed26	9917	600	5	9917	0,00	0,00	26,14
pmed27	8307	600	10	8307	0,00	0,07	51,08
pmed28	4498	600	60	4498	0,00	0,00	154,09
pmed29	3033	600	120	3033	0,00	0,11	238,34
pmed30	1989	600	200	1989	0,00	0,45	244,67
pmed31	10086	700	5	10086	0,00	0,07	26,98
pmed32	9297	700	10	9297	0,00	0,00	31,96
pmed33	4700	700	70	4701	0,02	0,02	217,71

pmed34	3013	700	140	3013	0,00	0,00	358,54
pmed35	10400	800	5	10400	0,00	0,09	33,10
pmed36	9934	800	10	9934	0,00	0,12	55,27
pmed37	5057	800	80	5057	0,00	0,02	372,69
pmed38	11060	900	5	11060	0,00	0,00	47,37
pmed39	9423	900	10	9423	0,00	0,00	60,02
pmed40	5128	900	90	5130	0,04	0,04	501,57

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Discussões

Um grande desafio para as smart grids são monitorar a qualidade da energia da rede elétrica e para isso necessita de uma infraestrutura de medição avançada. Além disso, novos serviços especializados advindo do uso das smart grids, como por exemplo, os VE, necessitarão de uma infraestrutura adequada em prover fornecimento de energia elétrica sustentável e a instalação para as estações de carregamento de VE.

Os resultados computacionais apresentados para as modelagens aos problemas de localização de facilidades em smart grids foram promissores quando utilizaram algoritmos baseados no CRO.

Além disso, temos os desafios relacionados às smart grids como os listados em CGEE (2012), e destacamos alguns:

- Desenvolver um modelo para o mercado que o torna viável;
- Desenvolvimento de novos equipamentos elétricos, sistemas de comunicação e aplicações de software para suporte às funcionalidades requeridas;
- Ganhar experiência com projetos de tecnologia de informações e comunicação em larga escala;
- Promover, de forma prioritária, a interação e o envolvimento dos consumidores, com o objetivo de construir consciência e consenso sobre a importância da smart grids;
- Promover uma política industrial que garanta a sustentabilidade da cadeia produtiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além dos desafios destacados anteriormente incluímos a necessidade de modelagem de problemas de localização de facilidades nas smart grids com intuito de otimizar recursos, promover sustentabilidade e torna as redes elétricas inteligentes e otimizadas. Desta forma, as smart grids permite implantar medidores eletrônicos inteligentes (que são capazes de transmitir seus dados com a finalidade de verificar a qualidade de energia, medir consumo de energia, minimizar as perdas elétricas, reduzir o tempo entre falhas elétricas e comunicar de forma bidirecional).

As smart grids permitem ainda a implantação de fontes eólicas, solar ou armazenamento de energia com o uso dos carros elétricos.

Nesse trabalho os modelos matemáticos para os problemas de localização de facilidades em smart grids foram resolvidos por algoritmos baseados em CRO. Eles foram aplicados à infraestrutura de medição avançada e para as instalações de estações de carregamento de VE. Os resultados apresentados mostram a eficiência dos algoritmos propostos.

Como trabalhos futuros para a localização de estações de carregamento de VE, podemos realizar a análise de sensibilidade efetuada para diferentes taxas de penetração (aumento no número de VE) na frota. Para a medição avançada, um estudo futuro da implantação nos domicílios residenciais de medidores inteligentes e seus impactos na rede elétrica, tornam-se promissor com intuito de cada cliente implantar sua própria geração de energia fotovoltaica em suas residências.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio, dentro do Projeto PIBIC-IFES, Edital PIBIC/PIBITI/2016, Resolução nº 143/2016, Nível I. Agradece também ao Instituto Federal do Espírito Santo, projeto nº PJ00002933 e plano de trabalho nº PT00004475. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. F. M.; KAGAN, N. Aplicação de algoritmos genéticos e teoria dos conjuntos Fuzzy no dimensionamento de sistemas de monitoração para redes de transmissão de energia elétrica. *SBA Controle & Automação*, Campinas, v. 21, n. 4, p. 363-378, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-17592010000400004>.
- ALMEIDA, T. D.; FETTERMANN, D. C. Consumo residencial: uma proposta de modelo de negócio para medidores inteligentes. *Revista Produção Online*, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 1094-1117, 2019. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v19i3.3617>.
- AMIN, M. M.; MOUSSA, H. B.; MOHAMMED, O. A. Wide area measurement system for smart grid applications involving hybrid energy sources. *Energy Systems*, vol. 3, n. 1, p. 3-21, 2012. <https://doi.org/10.1007/s12667-011-0047-4>.
- AMIN, S. M.; WOLLENBERG, B. F. Toward a smart grid: power delivery for the 21st century. *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 3, n. 5, p. 34-41, 2005. <https://doi.org/10.1109/MPAE.2005.1507024>.
- BAOUCHE, F., BILLOT, R., EI FAOUZI, N.-E e TRIGU. Efficient Allocation of Electric Vehicles Charging Stations: Optimization Model and Application to a Dense Urban Network. *IEEE Intelligent Transportation Systems*, p. 33-43, Paris, 2014. <http://dx.doi.org/10.1109/MITS.2014.2324023>
- BEASLEY, J. E. OR-Library: Set covering. Disponível em: <http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/orlib/scpinfo.html>. Acesso em: 26 jan. 2021.
- BOCCARDO, D. *et al.*, Energy footprint framework: A pathway toward smart grid sustainability. *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, n. 1, p. 50-56, 2013.

<http://doi.org/10.1109/MCOM.2013.6400438>

CARDENAS, J. A.; GEMOETS, L.; ROSAS, J. H. A.; SARFI, R. A literature survey on Smart Grid distribution: an analytical approach. *Journal of Cleaner Production*, vol. 65, p. 202-216, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.019>

CGEE. Redes elétricas inteligentes: contexto nacional. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, 2012.

CONSTANTINO, A. A.; CASTRO, E. C.; ARAÚJO, S. A.; MENDONÇA NETO, C. F. X. Pré-processamento do problema de cobertura de conjunto aplicado ao escalonamento de condutores. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, Passo Fundo, vol. 8, n. 2, p. 28-43, 2016. <https://doi.org/10.5335/rbca.v8i2.5131>

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/estatistica/257-frota-2015>. Acesso 29 nov 2020.

DEPURU, S. S. S. R.; WANG, L.; DEVABHAKTUNI, V. Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, n. 6, p. 2736-2742, 2011. <http://doi.org/10.1109/PSCE.2011.5772451>

EPRI. Electric Power Research Institute. Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap, 2009. Disponível em <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/smartgrid/InterimSmartGridRoadmapNISTRestructure.pdf>. Acesso em 26 nov. 2019.

GASSEN, G. *et al.* Proposta de um modelo de programação linear para otimização do planejamento agregado de produção de brocas para empresa multinacional. *Revista Produção Online*, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 21-43, 2019. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v19i1.3013>.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso 29 nov 2020.

GROSSMAN, T; WOOL, A. Computational Experience with Approximation Algorithms for the Set Covering Problem. *European Journal of Operational Research*, vol. 101, n. 1, p. 81-92, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(96\)00161-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00161-0)

HOSSAIN, M. R.; OO, A. M. T.; ALI, A. B. M. S. Smart Grid. In *Smart Grids: Opportunities, Developments, and Trends*. A. B. M. Shawkat Ali ed., Springer-Verlag London, 2013.

IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY). Technology roadmaps smart grids. Disponível em: <https://webstore.iea.org/technology-roadmap-smart-grids>. Acesso em: 25 nov. 2019.

IEEE. Power Flow Test Cases. Disponível em: <https://www2.ee.washington.edu/research/pstca/>. Acesso em 29/11/2020.

LOSQUI, H. V. F.; SOUZA, F. H. B. Análise de pontos de aleatoriedade como estratégia para melhoria de ótimos locais em uma heurística construtiva. *Revista Produção Online*, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 923-951, 2019. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v19i3.3336>.

NAAMANE, A.; MSIRDI, N. K. Towards a Smart Grid Communication, *Energy Procedia*, vol. 83, p. 428-433, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.162>

NAZARI-HERIS, M.; MOHAMMADI-IVATLOO, B. Optimal placement of phasor measurement units

to attain power system observability utilizing an upgraded binary harmony search algorithm. *Energy Systems*, vol. 6, n. 2, p. 201-220, 2015. <https://doi.org/10.1007/s12667-014-0135-3>

MOUWAFI, M. T.; EL-SEHIEMY, R. A.; EL-ELA, A. A. A.; KINAWY, A. M. Optimal placement of phasor measurement units with minimum availability of measuring channels in smart power systems, *Electric Power Systems Research*, vol. 141, p. 421-431, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2016.07.029>

RIVERA, R.; ESPOSITO, A. S.; TEIXEIRA, I. Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, n. 40, p. 43-83, dez. 2013.

SANTOS, T. F.; SILVA, M. A. V. Transporte público e sustentabilidade: uma análise das publicações à luz da bibliometria. *Revista Produção Online*, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 44-71, 2019. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v19i1.3068>

SOUZA, Z. A. F.; ANGELIM, J. H.; AFFONSO, C. M. Identificação do Número Mínimo de Unidades de Medição Fasorial Sincronizada (PMU) para o Monitoramento em Tempo Real da Margem de Estabilidade de Tensão. VI Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, ISSN 2177-6164, 6 pp., 2016.

TAVASOLI, M.; YAGHMAEE, M. H.; MOHAJERZADEH, A. H. Optimal placement of data aggregators in smart grid on hybrid wireless and wired communication. 2016 IEEE Smart Energy Grid Engineering (SEGE), Oshawa, Canadá, p. 332-336, 2016. <http://doi.org/10.1109/SEGE.2016.7589547>

WEN, H. F. M.; XU, J.; LI, V. O. K. Optimal multistage PMU placement for wide-area monitoring. *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 28, n. 4, p. 4134-4143, 2013. <http://doi.org/10.1109/TPWRS.2013.2277741>

XU, B.; ABUR, A. Observability analysis and measurement placement for systems with PMUs, *IEEE PES Power Systems Conference and Exposition*, v. 2, p. 943-946, 2004. <http://doi.org/10.1109/PSCE.2004.1397683>

XU, J.; WEN, M. H. F.; LI, V. O. K.; LEUNG, K. C. Optimal PMU placement for wide-area monitoring using chemical reaction optimization. 2013 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), Washington, DC, p. 1-6, 2013. <http://doi.org/10.1109/ISGT.2013.6497845>

YANNICK, P.; MARC, P.; WILLET, K. A Public Policy Strategies for Electrical Vehicles and for Vehicle to Grid Power. *Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27)*, 2013 World, Barcelona, p. 1-10, 2013. <http://doi.org/10.1109/EVS.2013.6914856>

YU, J. J. Q.; LAM, A. Y. S.; Li, V. O. K. Chemical reaction optimization for the set covering problem. 2014 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), Beijing, p. 512-519, 2014. <http://doi.org/10.1109/CEC.2014.6900233>

Um modelo de reação para testes de variáveis endógenas utilizadas na análise de situações de risco no controle de máquinas complexas

Isnard Thomas Martins

*Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil – PEC
Núcleo de Segurança do Trabalho – NSHT da
Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, POLI/UPE*

Edgard Thomas Martins

*Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil – PEC
Núcleo de Segurança do Trabalho – NSHT da
Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, POLI/UPE*

Béda Barkokébas Junior

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.2

Resumo

Esta pesquisa demonstra como a influência de situações sistêmicas, enquanto senso comum previsível, transcendem ao cenário de risco na aviação, situando-se tão intimamente inseridas no cenário profissional e pessoal de um piloto que não podem estar dissociadas de seu comportamento operativo. Apresentamos como estas situações sistêmicas podem interagir como vetores de redução nas habilidades ou cognição do piloto, resultando na erosão de sua competência e capacidade de conduzir aeronaves. Neste artigo demonstramos um método para análise e tratamento dos fatores de risco e variáveis correlacionadas com cenários de acidentes aéreos, através da percepção de um modelo matemático para sistemicamente sintetizar a reação das variáveis envolvidas em ambientes críticos na aviação.

Palavras-chave: riscos aeronáuticos. algoritmos de caminho mínimo. ergonomia. pesquisa operacional. grafos.

A história das profissões complexas demonstra que organizadores mentais podem ser afetados por desordens e transtornos, podendo alterar o pleno equilíbrio necessário para o cumprimento das tarefas previstas em suas atividades. Conforme exposto neste artigo, os aeronautas expõem-se cada vez mais ao risco de adoecimento psíquico, principalmente diante das difíceis condições de trabalho e da sobrecarga no setor. Fatores psicológicos podem intervir na atividade laboral do profissional sem que ele tenha o seu discernimento, e isto se torna agravante quando esta percepção se dá de forma retardada principalmente em momentos de maior exigência da atividade desempenhada. No caso dos comandantes, esta exigência pode surgir em diversos momentos durante a jornada e pode gerar situações de desentendimentos na cabine, e entre os tripulantes, o que não significa um descontentamento particular ou pessoal, mas sim fruto de uma sobrecarga contínua oriunda de uma condição desfavorável à redução deste quadro. Os efeitos desta carga psíquica podem, ainda, aparecer como responsáveis por possíveis “falhas” dos comandantes, como em pequenos incidentes e são, em última análise, potenciais provocadores de acidentes aeronáuticos.

Os registros oficiais de acidentes pesquisados (FAA, 2008; CENIPA,2007), apontam para o humano como culpado ou como fator contribuinte nos acidentes numa proporção próxima a oitenta por cento (MARTINS E, 2010). Deve-se considerar que o piloto recebe um artefato que iniciou seu projeto de fabricação alguns anos antes de ser entregue a este profissional e como máquina complexa depende de perfeitas condições de funcionamento. Factualmente neste cenário localizamos o falível ser humano. Entretanto, a história da aviação demonstra que equipamentos aeronáuticos apresentam defeitos e certamente ainda continuarão apresentando problemas. Porém, inserido neste caminho para a busca da perfeição técnica e operacional da aeronave, encontra-se invariavelmente o piloto, sempre presente no artefato quando este se acidenta, sendo a ele frequentemente atribuído o mais alto preço pela ocorrência, por muitas vezes, representando a sua própria vida. Os erros dos pilotos certamente ocorrem, mas é preciso analisar suas origens e que podem ser atribuídas às falhas de projeto, aos erros de manutenção, à falta de capacitação, aos turnos de trabalho mal planejados e negligenciado, ao distúrbio do respectivo ciclo circadiano, à má comunicação das torres de controle, às informações erradas ou desatualizadas de cartas de navegação, aos erros de outros pilotos, às suas próprias falhas e outros relevantes condicionantes. Foi realizado um estudo crítico a partir dos registros oficiais dos acidentes com aeronaves através da releitura de uma amostra selecionada e disponibilizada por órgãos nacionais e internacionais de controle e prevenção de acidentes, preservando e não contestando os seus diagnósticos. Os dados coletados foram correlacionados com fatores críticos condicionantes, prospectando indícios de origens cognitivas e originários de outros fatores ergonômicos que podem contribuir com causalidades de acidentes aéreos (MARTINS E, 2010). O modelo sistêmico envolveu condicionantes de risco e variáveis potencialmente causadoras de distúrbios de saúde física e mental entre aeronautas, onde causalidades podem ocorrer, decorrentes de falhas técnico-psíquicas. As variáveis tratadas no modelo relacionam-se com hábitos de vida, incertezas da tecnologia embarcada nas modernas aeronaves, falta de rotina e horários e o distanciamento da família, condições que contribuem sobremaneira para o aumento da vulnerabilidade e do risco aeronáutico. O Modelo de Reação considerou padrões relacionados ao comportamento profissional do piloto combinado com fatores de vulnerabilidade aplicados à análise acumulativa de riscos. Aplicamos algoritmos de caminho mínimo para cálculos e aproxi-

mação entre variáveis de risco potencialmente envolvidas e redes semânticas, e identificação de padrões de clusterização dos fatores críticos (KOHONEN,1997). O Modelo de Reação investigou eventos e ocorrências na aviação, promovendo monitoração complementar da fase pré-voos. Procuramos oferecer subsídios que possam colaborar na prevenção de desvios de comportamento e situações sistêmicas que ofereçam riscos potenciais e ameaças à segurança aeronáutica. Segundo o CENIPA (2007) A prevenção de acidentes aeronáuticos depende da mobilização e do comprometimento de todos os envolvidos na aviação civil e militar brasileira. Falhas de projeto, adoção de tecnologia pela própria tecnologia, erros de sistemas preventivos de manutenção de aeronaves, tecnologia da informação assíncrona com a ergonomia distribuída humano/computador em modernas aeronaves são componentes de risco potencial, presentes em acidentes aeronáuticos de difícil e demorado diagnóstico, que conjugados com a história das profissões complexas demonstram como as desordens mentais afetam, de modo efetivo os organizadores comportamentais que devem apresentar-se em pleno equilíbrio para cumprimento das tarefas previstas em seu trabalho, onde a falha não é opção aceitável.

No início dos anos 90, a Canadian Air Transport Security Authority definiu, doze fatores considerados críticos, tendo sido denominados “Dirty Dozen”. Estes fatores foram elencados representando os principais fatores humanos causadores de riscos à segurança das atividades (TURI, 2021).

Neste foco, a Federal Aviation Administration (FAA - Agência Reguladora da Aviação dos Estados Unidos) incorporou os conceitos de “DIRTY DOZEN” na aviação, sendo utilizados regularmente em material de ensino (Human Factor,2006; TURI, 2021). A Figura-1 ilustra um mosaico apresentando os fatores identificados no grupo “DIRTY DOZEN”:

Figura 1 – Fatores Críticos “DIRTY DOZEN”



(Fonte: TURY, 2021)

FATORES CRÍTICOS MODELO DE REAÇÃO

Tendo como objetivo a organização e tratamento dos fatores potencialmente críticos identificados em acidentes aéreos focalizamos um estudo para análise de reação das variáveis de riscos envolvidas em cenários específicos, através de um modelo matemático para análise de situações de risco na aviação. Trata-se de um modelo de reação que processa e interpreta a correlação dos vetores integrantes dos fatores de causalidades de acidentes e do comportamento do piloto em situações relacionadas com todas as etapas do voo. Consideramos no estudo de risco o envolvimento de variáveis potencialmente causadoras de distúrbios mentais entre aeronautas, decorrentes de falhas técnico-psíquicas, quando causalidades poderiam ocorrer ao acrescentar gravidade aos fatores críticos do acidente.

Foi preocupação dos autores no processo de engenharia do Modelo de Reação, permitir ampla flexibilidade nas especificações referentes à modelagem das variáveis selecionadas para análise de sinistros, cenários críticos e tratamento do potencial relacionamento entre causalidades de acidentes. O cenário, foco específico do ensaio selecionado para desenvolvimento deste estudo, relaciona-se com os fatores críticos extraídos nas diversas etapas das atividades do transporte aéreo por Martins E (2010). Neste artigo, relacionamos para efeitos desse descritivo, não esgotando, entretanto os fatores exemplificados, alguns dos mais importantes fatores de risco, dentro de cada categoria selecionada para análise de cenários.

Fatores primários de riscos

Relacionam-se com ações e eventos críticos que potencialmente constituem foco para cadeia de falhas, tais como: ações relacionadas a uma fase do voo (padrão internacional), relacionada a uma ação da tripulação no cockpit, relacionada com uma das casualidades de acidentes indicados pelo CENIPA (2007), relacionado com um dos indícios de cadeia de erros indicados pelo FAA (2008), relacionado com o(s) tipo(s) de erro(s) que aponta(m) para indícios de falha etc.

Falhas ergonômicas

Relacionam-se com eventuais erros causados por problemas de usabilidade, emprego equivocado de material, treinamento inapropriado ou insuficiente, aspectos cognitivos ou outros fatores ergonômicos que podem ocorrer dentro ou fora do cockpit cujas falhas eventualmente podem apontar para fatores ergonômicos relacionados com diversos tipos de erros, tais como: problema estrutural (escolha/teste equivocado de materiais), ação/julgamento-toque arremetido, falha de checagem/monitoração, falha de recuperação em perda, mal julgamento condições meteorológicas, mal julgamento, altitude, visibilidade, desorientação, erro de informação/diagnóstico/meta, problema de capacitação/treinamento inapropriado, erro de layout, sobrecarga emocional e / ou cognitiva, distribuição errada da tarefa etc.

Erro no Cockpit

Erros cometidos no cockpit (na cabine de comando da aeronave), quando realizados pelos pilotos, tais como comandos errados, ação/julgamento toque arremetido, falha de checagem/monitoração, falha de recuperação em perda, mal julgamento condições meteorológicas, mal julgamento, altitude, visibilidade, desorientação, erro de informação, erro na avaliação ou ausência

de avaliação, erro de diagnóstico, erro de procedimento, problema aero médico ou psicossocial etc.

Causalidades relacionadas com atividades

Fatores críticos frequentemente estão presentes nas causalidades dos acidentes. São fatores estudados por entidades especializadas, dedicadas à prevenção de acidentes e órgãos responsáveis pelo controle de acidentes aeronáuticos, tais como: controle de tráfego aéreo e problemas de navegação, acidentes com carga/porta de carga/ dispositivos, colisões (colisões no ar e terreno), fatores externos, graves problemas meteorológicos, tripulação drogas, álcool, condição mental, cansaço/fadiga, fogo no hangar/solo, no ar, no interior da aeronave, pouso/ decolagem erro velocidade, comandos travados, configuração, manutenção falha de diretivas, instalação errada componente, resultado do pouso de emergência, perda de controle, segurança sabotagem, sequestro, insanidade a bordo, condições meteorológicas desfavoráveis/má visibilidade/noite, colisão vinda de outra aeronave, problemas corporativos normas não apropriadas etc.

Indício de erro

Indícios de origens cognitivas e outros fatores ergonômicos que podem ter contribuído com as causalidades de um acidente aéreo, tais como: ambiguidade, fixação ou preocupação, insegurança ou confusão, violação dos mínimos, procedimentos irregulares/ mal elaborados, ninguém inspecionando o exterior da aeronave, incapacidade de atingir objetivos, abandono de procedimentos padronizados de operação, insuficiência informações p/ações no cockpit etc.

Fase do voo

Foram classificadas sete fases de um voo, segundo o consenso internacional verificado no meio aeronáutico. Estas definições a seguir foram elaboradas para compreensão de leigos na aviação, representando o significado amplo das etapas do voo, a saber: taxi, decolagem, subida, cruzeiro, descida, aproximação e pouso.

Tipo do avião

Para os efeitos pretendidos neste estudo, refere-se ao porte da aeronave, a saber: tipo helicóptero, tipo pequeno, tipo médio e tipo grande

MÉTODO USADO NA PESQUISA

O método utiliza um Modelo de Reação desenvolvido pelos autores do artigo para tratamento de variáveis que integram um cenário modelado como um mapa vetorial referentes a situações de risco aeronáutico. Os riscos tratados pelo método proposto envolvem situações críticas que favorecem, isolados ou correlacionados, a erosão e o condicionamento da saúde físico/ mental do aeronauta. Os fatores críticos pesquisados para análise são organizados em trilhas de atividades encadeadas, formando uma estrutura contendo características de um Mapa Vetorial, onde os nós representam as atividades e as conexões representam os vértices ou arcos de uma rede, sendo desta forma tratado como um grafo. O Mapa Vetorial envolve variáveis que inter-

pretam o comportamento do piloto e fatores relacionados com aeronave. São geradas matrizes matemáticas para apoio da estrutura de cálculos, resultantes do tratamento do relacionamento entre os elementos que integram o grafo.

A identificação de indicadores associados aos riscos potenciais é obtida através dos cálculos extraídos do algoritmo de caminho mais forte/fraco entre atividades conectadas e presentes no contexto dinâmico do cenário, observando-se os vínculos intermediários entre os nós porventura conectados.

Para rastreamento dos riscos associados aos caminhos presentes no mapa vetorial o algoritmo do Modelo de Reação se utiliza do método definido como trilha reversa (adiante discutido nos itens 5.3.3 e 5.3.4) proposto no algoritmo Dijkstra (1994), que recompõe o caminho mínimo entre os nós de um grafo. A estrutura representada resultará no caminho de máximo êxito entre duas entidades selecionadas para análise. O algoritmo Dijkstra é o método clássico para cálculo do caminho de custo mínimo a partir de um nó fonte para todos os demais nós de um grafo capacitado, pressupondo um grafo contendo arcos não negativos (Xu & Chen, 2004; Boaventura, 1979). O uso de técnicas para análise de conexões em grafos usando algoritmos de caminho mínimo modificados são aplicados à identificação das mais fortes conexões entre entidades de uma rede (Xu e Chen, 2008). Trata-se de uma pesquisa experimental com variáveis controladas. Para a classificação da pesquisa, consideraremos a taxionomia apresentada por Vergara (2007); para investigação, os autores utilizaram informações e indicadores de ocorrências de voo contidos nas bases da FAA (2008) e CENIPA (2007) e que de alguma forma influenciaram os sistemas de avaliação analisados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO MODELO DE REAÇÃO

Os princípios básicos aplicados no Modelo de Reação basearam-se nas pesquisas para os respectivos Doutorados publicados pela PUC-Rio (Martins I, 2009) e pelo Instituto Oswaldo Cruz (MARTINS E, 2010). O objetivo da pesquisa de Pós-Doutorado dos autores, contemplou a construção de um ambiente sistêmico para análise e diagnóstico de causalidades de acidentes envolvendo variáveis potencialmente críticas em cenários de atividades aeronáuticos, como distúrbios mentais entre aeronautas, e outros fatores sensíveis a falhas técnico-psíquicas. As variáveis estão relacionadas com hábitos de vida, incertezas da tecnologia embarcada nas modernas aeronaves, sistemas de manutenção preventiva ou corretiva, ausência de rotinas e horários dos aeroviários e distanciamento da família, condições que contribuem sobremaneira para o aumento da vulnerabilidade da segurança e do risco aeronáutico.

O objetivo pretendido para realização da análise do cenário do acidente será a modelagem de uma rede integrada por fatores críticos conectados, formando um mapa vetorial apresentando caminhos lógicos de atividades relacionadas com fases relevantes, entre o ponto de partida do voo e o seu destino.

Uma tarefa importante na modelagem da rede consiste na coleta dos fatores de risco que irão compor o cenário objeto da análise. Devemos estabelecer a cronologia e encadeamento das atividades, eventos, bem como circunstâncias interrelacionadas (Entidades) presentes em um mapa de fatores de risco. A conexão entre as Entidades é genericamente denominada distância (arcos ou vértices), e a sua importância, conforme a sua maior ou menor contribuição na ocorrên-

cia é denominada fator de impacto. A probabilidade desta atividade ocorrer multiplicada pelo seu impacto nos fornecerá a criticidade do evento em uma rede. Um caminho crítico é formado pela maior distância matemática observada pelos eventos que se conectam formando uma sequência de eventos na Rede. Chen e Linch (1992), afirmam que a base de conhecimento é representada pela rede semântica, onde os nós (Eventos) são representados por objetos, conceitos ou atividades (Entidades) e as conexões representam os relacionamentos (associações) entre os nós, onde o peso ou valor das conexões indica a força de sua relevância na rede.

Investigações de acidentes utilizam mapas que integram os atores que participaram e estiveram de alguma forma envolvidos com as circunstâncias da ocorrência. Os cenários devem apresentar possíveis associações entre os fatores críticos potencialmente identificados. Este mapa, ou cenário envolvendo os fatores críticos do acidente pode ser tratado como uma rede ou grafo (MCANDREW, 1999).

Fatos que ocorrem simultaneamente com probabilidade razoável (co-ocorrência), bem como os itens de uma coleção de dados presentes de forma conjunta (correlação) nas circunstâncias do acidente podem colaborar para um modelo de estimativas ou grandezas que permitam estabelecer associações entre entidades em uma cadeia de eventos de uma investigação (Vidal, 2003). O valor das associações entre entidades presentes em um cenário é de grande relevância para a investigação de um acidente. Episódios ocorridos em acidentes no passado podem exemplificar a importância das estimativas, como os casos de congelamento do tubo de Pitot versus capacitação de Pilotos, ocorrido no voo Air France Rio de Janeiro-Paris, acidentado no Atlântico Norte em 2009, analogamente como o acidente ocorrido no voo do Air Florida em Washington, em 1982. Destacamos ainda, o recente caso envolvendo acidentes com o novo produto da Boeing, o modelo 737-Max, que apresentou nítidas falhas de software, resultando na atitude de perplexidade e desconhecimento por parte dos pilotos para lidar com as falhas graves ocorridas no Equipamento. O Boeing 737-Max foi suspenso em março de 2019 após o acidente no voo 302 da Ethiopian Airlines e em outubro de 2018, quando um Lion Air 737 MAX caiu na Indonésia, ambos apresentando as mesmas e graves falhas de correção de voo.

O valor associado ao arco entre entidades em um mapa de inteligência expressa a intensidade, segundo a qual as entidades estão mais próximas ou mais distantes entre si. O valor atribuído aos relacionamentos mapeados auxilia a visibilidade dos vínculos existentes, identifica envolvimento entre as Entidades presentes no cenário e produz conhecimento para gerar conclusões e laudos sobre os fatos das ocorrências analisadas (MARTINS I, 2009). Os conceitos relacionados inseridos em um mapa de ocorrência ou acidentes encontram similaridade com a teoria dos grafos, onde os objetos e eventos representam os nós do grafo e os relacionamentos representam os seus arcos ou vértices. Se obtivermos uma organização topológica formada pelos elementos que integram a investigação, através de uma representação gráfica ordenada em um mapa, teremos um grafo, constituído de todas as suas propriedades inerentes, como conectividade, acessibilidade, representação matricial, arborescência etc. (MARTINS I, 2009). Segundo Evans e Mineka (1992), problemas envolvendo grafos e redes necessitam de uma estrutura comum para representação. Supondo que $G = (X, E)$ seja um grafo não direcionado com m vértices e n arcos. Existem diversas formas de representar G , dentre estas: matriz de adjacências de vértices, matriz de incidência, lista de arcos, lista de adjacências e representação em estrela

Uma conveniente forma de apresentar um grafo será através da sua correspondente

matriz de adjacências, dispensando a apresentação dos vértices ou suas conexões (Evans & Mineka, 1992). A matriz de adjacências é definida da forma seguinte:

Seja A uma matriz $m \times n$, na qual definimos $a_{ij} = 1$ se o vértice i e j são adjacentes, isto é conectados por uma arco, e $a_{ij} = 0$, caso contrário.

Para um grafo direcionado, a matriz $m \times n$, apresenta:

$a_{ij} = 1$ se existe um arco (i,j) conectando o vértice i ao vértice j

$a_{ij} = 0$, caso contrário.

Dados dois vértices $x_i \in X$ e $x_j \in X$, definimos a distância $d(x_i, x_j)$ ou, abreviadamente, $d(i,j)$ como o valor seguinte:

$d(i,j) = 0$ se $i = j$

$d(i,j) = \infty$ se \notin arco (x_i, x_j) , $x_i \neq x_j$.

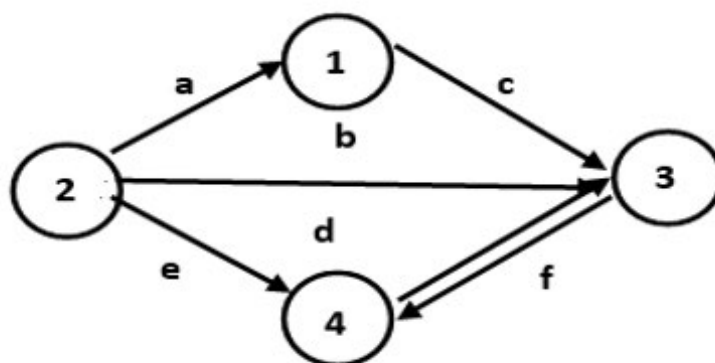
$d(i,j) < \infty$ se \in arco (x_i, x_j) , $x_i \neq x_j$.

Exemplo da matriz de adjacências representada na Figura 2.1 correspondente a um grafo direcionado, conforme ilustrado na Figura 2.2.

Figura 2.1 - Matriz de adjacências de vértices, correspondente ao grafo direcionado [2.2]

	1	2	3	4
1	0	1	1	0
2	1	0	1	1
3	0	0	0	1
4	0	0	1	0

Figura 2.2 - Um exemplo de Grafo direcionado, segundo Evans e Mineka (1992)



O método utilizado para o cálculo do valor do caminho mais forte entre duas entidades conectadas em uma trilha pertencente ao cenário, através dos vínculos intermediários dos nós interconectados em uma rede é baseado na trilha reversa usada pelo algoritmo Dijkstra (1994), que recompõe o caminho mínimo entre os nós de um grafo. A estrutura representada resultará no caminho de máximo êxito entre duas entidades selecionadas. Xu e Chen (2002) propuseram o uso de técnicas para análise de conexões em grafos usando algoritmos de caminho mínimo modificado que são aplicados à identificação das mais fortes conexões entre entidades de uma rede.

O algoritmo Dijkstra é o método clássico para cálculo do caminho de custo mínimo a partir de um nó fonte para todos os demais nós de um grafo capacitado, pressupondo um grafo contendo arcos não negativos (XU e CHEN, 2007; Boaventura, 1979).

No Modelo de Reação aplicamos um algoritmo denominado Chain, adaptado por Martins I (2009), cujos princípios estão baseados no algoritmo Dijkstra (1994), desenvolvido para cálculo das mais fortes conexões entre entidades de um mapa de relacionamentos. O algoritmo Chain calcula o produtório das probabilidades parciais de cada trilha de acesso, entre quaisquer pares de entidades selecionadas, evidenciando a criticidade em cada trilha de acesso, para consecução da sequência de possíveis deslocamentos entre a fonte ou origem (ponto de origem do voo) e o destino do grafo (ponto de destino do voo).

O algoritmo Chain processa as mais fortes conexões entre cada par i, j da matriz bruta de relacionamentos, apresentando o caminho possível entre as entidades e o valor representativo das mais fortes chances de aproximação entre as entidades. Como produto dos cálculos para identificação do melhor caminho é gerada uma matriz secundária (Back Tracking, adiante tratado) que fornece uma trilha de nós antecessores referente ao caminho gerado entre cada par de entidades processadas (EVANS e MINIEKA, 1992).

O algoritmo Chain trabalha diretamente sobre a matriz de relacionamentos, pesquisando as mais fortes conexões entre vértices para cálculo dos caminhos de maior aproximação entre entidades. Desta forma, ao final do processamento o algoritmo apresenta os caminhos das mais fortes conexões entre cada par de entidades do grafo. Para localizarmos a mais forte associação entre um par de nós deveremos localizar o maior produto dos pesos entre os nós (MARTINS I, 2009).

Desde que, o caminho mínimo foi identificado pelo algoritmo, onde foram reconhecidas as menores distâncias entre os nós do grafo (o valor dos arcos indicando o peso das associações), a representação das conexões mais fortes resultante do algoritmo de caminho mínimo não garantirá que as mais fortes associações estejam corretamente identificadas. Xu e Chen (2002) propõem como solução para este problema a aplicação de uma heurística que transforma a busca pelo caminho mínimo na localização das mais fortes conexões em um grafo direcionado, usando a seguinte transformação logarítmica:

$$l = -\ln(w) \quad 0 < w \leq 1$$

onde:

l é o peso da conexão no novo grafo transformado

w é o peso correspondente no grafo original

Com a transformação proposta obtêm-se os axiomas seguintes:

- Todas as conexões no grafo transformado são números não negativos.

Como $0 < w \leq 1$,

então: $\ln(w) \leq 0$,

o que sugere: $-\ln(w) \geq 0$;

- Os menores valores dos arcos no grafo transformado correspondem aos maiores valores no grafo original.

Se $l_1 < l_2$,

Então, $-\ln(w_1) < -\ln(w_2)$,

Assim, $\ln(w_1) > \ln(w_2)$.

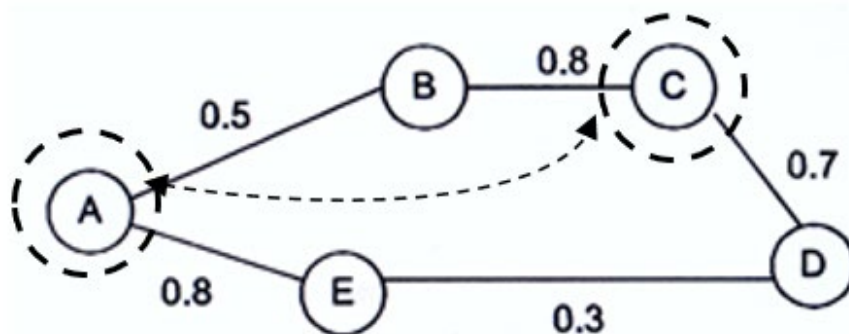
Uma vez que $\ln(w)$ é uma função monotônica crescente, segue-se que

$$w_1 > w_2;$$

- Os menores caminhos usando a soma dos valores dos pesos no grafo transformado corresponde aos maiores produtos dos arcos usando a rede original.

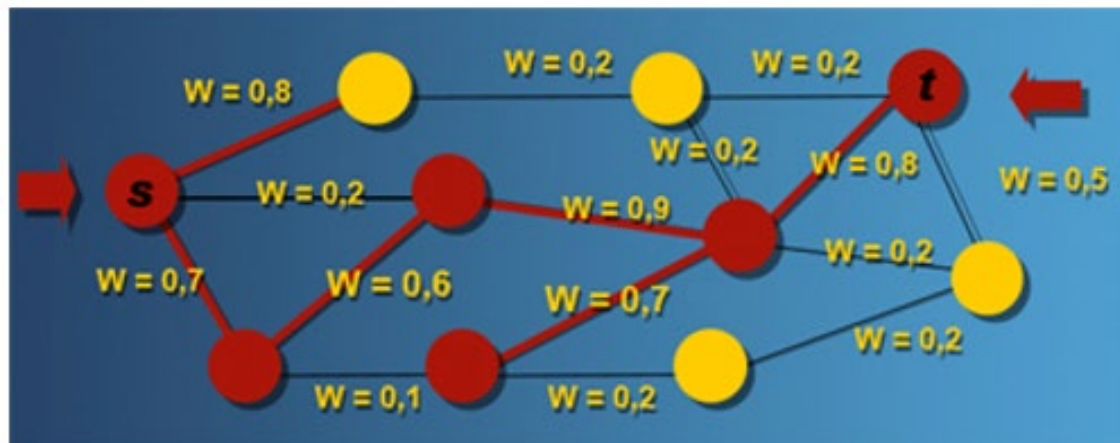
Na Figura-3 observamos que o nó [A] e o nó [C] encontram-se conectados através do nó [B]. O valor das conexões intermediárias entre [A-B] e entre [B-C] são respectivamente 0,5 e 0,8. Desta forma, teremos como valor referente ao caminho [A-B-C] o produto (0,5 x 0,8) que será igual a 0,4.

Figura 3 - Dois nós indiretamente conectados [A e C] (Xu e Chen, 2002)



A Figura-4, apresenta um grafo que tem como origem, o nó [S] e destino o nó [T]. Um algoritmo de caminho mais forte, demonstra através da ilustração ressaltada em vermelho o resultado da sequência máxima obtida para alcance, entre [S] e [T], dentre todas as alternativas existentes (XU e CHEN, 2007)

Figura 4 – Exemplo de grafo apresentando uma pesquisa de Caminho Máximo (Martins I, Visual Grafus, 2018)



DESCRIÇÃO DO MODELO DE REAÇÃO

O desenvolvimento do projeto do Modelo de Reação (Martins I, 2019) compreendeu os seguintes módulos sistêmicos, desenvolvidos em linguagem VisualBasic (ambiente Windows), alimentados por informações aeronáuticas pesquisadas em fontes oficiais especializadas, extraídas de Bancos de informações residentes em Access (MARTINS E, 2005)

Editor do Mapa de Riscos e Modelador dos Fatores Críticos

O Modelo de Reação incluiu um conjunto de recursos específicos para tratamento primário das variáveis, integrado por dois módulos dedicados à edição dos fatores de risco, como passo preliminar para posterior tratamento dos fatores como uma rede de eventos críticos. O módulo-1 inicial destina-se à edição das variáveis que integrarão o cenário, permitindo a modelagem de parâmetros identificados em situações potenciais de riscos em acidentes (MARTINS E, 2010). No módulo-1 os Fatores de risco (Títulos) são segmentados em subtítulos (denominados Entidades), tais como objetos de análise, fatores pessoais, eventos, ocorrências operacionais, equipamentos, eventos ergonômicos, características, fases do voo, pré-requisitos operacionais e outros (MARTINS E, 2010). O Módulo-2, integra-se ao primeiro módulo, parametrizando os riscos referentes a cada subtítulo e suas respectivas probabilidades de ocorrerem com êxito, quando associadas na cadeia de eventos.

A Imagem apresentada no plano superior na Figura-5, ilustra O Editor de Fatores de Risco, que suporta a inclusão de, até 8 Grupos de Fatores de Risco, que por sua vez, pode ser decomposto em, até 6 subtítulos. Os subtítulos inseridos representarão as Entidades na modelagem da Rede Semântica. No plano inferior da Figura-5 observamos na ilustração, o Modelador de Riscos, onde através de sliders (objetos deslizadores de criticidade para cada entidade (nó) presente na rede. Como subproduto desta fase é gerado um arquivo contendo dados do Cenário em estado bruto, não tratado como um grafo.

Figura 5 – Editor de Fatores de Risco e Índices de Criticidade (Modelo de Reação Fase-1)



Exemplificamos a modelagem de um Fator Crítico, conforme ilustrado na Tabela-1. Os resultados foram editados pelos Módulo-1 e Módulo-2 do Modelo de Reação. Selecionamos para este exemplo, um fator crítico definido como MEDICINA, extraído ao acaso de um cenário hipotético de um acidente aéreo.

Tabela 1 - Exemplo de Modelagem de um Fator Crítico

FATOR	SUBGRUPO	IMPACTO	INCIDÊNCIA	CRITICIDADE
Medicina	Problema aero médico ou psicossocial	2	9	1,8
Medicina	Capacitação física	3	7,5	2,25
Medicina	Sobrecarga emocional e / ou cognitiva	5	3	1,5
Medicina	Recuperação enfermidade	2	3	6
Medicina	Insônia	6	1	6

Fonte: Fatores Críticos na Aviação (Martins E, 2010)

STORYBOARD - MODELADOR DE CENÁRIOS

Nesta etapa o arquivo preparado pelo Editor de Fatores críticos é lido por um programa modelador de cenário, dispondo os fatores e subtítulos em uma matriz preparada para receber até 8 fatores críticos x 6 subtítulos decompostos. Após a alimentação dos dados pelo programa, os elementos inicialmente editados serão organizados em colunas por tipo de fator de risco, dispostos em um storyboard (ambiente de planejamento). O resultado desta leitura será um grafo desconectado (Cormen, 1991), conforme ilustrado na Figura-6.1. Nesta estrutura inicial estarão presentes atores, eventos, objetos e atividades que tiveram relacionamento com entidades do cenário editado, desde a origem do voo até o seu destino. A edição preliminar do cenário foi complementada pela inclusão de eventos preparatórios e/ou intermediários importantes na composição do cenário analisado, que deverá ser o mais completo possível, integrando todos os fatores considerados na análise. A estrutura resultante representará um mapa vetorial contendo todas as variáveis identificadas no cenário a ser analisado, plotadas como um grafo, neste

primeiro momento, ainda desconectado, sem determinação de seus caminhos e ainda sem as associações existentes entre os nós. Após o procedimento de leitura do arquivo editado, o analista de riscos, manualmente, inicia o trabalho de modelagem da rede no storyboard, trabalhando sob um grafo totalmente desconectado, que será progressivamente transformado em um mapa vetorial organizado. Deverão estar sendo usados nesta fase de modelagem todas as variáveis relevantes previstas na edição, e que, de alguma forma, possam historicamente ter apresentado alguma relação ou contribuição significativa com o cenário do acidente.

O significado das entidades no mapa vetorial depende do tipo do acidente estudado, sejam estas ações, pessoas, objetos, locais, traduzidos pelos nós do grafo, cujas conexões são representadas por relações de amizade, relações profissionais, relações hierárquicas, comunicações, relações ergonômicas etc. (BOAVENTURA, 1979).

Os nós serão então conectados no mapa vetorial pelo analista de riscos, usando para este fim as ferramentas gráficas de edição disponíveis no programa modelador, onde são aplicadas facilidades do tipo drag-drop para programar as conexões, resultando os vértices do grafo, que exibirá no mapa vetorial uma linha de associação entre os nós. Este procedimento resultará na progressiva construção de caminhos lógicos existentes no grafo. Os eventos, após conectados, passarão constituir trilhas sequenciadas, formando caminhos lógicos de atividades que produzirão ao final da modelagem uma rede de relacionamentos conectada, tendo como origem, o ponto inicial do voo, estendido até o destino previsto (Figura 6.2).

Figura 6.1- Exemplo de Storyboard - Mapa Vetorial desconectado (Mod. de Reação Fase-2)



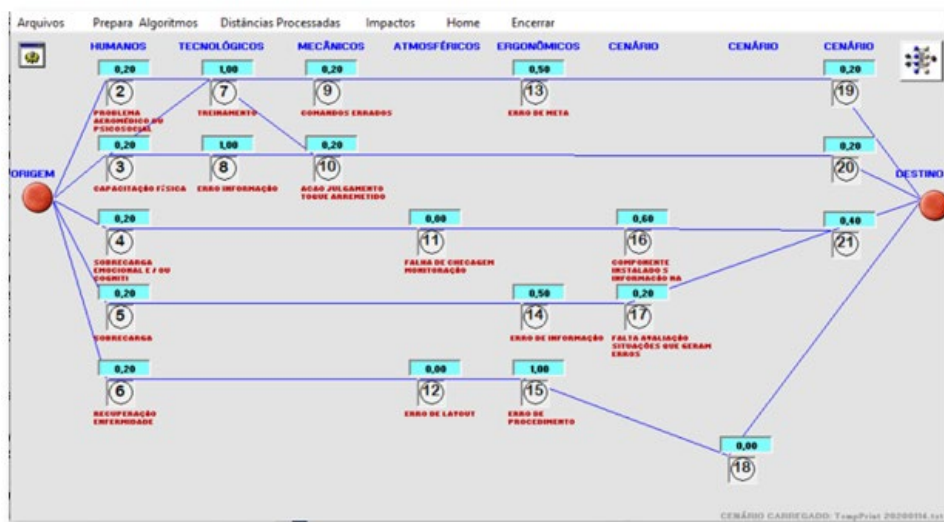
Figura 6.2 - Exemplo de Storyboard após modelagem das conexões dos nós da rede



Modelador do grafo objetivo

Nesta fase, o produto da sequência processada poderia ser denominado de Análise Reversa do Acidente (MARTINS I, 2019). O mapa, ou árvore de relacionamento dos fatores envolvidos poderá ser tratado como uma rede de fatores críticos. Neste mapa os conceitos relacionados produzidos pela investigação encontram similaridade com a teoria dos grafos, onde as Entidades representam os nós do grafo e os relacionamentos representam os seus arcos ou vértices (MARTINS I, 2009). Para cada nó (Fator de Risco) existe um gradiente que expressa a probabilidade de sua ocorrência na dinâmica do cenário, encontrando-se associado a uma medida de gravidade ou impacto de referência do fator, conforme anteriormente parametrizado no caso específico estudado para o acidente. Na estrutura da matriz completa (6 fatores x 8 subtítulos) desenvolvida genericamente para tratamento de cenários de acidentes aéreos, apenas alguns destes fatores críticos selecionados no mapa vetorial foram conectados pela modelagem manual, reduzindo o storyboard graficamente, apenas aos caminhos anteriormente editados pelo analista de riscos. A partir de um comando oferecido no quadro de opções do programa, os subtítulos inativos que compõem cada fator de risco no mapa serão visualmente eliminados do cenário, transformando o mapa vetorial completo em uma árvore objetiva de caminhos válidos para análise, integrada apenas por ENTIDADES (fatores envolvidos) relacionadas efetivamente com o acidente estudado.

Figura 7- Árvore objetiva ou Matriz Compacta de eventos (Modelo de Reação Fase-3)



Para melhor compreensão, podemos observar na Figura 6.2 os parâmetros editados do mapa vetorial representando a incidência associada aos subtítulos na cor azul (índices críticos ativos) e subtítulos na cor branca (índices críticos inativos). Os subtítulos na cor azul compreendem aqueles nós que foram associados entre si pelo analista de riscos a um ou mais nós da rede, formando sequência(s) (caminhos) no grafo direcionado. A transformação sistêmica para o modelo de reação reduzido (Figura-7) é realizada eliminando-se visualmente os elementos do grafo na cor branca, restando para análise apenas os elementos na cor azul, que estarão efetivamente participando de sequências (caminhos) de Entidades encadeadas no grafo. Segundo Martins i (2009), associações entre os nós do mapa vetorial podem evidenciar que determinado grupo de fatores de risco pertencem a mesma cadeia de causalidades, concluindo pela descoberta de linhas de investigação "invisíveis". Tais descobertas fundamentam-se em conceitos tratados como "Link Analysis" por Chen (1992) e Xu e Chen (2002), obtendo-se a preparação

automática de redes integradas por entidades conectadas ferramentas, conforme recomendadas por Goldberg e Wong (1998) e Hauk *et al.* (2002).

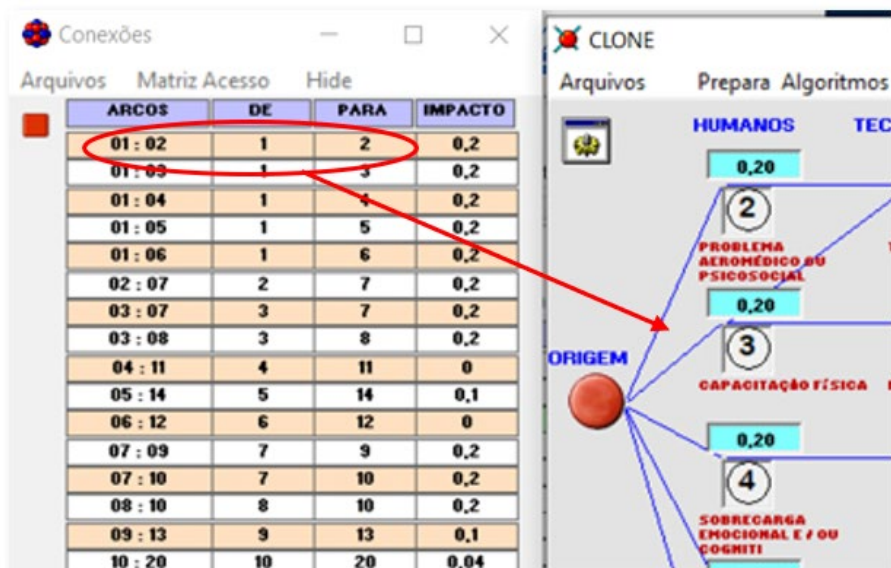
Aplicação de Algoritmos de Caminhos de Mínimos e preparação da Matriz Ponderada de Adjacências

A partir de um comando sistêmico acionado na Fase-3, o Modelo de Reação procede ao tratamento de matrizes preparatórias dos algoritmos para tratamento das associações entre os nós, bem como dos cálculos para identificação dos caminhos mínimos/máximos derivados do mapa vetorial. Segundo Martins I (2009), a utilização de algoritmos usados para busca dos vínculos fortes entre entidades presentes em uma rede tem sido amplamente usada em diversos domínios temáticos, como pesquisas médicas, redes sociais e investigação criminal. Três estruturas preparatórias para processamento dos algoritmos são apresentadas a partir do tratamento matemático no grafo reduzido, a saber:

Lista de Associações (Arcos ou Vértices)

Um algoritmo para tratamento das associações entre os nós da rede identifica e extrai todas as possíveis conexões existentes, registrando o resultado da busca em uma lista numericamente organizada, segundo codificação atribuída aos nós. Nesta estrutura estarão listados cada par existente de conexões na rede, representando cada um dos vértices presentes no mapa vetorial. A Figura-8 ilustra parcialmente uma imagem da rede reduzida (à direita da figura) e à esquerda, uma lista parcial dos vértices correspondentes.

Figura 8 - Árvore objetiva ou Matriz Compacta de eventos (Modelo de Reação Fase-4)



Neste exemplo, a primeira linha da tabela, à esquerda, apresenta o vértice resultante da conexão entre o nó [1] e o nó [2], cuja criticidade assume o valor [0,2]. A segunda linha da tabela apresenta o vértice resultante da conexão entre o nó [1] e o nó [3], cuja criticidade assume o valor [0,2].

A lista de associações apresenta uma coluna que exibe, para cada par de conexões, um valor que expressa a chance de sucesso, no caso de ambos os eventos que estão conectados, ocorrerem sequencialmente, cujo impacto provocará alterações nos índices críticos do cenário do acidente.

Em grande parte dos acidentes aéreos, os elos comuns (conexões) pertencentes a caminhos de atividades formados por fatores críticos estarão presentes, por exemplo, Treinamento x Capacitação do Piloto, Insegurança Institucional x Consciência Situacional, Manutenção x

ANÁLISE DA EDIÇÃO

De	PARA	IMPACTO/ACUMULADO	FATOR DE RISCO	
01	02	+ 00,20	00,20	PROBLEMA AEROMÉDICO OU PSICOSOCIAL
02	07	+ 01,00	01,20	TREINAMENTO
07	10	+ 00,20	01,40	ACAO JULGAMENTO TOQUE ARREMETIDO
10	20	+ 00,20	01,60	COMANDOS ERRADOS

Chances de sucesso nesta sequência = 2,00%

$$\sum_{k=1}^n x_i \cdot p_i = [Nó- 20] 20,0\% \times [Nó- 10] 20,0\% \times [Nó- 7] 50,0\% \times [Nó- 2] 100,0\%$$

Matriz Reversa de Acesso (Matriz de Alcance) – Back Tracking

Usando uma trilha reversa do acesso existente entre entidades do grafo, é possível ao método identificar possíveis vínculos intermediários existentes entre as entidades. As linhas e colunas da matriz de acesso referenciam os antecedentes de cada passo na trilha de acesso entre entidades (DJKSTRA, 1959). O Caminho para o acesso é realizado, considerando o último nó referenciado (destino do caminho), retornando passo a passo até o primeiro nó fonte da sequência examinada. Este método permite investigar o acesso e o valor da chance de aproximação entre entidades em um mapa vetorial auxiliando a descoberta de nós intermediários ocultos no relacionamento entre atividades do cenário (MARTINS I, 2009).

A Matriz Reversa apresenta duas Etiquetas:

- Etiqueta PI - indica qual o antecedente de melhor acesso na rede
- Etiqueta ALFA - indica o somatório dos impactos acumulados da entidade de origem até a entidade proprietária da etiqueta (usada como referência para o algoritmo)

Por convenção e facilidades necessárias ao tratamento dos cálculos usados no algoritmo, o Nó de origem (nó fonte) recebe o antecedente [-1]

A Figura 10 ilustra um modelo de Matriz Reversa obtida como resultado do algoritmo de caminhos mínimos aplicado no exemplo e exibido nas fases anteriores da descrição do Modelo de Reação.

Figura10 - Matriz de alcance – Back Tracking (Modelo de Reação Fase-6)

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PI	0	1	1	1	1	1	2	3	7	7	4	6	9	5	12	11	14	15	13	10	16	18
ALFA	-1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,2	1,2	1,4	1,4	0,2	0,2	1,9	0,7	1,2	0,8	0,9	1,2	2,1	1,6	1,2	1,2

Quando o algoritmo identifica a existência de mais de uma alternativa de acesso é selecionado para o rastreamento na matriz a maior chance de sucesso da trilha, conectando duas entidades pelo seu mais forte vínculo.

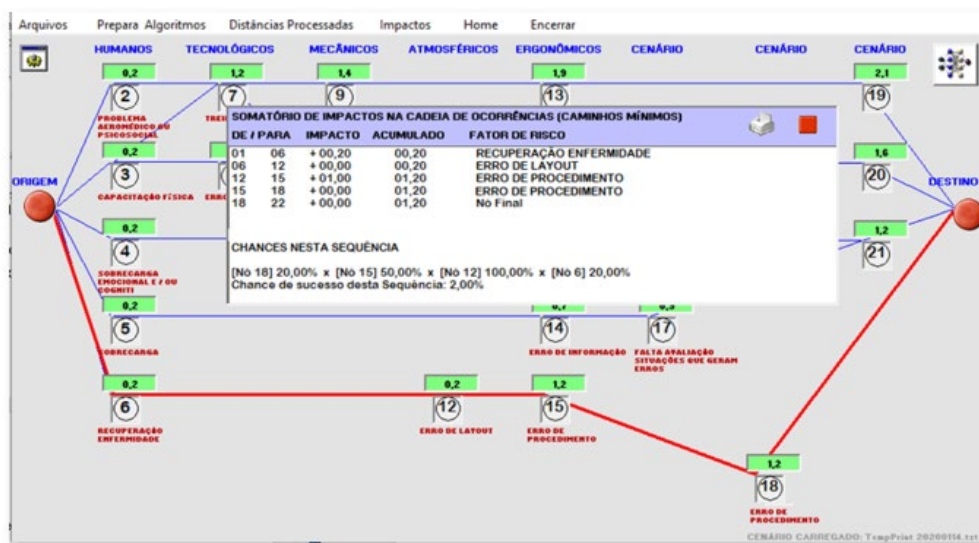
A Matriz Back Tracking servirá de base para identificação dos pontos mais críticos da

rede, propiciando e análise mais aprofundada de riscos que é realizada diretamente sobre o grafo objetivo, obtido na Fase-3 de processamento do Modelo de Reação. Após a apuração da Matriz de Alcance, uma opção de comando é acionada no programa para retorno ao grafo objetivo.

Identificação de caminhos de impactos mínimos / riscos máximos

A partir do processamento concluído das fases anteriores, o grafo objetivo receberá pré-calculados os valores finais das probabilidades de aproximação entre todos os pares de entidades onde foi possível um caminho direto ou intermediado. Devido à sua construção como um grafo conectado, é possível, a partir do ponto de origem (fonte do grafo), alcançar qualquer outro nó da rede e determinar qual o risco acumulado do acesso selecionado, conforme ilustrado na Figura-11.

Figura 11 - Análise – Identificação do caminho crítico (Modelo de Reação Fase-7)



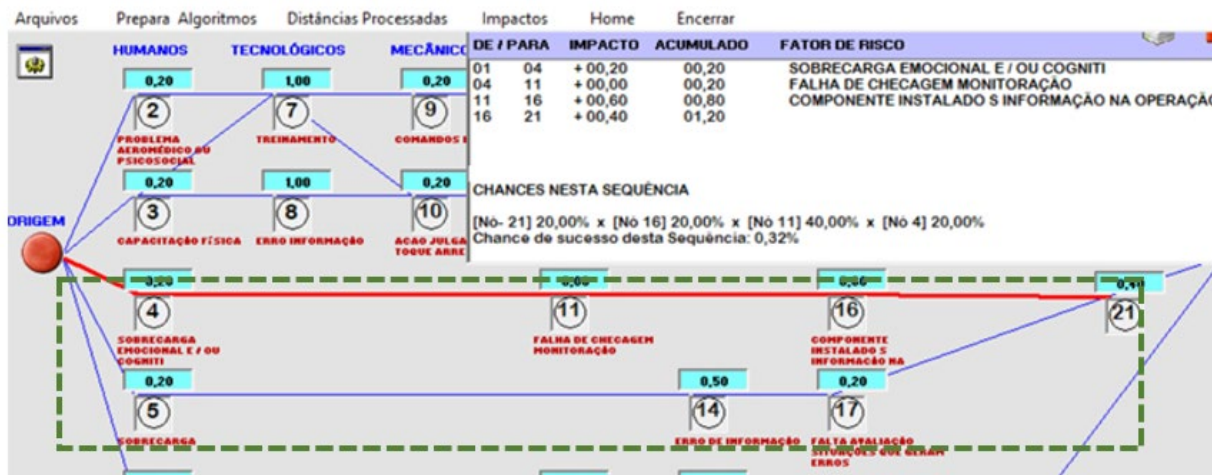
O método utilizado possibilita assim que possa ser investigada a chance de êxito na possível sucessão de atividades da rede, considerando a origem do voo e o acesso à ocorrências nos pontos mais críticos do cenário modelado, apoiando a investigação de suas causalidades no acidente (MARTINS I, 2009).

As etiquetas exibidas abaixo dos subtítulos exibem no momento de acionamento da Fase-7 os impactos de cada respectiva (cor verde) e não as probabilidades de ocorrência (cor azul), conforme anteriormente exibidos na modelagem inicial. Esta nova configuração das etiquetas permite facilitar a leitura das informações que serão recuperadas pelo analista nesta fase, podendo, entretanto, a qualquer momento cambiar o tipo da etiqueta exibida na rede. Ao selecionarmos um nó (clique do mouse) o programa ressaltará em vermelho o caminho possível, a partir do nó origem até nó selecionado, complementando com a emissão em tela de um relatório que descreve o melhor caminho até o nó selecionado, onde são computadas as chances de êxito associadas ao caminho processado. Se selecionarmos o nó final, o Modelo de Reação apresentará graficamente desenhado no grafo o Caminho Crítico que representa o caminho de menor impacto dentre todas as alternativas existentes.

No segundo exemplo, selecionamos o acesso a partir da origem, até o nó [21]. Para esta operação clicamos sobre o nó [21] e o programa calcula o melhor caminho (somatório dos impactos) a partir da origem nó [1].

Podemos observar que havia uma segunda alternativa do acesso entre o nó [1] e o nó [21], cuja sequência poderia ser [5] / [14] / [17] mas que apresentaria uma distância (impactos) maior que aquela selecionada pelo algoritmo de caminhos mínimos, sendo por esta razão descartada, conforme ilustrado na Figura 12. Os dois caminhos alternativos confrontados encontram-se ressaltados pela linha pontilhada, em verde.

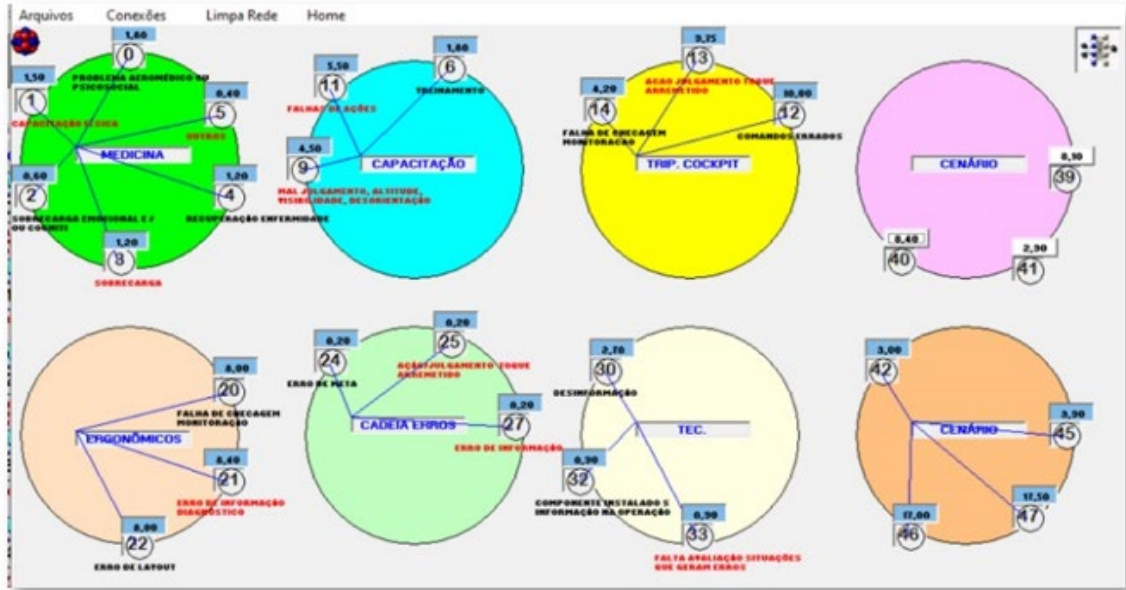
Figura 12 - Análise – Identificação de caminho de menor impacto (Modelo de Reação Fase-7)



Análise de Clusters

A importância da Clusterização em acidentes pode ser aplicada em numerosos casos para descoberta da concentração de falhas sobre Fatores críticos, por exemplo, apontando para Falhas Humanas & Automação de Aeronaves, Manutenção & Treinamento, Aeródromos & Fase do Vôo, Aeródromos & Equipamentos de Apoio e diversas outras combinações de falhas. Tais análises, entretanto, carecem grandes volumes de informações para obter representações significativas e isentas de distorções. Portanto temos aqui duas análises distintas: análise das concentrações (Figura 13) e análise entre concentrações (Figura 14). Estes recursos de análise permitem a descoberta de clusters concentradores de fatores críticos, por exemplo, identificarmos quantas vezes um determinado erro aparece associado a outro tipo de erro em relatórios de acidentes. Tais questões podem ser resolvidas por métodos de extração de dados em relatórios textuais (MARTINS I, 2009), ou ainda, através de algoritmos hierárquicos e partição (VIDAL, 2003). Os grupos ou clusters são identificados por padrões ou representações de configurações, onde certo elemento do grupo apresenta maior similaridade, característica ou propriedade com os demais elementos do mesmo agrupamento, em comparação com outros elementos de outros grupos (MARTINS I, 2009). Aplicamos como distância entre os elementos, o método Ward que compreende a soma dos quadrados sobre todas as variáveis. o método particionado compreende a pesquisa pela procura de n entidades, de modo atender a premissa de isolamento dos grupos (VIDAL, 2003)

Figura 13- Análise dos Clusters no cenário analisado (Modelo de Reação Fase-8)



Análise de Densidade

A análise de densidade permite a identificação de interseções entre pares de fatores críticos selecionados no mapa vetorial. A função calcula também a densidade entre os grupos, identificando as entidades existentes e analisa os vínculos existentes em sua interseção. A Figura 15 apresenta um relatório resumo de densidades que se propõe medir o nível de comunicação entre os grupamentos de fatores críticos. O relatório apresenta as entidades comuns e demais entidades integrantes nos grupos selecionados. São fornecidos indicadores de densidade, traduzindo a interseção existente entre os grupos de fatores críticos editados no mapa Vetorial.

Figura 14- Análise gráfica de Densidade entre dois fatores críticos (Modelo de Reação Fase-9)

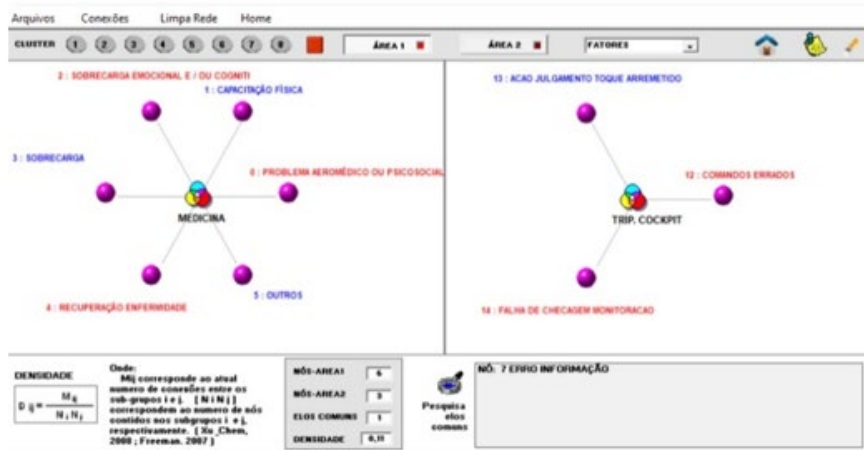


Figura 15- Análise de Densidade na rede -Relatório Consolidado (Modelo de Reação Fase-9)

CONCENTRAÇÃO POR TIPO DE FATOR CRÍTICO			
	FATOR CRÍTICO	IMPACTOS	PARTICIPAÇÕES
CLUSTER 1	MEDICINA	6,7	4,77%
CLUSTER 2	CAPACITAÇÃO	11,8	8,41%
CLUSTER 3	TRIP. COCKPIT	24,75	17,63%
CLUSTER 4	ERGONÔMICOS	25,2	17,96%
CLUSTER 5	CADEIA ERROS	0,6	0,43%
CLUSTER 6	TEC. INFORMAÇÃO	4,5	3,21%
CLUSTER 7	CENÁRIO	19,4	13,82%
CLUSTER 8	CENÁRIO	47,4	33,77%
		TOTAL IMPACTOS	140,35

A função densidade é calculada com base na relação entre as quantidades de entidades identificadas com elos comuns e o total de entidades existentes nos grupos. As entidades comuns entre os grupos são identificadas, computando-se o índice de densidade entre os agrupamentos, (MARTINS I, 2009):

$$D_{ij} = \frac{M_{ij}}{N_i N_j}$$

...onde, M_{ij} traduz às conexões comuns entre os grupos e $N_i N_j$ representa as conexões em cada grupo i e j .

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo procuramos demonstrar como um modelo matemático pode tratar variáveis relacionadas com situações de risco em cenários aeronáuticos.

Apresentamos a importância do Modelo de Reação para análise de fatores críticos ambientais que se relacionam com o piloto e com a aeronave.

Descrevemos o tratamento matemático do algoritmo de caminho mínimo transformado, e sua capacidade de relacionar-se com eventos, onde os sintomas de uma situação-problema encontram-se pouco visíveis. Frequentemente este fenômeno deixa um resíduo negativo na mente do piloto que se acumula a outros agentes negativos, erodindo lentamente a capacidade laboral do profissional aeronauta, até uma quebra da estabilidade dos operandos subsunçores vinculados à pilotagem segura, comprometendo a sua interpretação de condicionantes voltados para o comportamento operativo da aeronave. Os hábitos de vida, as novidades não informadas da tecnologia embarcada nas modernas aeronaves, a quebra de rotina e horários e o distanciamento da família contribuem para o aumento dessa vulnerabilidade. Através da descoberta dos elos mais críticos identificados na cadeia de fraquezas dentre os fatores críticos, presentes em cenários de acidentes, o Modelo de Reação, trabalha seletivamente sobre influências negativas, tais como como agentes orgânico, físicos, químicos, sociais, ergonômicos e profissionais, podem ser observados com maior cautela, acrescentando maior segurança na sequência de eventos combinados que integram ponta a ponta toda cadeia de atividades previstas em um cenário de

um voo. Foram apresentados fatores que agem silenciosamente e destrutivamente no sistema emocional e mental do indivíduo aeronauta, atuando como agentes que podem comprometer ações corretas na pilotagem de aeronaves. Em nossas conclusões ressaltamos que este aspecto degenerativo acontece de forma importante nos estudos do comportamento humano e seus riscos correlatos (Ausubel, 1982). Registramos não ser objetivo do Modelo de Reação, sob nenhuma hipótese, constituir-se ferramenta de substituição do processo pericial aplicado em acidentes, sejam estes de quaisquer porte ou natureza. O Modelo destina-se tão somente complementar estudos e pesquisas sobre causalidades, acrescentando maiores níveis de segurança na operação em ambientes críticos, envolvendo atores, máquinas complexas e respectivo instrumental presente em uma aeronave.

Por fim, destacamos duas importantes recomendações referentes à edição do cenário preparatório para o Modelo de Reação, ambas no tocante à necessária precisão dos parâmetros usados para modelagem dos fatores críticos.

Os indicadores de impacto e probabilidade associados a cada fator crítico selecionado devem refletir com muita acuracidade a sua representação na rede de fatores. Os valores registrados devem medir com máxima precisão, tanto o nível de importância do fator crítico (peso ou impacto) como a probabilidade estatística de êxito do evento.

Na falta ou ausência de históricos ou valores associados aos parâmetros, estes podem ser obtidos por ferramentas de simulação, como Método de Monte Carlo e outros (AALABAF, 2011).

REFERÊNCIAS

AALABAF-Sabaghi, M. Monte Carlo Methods and Models In Finance and Insurance. Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society), John Wiley and Sons, 2011

BOAVENTURA Netto. Teoria e Modelos de Grafos. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1979.

CENIPA. Relatórios.Finais Recomendações, MAer. Consulta em janeiro de 2007. <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/prevencao-de-acidentes>

CORMEN T.H., C.E. Leiserson, R.L. Rivest, Introduction to Algorithms, MIT Press, Cambridge, MA, 1991.

CHEN H., K.J. Lynch, Automatic construction of networks of concepts characterizing document databases, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 22 (1.5.5) (1992) 885– 902.

CONDON E.; Golden B.; Lele S.; Raghavan S.; Wasil E. A Visualization Model Based on Adjacency Data. Decision Support Systems, Volume 33, Number 4, August 2002

DJKSTRA E., A note on two problems in connection with graphs, Numerische Mathematik 1 (1959) 269–271.

EVANS J, E.Minieka, Optimization Algorithms for Networks and Graphs, Marcel Dekker, New York, 1992.

FAA- Accident & Incident Data. Aircraft Accident and Incident Notification, Investigation, and Reporting.

U.S. Department Of Transportation Federal Aviation Administration, US 2008

GOLDBERG H.G., R.W.H. Wong, Restructuring transactional data for link analysis in the FinCen AI System, Proceedings of 1998 AAAI Fall Symposium on Artificial Intelligence and Link Analysis, AAAI Press, Menlo Park, CA, 1998.

HUMAN FACTOR FAA– From “Dirty Dozen” to “Filthy Fifteen”. Aviation Mx . June 2006. US Vol 4 Issue 2

MARTINS E, Edgard. T, Estudo das implicações na saúde e na Operacionalização do Trabalho do Aeronauta Embarcado em Modernas Aeronaves no Processo Interativo Homem-Máquina. Tese doutorado, Instituto Oswaldo Cruz, CPQAM, Recife, 2010. 990 pg.

MARTINS E, Edgard. T, Ergonomia na Aviação. Um estudo crítico da responsabilidade dos pilotos na causalidade dos acidentes – monografia de Mestrado – UFPE, Depto de Design, Recife, 2005.

MARTINS I Isnard; Construção de um modelo de reação para testes de variáveis endógenas utilizadas para situações de risco no controle de máquinas complexas. Laboratório de Segurança e Higiene do Trabalho – LSHT, Recife PE, 2019

MARTINS I Isnard. Desenvolvimento e Análise de Mapas de Inteligência Aplicando Descoberta de Conhecimento em Bases de Informações Criminais e Algoritmos Híbridos. Tese de Doutorado, PUC-Rio, 2009

MARTINS I, Isnard; Visual Grafus – Modelagem de Redes Software Laboratorial Grafos, Dee, PUC-Rio, 2005/2006/2018

KOHONEN, T., Self-Organization Maps, Springer-Verlag, Berlin. 1997.

McANDREW D, The structural analysis of criminal networks, in: D. Canter, L. Alison (Eds.), The Social Psychology of Crime: Groups, Teams, and Networks, Offender Profiling Series, Aldershot, Dartmouth, 1999

TURI MAGAZINE. 12 fatores humanos que mais causam acidentes na aviação. Consulta em janeiro 2021. <https://www.turimagazine.com/12-fatores-humanos-que-mais-causam-acidentes-na-aviacao/>

VIDAL L. A. Carvalho. DataMining, a mineração de Dados no Marketink, Medicina, Economia e Administração. Editora Ciência Moderna, Rio de Janeiro, 2003.

VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2007

Xu J., Chen H. Criminal Network Analysis and Visualization: A Data Mining Perspective. Consulta em março, 2002 http://ai.bpa.arizona.edu/COPLINK/publications/crimenet/Xu_CACM.doc

XU Jennifer, Chen H., Fighting organized crimes: using shortest-path algorithms to identify associations in criminal network. Decision Support System 38 (2004) 473-487 Zio Enrico, An Introduction To The Basics Of Reliability And Risk Analysis. World Scientific, 28 de fev. de 2007.

A manutenção industrial frente à indústria 4.0

Rodrigo Araujo Viannini

Centro Universitário La Salle do Rio de Janeiro - UNILASALLE RJ

Hamilton Lopes de Miranda Junior

Centro Universitário La Salle do Rio de Janeiro - UNILASALLE RJ

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.3

Resumo

A Indústria 4.0 é um evento que tem modificado a forma de se produzir, por meio de processos mais conectados e interligados consegue-se acompanhar a cadeia produtiva e os equipamentos em tempo real. Através disso é possível tomar decisões mais acertadas que propiciam o aumento da produtividade e da competitividade. Esse conceito tem sido aplicado para a manutenção, permitindo que os sistemas e equipamentos caminhem de forma autônoma e intervenham de forma automática caso preciso. Diante disso este trabalho teve como objetivo avaliar como a manutenção industrial tem ocorrido diante da Indústria 4.0. Para tal, realizou-se uma pesquisa de revisão bibliográfica consultando os principais trabalhos acadêmicos que tratam do tema. Com isso constatou-se que existem inúmeros benefícios propiciados pela Manutenção 4.0 que contribuem para que se tenham sistemas eficientes, sendo necessário que se implemente essa estratégia nas organizações.

Palavras-chave: indústria 4.0. manutenção 4.0. produção.

Abstract

Industry 4.0 is an event that has changed the way of producing, through more connected and interconnected processes, it is possible to follow the chain and equipment in real time. Through this, it is possible to make better decisions that lead to an increase in productivity and opinion. This concept has been designed for maintenance, allowing systems and equipment to walk autonomously and intervene automatically if needed. In view of this, this work aimed to evaluate how industrial maintenance has occurred in the face of Industry 4.0. To this end, a bibliographic review research was carried out, referring to the main academic works dealing with the subject. Thus, it was found that there are numerous benefits provided by Maintenance 4.0 that contribute to having efficient systems, being necessary to implement this strategy in organizations.

Keywords: industry 4.0. maintenance 4.0. production

INTRODUÇÃO

Vale mencionar que qualquer máquina tende a apresentar um desgaste natural, isso ocorre por causa do uso. Portanto, tal condição precisa de um estudo com estratégias de manutenção a fim de obter as melhores estratégias para serem aplicadas nos equipamentos. Com isso consegue-se impedir a ocorrência de impactos negativos para a cadeia produtiva que, por causa dos níveis de complexidade, apresentem um nível de dificuldade quanto ao processo de análise.

Frente a esse cenário este trabalho se justifica, uma vez que gerou mais conhecimento científico acerca da Manutenção 4.0, algo que deve ser incorporado nas empresas modernas para que se tornem competitivas no mercado. Portanto, não basta incorporar apenas as ferramentas da Indústria 4.0 de forma isolada nas organizações, é necessário expandi-las a outros setores como o de manutenção, por exemplo, somente assim conseguimos alcançar competitividade de mercado.

Vale citar que a Manutenção 4.0 é uma evolução dos modelos tradicionais de manutenção que evoluíram de forma significativa com o tempo. Portanto, a incorporação dessa tecnologia fez com que a cadeia produtiva fosse otimizada, auxiliando e facilitando os processos de tomada de decisão. Frente a esse cenário este artigo buscou investigar o seguinte problema, apresentado em forma de pergunta, como tem se dado a manutenção frente à Indústria 4.0?

Para responder a essa pergunta determinou-se os objetivos da pesquisa, o geral foi avaliar como a manutenção industrial tem ocorrido diante da Indústria 4.0. Já os específicos foram compreender as características da Indústria 4.0, apontar como se deve realizar a manutenção nas organizações com vistas a se atingir a manutenção 4.0 e compreender o gerenciamento da manutenção na Indústria 4.0.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho realizou-se um estudo qualitativo em que se analisou de forma indutiva as publicações acadêmicas que tratam da Indústria 4.0 associadas à manutenção depois da coleta. Quanto ao tipo de pesquisa, pode-se apontar que esta é descritiva, uma vez que descreveu a manutenção 4.0 nas empresas para caminhar rumo à Indústria 4.0.

Já a coleta de dados se deu por meio de uma pesquisa de revisão bibliográfica em que se consultou os principais trabalhos acadêmicos disponíveis na íntegra e publicados nos últimos 10 anos. Os materiais foram obtidos em bancos de dados como Google Acadêmico e Scientific Electronic Library com o auxílio de descritores como 'Indústria 4.0', 'manutenção industrial', 'manutenção 4.0'.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

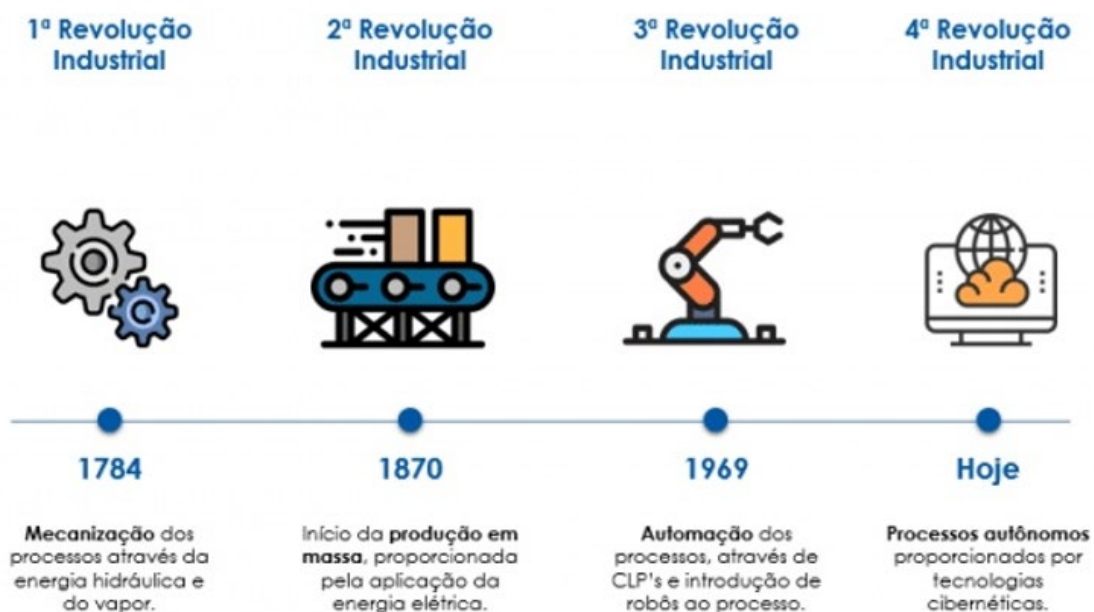
A seguir apresentam-se os principais conceitos associados ao gerenciamento da manutenção na Indústria 4.0.

A Indústria 4.0 é um conceito que foi mencionado pela primeira vez na Alemanha no ano de 2011. Tal instrumento emergiu como uma nova estratégia de desenvolvimento econômico pautado nas tecnologias. Desse modo começou-se a chamada Quarta Revolução Industrial que tem como base a comunicação entre as máquinas e a internet e não somente entre máquinas e humanos ou humanos com humanos.

De acordo com Sacomano *et al.* (2018) a Indústria 4.0 passou a ser um termo amplamente discutido na modernidade, uma vez que apresenta várias possibilidades e diversos pontos a serem explorados. Porém, pode-se mencionar que as Revoluções Industriais contribuíram de forma significativa para se atingir os níveis que se tem com as ferramentas advindas do novo modelo. A seguir, apresentam-se as principais invenções que marcaram as Revoluções:

- a) A Primeira foi o aparecimento das máquinas a vapor, culminando na abertura da era industrial.
- b) A Segunda, por sua vez, passou a adotar a energia elétrica, além de contar com a produção em massa, principalmente no campo automobilístico.
- c) A Terceira tem como marco o processo de automação da cadeia produtiva por meio da tecnologia da informação e da eletrônica.
- d) A Quarta tem sido impactada pela intensa utilização da internet como uma estratégia para dar suporte ao processo de produção de informações e de dados que podem ser utilizados para o controle do fluxo de produção, bem como melhorar e desenvolver produtos melhores para atender à crescente expectativa dos consumidores.

Figura 1 – Evolução das indústrias delimitadas pelas Revoluções Industriais



Fonte: Schwab et al. (2018)

Destaca-se que a consolidação e a evolução da eletrônica e da telefonia móvel no século XXI, especialmente a partir da metade do ano de 2010, fez com que o mundo emergisse na chamada Quarta Revolução Industrial, também denominada como sendo Indústria 4.0. As tecnologias e o evento apontados anteriormente possibilitaram a integração mais efetiva do mundo físico com o virtual e digital, permitindo que se tenha a convergência e a comunicação entre redes e serviços (ASSAD NETO *et al.*, 2018).

Vale mencionar ainda que os sensores criados com base em tecnologias nano tem feito com que as redes se tornem mais eficientes e rápidas, paralelamente a isso passou-se a observar que os processadores das máquinas começaram a apresentar desempenhos melhores. Desse modo, pode-se afirmar que a Quarta Revolução Industrial é um evento devidamente marcado pela conversão dos níveis avançados de inteligência artificial, de controle e de sensoriamento que trabalham de modo interligado com os requisitos globais de comunicação.

De acordo com Borlido (2017) para que se consiga adaptar as indústrias ao novo conceito, denominado 4.0 é imprescindível entender questões relacionadas a tal evento para que se possa avaliar os níveis de automação existentes. Além disso é preciso que se atue promovendo a convergência de informações na cadeia produtiva, se otimize processos e se implante tecnologias e ferramentas que são próprias à Indústria 4.0. Outro ponto que merece atenção está relacionado a necessidade de se identificar os setores e os processos que serão adaptados, estes possuem as seguintes classificações:

- a) A Manufatura 4.0 que se liga às pessoas, aos produtos e às máquinas presentes na cadeia produtiva.
- b) O Suprimento 4.0 que engloba a cadeia de suprimentos indo desde as matérias-primas para que se possa produzir ao fornecimento de máquinas e componentes para a manutenção.
- c) A Logística 4.0 que contempla toda o fluxo de rastreo e transporte de produtos, além da tradicional atividade de distribuição e armazenamento.
- d) A Energia 4.0 que se relaciona a todos os processos de gerenciamento da energia como a utilização de fontes energéticas alternativas e a otimização da eficiência energética.
- e) A Engenharia 4.0 ou o Projeto 4.0 que se associa às áreas responsáveis pela realização de projetos industriais, especialmente o desenvolvimento de dispositivos que visam promover a melhoria dos processos desenvolvidos na manufatura.
- f) O Serviço 4.0 que se liga aos processos de pós-venda, destaca-se que é preciso que haja uma comunicação com os setores de gestão, de logística e de projetos para que tais eventos ocorram de forma eficiente.
- g) A Gestão 4.0 que contempla os sistemas de gerenciamento global que permite acessar todas as áreas, nesse caso é imprescindível que se tenha a interação entre todos os campos identificados.
- h) A Manutenção 4.0, foco deste trabalho, envolve o processo de suporte do sistema de produção, além disso atua assegurando que se tenha a comunicação e a integração

da logística com a cadeia de suprimentos no que se refere ao fornecimento de insumos para a troca de componentes das máquinas, por exemplo. Por meio dela consegue-se também fornecer dados relevantes para a área de projetos que atuará para otimizar o fluxo de trabalho.

A MANUTENÇÃO NAS EMPRESAS COM VISTAS À MANUTENÇÃO 4.0

Qualquer organização produtiva é formada por uma série de partes interligadas que trabalham de modo objetivo e harmonioso para alcançar o principal propósito da companhia, ou seja, gerar lucros por meio da comercialização dos produtos. Destaca-se que qualquer uma das partes que integram o conjunto precisa funcionar de modo adequado e não impactar no funcionamento do todo ou ainda resultar em danos aos setores adjacentes que integram a indústria.

De acordo com Dockhorn (2019) para tentar assegurar que o objetivo mencionado anteriormente seja alcançado entra em cena a manutenção que é um dos pilares básicos para garantir que os anseios supracitados possam ser atingidos. De modo a se garantir que as operações ocorram dentro do programado é imprescindível que algumas premissas básicas sigam a atividade de manutenção, entre as quais destacam-se:

- a) Gerar informações que sejam as mais claras possíveis para os setores que são contíguos como almoxarifado e compras, por exemplo, no que tange aos insumos a serem comprados quando preciso.
- b) Assegurar que todo o pessoal da manutenção obedeça aos procedimentos no que se refere à segurança, bem como à excelência para a realização das atividades.
- c) Demonstrar para a alta gestão a necessidade de se atualizar ou de trocar as máquinas da cadeia produtiva.
- d) Realizar de forma constante a melhoria contínua nos processos operacionais da organização.
- e) Propiciar o espírito de equipe tanto no setor de manutenção como em outros.
- f) Buscar reduzir de modo constante os custos dentro da empresa ao mesmo tempo em que se garante a preservação da qualidade.
- g) Ter conhecimento no que diz respeito a todas as atividades que são executadas no setor de Engenharia.

De acordo com Baldissarelli e Fabro (2019) outro ponto que merece atenção é que a manutenção nas empresas é estratificada em três níveis que são:

- a) O primeiro é fundamentado no fato de ser indispensável para assegurar que o equipamento permaneça funcionando.
- b) O segundo é que esse instrumento se tornou imprescindível para a realização da tradicional manutenção preventiva, ou seja, promover o reparo e trocar os componentes danificados.
- c) O terceiro é aquele voltado à manutenção preditiva, responsável por acompanhar as principais variáveis críticas e intervir no equipamento antes que as falhas ocorram.

Frente ao exposto, pode-se apontar que a manutenção evoluiu de forma significativa desde o seu surgimento. Tal evento está intimamente associado com as Revoluções Industriais e os seus adventos no sistema produtivo. Com isso vale citar ainda a Indústria 4.0 que se liga intimamente com a chamada Manutenção 4.0 ou manutenção digital. Frente a esse cenário o quadro 1 mostra a cronologia da manutenção, apontando os principais marcos desse campo.

Tabela 1 – Evolução da manutenção

<p>Primeira geração: corretiva Conserto após falha; Gestão reativa.</p>	<p>Segunda geração: preventiva Revisões programadas; Sistemas de PPCM; Técnicas preditivas; Gestão proativa.</p>	<p>Terceira geração: produtiva Produção monitorada; Projeto, Confiabilidade e Manutibilidade. Estudos de <i>retrofit</i>; Microcomputadores; Sistemas especialistas; Versatilidade; Trabalho em equipe; FMEA manutenção; Gestão TPM Lean.</p>	<p>Quarta geração: digital Monitoramento total; Projeto, confiabilidade e manutibilidade; Conservação de energia; Segurança total; Fábrica digital e PLM; Sistemas MES e ERP; Simulação e modelagem; Estudos de riscos; <i>Netbooks e tablets</i>; Sistemas especialistas; Funções múltiplas; FMEA ciclo produtivo; Gestão digital integrada.</p>				
1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010

Fonte: Stevan et al. (2018)

É importante mencionar que a primeira geração ocorrida entre os anos de 1940 e 1959 foi chamada de corretiva ou reativa e foi marcada pela intervenção depois da identificação das falhas. Já a segunda geração se deu entre os anos de 1960 e 1979 e é conhecida como preventiva, pois estabeleceu uma série de ações que visavam impedir a ocorrência das falhas (CAMARA, 2020). Dessa maneira atuava-se realizando revisões programadas que eram complementadas pela utilização das técnicas preditivas com vistas à proatividade.

A terceira geração, por sua vez, ocorrida entre os anos de 1980 e 2000 foi chamada de produtiva. Com isso, passou a incorporar estratégias destinadas ao monitoramento da produção, o estudo da confiabilidade e a inserção dos sistemas microprocessados com os especialistas com vistas a fomentar o trabalho em equipe. Além disso foram instituídas metodologias como a Total Productive Maintenance (TPM) que consiste em um sistema que elimina perdas, reduz paradas e garante qualidade e conseqüentemente reduz custos nas empresas com processos contínuos e a Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) uma técnica sistemática e metodológica utilizada no processo de criação de produtos ou em fases de projetos que podem demandar atenção nas operações e manutenção, por exemplo (GONCALVES, 2020).

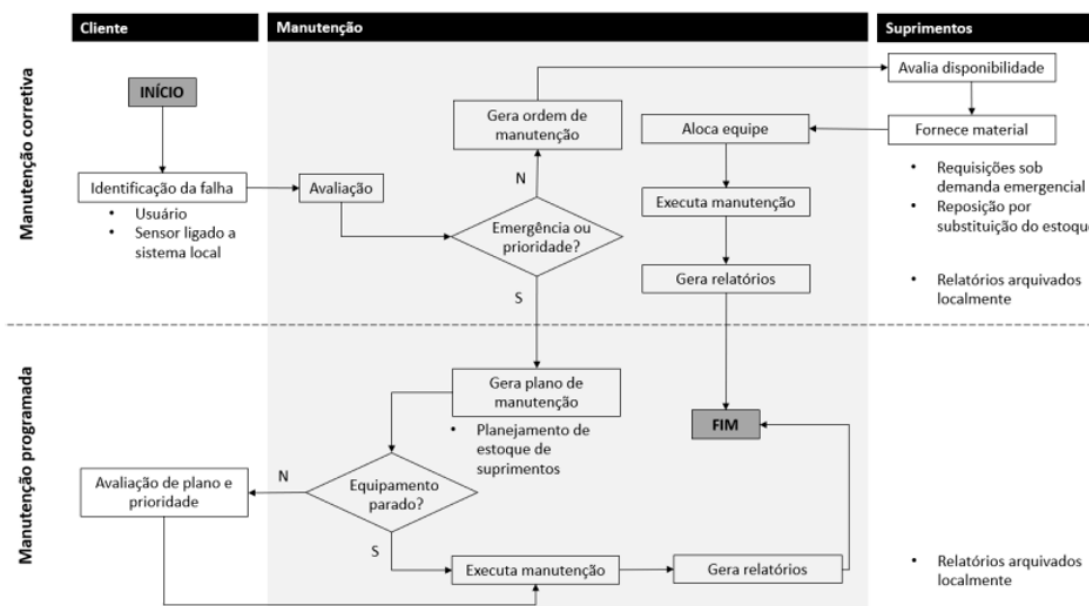
A quarta geração começou nos anos 2000 e continua até os dias de hoje, sendo marcada pela inserção dos sistemas digitais que atuam monitorando a confiabilidade de processos por meio da integração dos sistemas Manufacturing Execution System (MES) e o Enterprise Resource Planning (ERP). De acordo com Rodrigues (2018) o MES é uma estratégia que visa entregar os dados de modo a se otimizar as operações produtivas, começando pelo processamento do pedido e terminando quando o produto finalizado é entregue.

Já o ERP é uma ferramenta destinada ao gerenciamento dos fornecedores, ao marketing, à distribuição, à gestão da manutenção, aos serviços de campo e à gestão da qualidade. O sistema é responsável por endereçar as necessidades da organização por meio da integração

das suas funcionalidades (LIMA, 2019). Frente a esse cenário, pode-se apontar ainda que no que tange à quarta geração, tem-se uma maior atenção à segurança e à utilização sustentável da energia, algo que não ocorria anteriormente.

Frente a esse cenário pode-se apontar que a quarta geração tem incorporado os conceitos da Indústria 4.0 que faz o uso de sistemas computacionais, inerentes à rotina operacional. Dessa maneira é preciso que todos os agentes envolvidos no processo se capacitem para que tenham a competência de se desenvolver em novas tecnologias para extrair o máximo desse recurso. Segundo Delecrodio *et al.* (2021) é necessário que se tenha cuidado com a manutenção, especialmente para prever possíveis falhas que possam vir a ocorrer, algo que começou na manutenção tradicional como mostra a figura 2.

Figura 2 – Manutenção de terceira geração



Fonte: Stevan et al. (2018)

Desse modo, os pedidos de manutenção na indústria de terceira geração são classificados da seguinte maneira:

- Corretivos, contemplando as situações em que se tem a manutenção emergencial ou de forma imediata, aqui não entra em cena o fluxo do planejamento das manutenções.
- Planejados, destinados a suprir um chamado do cliente e que não conta com um caráter emergencial ou ainda que não integra o programa de planejamento da manutenção preventiva.
- De rota, que se dá quando a atividade integra o programa de manutenção programada destinada a garantir que o equipamento permaneça em funcionamento.
- De parada geral, que tende a seguir um fluxo semelhante ao de ordem planejada, tal elemento é empregado para as paradas dos equipamentos destinados à manutenção periódica.

Para que se cumpra as premissas associadas à Indústria 4.0 é imprescindível que os sistemas destinados à manutenção industrial contem com todas as especificações e informações

das máquinas. Através disso é possível mapeá-las adequadamente em um sistema online de forma a listá-las em outros dispositivos responsáveis por ofertar acesso completo ao monitoramento dos processos industriais. Dessa maneira os dispositivos existentes na cadeia produtiva passam a estar devidamente interligados e comunicantes entre si por meio da tecnologia.

Mesmo o conceito da manutenção tendo evoluído de forma significativa, principalmente com a Indústria 4.0 e as suas ferramentas se faz necessário garantir promover o resguardo dos conceitos de prognóstico e de diagnóstico que devem ser considerados no setor. De acordo com Sobreira (2018) o diagnóstico consiste na avaliação dos sistemas levando em conta os sinais vitais de forma a se estabelecer a causa raiz de um dado problema, a fim de definir um plano de ação eficiente para realizar o reparo. Esse conceito pode ser aplicável para os sistemas responsáveis por monitorar os pontos críticos da cadeia produtiva, com o intuito de alertar quanto a sintomas ou erros indesejáveis.

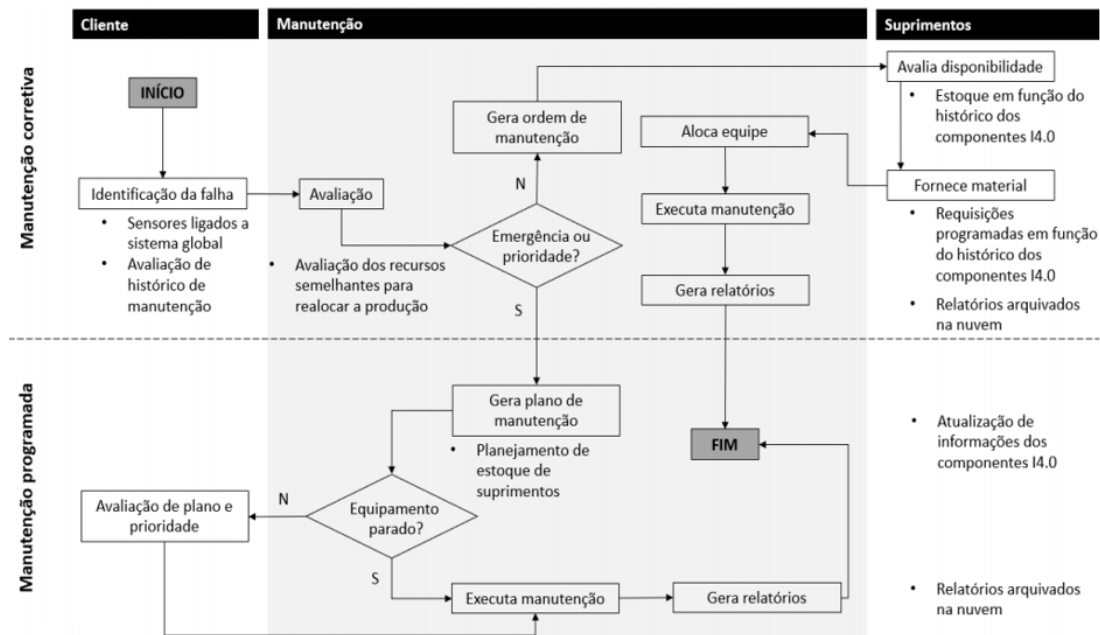
Os prognósticos, por sua vez, são considerados como sendo a evolução do diagnóstico, a razão disso é que se passa a monitorar de forma sistemática a operação da cadeia produtiva ou de um equipamento individual, deste modo compreende-se comportamentos e fatos, isso permite que se preveja as falhas, bem como na atuação precoce de eventos danosos. Portanto, através desse instrumento os equipamentos conseguem ter um nível de disponibilidade operacional mais elevado, interrompendo seu funcionamento minimamente para a manutenção (FREITAS *et al.* 2020).

Os prognósticos fazem com que a manutenção se torne mais eficiente e isso se deu através do aparecimento da Inteligência Artificial (IA). Esse recurso permitiu que os equipamentos pudessem alertar no tocante as condições de operação anormais que se somou ainda à aprendizagem da máquina, o que propiciou a execução da manutenção no ponto e no momento mais adequado. Além disso, tais recursos favoreceram que as atividades do setor passassem a ser realizadas de modo a antecipar a ocorrência de possíveis falhas.

Por causa da complexidade de atividades realizadas nas empresas no que tange à Indústria 4.0, pode-se mencionar que a manutenção preditiva se tornou um dos maiores aliados da manutenção organizacional diante desse novo panorama, criando assim uma tendência para diversos setores. O intuito da manutenção preditiva é monitorar uma série de parâmetros críticos para que se possa identificar de forma prévia a degradação dos componentes concomitantemente a isso atua-se programando possíveis intervenções de forma a minimizar os impactos na cadeia produtiva (SILVA, 2016).

Dessa forma, a manutenção preditiva dispensa a necessidade de se desmontar os componentes a fim de realizar a manutenção tradicional e, conseqüentemente, minimiza a necessidade de se intervir corretivamente nos equipamentos. Diante disso, a figura 3 mostra como é um fluxo de manutenção devidamente adaptado para suprir a demanda real da Indústria 4.0

Figura 3 – Manutenção na Indústria 4.0



Fonte: Stevan et al. (2018)

A manutenção na Indústria 4.0 é semelhante à manutenção da terceira geração, porém, a maior diferença entre ambas se liga ao armazenamento e ao uso das informações advindas do setor. No primeiro caso armazena-se os dados de modo automático, alimentando uma série de sistemas preditivos capazes de apontar quando se deve realizar as manutenções partindo das condições dos componentes que estão sendo monitorados e que se encontram disponíveis em nuvem. Já no segundo as informações relativa aos procedimentos e estoques são alimentados de modo manual dispostos nos diretórios locais (ALMEIDA; FABRO, 2019).

Desse modo, na Manutenção 4.0 tem-se uma série de elementos que são armazenados em nuvem e que podem ser consultados ao longo de toda a vida útil de um equipamento. Isso permite comparar seu desempenho com outros semelhantes e também definir qual o melhor momento para intervir no processo ou realizar a sua atualização e/ou substituição (REZENDE et al., 2021).

Vale citar que os dados armazenados permitem embasar uma série de trabalhos no que concerne aos equipamentos e dos processos. Isso ocorre, pois há informações relevantes que tratam do gerenciamento de suprimento dos componentes de reposição, os planos de manutenção individualizados e os desgastes de peças, por exemplo. Destaca-se ainda os que tratam do gerenciamento global dos recursos e da interação humana a fim de que não se interrompa a produção.

GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0 é de suma relevância para o gerenciamento da manutenção nas empresas, isso ocorre, pois consegue-se desenvolver um modelo virtual dos equipamentos presentes e, conseqüentemente, de toda a cadeia produtiva de modo que se consiga operá-la e controlá-la de forma remota. Isso tende a ser facilitado ao se instalar uma série de sensores que irão enviar para os programas uma série de comandos informando como está a situação atual de cada um

dos equipamentos.

Gressler *et al.* (2020) aponta que os sensores permitem detectar irregularidades no desempenho das máquinas e falhas nos processos de modo instantâneo, sendo que em alguns casos o sistema atua de forma automática para sanar os problemas. Quanto à manutenção dos equipamentos propriamente dita, pode-se afirmar que tal atividade pode ser executada tomando como base:

- a) A manutenção preditiva, ou seja, a pré-deteccção de uma possível falha;
- b) A manutenção preventiva, isto é, um tempo previamente determinado para a substituição;
- c) A manutenção corretiva em que se atua diretamente na falha.

É importante mencionar que na prática os conceitos provenientes da Indústria 4.0 são indispensáveis para fortalecer a manutenção preditiva. Através do sensoriamento de peças consegue-se, por exemplo, evidenciar quais são as falhas iminentes (SOBREIRA, 2018). Com isso o operador pode corrigir tais eventos a fim de impedir que se tenham estragos maiores ou ainda as máquinas tomam a decisão, de forma autônoma e contatam a assistência técnica que é notificada com um aviso de que um parâmetro não está dentro do que foi projetado.

Portanto, com essas medidas consegue-se ter um processo comunicacional mais transparente e eficiente, tornando os processos mais conectados e integrados. E isso só é possível ao se utilizar ferramentas como a Internet das Coisas (IoT), o Business Intelligence (BI), a Big Data e a Inteligência Artificial, por exemplo.

A IoT consiste em um dos vieses principais da Indústria 4.0 e na manutenção não é diferente, especialmente para a preventiva. A razão disso é que se facilita a promoção de um fluxo de informações dos ativos que passa a ser contínuo para os servidores da empresa. De acordo com Ikeziri *et al.* (2020) com o auxílio de sensores de condutividade, de temperatura, entre outros consegue-se coletar os parâmetros e enviá-las em rede para outros locais como os programas de gerenciamento, por exemplo. Através disso é possível analisar, agregar e processar ações para a identificação de demandas e falhas.

O BI se relaciona com os processos de análise e também a visualização dos sinais digitais com o auxílio dos algoritmos preditivos. Segundo Seabra (2017) na manutenção é possível utilizar as chamadas Applications Programming Interfaces (API)s ao longo da cadeia produtiva em ambientes específicos para os usuários. Dessa maneira consegue-se facilitar a atividade de coleta das informações que podem ser ou não estruturadas, conduzindo a valiosos insights.

A Big Data é um elemento que se liga aos processos de coleta, de armazenamento e de interpretação das informações, vale apontar que isso se dá com o auxílio de programas de alto desempenho. Através dos dados coletados é possível obter parâmetros de suma relevância para a tomada de decisão, permitindo que esta seja mais acertada, especialmente na manutenção.

Ainda no que tange à Big Data, pode-se afirmar que essa é uma ferramenta que permite a identificação de um dado problema antes da sua ocorrência culminar na interrupção das operações. Outro exemplo de como tal elemento pode auxiliar na manutenção é utilizar essa estratégia para monitorar o desempenho a fim de determinar qual é o melhor momento para trocar um dado

componente antes da sua falha (SILVA FILHO, 2021).

A inteligência artificial, por sua vez, faz com que as máquinas tenham um pensamento semelhante ao do ser humano. De acordo com Cardoso (2020) tal evento se dá ao se implementar os sensores em equipamentos produtivos, responsáveis por realizar leituras e coletar as informações ao longo da operação. Posteriormente encaminha-se esses dados para um computador que irá analisá-los e apontar qual é a melhor solução tomando como base as premissas de manutenção a fim de impedir a ocorrência de erros e quebras, por exemplo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção industrial evoluiu de forma significativa na última década, porém, tem enfrentado mudanças significativas com a Indústria 4.0. A razão disso é que se passa a ter processos interligados em que se consegue ter informações em tempo real da cadeia produtiva. Além disso há a autonomia que faz com que os sistemas possam intervir de forma automática para corrigir alguma anomalia ou então contatar a equipe de manutenção, por exemplo.

Frente a esse cenário pode-se afirmar que a Quarta Revolução Industrial, marcada pela Indústria 4.0 é um movimento vivenciado na contemporaneidade. Através dela é possível aliar a internet a avanços tecnológicos nos locais de produção para que se possa ter capacidade de processamento e armazenamento distribuído por meio de redes interconectadas e que se comunicam instantaneamente. Tudo isso faz com que a cadeia de trabalho seja interligada, virtualizada e flexibilizada, permitindo atender de forma satisfatória os componentes que constituem o fluxo de trabalho.

Na Manutenção 4.0 os dados que se referem ao processo e os equipamentos trafega por todo o fluxo, o que permite o acesso de informações em tempo real e históricas ligadas à cadeia produtiva. Com isso tem-se base suficiente para que se consiga mapear como o sistema tem se comportado e criar um modelo preditivo para a manutenção. É importante citar que é possível ainda coletar e armazenar um grande volume de dados, no entanto, tais elementos devem ser analisados e interpretados com cuidado de forma a se agregar valor e tomar decisões mais acertadas para potencializar os lucros da empresa.

Gerenciar a manutenção na Indústria 4.0 tem modificado os modos tradicionais de se realizar tal atividade. Isso ocorre, pois há uma série de informações sendo coletadas constantemente, o que permite prever de forma antecipada os eventos que podem culminar na interrupção da cadeia produtiva. Outro ponto que merece atenção é que com os recursos como IA, BI, IoT, entre outros consegue-se criar modelos virtuais e controlar a planta de forma remota, além de acessar os dados de processo de modo instantâneo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, B. G.; FABRO, E. Indústria 4.0 como ferramenta na engenharia de manutenção com base na metodologia TPM. *Scientia cum Industria*, v. 7, n. 2, 2019.

ASSAD NETO, A. *et al.* A busca de uma identidade para a Indústria 4.0. *Brazilian Journal of Development*, v. 4, n. 4, 2018.

BALDISSARELLI, L.; FABRO, E. Manutenção Preditiva na indústria 4.0. *Scientia cum Industria*, v. 7, n. 2, 2019.

BORLIDO, D. J. A. Indústria 4.0: Aplicação a Sistemas de Manutenção. 2017. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade do Porto, Porto, 2017.

CAMARA, R. A. Arquitetura de sistemas viáveis aplicada à manutenção 4.0. 2019. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Técnico de Lisboa, Lisboa, 2019.

CARDOSO, D. E. R. Aplicação de conceitos de manutenção preditiva com aplicação de ferramentas de Inteligência Artificial. 2020. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade do Porto, Porto, 2020.

DELECRODIO, P. V. A. *et al.* A manutenção de ativos no contexto da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica e sistemática. *Exacta*, v. 7, 2021.

DOCKHORN, F. S. M. Manutenção 4.0 no contexto da Universidade de Brasília - UnB. 2019. 131 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Mecatrônicos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

FREITAS, C. A. *et al.* A evolução da segurança no trabalho aplicada na manutenção industrial 4.0. *Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco*, v. 6, n. 2, 2020.

GONCALVES, R. H. C. Gestão da manutenção na indústria 4.0. 2020. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2020.

GRESSLER, B. *et al.* Diagnóstico do grau de maturidade do sistema de gestão orientado para a manutenção 4.0. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 3, 2020.

IKEZIRINI, L. M. *et al.* A perspectiva da indústria 4.0 sobre a filosofia de gestão lean manufacturing. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, 2020.

LIMA, N. F. G. M. Metodologia KAIZEN-LEAN e indústria 4.0 na manutenção. 2019. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade do Porto, Porto, 2019.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. *Revista da Universidade do Vale do Rio Verde*, v. 16, n. 1, 2018.

REZENDE, J. M. O. *et al.* Rumo á indústria 4.0: aprendizado de máquina para apoio no planejamento e controle de manutenção de equipamentos industriais. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, 2021.

RODRIGUES, J. V. Indústria 4.0 – Desenvolvimento de um Manufacturing Execution System. 2018. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2018.

SACOMANO, J. B. *et al.* Indústria 4.0: conceitos e fundamentos. 1. Ed. São Paulo: Blucher, 2018.

SCHWAB, K. *et al.* Aplicando a Quarta Revolução Industrial. 1. Ed. São Paulo: Edipro, 2018.

SEABRA, M. J. R. Implementação de sistema de gestão de manutenção numa indústria metalomecânica. 2017. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2017.

SILVA, M. I. T. Melhoria de Processos e Manutenção inteligente de ferramentas no âmbito do Indústria



4.0. 2016. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade do Porto, Porto, 2016.

SILVA FILHO, L. C. *et al.* Gestão da manutenção na indústria 4.0: um paralelo entre o hoje e o futuro. *Mythos*, v. 15, n. 1, 2021.

SOBREIRA, J. B. Desafios para a manutenção na perspectiva da indústria 4.0. 2018. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2018.

STEVAN, S. L. *et al.* Indústria 4.0: fundamentos, perspectivas e aplicações. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2018.

04

Análise do clima organizacional em uma empresa do ramo agrícola na cidade de Ponta Grossa

Analysis of the organizational climate in a company of the branch of agriculture in the city of Ponta Grossa

Emanuela Aparecida Alves

Acadêmica do curso de administração da Faculdade Sagrada Família

Lorena Xavier Rosa

Acadêmica do curso de administração da Faculdade Sagrada Família

Rudy de Barros Ahrens

Professor-Coordenador do curso de Administração da Faculdade Sagrada Família

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.4

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar a percepção dos colaboradores quanto ao clima organizacional dentro da organização X no ramo da agricultura. Esta pesquisa é de natureza básica, de caráter exploratório, com estudos quantitativos e qualitativos. Participaram desta pesquisa todos os setores de atividade da empresa, que possui 18 (dezoito) colaboradores, sendo que 100% da população respondeu ao questionário. O método de pesquisa utilizado foi o questionário modelo Bispo (2006), composto por 61 (sessenta e um) questões que envolvem os fatores de influência interno e externo. Quanto aos resultados, percebe-se que apesar de algumas falhas com relação ao clima organizacional, a maioria dos colaboradores sentem-se satisfeitos com a organização. Tais falhas merecem atenção da parte dos gestores para que sejam estabelecidas estratégias visando aumentar os níveis de contentamento, uma vez que, as concepções dos colaboradores interferem no comportamento que estes demonstram na execução de suas atividades, afetando ainda o desempenho e produtividade da organização. Dessa forma, a proposta de melhoria apontada é a política de salários, para aumentar os índices de contentamento por parte dos colaboradores. Sendo assim, o objetivo foi atingido, apesar das falhas os resultados foram satisfatórios quanto ao clima organizacional.

Palavras-chave: clima organizacional. motivação. ambiente organizacional. organização. colaboradores.

Abstract

The purpose of this study was to analyze the perception of employees regarding the organizational climate within the company X in the branch of agriculture. This research holds basic nature, exploratory, with quantitative and qualitative studies. All activity sectors of the company took part of this research, which currently has eighteen employees, with 100% of the population responded to the questionnaire. The research method that was used is the questionnaire is the Bishop (2006) model, which is composed of sixty-one questions that involve the factors of internal and external influence. As for the results, it is perceived that despite some flaws about the organizational climate, the majority of employees feel satisfied with the company. Such failures need attention on the part of the managers, so that they establish strategies aimed at increasing the levels of contentment, since the concepts of employees affect the behavior that they demonstrated on the execution of their activities, affecting the performance and productivity of the company. In this way, the proposed improvement is the policy of wages to increase the rates of contentment on the part of employees. Thus, the goal was achieved, despite the failings the results were satisfying regarding to the organizational climate.

Keywords: organizational climate. motivation. organizational environment. organization. employees.

INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, tem-se uma crescente preocupação da parte das organizações quanto ao relacionamento entre colaboradores versus empresa, essa relação é a consequência da cultura organizacional e do comportamento dos indivíduos da organização que constituem o clima organizacional (FERREIRA, 2015a).

Chiavenato (2015, p. 66) comenta que “o clima organizacional influencia na motivação, desempenho humano e satisfação no trabalho”, a partir disso, tornou-se indispensável compreender e estudar o clima organizacional das organizações, com o intuito de diagnosticar problemas e falhas de gestão presentes nas empresas.

Contextualizando de maneira breve a importância de se priorizar o que norteia o clima organizacional dentro das empresas, vale ressaltar que “as organizações são compostas por subsistemas interdependentes, pelo qual é possível identificar um conjunto de elementos que vão desde relações interpessoais e hierárquicas até níveis de ambiente externo” (KANAANE, 2009, p. 36).

Conforme Robbins (2005), a motivação dos indivíduos está associada a um processo responsável pela intensidade, pela direção e pela persistência dos esforços de uma pessoa orientados para o alcance de determinado propósito. Dessa forma é importante que as organizações percebam os fatores condicionantes que motivam as ações de seus colaboradores para a busca dos objetivos e metas traçados pelas empresas.

Diante do exposto, a questão problema do presente artigo é: qual a percepção dos colaboradores de uma empresa do setor de agricultura em relação ao clima organizacional da empresa em que trabalham?

O presente estudo teve por objetivo analisar a percepção dos colaboradores de uma empresa do setor de agricultura em relação ao clima organizacional da empresa em que trabalham.

Assim, justifica-se a realização deste em função da compreensão de quais elementos geram satisfação ou insatisfação dos trabalhadores, bem como a desmotivação e a rotatividade de pessoal que possam ser percebidas dentro da organização, buscando assim através dos resultados desta pesquisa, encontrar as falhas e propor ações para implantação de processos de melhorias no ambiente de trabalho.

REFERENCIAL TEÓRICO

Comportamento organizacional

Entender de que forma o comportamento dos indivíduos ocorre nas organizações é um importante fator para que a gestão da empresa seja eficiente, tem papel relevante nas relações internas e é através deste entendimento que se torna possível o estabelecimento de diretrizes, que atendam aos interesses organizacionais em relação ao desempenho das mesmas e promovendo também a satisfação das expectativas dos envolvidos na empresa (KANAANE, 2009).

De acordo com Chamon (2007, p. 180), “o campo de comportamento organizacional foi

concebido na década de 60 por pesquisadores ingleses”. A partir dessa ideia, foram conceituadas de diversas formas as concepções a respeito do assunto, com o intuito de garantir a melhor compreensão sobre o tema.

Conforme Pugh (1966, *apud* CHAMON, 2007, p.181):

A primeira definição do tema clima organizacional está inserida nas esferas da psicologia, sociologia e economia, que delimitam o comportamento organizacional como sendo um estudo das estruturas e funcionamento das organizações.

Com o passar dos anos, os conceitos sobre esse assunto se consolidaram, tornando possível a influência em outras áreas até então pertinentes a outros campos de atuação (CHAMON, 2007).

As políticas de gestão atuais têm o comprometimento de perceber o que molda o comportamento de seus colaboradores, levando em consideração que cada indivíduo possui suas próprias características e que agem de acordo com estímulos diversos (MACARENCO, 2006).

Conforme define Staw (1984, *apud* CHAMON, 2007, p 182) “[...] comportamento organizacional como um campo multidisciplinar que estuda o comportamento de indivíduos em ambientes organizacionais, assim como a estrutura e o comportamento das próprias organizações[...]”.

O comportamento organizacional, abrange de modo geral como a convivência dentro das empresas ocorre, entre todos os envolvidos. De acordo com Wagner & Hollenbeck (2009, p. 6), “é um campo de estudo que visa estudar, explicar, compreender e modificar o comportamento humano no contexto empresarial”.

O campo de estudo é também “classificado em: comportamento microorganizacional, comportamento mesoorganizacional e comportamento macroorganizacional” (WAGNER & HOLLENBECK, 2009, p. 7).

A plena verificação das variáveis que compõem o comportamento das pessoas dentro das organizações, deve ser vista como a principal preocupação para o sucesso da gestão (FORIGO, et al 2011). As empresas são compostas por pessoas e estas possuem particularidades que devem ser analisadas, controladas e potencializadas, para que como consequência tanto a empresa quanto colaborador possam ter seus anseios plenamente satisfeitos (MACARENCO, 2006).

Respectivamente, o primeiro trata do modo como o indivíduo se comporta sozinho, ligado diretamente ao ramo da psicologia e motivação. Segundo Wagner & Hollenbeck (2009), realiza-se na sequência o paralelo do relacionamento individual e em equipes, este possui correlação com os campos da sociologia e da comunicação, qual compete ao último a atenção em relação ao comportamento de organizações de forma ampla.

CLIMA ORGANIZACIONAL X MOTIVAÇÃO

Conforme Campos e Souza (2011), o clima organizacional é um tema bastante comum para o ramo da administração, abrange de forma ampla e completa as relações de trabalho dentro das organizações.

De acordo com Chiavenato (2015), o clima organizacional é o ambiente em que são encontradas as características das organizações, é o local onde os indivíduos desempenham suas atividades. “É um conceito intangível que não pode ser tocado ou visualizado, mas pode ser percebido psicologicamente” (CHIAVENATO, 2015, p. 65).

Kanaane (2009, p. 40), afirma também que “em busca de um melhor clima organizacional, as empresas adotam estruturas horizontalizadas, propiciando uma participação mais efetiva no negócio”. Sendo assim, os colaboradores sentem-se parte da organização, mantendo seus níveis de motivação e satisfação com o trabalho.

Na prática o clima organizacional depende das condições econômicas da empresa, da estrutura organizacional, da cultura organizacional, do estilo de gestão, das oportunidades de participação do pessoal, do significado do trabalho da escolha, preparo e treinamento da equipe (CHIAVENATO, 2015, p. 66).

Quando o clima da organização é satisfatório os colaboradores ficam motivados para que possam desempenhar um trabalho de qualidade e com comprometimento. Fatores que contribuem para esta motivação, são percebidos quando os colaboradores se sentem parte da organização, contribuindo para os resultados e reconhecendo o significativo valor de seu trabalho, aumentando os resultados e sua satisfação (MACARENCO, 2006).

O grande desafio das empresas é encontrar caminhos criando um ambiente motivador. A criação desse ambiente deve garantir a satisfação das necessidades humanas, como descreve Gil (2009), a motivação ocorre como resposta às necessidades ainda não atendidas. Desta forma a motivação tem grande influência no desempenho das pessoas, seja dentro das organizações ou fora delas, cabe então uma maior atenção com o que leva as pessoas a agirem de acordo com os interesses das organizações com as quais fazem parte (ANJOS, 2008).

Segundo Chiavenato (2010), dentro do estudo da administração encontram-se os princípios de gestão de pessoas, que por sua vez é responsável pelo entendimento e controle das inúmeras variáveis que causam interferência no bom funcionamento das atividades da empresa.

As empresas estabelecem políticas visando aumentar o grau de satisfação e mantendo seus colaboradores motivados para que as atividades sejam desenvolvidas conforme a necessidade da organização. Segundo Wagner e Hollenbeck (2009) está entre as principais finalidades que os gestores incentivem seus colaboradores, para que sejam desempenhadas as suas funções no seu mais alto nível.

Faria (2011), comenta que um melhor entendimento do que provoca nos indivíduos o estímulo a cumprirem com os propósitos tanto no âmbito profissional quanto no pessoal, é necessária a compreensão das teorias da motivação humana. Uma delas reforça o pensamento de que as necessidades são fatores fomentadores das ações.

Conhecida como a hierarquia das necessidades de Maslow, onde este elenca as cinco principais categorias de necessidades humanas (GIL, 2009):

- a) Necessidades fisiológicas - essenciais para continuidade da vida;
- b) Necessidades de segurança - é a total satisfação da necessidade anterior e ainda pertinente a garantia da estabilidade de bens e da profissão;
- c) Necessidades sociais - esta compreende que é inerente ao indivíduo o desejo de fazer

parte de grupos sociais;

d) Necessidades de estima - esta é relacionada a vontade de não somente ser aceito nos grupos, mas também ser reconhecido pelos demais e sentir-se amado;

e) Necessidades de autorrealização - esta categoria é particular para cada indivíduo e diz respeito a conseguir desenvolver sua capacidade almejada.

Outra teoria de relevância para o entendimento da motivação dos indivíduos é a teoria X e teoria Y de McGregor. A primeira conforme a percepção de McGregor, descreve que as pessoas não gostam de trabalhar o fazem pela ideia da obtenção de recompensa, já a segunda diz o oposto, defendendo assim a ideia de que as pessoas são criativas e percebem no trabalho algo que trará satisfação, e dessa forma buscam o melhor resultado (GIL, 2009).

A teoria dos fatores higiênicos e motivadores de Herzberg (1964, *apud* ROBBINS, 2002), também possui relevância para o campo de estudo da gestão de pessoas e que ajudam a possível compreensão do comportamento dos indivíduos nas organizações. Essa teoria aponta basicamente que não somente o fator de recompensa no sentido financeiro mantém a motivação e satisfação dos colaboradores, mas também valorização quanto ao que é ligado a cada pessoa dentro da empresa, por exemplo o reconhecimento, a delegação de responsabilidades, oportunidades de crescimento, a harmonia nas relações entre colaboradores-gestores, condições de segurança e do ambiente favorável para realização do trabalho (GIL, 2009).

Entender o que gera influência no comportamento dos indivíduos é a maior dificuldade para as organizações, dessa forma cabe aos gestores buscar mecanismos que auxiliem no efetivo conhecimento do que pode interferir no bom desenvolvimento das atividades exercidas pelos colaboradores (BRUM, 2015).

Quanto a motivação dos colaboradores, já se sabe que motivar o indivíduo não é algo atingível, o grande desafio da gestão das organizações, consiste em dar motivos para que cada indivíduo realize as funções de interesse organizacional. Como afirma Soto (2009, p. 9) “as pessoas se veem motivadas não pelo que pensam que devem fazer ou ter, mas pelo que desejam”, levando em conta suas necessidades.

Ainda sob o ponto de vista de Soto (2009, p. 10) “a motivação é fundamental para o funcionamento das organizações”. Considerando este fato, as empresas sejam elas de pequeno ou grande porte, devem priorizar no seu modo de gestão uma melhor política que estimule em seus colaboradores a motivação interna, para a efetiva realização das tarefas na organização.

O intuito de se entender o clima organizacional é importante para analisar e avaliar a influência do clima organizacional dentro de qualquer empresa, visando corrigir possíveis deficiências, estudando o comportamento dos indivíduos e o impacto dentro do ambiente organizacional (KANAANE, 2009).

Assim, as organizações devem priorizar um ambiente favorável a ser percebido pelos colaboradores, reconhecendo os fatores que influenciam as atitudes deles, para que possam ser alcançados os resultados almejados por ambos.

O clima organizacional tem atenção voltada principalmente no ambiente de trabalho, este por sua vez, tem relevante importância na razão de existir de cada indivíduo. Considerando o fato de que com a realização de tarefas que possam colaborar para um bem maior, o indivíduo sente-se produtivo (ROBBINS, 2002).

A consideração da influência do clima organizacional nesse contexto do trabalho, se faz de suma importância com a aplicação de um bom clima organizacional, a probabilidade de que o desempenho produtivo ou pessoal seja insuficiente é controlada (CHIAVENATO, 2008).

O clima organizacional por sua vez, causa influência direta no comportamento dos indivíduos dentro das organizações (MOREIRA, 2012). Sendo assim, um fator de importante atenção da parte das organizações para que uma gestão que possua resultados positivos para todos os envolvidos (OLIVEIRA, *et al.*, 2012).

Parte desse pressuposto, a relevante atenção no que diz respeito à pesquisa de clima organizacional. Como afirma Luz (2003), com a utilização das pesquisas de clima se torna possível a mensuração das expectativas perante o ambiente ao qual estão inseridos, dando oportunidade para que a empresa possa aprimorar aspectos deficientes.

Através da pesquisa de clima organizacional realizada encontram-se os resultados que indicam os níveis de satisfação, os problemas comportamentais associados a insatisfação, melhores condições de trabalho, relacionamento interpessoal na organização, a ocorrência de absenteísmo e rotatividade, níveis satisfação quanto a cargos e salários, interação entre colaborador e seus gestores (OLIVEIRA, *et al.* 2012).

Conforme Pestana, (2001, p. 18):

Uma pesquisa sobre clima organizacional, é um levantamento realizado através de um processo amplo segundo o qual os empregados têm a oportunidade de expressar seus sentimentos de satisfação ou insatisfação em relação a seus cargos, ambiente de trabalho e outras variáveis de interesse da alta administração e que contribui igualmente para a formação do clima organizacional.

A pesquisa de clima organizacional, aborda não somente o processo, mas também os colaboradores envolvidos, as medidas que serão adotadas para aperfeiçoamento, a análise da coleta de dados e interpretação dos resultados para que se possa obter avaliações gerenciais as quais tragam ações de melhorias para a organização (BISPO, 2006).

Segundo Gil (2009, p. 272), “[...]o clima de uma organização pode exercer um efeito dramático sobre os indivíduos que fazem parte dela”. Diante do exposto percebe-se que o clima organizacional contribui em certos casos, dificultando a relação empregado-empregador para os programas de gestão.

A pesquisa de clima tem relevante importância para a efetiva análise e verificação no que interfere no clima organizacional presente nas empresas (OLIVEIRA, *et al.*, 2012). Tem como principal benefício demonstrar a percepção dos colaboradores no relacionamento com a organização que estão inseridos (SÁ LEITÃO, 1998 *apud* SILVA, 2003).

A avaliação que o colaborador realiza, reflete sua satisfação com o ambiente de trabalho, com as relações dentro da empresa, com as diretrizes e normas da organização, a pesquisa

também apresenta os níveis de contentamento com relação à política de salários aplicada pela empresa, demonstrando, após a análise da pesquisa concluída, as possibilidades para que a empresa promova as melhorias adequadas no modo de gestão (BEDANI, 2006).

As pesquisas de clima, contribuem para que as organizações visualizem de forma concreta seus pontos fortes e fracos, sendo então um fator que propicia efetiva participação da parte dos colaboradores com o intuito de encontrar caminhos para melhoria nos procedimentos adotados pela empresa (GONZALEZ, 2000).

Como consequência da eficácia na gestão, são percebidos ganhos em ambas as partes envolvidas, a empresa alcança resultados desejados e melhora a imagem perante seus clientes internos, estes tem reconhecidas as opiniões e expectativas, garantindo e mantendo a motivação para que o nível de desempenho continue favorável.

METODOLOGIA

O presente trabalho classificou-se quanto a natureza como básica tendo interesse por curiosidade. Quanto aos objetivos tratou-se de pesquisa de caráter exploratório sem comportar hipóteses. Com relação a abordagem foi um estudo qualitativo o ambiente é fonte de obtenção dos dados. Possui caráter quantitativo pois fornece números e estatísticas. Caráter descritivo com o intuito de expor características. Quanto aos procedimentos ou meio de investigação se enquadrou em pesquisas bibliográficas com base em livros.

Quanto ao instrumento de pesquisa foi através de um questionário, modelo Bispo (2006), que a partir dos estudos de modelos de pesquisa anteriormente desenvolvidos por Litwin e Stringer (1968), Sbralgia (1983), Kolb (1986), entre outros, elaborou o questionário que possui questões pertinentes aos fatores internos e externos que influenciam o ambiente organizacional. O questionário citado aplicado na empresa X, situada na cidade de Ponta Grossa, atuante no ramo de prestação de serviços e comercialização de produtos para o setor da agricultura. Essa pesquisa contou com a participação todos os níveis de atividade da empresa citada, a qual possui 18 (dezoito) colaboradores, sendo que todos responderam o questionário, representando assim 100% da população pesquisada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização da pesquisa, os resultados referentes ao clima organizacional foram divididos em indicadores internos e externos de influência, contendo questões fechadas e abertas, esses podem ser observados nas tabelas abaixo quanto as questões fechadas apresentados os índices de maior relevância, já no que tange a aberta não houveram respostas.

INDICADORES INTERNOS DE INFLUÊNCIA

Dados sócio demográficos

Na figura 1, serão apresentados os dados sócio demográficos conforme amostra pesquisada.

Figura 1 – Dados sócio demográficos

Item	Quantidade	Percentual
Idade até 30 anos	6	33,33%
Idade ate 56 anos	12	66,67%
Escolaridade mínima	9	50%
Escolaridade máxima	9	50%
Sexo feminino	6	33,33%
Sexo masculino	12	66,67%
Nacionalidade	18	100%

Fonte: Pesquisa de campo, 2017.

Percebe-se que 33,33% da amostra tem até 30 anos, 66,67% tem até 56 anos. Em relação a escolaridade mínima, que se enquadra no ensino do 1º grau completo e escolaridade máxima para o ensino superior completo cada quesito atingiu 50% da amostra. Quanto ao gênero, 66,67% pertence ao masculino e 33,33% ao feminino, respectivamente 12 (doze) homens e 6 (seis) mulheres. No que se refere a nacionalidade 100% da amostra é brasileira.

A relevância dessas informações pode ser considerada da seguinte forma: quanto ao ramo de atuação da empresa, onde são encontrados com maior frequência a predominância de indivíduos do gênero masculino, sendo assim o setor de agricultura tem maior incidência de homens em suas relações de trabalho.

No que se refere a faixa etária dos participantes da pesquisa pode ser exposto que as idades e nível de instrução estão coerentes com a atividade da empresa e execução das funções desses colaboradores, a maior parte da população da pesquisa é mais madura e a escolaridade dos participantes é adequada para o cargo que ocupam.

Indicador interno de vida profissional.

Neste tópico foram apresentadas as percepções encontradas pelos colaboradores no que diz respeito ao que a empresa simboliza em suas vidas e pode ser visto conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Indicador vida profissional

Questões	Não	Mais ou menos	Sim
1. Sinto orgulho de trabalhar nesta empresa?	0%	11%	89%
2. Sinto orgulho da minha atividade nesta empresa?	6%	17%	78%
3. Acho que a empresa me oferece um bom plano de carreira?	6%	56%	39%
4. Costumo indicar esta empresa como alternativa de emprego para meus amigos e parentes?	17%	11%	72%
5. Os cursos e treinamentos que fiz são suficientes para o exercício das minhas atividades?	6%	56%	39%

Fonte: Pesquisa de campo, 2017.

Nota-se que os colaboradores sentem orgulho da organização da qual fazem parte com 89%. Sentem-se orgulhosos quanto as atividades que exercem. Também indicariam para seus parentes ou amigos a empresa.

De acordo com Kramer e Faria (2007), o sentimento de orgulho ao se pertencer à orga-

nização, garante a criação de vínculo entre o colaborador e empresa, fator que pode ser considerado positivo a ser levado em consideração pela organização.

Quanto ao plano de carreira, destaca-se que 56% dos entrevistados responderam mais ou menos, fato que deve ser analisado pelos gestores pois os colaboradores tem baixa credibilidade quanto aos planos de carreira oferecido pela organização. Tachizawa e Andrade (2006), comentam que o maior intuito da formação de planos de carreira é buscar o desenvolvimento da organização assim como, aplicar com total eficácia os recursos humanos disponíveis.

Outro destaque refere-se a questão 9, a qual demonstra que 56% dos colaboradores têm um médio aproveitamento nas capacitações, o que não é satisfatório para a empresa, pois ocasiona custos e pouco progresso. Como estabelece Terra (2005), os treinamentos e instrumentos utilizados pelas empresas visam aprimorar e reter as capacidades e competências, como forma de beneficiar a gestão.

Percebe-se que com os fatores apontados pelos colaboradores, que estes possuem um ponto positivo com relação a sua vida profissional e a empresa, favorecendo assim ao ambiente organizacional.

Indicador interno de estrutura organizacional

No presente tópico são expostas as concepções a respeito da estrutura organizacional/hierarquia adotada pela empresa, que pode ser visto conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Indicador estrutura organizacional

Questões	Não	Mais ou menos	Sim
10. Eu confio plenamente no meu chefe imediato?	11%	28%	61%
11. O meu chefe imediato é um líder?	0%	39%	61%
12. O meu chefe imediato é a pessoa mais indicada para a função que ocupa?	0%	33%	67%
13. Estou satisfeito com a estrutura hierárquica (chefes e subordinados) a que estou vinculado?	11%	28%	61%

Fonte: Pesquisa de Campo, 2017.

Observa-se que 61% dos colaboradores apontam estar satisfeitos com a estrutura hierárquica, este é um ponto favorável para a empresa. Conforme Moraes (2004), a estrutura organizacional é um ponto essencial para manter motivados tanto os líderes quanto os colaboradores, visto que as melhorias no desempenho da empresa ocorrem em conjunto.

Percebe-se que 67% dos entrevistados acreditam no modo assertivo que são feitas as atribuições das funções aos chefes. Porém observa-se que 39% dos colaboradores não acreditam que seu chefe seja um líder imediato, fato que ocasiona insegurança e desmotivação, ocorrência validada pelos 33% dos funcionários que responderam mais ou menos satisfeitos sobre o seu chefe não ser a pessoa mais indicada para a função que ocupa.

Segundo Vieira (2011), o líder é o agente principal para criar e manter a motivação dos colaboradores, na busca dos resultados almejados pela organização.

Observa-se neste item que os colaboradores estão satisfeitos com a hierarquia existente, mesmo obtendo resultados expressivos com relação a liderança.

Indicador interno de incentivos profissionais

Na tabela 3, foram expostas as percepções dos colaboradores no sentido da valorização/incentivos profissionais percebidos por eles, quanto a organização.

Tabela 3 - Indicador incentivos profissionais

Questões	Não	Mais ou menos	Sim
14. Considero que o meu trabalho é reconhecido e valorizado pela empresa?	6%	33%	61%
15. Considero que o meu trabalho é reconhecido e valorizado pela minha família?	0%	17%	83%
16. Considero que o meu trabalho é reconhecido e valorizado pelos meus amigos e parentes?	6%	22%	72%

Fonte: Pesquisa de Campo, 2017.

Quanto ao reconhecimento por parte da empresa o índice de concordância é de 61%. Porém, é importante que a organização reveja os conceitos que dizem respeito a valorização dos colaboradores, condizentes com as atividades que exercem, para que tenha um índice melhor de motivação por parte dos colaboradores no que diz respeito a organização. Pois verifica-se que 33% dos entrevistados ainda estão hesitantes em afirmar que o reconhecimento pela empresa ocorre, fato que deve ser relevante para a organização analisar melhorias e conquistar a confiança de seus colaboradores.

Observa-se que 83% e 72% dos colaboradores concordam com a valorização e reconhecimento do seu trabalho, respectivamente pela família, amigos e parentes, sendo esse um fator motivacional, o qual proporciona satisfação pessoal e profissional. Pois conforme Paz (2004), o reconhecimento tem a função de assegurar o bem-estar dos colaboradores, devido o sentimento de que suas capacidades são enaltecidas.

Diante do exposto observa-se que os colaboradores possuem reconhecimento e incentivos profissionais.

Indicador interno de remuneração

Na tabela 4 apresenta-se a satisfação quanto ao salário recebido pelos trabalhadores.

Tabela 4 - Indicador remuneração

Questões	Não	Mais ou menos	Sim
17. Acho justo meu salário atual?	17%	39%	44%
18. O meu patrimônio é condizente com os esforços que tenho feito pela empresa?	11%	28%	61%

Fonte: Pesquisa de Campo, 2017.

Percebe-se que quanto a remuneração 39% dos respondentes dizem estar mais ou menos satisfeitos com o salário 44% declaram-se satisfeitos com o salário atual, demonstrando assim que nem todos estão contentes com sua remuneração, um alerta a ser observado pela organização.

Nota-se também que 61% dos colaboradores consideram seu patrimônio condizentes com o trabalho realizado na empresa, sendo assim concretizam seus objetivos individuais.

De acordo com Cunha *et al.* (2007), a aplicação de uma política justa de salários é um elemento essencial para satisfação dos colaboradores, uma vez que através desse reconhecimento os trabalhadores podem suprir suas necessidades. Segundo o mesmo autor, a recompensa que os colaboradores recebem em troca de seus esforços, mantém os mesmos engajados para o alcance de desempenho humano e organizacional.

Percebe-se que a uma pequena insatisfação com relação ao salário, porém esta pode possuir diversas vertentes, sejam elas externas ou internas a organização. Esta insatisfação salarial é respondida quando a maioria dos colaboradores concorda que o seu patrimônio é condizente com os esforços que tem feito pela empresa, ou seja, os mesmos podem não estar concordando com a remuneração pois a mesma é compatível com o que eles trabalham.

Indicador interno de segurança profissional

Neste tópico foram expostos o grau de segurança quanto a estabilidade profissional percebida pelos colaboradores, conforme pode ser visto na tabela 5.

Tabela 5 - Indicador segurança profissional

Questões	Não	Mais ou menos	Sim
19. Meu emprego é seguro na empresa, ou seja, não corro o risco de ser demitido sem motivo.	17%	33%	50%

Fonte: Pesquisa de Campo, 2017.

Nota-se que 50% dos entrevistados concordam que seu emprego é seguro na empresa, fator este positivo para a organização. Porém observa-se que 33% dos colaboradores responderam sentirem-se mais ou menos seguros quanto a segurança profissional, motivo que merece atenção da empresa, pois a insegurança profissional pode desmotivar o colaborador, aumentar o absenteísmo e turnover, ou mesmo causar acidentes de trabalho. Conforme Luz (2003), a atenção quanto essa percepção dos colaboradores é um fator de relevância a ser considerado pela empresa para que tenha um bom clima organizacional.

Percebe-se que a empresa possui uma preocupação com a segurança dos seus colaboradores, porém é necessário continuar a atenção a este item para evitar problemas futuros.

Indicador interno de nível sociocultural

Na tabela 6, foram expostos os pontos de vista dos colaboradores quanto ao nível social e de cultura dos entrevistados.

Tabela 6 - Nível sociocultural

Questões	Não	Mais ou menos	Sim
20. O meu nível cultural e intelectual é suficiente para o exercício das minhas atividades na empresa?	0%	44%	56%
21. O meu nível social é suficiente para o exercício das minhas atividades na empresa?	0%	28%	72%

Fonte: Pesquisa de Campo, 2017.

Verifica-se que 56% dos colaboradores concordam que o nível cultural e intelectual é suficiente para o exercício da atividade na empresa, entretanto 44% responderam mais ou menos, índice este que merece um alerta, pois mostram que ainda faltam complementar com treinamentos e atividades os níveis de cultura e intelecto dos colaboradores.

Segundo Goedert e Machado (2007) a realização de treinamentos com o intuito do aperfeiçoamento dos colaboradores que auxiliam na execução das tarefas, é essencial para que a gestão os mantenha motivados e satisfeitos com as atividades desempenhadas.

Percebe-se ainda, que 72% dos entrevistados concordam com o nível social para a execução de suas atividades na empresa, fator que os impulsiona a sentirem-se motivados, sendo positivo para a organização.

Conforme Ferreira (2015a), um clima organizacional favorável aos colaboradores ocorre quando o ambiente de trabalho incentiva as relações sociais, visando suprir a necessidade ligada ao princípio das interações nos grupos sociais.

Assim, percebe-se que o nível cultural e intelectual apresenta índices que necessitam ser revistos, já o social está de acordo com o que se pode exercer na empresa.

Indicador interno de transporte de funcionários, ambiente de trabalho, burocracia; cultura organizacional e assistência aos funcionários.

No indicador apresentado na tabela 7, são descritas as concepções quanto fatores ligados ao deslocamento entre casa-empresa, atendimento relacionado a saúde, ambiente e cultura organizacional e procedimentos adotados pela empresa.

Tabela 7 - Transporte de funcionários; ambiente de trabalho; burocracia; cultura organizacional; assistência aos funcionários.

Questões	Não	Mais ou menos	Sim
22. Tenho tido problemas com o transporte casa-empresa/ empresa-casa?	94%	6%	0%
23. O ambiente de trabalho favorece a execução das minhas atividades na empresa?	6%	22%	72%
24. O relacionamento com meus colegas de trabalho favorece a execução das minhas atividades na empresa?	6%	22%	72%
25. A burocracia adotada na empresa favorece a execução das minhas atividades na empresa?	6%	39%	56%
26. A Cultura Organizacional (tradições, práticas e costumes adotados na empresa que não estão previstos em qualquer regra) adotada na empresa favorece a execução das minhas atividades na empresa?	6%	50%	44%

Fonte: Pesquisa de Campo, 2017.

Percebe-se no que diz respeito ao deslocamento da empresa/casa que 94% dos colaboradores apontam não ter problemas com o transporte casa/emprego/casa, motivo que contribui para que estes cheguem com disposição para exercer suas atividades laborais.

Obeve-se boas margens no que tange ao indicador interno do clima organizacional, os entrevistados dizem estarem satisfeitos com o clima entre seus colegas favorecendo diretamente no desempenho de suas funções, ratificados pelos 72% de ambas as questões.

Conforme Ferreira (2015b), um bom clima organizacional beneficia a empresa, pois,

além de suprir as necessidades dos colaboradores, tem papel essencial na busca dos resultados desejados pela mesma.

Porém no que se refere a burocracia 56% acham que existe uma facilidade e outros 39% mais ou menos, o que pode dificultar a identificação profissional nas atividades.

Verifica-se que quanto a cultura organizacional 50% dos colaboradores sentem-se desfavorecidos para exercer suas atividades e 44% consideram-se favorecidos, índices que merecem atenção. Segundo Ferreira (2015b), a cultura organizacional monitora o comportamento dos colaboradores quanto ao que a organização define como cultura a ser seguida para plena identificação da mesma.

Com isso percebe-se que neste indicador é necessário rever sobre a cultura organizacional pois esta pode estar atrapalhando a execução das atividades, conforme já apontado anteriormente.

INDICADORES EXTERNOS DE INFLUÊNCIA

Foram apresentados conforme a tabela 8 os indicadores externos de clima organizacional, que representam todos os fatores que ocorrem fora da organização.

Tabela 8 - Indicadores externos de clima organizacional

Questões	Não	Mais ou menos	Sim
1. Eu me preocupo com o futuro da minha família?	0%	6%	94%
2. Eu me preocupo com o futuro dos meus filhos?	6%	6%	88%
3. Estou satisfeito com a alimentação que estou podendo proporcionar à minha família?	6%	17%	78%
4. Estou satisfeito com a educação que estou podendo proporcionar aos meus filhos?	7%	20%	73%
5. Estou vivendo bem com a minha esposa/companheira ou o meu marido/companheiro?	0%	18%	82%
6. Estou vivendo bem com os meus filhos?	0%	7%	93%
7. Estou satisfeito com o meu patrimônio?	0%	11%	89%
8. Estou satisfeito com o meu nível intelectual?	0%	11%	89%
9. Estou planejando para que as minhas próximas férias sejam muito boas?	0%	0%	100%
10. Estou satisfeito com o atual estágio da segurança pública?	67%	17%	17%
11. Estou satisfeito com o atual estágio da política nacional?	67%	17%	17%
12. As crises econômicas alteram o meu estado de ânimo?	11%	33%	56%
13. As crises internacionais alteram o meu estado de ânimo?	39%	39%	22%

Fonte: Pesquisa de Campo, 2017.

Observa-se que 94% dos colaboradores estão preocupados com o futuro de sua família, um indicador externo de ampla relevância para a motivação do colaborador. Da mesma forma, percebe-se que existe a preocupação com os filhos, pois 88% que dos entrevistados responderam que concordam. Conforme Luz (2003), os fatores externos ao ambiente organizacional, possuem influência nas atitudes dos colaboradores dentro da empresa, tornando-se elementos motivadores ou desmotivadores.

Verifica-se ainda que, quanto a questão alimentação 78% dos entrevistados concordam

com o que oferecem as suas famílias, similarmente concordam com a educação que podem oferecer para seus filhos, pois 73% dos colaboradores responderam sim, fatores que estimulam uma realização pessoal, qual reflete positivamente para a organização.

Percebe-se que há um resultado satisfatório quanto ao relacionamento esposa/companheira ou esposo/companheiro, pois 82% concordam, fator positivo para o clima organizacional dentro da empresa, pois este interfere diretamente no bem-estar do colaborador consequentemente na produtividade. Este é reforçado pelos 93% de concordância dos entrevistados que dizem ter um bom relacionamento com seus filhos, este fator aponta que o relacionamento familiar é relevante para a condição motivacional. Conforme Luz (2003), todos os sentimentos correlatos aos outros grupos de interação social dos colaboradores, geram interferência no modo em que realizam suas atividades no ambiente organizacional.

Nota-se que 89% dos entrevistados estão felizes com o patrimônio que possuem, o que acresce na motivação e contentamento para o desempenho de suas atividades na empresa. A causa que justifica este índice positivo, corresponde ao nível de contentamento com a remuneração recebida pelos colaboradores (RIZZATTI, 2002).

Quanto ao nível intelectual dos colaboradores percebe-se que 89% concordam, pois agrega capital intelectual para a empresa, sendo um amplo diferencial competitivo.

No que se refere ao planejamento das próximas férias dos colaboradores, 100% dos entrevistados expectam que as mesmas sejam muito boas, o que demonstra preocupação quanto ao seu descanso físico, mental e respeito a sua saúde. Quanto aos indagados sobre a segurança pública, 67% responderam que não estão satisfeitos, ocasionando insatisfação e principalmente insegurança, interferindo no comportamento organizacional.

Na mesma linha de raciocínio segue a questão que abrange a alteração do ânimo em relação a violência, qual observa-se que 78% dos colaboradores preocupam-se sim com essa interferência, o que causa certa desmotivação.

Nota-se ainda que 67% dos entrevistados apontaram que não estão satisfeitos com a atual situação política nacional, fato esse que contribui ainda mais para o desinteresse individual.

Por fim, percebe-se que a questão 33 sobre crises políticas e estado de ânimo, 56% dos funcionários sentem-se afetados, pois o rendimento diminui e a preocupação quanto a instabilidade financeira e profissional aumentam, resultando em temor e desmotivação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O clima organizacional se faz de relevante importância para que as empresas alcancem e mantenham eficiência na gestão de pessoas, para tanto é necessário conhecer e identificar as necessidades e aspirações de seus colaboradores, com o intuito de suprir os interesses deles bem como para que sejam atingidos os objetivos almejados pelas organizações.

O presente estudo buscou analisar a percepção dos colaboradores de uma empresa do setor de agricultura em relação ao clima organizacional da empresa em que trabalham. Após a revisão bibliográfica, foi aplicado na população estudada o instrumento de pesquisa de Bispo, permitindo a tabulação de dados, para que de modo estatístico fossem apresentadas as opiniões

que dizem respeito ao ambiente organizacional do qual fazem parte.

A partir da análise dos dados obtidos, pode ser visto que de modo amplo, os colaboradores encontram-se satisfeitos com o clima que presenciam na empresa. Porém em alguns aspectos do instrumento são percebidos índices negativos, que merecem atenção por parte dos gestores, como na política de salários aplicada pela empresa, mesmo estando em níveis satisfatórios é um ponto a ser levado em consideração pelos responsáveis da organização visando aumentar a satisfação dos colaboradores nesse quesito.

Em vista disto, o objetivo foi atendido uma vez que evidenciou através dos índices, a percepção dos colaboradores com o clima laboral, apresentando os elementos que já são satisfatórios e pontos que podem ser aprimorados para que o clima se torne favorável trazendo benefícios para organização e colaboradores.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, Caliana Alves dos. O Clima Organizacional e a sua importância no desempenho de equipes de trabalho: Um estudo de caso no Centro de Atenção Psicossocial de Camacan. Ilhéus, Universidade Estadual de Santa Cruz, 2008.
- BEDANI, Marcelo. Clima organizacional: investigação e diagnóstico: estudo de caso em agência de viagens e turismo. *Psicol. Am. Lat.*, México, n.7, ago. 2006.
- BISPO, Carlos Alberto Ferreira. Um novo modelo de Pesquisa de Clima Organizacional. São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Produção, v. 16, n. 2, 2006.
- BRUM, Melissa de Oliveira. A influência do Comportamento Humano dentro das Organizações. *Revista Pós-Graduação: Desafios Contemporâneos*, v. 2, n. 3. Cachoeirinha, 2015.
- CAMPOS, Frederico Augusto Ferreira Goduardo Campos; SOUZA, Marta Alves de. O Impacto do Clima Organizacional na Produtividade: um Estudo de Caso numa Agência Bancária. *Revista Científica do Departamento de Ciências Jurídicas, Políticas e Gerenciais do Uni-BH*. Belo Horizonte, 2011.
- CHAMON, Edna Maria Querido de Oliveira. *Org. Gestão e Comportamento humano nas organizações*. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.
- CHIAVENATO, Idalberto. *Gestão de Pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações*. Rio de Janeiro: Elsevier Campus, 2008.
- _____. *Gestão de Pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier Campus, 2010.
- _____. *Gerenciando com as pessoas: transformando o executivo em um excelente gestor de pessoas*. Barueri: Manole, 2015.
- CUNHA, Miguel Pina., *et al.* *Manual de comportamento organizacional e gestão*. Lisboa: Editora RH, 2007.
- FARIA, Willian Resende de. Comportamento motivacional: o impacto do incentivo organizacional no comportamento do profissional brasileiro. [S.l.] Artigo: Dinheiro, 2011.

FERREIRA, Fernanda dos Santos. Fatores que influenciam no Clima Organizacional de uma equipe de Atendimento ao Cliente. *Revista Pós-Graduação: Desafios Contemporâneos*, v.2 n.3, 2015a.

FERREIRA, Patrícia Ítala. *Clima Organizacional e Qualidade de Vida no Trabalho*. Rio de Janeiro: LTC, 2015b.

FORIGO, Franciele Meinerz. *et al.* Fatores que afetam a satisfação dos funcionários e o Clima Organizacional. Santa Rosa: Fundação Educacional Machado de Assis, 2011.

GIL, Antonio Carlos. *Gestão de Pessoas – Enfoque nos Papéis Profissionais*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

_____. *Como elaborar Projetos de Pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2009.

GOEDERT, Fernanda; MACHADO, Mirian Magnus. Qualidade de Vida no Trabalho na empresa Plasvale Ind. de Plástico do Vale Ltda. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada*, Blumenau, vol.1, n.2, 2007.

GONZALEZ, Angel León. *Clima Organizacional: Antesala de aseguramiento de la calidad*. Ingeniería & Desarrollo. Colombia, n 8, 2000.

KANAANE, Roberto. *Comportamento Humano nas Organizações – O Homem rumo ao Século XXI*. São Paulo: Atlas S.A, 2009.

KOLB, David., *et al.* *Psicologia Organizacional: uma abordagem vivencial*. São Paulo, Atlas, 1986.

KRAMER, Gustavo Garcez; FARIA, José. Henrique de. Vínculos organizacionais. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 41, n. 1, p. 83-104, 2007.

LITWIN, George H., STRINGER, Robert. A. *Motivation and organizational climate*. Cambridge: Harvard University Press, 1968.

LUZ, Ricardo Silveira. *Gestão do Clima Organizacional Proposta de Critérios para Metodologia de Diagnóstico, Mensuração e Melhoria. Estudo de Caso em Organizações Nacionais e Multinacionais localizadas na cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

MACARENCO, Isabel. *Gestão com Pessoas – Gestão, Comunicação e Pessoas como competência de apoio para a Gestão alcançar Resultados Humanos*. Tese de Doutorado, São Paulo, 2006.

MORAIS, João Marcelo. *Estrutura organizacional na empresa familiar–Estilos gerenciais e satisfação dos funcionários*. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional. Universidade de Taubaté, São Paulo, 2004.

MOREIRA, Elen Gongora. *Clima Organizacional*. Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2012.

OLIVEIRA, Daniele de. *et al.* *Clima Organizacional: Fator de Satisfação no Trabalho e Resultados Eficazes na Organização*. In IX SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. Guaratinguetá. 2012.

PAZ, Maria das Graças Torres da. (2004). Poder e saúde organizacional. Em TAMAYO, A (Org.), *Cultura e saúde nas organizações* (p. 127-154). Porto Alegre: Artmed, 2004.

PESTANA, Simery Conceição Constâncio. *Pesquisa de Clima Organizacional*. Rio de Janeiro:



Universidade Candido Mendes, 2001.

RIZZATTI, Gerson. *Categorias de Análise de Clima Organizacional em Universidades Federais Brasileiras*. Tese de Doutorado. Florianópolis, 2002.

ROBBINS, Stephen Paul. *Comportamento Organizacional*. 9. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

_____. *Comportamento Organizacional*. 11. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

SBRAGIA, Roberto. Um estudo empírico sobre clima organizacional em instituições de pesquisa. *Revista de Administração*, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 30-39, 1983.

SILVA, Neli Terezinha da. *Clima Organizacional: uma proposta dos Fatores a serem utilizados para Avaliação do Clima de uma Instituição de Ensino Superior*. Florianópolis: Repositório Institucional da Universidade Federal de Santa Catarina, 2003

SOTO, Eduardo. *Comportamento Organizacional – o Impacto das Emoções*. 1. ed. São Paulo: Thomson, 2002.

TACHIZAWA, Takeshy; ANDRADE, Rui Otávio Bernardes de. *Gestão de instituições de ensino*. 4. ed. rev e ampl. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

TERRA, José Cláudio Cyrineu. *Gestão do conhecimento: o grande desafio empresarial*. São Paulo: Elsevier, 2005.

VIEIRA, Anderson Alex de Assis. *O Impacto do Desenvolvimento de Liderança no Clima Organizacional*. Universidade de São Paulo – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. São Paulo, 2011.

WAGNER, John R. III; John R. Hollenbeck. *Comportamento Organizacional – Criando vantagem Competitiva*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

Análise de absorção de água para agregados graúdos comercializados nos municípios da Chapada do Apodi/RN – análise comparativa com a norma NBR 7211/2009

Water absorption analysis for student aggregate markets in the municipalities of Chapada do Apodi/RN – COMPARATIVE ANALYSIS WITH NBR 7211/2009

Renata Samyla Matias Nogueira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido Patu - RN

Clélio Rodrigo Paiva Rafael

Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró - RN

<http://lattes.cnpq.br/7599206617387888>

Edna Lucia da Rocha Linhares

Universidade Federal Rural do Semi-Árido Caraúbas - RN

<http://lattes.cnpq.br/8314085854302452>

Ronald Assis Fonseca

Faculdade Única de Ipatinga Manhumirim - MG

<http://lattes.cnpq.br/2755794353136437>

Renata de Oliveira Marinho

IFPB - Campus Guarabira Patos - PB

<http://lattes.cnpq.br/2220076890879510>

Victor Carvalho Oliveira

Faculdade Maurício de Nassau Parnaíba - PI

<https://www.linkedin.com/in/victor-carvalho-810943190/>

Pábula Rayane da Silva

Universidade Federal Rural do Semi-Árido Caraúbas - RN

<http://lattes.cnpq.br/7820633297447125>

Rita de Cássia Rodrigues de Souto

Universidade Federal Rural do Semi-Árido Santa Cruz - RN

Francisco Felinto de Lima Neto

Universidade Federal Rural do Semi-Árido Natal - RN

<http://lattes.cnpq.br/4777764277624255>

Luzianne Galvão Pimenta

Universidade Federal Rural do Semi-Árido Campo Grande - RN

<http://lattes.cnpq.br/8462552356734792>

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.5

Resumo

Este trabalho foi desenvolvido para análise de absorção de água de acordo com a NBR NM 53/2003. Foi satisfatório para as amostras graníticas, mas não para as calcárias, de acordo com os limites impostos. Foi observado também que as britas oferecidas, como as graníticas, são mais consistentes e possuem menor absorção de água, sendo assim as mais qualificadas na construção civil para os traços. As de origem calcária, absorvem mais água, influenciando no fator A/C, facilitando manifestações patológicas.

Palavras-chave: absorção de água. massa específica. amostras.

Abstract

This work was developed for water absorption analysis according to NBR NM 53/2003. It was satisfactory for the granitic samples, but not for the limestone ones according to the limits imposed. It was also observed that the gravel offered as granitic, is gravel more consistent and with less water absorption, thus being the most qualified in civil construction for the traces. Those of limestone origin absorb more water, influencing the A/C factor, facilitating pathological manifestations.

Keywords: water absorption. specific mass. samples.

INTRODUÇÃO

A microrregião da Chapada do Apodi no estado do Rio Grande do Norte se destaca pelo potencial de recursos minerais. Contudo, há uma dificuldade no território para a padronização dos agregados da construção civil comercializada e as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2009), principalmente para os agregados graúdos (brita e cascalho).

De forma geral, o uso do agregado graúdo (brita) proporciona uma maior resistência ao concreto e um maior enchimento da massa. É importante o uso conjunto de agregados em diferentes granulometrias, de forma que os menores encham os espaços vazios dos maiores.

A influência da granulometria na qualidade do concreto está diretamente relacionada a quantidade total de agregados existentes no traço e sua exclusiva granulometria. O tamanho das partículas influencia no fator água/cimento, ou seja, a água necessária para a consistência do traço, quanto maior a dimensão do agregado, menor será o teor de areia, e conseqüentemente, menor consumo de água.

Se a quantidade de brita aumentar amplamente, a falta de argamassa gerará vazios na mistura, permitindo o atrito direto das britas, resultando em grande perda da plasticidade e ficando com dificuldades para o adensamento, esses são os principais aspectos associados aos agregados que afetam a ruína do concreto.

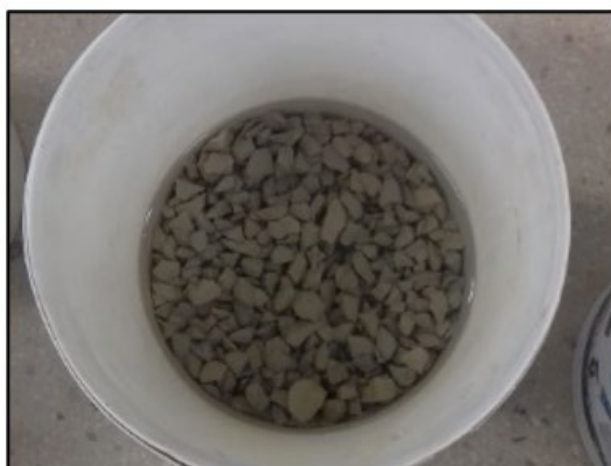
Diante da importância desse tipo de agregado, tem-se como objetivo comparar a granulometria dos agregados graúdos comercializados na Chapada do Apodi-RN com a norma NBR 7211/2009.

MATERIAIS E MÉTODOS

A determinação da massa específica e absorção de água para os agregados graúdos: brita calcária e granítica, ocorreu conforme ABNT NBR NM 53/2009.

O ensaio consistiu em submergir 3000g de brita calcária (Figura 1) e de brita granítica classificada segundo o comércio por brita 19mm; e 2000g de brita calcária e de brita granítica classificada, segundo o comércio, por cascalho (Figura 2); em água à temperatura ambiente por um período de (24 ± 4) horas.

Figura 1 - Brita calcária submersa em água



Fonte: Autores (2019)

Figura 2 - Cascalho calcário e brita granítico submersos em água



Fonte: Autores (2019)

O peso da coleta da amostra foi estabelecido após descobrir a sua dimensão máxima no ensaio de granulometria e seguindo o procedimento estabelecido na NM 26 reduzi-la de acordo com a NM 27.

Posteriormente, foi retirado as amostras da água e envolvida em um pano absorvente até que toda a água visível foi eliminada, mesmo a superfície das partículas apresentando-se úmida (Figura 3).

Figura 3 - Secagem do cascalho em um pano absorvente



Fonte: Autores (2019)

Os fragmentos grandes foram limpos individualmente. Em seguida, foi determinado, imediatamente, o peso das amostras com precisão de 1 g (m_s = agregado saturado com superfície seca) e colocado a amostra no cesto de arame (Figura 4), submergido em água mantida a $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ e pesado em água utilizando a balança hidrostática com precisão de 1 g (m_a = massa em água).

Figura 4 - Pesagem da brita submersa



Fonte: Autores (2019)

Após este processo as amostras foram colocadas na estufa à $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (Figura 5) até secar, ou seja, ficando a massa constante, deixou-se esfriar em temperatura ambiente durante de 1 a 3 horas, onde o agregado ficou a uma temperatura que permitia sua manipulação. (aproximadamente 50°C) e pesado com precisão de 1 g ($m = \text{agregado seco}$) (Figura 6).

Figura 5 - Amostras de brita e cascalho na estufa



Fonte: Autores (2019)

Figura 6 - Pesagem da brita seca



Fonte: Autores (2019)

A dimensão máxima do agregado é, convenientemente, designada pela dimensão da abertura da peneira, na qual ficam retidos 15% ou menos das partículas do agregado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os municípios foram encontrados agregados graúdos provenientes de rochas magmáticas de origem granítica, e somente no município de Governador Dix-Sept Rosado encontramos agregados provenientes das rochas sedimentares de origem calcária, conhecida como brita branca.

No Quadro 1, estão apresentados os tipos de brita disponibilizados nos comércios dos quatros municípios estudados.

Quadro 1 - Identificação dos tipos de agregados graúdos (brita) disponibilizados nos comércios da Chapada do Apodi -RN

Município	Origem da rocha	Tipo de rocha	disponibilizado nos comércios
Apodi	Granítica	Magmática	Brita 19mm – Redecom
	Granítica	Magmática	Brita 19mm - Sítio Campo de Varas
Felipe Guerra	Granítica	Magmática	Brita 19mm - Bolinhas construções
	Granítica	Magmática	Brita 19mm – Construtintas
Governador Dix-Sept Rosado	Granítica	Magmática	Brita 19mm - Daniel Madeiras
	Calcária	Sedimentar	Brita 19mm - construção Diniz
Caraúbas	Granítica	Magmática	Brita 25mm – Pedreira
	Granítica	Magmática	Brita 19mm – Pedreira

Fonte: Autores (2019)

Apenas no município de Felipe Guerra foi encontrado cascalho proveniente de rocha sedimentar, nos demais, são provenientes de rochas magmáticas.

Nos municípios de Apodi e Governador Dix-Sept Rosado, foram encontrados apenas um comércio que disponibilizada um tipo de cascalho, comercializado no tamanho de 12mm. No município de Felipe Guerra encontramos dois tipos de cascalhos de origem granítica e calcária, ambas de 12mm; e em Caraúbas encontramos cascalho disponibilizados no comércio nos tamanhos de 12mm e 9mm (Quadro 2).

Na Tabela 1 e na Tabela 2 pode-se observar os resultados em massa do ensaio de absorção dos agregados graúdos (brita e cascalho, respectivamente), disponibilizados na Chapada do Apodi –RN.

Quadro 2 - Identificação dos tipos de agregados graúdos (cascalho) disponibilizados nos comércios da Chapada do Apodi -RN

Município	Origem da rocha	Tipo de rocha	disponibilizado nos comércios
Apodi	Granítica	Magmática	Cascalho 12mm - Sítio Campo de Varas
Felipe Guerra	Granítica	Magmática	Cascalho 12mm – Construtintas
	Calcária	Sedimentar	Cascalho 12mm - Construtintas/ Poço Tilon
Governador Dix-Sept Rosado	Granítica	Magmática	Cascalho 12mm - Daniel Madeiras
Caraúbas	Granítica	Magmática	Cascalho 12mm – Pedreira
	Granítica	Magmática	Cascalho 9mm – Pedreira

Fonte: Autores (2019)

Tabela 1 - Resultado em massa do ensaio de absorção dos agregados graúdos (brita) disponibilizados na Chapada do Apodi -RN

Municípios	Brita 19mm Massa				Origem
	Amostra seca (g)	24h imerso (MS)	Imerso em água (MA)	24h estufa (M)	
Felipe Guerra	3004,6	3006,7g	1879,0g	2992,5g	Granítica
Caraúbas	3002,7	3003,5g	1869,7g	2988,2g	Granítica
Gov. Dix-Sept	3002,2	3032,2g	1876,6g	2982,2g	Calcária
Gov. Dix-Sept	3001,0	2995,6g	1870,5g	2980,3g	Granítica
Apodi	3000,7	2996,5g	1871,0g	2986,9g	Granítica
Brita 25mm Massa					
Caraúbas	4007,8g	4004,4g	2489,6g	3989,1g	Granítica

Fonte: Autores (2019)

A brita de origem calcária disponibilizada no município de Governador Dix-Sept Rosado, apresentou maior absorção de água, enquanto as britas dos municípios de Felipe Guerra e Caraúbas pouco aumentaram com relação ao seu peso seco; e as britas de Governador Dix-Sept Rosado e Apodi perderam peso.

Tabela 2 - Resultado em massa do ensaio de absorção dos agregados graúdos (cascalho) disponibilizados na Chapada do Apodi -RN

Municípios	Cascalho 12mm Massa				
	Amostra seca (g)	24h imerso (MS)	Imerso em água (MA)	24h estufa (M)	Origem
Caraúbas	2001,3	1982,9g	1231,0g	1965,7g	Granítica
Felipe Guerra	2003,8	2046,2g	1245,9g	1986,6g	Calcária
Felipe Guerra	2002,7	2000,4g	1237,9g	1982,8g	Granítica
Gov. Dix-Sept	2001,0	2008,6g	1250,1g	1989,9g	Granítica
Apodi	2007,5	2007,4g	1246,8g	1990,1g	Granítica
Cascalho 9mm Massa					
Caraúbas	2002,8g	2004,6g	1239,6g	1982,7g	Granítica

Fonte: Autores (2019)

Calculou-se a percentagem de absorção de água presente no cascalho conforme item 7.2.1 da NBR NM 53/2003 oferecido por 9mm granítico, e resultou em 1,104%. Para o cascalho calcário oferecido por 12mm, resultou em 3,0%, e o oferecido por 12mm granítica, resultando em 0,892%, obtido por meio da média entre os valores, conforme determina o item 8.1.1 da NBR NM 53/2003.

Os cascalhos de tamanho 12mm se comportaram semelhantes ao peso após 24h imersos, exceto o cascalho de origem calcária que obteve o maior valor (20146,2 g). O cascalho de Apodi obteve o peso após 24 na estufa, 1990,1g, mostrando maior consolidação no material.

Os valores em acesso provam que há uma diferença notável no resultado dos ensaios de absorção, tanto na brita oferecida por 19mm, quanto no cascalho. Em ambas, a absorção da rocha calcária é maior que a da granítica, devido ao fato da rocha calcária em sua composição possuir uma maior quantidade de micróporos, tornando-a mais absorvente. Isto nos leva a concluir que um concreto confeccionado com brita calcária, deverá possuir uma relação água/cimento superior ao mesmo traço confeccionado por uma brita granítica, para que possa ser corrigida a sua trabalhabilidade.

A determinação da absorção de água e uma seleção adequada dos agregados, é importante para a caracterização física da brita, visando seu emprego em concretos e argamassas. O uso de agregados inadequados pode causar diversas manifestações patológicas na área civil, como a rápida deterioração em uma estrutura, prejudicando assim sua performance. Por isso, somente por meio de ensaios especifica-se as características dos agregados, seja sua granulometria, absorção, ou outras características, para que não haja influência na habilidade do sistema em cumprir suas funções previstas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio de absorção de água de acordo com a NBR NM 53/2003 (Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água), foram satisfatórios para as amostras graníticas, mas não para as calcárias, de acordo com os limites impostos pela norma. As de origem calcária, observou-se que absorvem mais água, influen-

ciando no fator água/cimento dos traços, facilitando as manifestações patológicas e problemas na qualidade do concreto, caso essa diferença não seja levada em consideração. Já as britas oferecidas como granítica, são mais consolidadas, de alta densidade, com menos absorção de água, sendo assim a mais indicada na construção civil nos traços. A brita granítica possui um desempenho melhor em relação a calcária.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR NM 46:2003 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm por lavagem. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - BR NM 248/2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR NM 53/2003- Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 1983.

Reuso de água cinza: principais abordagens

Carmem Julia Firmino Araruna

Universidade Federal de Campina Grande

<http://lattes.cnpq.br/9696603736658428>

Rivaildo da Silva Ramos Filho

Universidade Federal de Campina Grande

<http://lattes.cnpq.br/3520936217254076>

Libânia da Silva Ribeiro

Universidade Federal de Campina Grande

<http://lattes.cnpq.br/3615115769020187>

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.6

Resumo

O reuso de águas cinzas é proposto como uma alternativa de proteção ambiental e tecnologia social capaz de melhorar a qualidade de vida das pessoas e do ambiente, visto que, com o crescimento demográfico das cidades o uso dos recursos hídricos aumentam e alteram, muitas vezes, a qualidade desses recursos. Dessa forma, a conscientização da relevância da água e mutuamente de seu uso de forma racional por todos os âmbitos é de extrema importância, uma vez que, está diretamente ligado ao desenvolvimento de diferentes atividades e à qualidade de vida da sociedade. Logo, são imprescindíveis investimentos em soluções alternativas sustentáveis com vistas a diminuir a pressão pela demanda de água potável, tendo como exemplo, a utilização da água de reuso e reaproveitamento de águas pluviais. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão da literatura com o intuito de promover um panorama mundial a respeito do reuso de águas cinzas e uma discussão a respeito dos principais conceitos associados. Foram analisadas um total de 30 publicações, constando artigos de periódicos, compreendidas entre os anos de 2010 e 2020. A partir disso, verificou-se que há diferentes aplicações e estudos de viabilidade de novas tecnologias. Além do mais, muitos dos trabalhos catalogados enfatizavam também os desafios para implementação dessa proposta de reutilização seja no ambiente doméstico ou na produção agrícola. Foi possível concluir que os desafios estão relacionados a aceitação pública da população e a percepção dos benefícios gerados por essa reutilização para usos menos nobres.

Palavras-chave: reutilização. águas residuais. usos finais da água.

Abstract

The reuse of gray water is proposed as an alternative for environmental protection and social technology capable of improving the quality of life of people and the environment, since, with the demographic growth of cities, the use of water resources often increases and changes, the quality of these features. Thus, awareness of the relevance of water and mutually its rational use by all areas is extremely important, since it is directly linked to the development of different activities and the quality of life of society. Therefore, investments in sustainable alternative solutions are essential in order to reduce the pressure for the demand for drinking water, for example, the use of reuse water and reuse of rainwater. In this sense, the present work aims to carry out a literature review in order to promote a world panorama about the reuse of gray water and a discussion about the main associated concepts. A total of 30 publications were analyzed, including articles from journals, between the years 2010 and 2020. From this, it was found that there are different applications and feasibility studies of new technologies. Furthermore, many of the works cataloged also emphasized the challenges for implementing this proposal for reuse, whether in the domestic environment or in agricultural production. It was possible to conclude that the challenges are related to the public acceptance of the population and the perception of the benefits generated by this reuse for less noble uses

Keywords: reuse. residual waters. end uses of water.

A demanda mundial pelo uso da água tem aumentado em todo o mundo a uma taxa de cerca de 1% por ano desde a década de 1980, o que se deve a uma combinação de crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e mudanças nos padrões de consumo. Essa demanda por água deve continuar aumentando a uma taxa semelhante até 2050, o que representará um aumento de 20% a 30% em relação ao nível atual do uso dos recursos hídricos (BUREK *et al.*, 2016), principalmente, devido à necessidade crescente nos setores industrial e doméstico. Desse modo, mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países que experimentam um alto estresse hídrico, e de acordo com que foi estimado por Mekonnen e Hoekstra (2016) cerca de 4 bilhões experimentam escassez severa de água durante pelo menos um mês do ano. Os níveis de estresse continuarão a aumentar, à medida que a demanda por água aumenta e os efeitos da mudança climática se intensificam (WWAP - UNESCO WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2019).

Cabe ressaltar também, que a escassez de água em todo o planeta se dá por uma diferentes fatores, tais como: a falta de conscientização do uso, baixos investimentos em infraestrutura e segurança hídrica, carência de incentivo e técnicas de reuso (BOYJOO *et al.*, 2013).

No Brasil, a média do consumo de água corresponde a 154,9 litros por habitante ao dia, de acordo com dados do diagnóstico do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2018 (BRASIL, 2019). Dado esse que é maior, em 44 litros, do que a quantidade que a Organização das Nações Unidas (ONU) considera suficiente para suprir as necessidades básicas de uma pessoa, cujo total é de 110 litros ao dia (WWAP, 2019). Por ano, o consumo médio dos brasileiros situa-se na ordem dos 56.210 litros, sendo que ainda no Brasil, de toda a água tratada aproximadamente, 40% é desperdiçada. As principais causas são vazamentos, fraudes e falhas nas redes de distribuição (BRASIL, 2018). É preciso, portanto, encontrar fontes alternativas de abastecimento de água, além do incentivo à redução do consumo deste recurso. No entanto, a preocupação com o uso dos recursos hídricos deve ir mais adiante, não somente limitar-se ao consumo exacerbado, como também atentar a maior geração de efluentes, ao mau uso e ao desperdício. Visto que, nas regiões de grande concentração populacional esses fatores acabam exercendo fortes pressões no agravamento das condições de qualidade dos mananciais existentes. Com a pressão sobre o suprimento de água continuando a aumentar devido à rápida urbanização, industrialização e agricultura intensiva das economias em crescimento, também cresce o interesse no uso de fontes alternativas de água, como o reuso das águas residuais e das águas de chuva (ANTUNES; THIVES; GHISI, 2016; LÓPEZ ZAVALA; CASTILLO VEGA; LÓPEZ MIRANDA 2016).

As águas de qualidade inferior, tais como efluentes de processos industriais, bem como de esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem de pátios e agrícola, e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. Dessa forma, o uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes, se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água (SAUTCHUK *et al.*, 2005). Uma das soluções mais difundidas é a reutilização das Águas Cinzas (AC) para fins que não exijam água potável.

As águas cinzas por sua vez, correspondem as descargas de chuveiro, lavatório, lavanderia e cozinha sendo responsável por até 75% da água residual produzida em residências (ERIKSSON *et al.*, 2002). Contém baixas concentrações de compostos orgânicos (em termos de Demanda Química de Oxigênio - DQO), nutrientes e patógenos em comparação com a água preta (efluente do vaso sanitário) mais altamente concentrada (OTTERPOHL, 2002). Portanto, faz sentido coletar águas cinzas, tratá-las separadamente e reutilizá-las para fins menos nobres, tais como irrigação, infiltração, lavagens, descargas de banheiros, regas de jardins, ou outras aplicações não potáveis (LEAL *et al.*, 2010).

A reutilização de águas cinzas foi promovida em diferentes países ao redor do mundo, como na Austrália, EUA (Arizona, Califórnia e Texas), Japão, Espanha, Coreia, China e Chipre. O estabelecimento de diretrizes, regulamentos obrigatórios, incentivos e programas financeiros e subsídios são alguns dos instrumentos utilizados pelas autoridades desses países (ORON *et al.*, 2014). Enquanto que, no Brasil, ROEBUCK *et al.* (2010) citam algumas experiências exitosas do aproveitamento das águas cinzas para fins não potáveis empregadas em condomínios residenciais. Contudo, um dos entraves para a implantação de sistemas maiores de reuso de água e de aproveitamento de águas pluviais é a falta de legislação específica para esse fim, como também a ausência de incentivo governamental em forma de subsídio de taxas e impostos que poderiam aumentar a oferta e reduzir a demanda de água potável. Além do mais, a World Health Organization - WHO (2006) enfatiza a importância das águas cinzas como recurso hídrico alternativo, uma vez que são: água parada; compõe o maior volume do fluxo de resíduos das famílias; possui um teor de nutrientes que, embora baixo, pode ser benéfico para irrigação das culturas; tem baixo conteúdo de patógenos; e pode ser usado para reduzir a demanda por água de primeiro uso.

Diante do exposto, essa pesquisa tem como objeto de estudo promover um panorama mundial a respeito do reuso de águas cinzas e uma discussão a respeito dos principais conceitos associados. Na qual, se mostra imprescindível para redução do consumo de água potável e geração de esgoto, sendo uma alternativa tecnológica de uso racional que visa um melhor aproveitamento dos recursos hídricos e propicia significativos benefícios ambientais.

METODOLOGIA

O processo metodológico baseou-se em uma revisão de literatura, utilizando os bancos de dados online SciELO e Science Direct. Dessa forma, foram exploradas as diferentes contribuições citadas em periódicos sobre o tema em questão por meio de uma profunda revisão bibliográfica sobre suas aplicações. A pesquisa incluiu os textos completos dos artigos, utilizando os termos reuso e água cinza como palavras de busca. Os critérios de inclusão consideraram textos de artigos e livros brasileiros e internacionais (com o objetivo de promover uma discussão ampla sobre o assunto) publicados entre 2010 e 2020, com preferência as publicações mais recentes. Foram investigados 30 artigos considerados relevantes quanto ao tema, para integrar o arcabouço teórico de discussão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos 30 artigos selecionados, 13 foram publicados em 2020, 5 em 2019, 5 em 2018, 1 em 2017, 1 em 2014, 1 em 2013, 2 em 2012, 2 em 2010, indicando um crescente interesse pelo tema nos últimos anos, principalmente, em 2020. Destaca-se a importância do banco de dados Science Direct, no qual foram indexadas a maioria das revistas selecionadas, especialmente, as revistas Journal of Environmental Management e Science of the Total Environment, das quais foram selecionados 5 artigos de cada. Em relação ao tipo de periódico em que os artigos foram publicados, evidencia-se o alto nível de qualificação dessas pesquisas. Esse detalhe é importante porque fornece um suporte coeso e coerente para tal revisão. Após o levantamento dos 30 artigos, foi verificado que os assuntos mais associados ao tema Reuso de Águas Cinzas (RAC), foram: Técnicas de tratamento; Características quantitativas e qualitativas; Aplicações e Percepção da comunidade.

A prática do RAC tem-se tornado cada vez necessária nos dias atuais devido à escassez hídrica em que o mundo enfrenta. Essa carência de água é um problema que atinge todos os extratos da sociedade e torna a população sujeita a uma vivência de dificuldades pelo não cumprimento dos direitos básicos de higiene e saúde. Por causa disso, estudiosos e gestores tem se preocupado constantemente com a degradação dos recursos hídricos buscando a criação de leis mais eficazes para a conscientização da população em prol de um consumo de água sustentável. Essas constatações estimularam o interesse pelo desenvolvimento desta pesquisa, culminando assim, na ideia do agrupamento dos conceitos e informações considerados importantes para a temática a partir das diversas produções acadêmicas a respeito. O interessante dessa proposta é trazer os principais conceitos associados ao RAC e proporcionar aos desconhecedores uma visão geral sobre o tema.

Técnicas de tratamento

As técnicas de tratamento de águas cinzas podem ser classificadas de acordo com o processo em que são concebidas, são eles os meios: físico, biológico e químico. Geralmente, todos estes processos requerem a etapa de pré-tratamento, no qual ocorre a separação sólido-líquido, e a etapa posterior, conhecida como desinfecção (LI; WICHMANN; OTTERPOHL, 2009). O tratamento físico promove uma considerável clarificação da água e é razoavelmente eficaz na remoção das partículas dos poluentes orgânicos (AL-JAYYOUSI, 2003). Esse processo consiste usualmente da utilização de um filtro de areia grossa, solo e membranas. No entanto, devido ao fato da areia grossa restringir a qualidade da água até certo limite, muitas pesquisas têm surgido com a incorporação de outros materiais no processo ou com a busca de tecnologias mais eficientes, como a técnica de filtração por membrana acionada por pressão (YOONUS; AL-GHAMDI, 2020). As técnicas de tratamento biológico mais conhecidas são o Contator Biológico Rotativo (RBC), Reator de Batelada Sequencial (SBR), manta de lodo anaeróbico (UASB), biorreatores de membrana (MBR) e áreas úmidas construídas (CW) (YOONUS; AL-GHAMDI, 2020). Essa última, por exemplo, se configura como uma técnica NBS (Soluções Baseadas na Natureza) por ser sustentável, econômica e possuir adequada eficiência na remoção dos patógenos e poluentes.

Os trabalhos de Shingare *et al.* (2019) e Arden e Ma (2018) evidenciam sua aplicação. Como comentam Pidou *et al.* (2008), apenas a utilização dos processos físicos e biológicos

podem não ser suficientes para o tratamento, o que motiva a aplicação do tratamento químico. Este, que tem como principais técnicas discutidas na literatura a coagulação, resina de troca iônica magnética, oxidação fotocatalítica e carvão ativado granular (YOONUS; AL-GHAMDI, 2020). O processo de coagulação, geralmente o mais conhecido, consiste na remoção de materiais suspensos por meio da aplicação dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico, os mais utilizados no tratamento da água. A resina de troca iônica é um produto sintético que quando colocado na água libera íons sódio ou hidrogênio e capta cátions e ânions responsáveis pelo teor de sólidos dissolvidos. Atuando de forma distinta, a oxidação fotocatalítica, um dos exemplos de Processos Oxidativos Avançados (POA), utiliza o radical hidroxila (OH⁻) gerado por meio da reação do peróxido com a radiação UV. Assim, a hidroxila reage rapidamente e oxida as moléculas orgânicas ou inorgânicas presentes na água. O carvão ativado granular também é outra tecnologia muito utilizada para o tratamento de água, devido sua estrutura porosa que age como filtro de soluções impuras e retêm as partículas em seu interior. De forma geral, a Quadro 1 sintetiza alguns tipos de tratamento de águas cinzas aplicados em todo o mundo.

Quadro 1 – Algumas aplicações de tratamentos para águas cinzas

Tipo de tratamento	Finalidade do reúso	País	Autor
Áreas úmidas construídas	Doméstico	Brasil	Marinoski e Ghisi (2019)
Biofilmes anaeróbicos naturais e sintéticos	Doméstico	Índia	Chanakya e Khuntia (2014).
Paredes verdes	-	Austrália	Prodanovic et al. (2020)
Utilização de <i>Chlorella variabilis</i>	Doméstico	Turquia	Oktor e Çelik (2019)
Unidades de vala confinada	Irrigação	Jordânia	Al-Hamaiedeh e Bino (2010)

Características quantitativas e qualitativas

As características das Águas Cinzas (AC) provenientes de determinada família variam dependendo da idade e do número de habitantes, dos seus costumes e hábitos de vida, utilização de detergentes domésticos, produtos químicos e os necessários a higiene do corpo (SPY-CHALA *et al.*, 2019). Assim também como o horário e a localização desempenham papel importante em sua composição. Em termos quantitativos, a geração de AC varia de acordo com a fonte geradora. Estudos mostram que no caso das AC proveniente da cozinha, lavatórios e banheiro, geralmente, sua quantidade é calculada como produto do tempo de utilização de cada torneira e sua respectiva vazão (NOUTSOPOULOS *et al.*, 2018). Por outro lado, em lavanderias, lava louças e vasos sanitários a quantidade de AC é calculada com base no registro do número de usos por dia e a quantidade de água por uso (ALFIYA *et al.*, 2018). Em termos qualitativos, Antonopoulou, Kirkou e Stasinakis (2013) comentam que existe uma considerável variação na qualidade das águas entre diferentes fontes geradoras, isto é, as águas originárias do banheiro e lavatório possuem baixa concentração de bactérias e produtos químicos, enquanto que as originárias da cozinha e lavanderias possuem um nível mais alto em sólidos, carbono orgânico e bactérias (KARIUKI, 2011).

Aplicações

Devido à escassez hídrica que o mundo enfrenta, as águas cinzas se configuram como a alternativa mais possível de conservação da água potável. Podendo ser utilizada para fins de jardinagens em casa, limpeza de calçadas, descargas sanitárias e produção agrícola. Por

exemplo, Godfrey, Labhasetwar e Wate (2009) realizaram um estudo de custo-benefício sobre o reuso na irrigação e descargas de vasos sanitários em Madhya Pradesh, Índia, e obtiveram um resultado positivo. Já Roman *et al.* (2007) avaliaram a reutilização de águas cinzas na irrigação de hortaliças em Lima, Peru. Os resultados mostraram que havia menos problemas de saúde associados as AC não tratadas e sua descarga direta no ambiente, como também a população teve acesso a alimentos frescos e baratos. Numa entrevista realizada por Ilemobade, Olanrewaju e Griffioen (2012) nas Universidades de Wits, Joanesburgo e da Cidade do Cabo, as pessoas preferiam reutilizar AC para a descarga do banheiro em comparação a irrigação do jardim devido ao medo de contaminação de possíveis doenças. Esse temor da população é compreensível, pois a qualidade da água cinza depende da fonte. A utilização de alguns produtos químicos e sais, por exemplo, podem causar sérios efeitos no solo e nas culturas, caso as AC não passem por um tratamento (RYAN; SPASH; MEASHAM, 2009). É a partir disso que entram em foco as questões de aceitação pública e como a comunidade encara essa utilização.

Percepção da comunidade

Uma grande parcela sociedade atualmente, ainda não vê o reuso de efluentes tratados com bons olhos e isso é devido ao grande preconceito sobre sua utilização e também pela ausência de instrução por meio da educação ambiental. A aceitação pública da reutilização das AC depende de diferentes fatores como exemplo, da educação e a localização residencial (FIELDING; DOLNICAR; SCHULTZ, 2018), idade e posse da moradia, gênero e nacionalidade (MU'AZU; ABUBAKAR; BLAISI, 2020). Essa percepção positiva da comunidade quanto ao reuso de água não potável para as atividades secundárias só se solidificará aos poucos num processo gradual ao longo das gerações por meio da melhoria do processo de conscientização pública e da segregação dos fluxos de águas residuais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos artigos selecionados, constatou-se a variedade de técnicas de tratamento para a reutilização de águas cinzas, seja por meio de métodos convencionais ou não, além das várias aplicações e estudos de viabilidade de novas tecnologias. Muitos dos trabalhos catalogados enfatizavam também os desafios para implementação dessa proposta de reutilização seja no ambiente doméstico ou na produção agrícola. Tais desafios estão relacionados a aceitação pública da população e a percepção dos benefícios gerados por essa reutilização para usos menos nobres. O que é interessante destacar é que muitos dos artigos avaliaram o reuso de águas cinzas na irrigação sem se preocupar com o tratamento, e como se sabe, a composição dessas águas é muito variável, pois depende de uma série de fatores.

Devido a isso, enquanto alguns destes obtiveram bons resultados, outros não, até porque o efeito positivo ou negativo também está muito atrelado ao tipo de cultura. O mais adequado é que o processo de reutilização quando associado à produção agrícola, passe por uma fase de tratamento e assim não gere riscos de contaminação para a população. Por fim, com base nas discussões levantadas, observou-se a importância dessa proposta de reuso de águas residuais para a conservação da água potável como um vislumbre ao consumo sustentável. Mais estudos devem ser elaborados na área, porém, além disso, políticas públicas devem ser implementadas principalmente no setor agrícola, que detêm grandes porcentagens dos usos e não é um direito

essencial assegurado pela Política Nacional de Recursos Hídricos, como a dessedentação.

REFERÊNCIAS

ALFIYA, Y.; DUBOWSKI, Y.; FRIEDLER, E. Diurnal patterns of micropollutants concentrations in domestic greywater. *Urban Water Journal*, v. 15, n. 5, p. 399-406, 28 mai. 2018.

AL-HAMAIEDEH, H.; BINO, M. Effect of treated grey water reuse in irrigation on soil and plants. *Desalination*, v. 256, n. 1-3, p. 115-119, jun. 2010.

AL-JAYYOUSI, O. R. Greywater reuse: towards sustainable water management. *Desalination*, v. 156, n. 1-3, p. 181-192, 2003.

ANTONOPOULOU, G.; KIRKOU, A.; STASINAKIS, A. S. Quantitative and qualitative greywater characterization in Greek households and investigation of their treatment using physicochemical methods. *Science of the Total Environment*, v. 454-455, p. 426-432, jun. 2013.

ANTUNES, L. N.; THIVES, L. P.; GHISI, E. Potential for potable water savings in buildings by using stormwater harvested from porous pavements. *Water*, v. 8, n. 4, p. 110, 2016.

ARDEN, S.; MA, X. Constructed wetlands for greywater recycle and reuse: A review. *Science of The Total Environment*, v. 630, p. 587-599, 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento –SNIS. Diagnósticos dos serviços de água e esgoto. Brasília, 2018.

BOYJOO, Y.; PAREEK, V.K.; ANG, M. A review of greywater characteristics and treatment processes. *Water Science & Technology*. n. 7, v. 67, p. 1403-1424, 2013.

BUREK, P.; SATOH, Y.; FISCHER, G.; KAHIL, M. T.; SCHERZER, A.; TRAMBEREND, S.; NAVA, L. F.; WADA, Y.; EISNER, S.; FLÖRKE, M.; HANASAKI, N.; MAGNUSZEWSKI, P.; COSGROVE, B.; WIBERG, D. *Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report)*. IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), 2016.

CHANAKYA, H. N.; KHUNTIA, H. K. Treatment of gray water using anaerobic biofilms created on synthetic and natural fibers. *Process Safety And Environmental Protection*, v. 92, n. 2, p. 186-192, mar. 2014.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. *Urban water*, v. 4, n. 1, p. 85-104, 2002.

FIELDING, K. S.; DOLNICAR, S.; SCHULTZ, T. Public acceptance of recycled water. *International Journal of Water Resources Development*, v. 35, n. 4, p. 551-586, 2 fev. 2018.

GODFREY, S.; LABHASETWAR, P.; WATE, S. Greywater reuse in residential schools in Madhya Pradesh, India—A case study of cost–benefit analysis. *Resources, Conservation And Recycling*, v. 53, n. 5, p. 287-293, mar. 2009.

ILEMOBADE, A. A.; OLANREWAJU, O. O.; GRIFFOEN, M. L. Greywater Reuse for Toilet Flushing in High-Density Urban Buildings in South Africa: a Pilot Study. WRC Report No. 1821/1/11. Water Research Commission, Pretoria, 2012.

KARIUKI, F. W. The Potential of a Low Cost Technology for The Greywater Treatment. The Open Environmental Engineering Journal, v. 4, n. 1, p. 32-39, 9 set. 2011.

LEAL, L. H.; TEMMINK, H.; ZEEMAN, G.; BUISMAN, C. J. N. Comparison of three systems for biological greywater treatment. Water, v. 2, n. 2, p. 155-169, 2010.

LI, F.; WICHMANN, K.; OTTERPOHL, R. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. Science of the Total Environment, v. 407, n. 11, p. 3439-3449, 2009.

LÓPEZ ZAVALA, M. Á.; CASTILLO VEGA, R.; LÓPEZ MIRANDA, R. A. Potential of rainwater harvesting and greywater reuse for water consumption reduction and wastewater minimization. Water, v. 8, n. 6, p. 264, 2016.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Environmental performance of hybrid rainwater-greywater systems in residential buildings. Resources, Conservation And Recycling, v. 144, p. 100- 114, maio 2019.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. Science advances, v. 2, n. 2, p. 1-6, 2016.

MU'AZU, N. D.; ABUBAKAR, I. R.; BLAISI, N. I. Public acceptability of treated wastewater reuse in Saudi Arabia: Implications for water management policy. Science of The Total Environment, v. 721, n. 7, p. 1-12, jun. 2020.

NOUSOPOULOS, C.; ANDREADAKIS, A.; KOURIS, N.; CHARCHOUSI, D.; MENDRINO, P.; GALANI, A.; MANTZIARAS, I.; KOUMAKI, E. Greywater characterization and loadings – Physicochemical treatment to promote onsite reuse. Journal of Environmental Management, v. 216, p. 337-346, jun. 2018.

OKTOR, K.; ÇELIK, D. Treatment of wash basin and bathroom greywater with *Chlorella variabilis* and reusability. Journal of Water Process Engineering, v. 31, p. 1-7, out. 2019.

ORON, G.; ADEL, M.; AGMON, V.; FRIEDLER, E.; HALPERIN, R.; LESHEM, E.; WEINBERG, D. Greywater use in Israel and worldwide: standards and prospects. Water research, v. 58, p. 92-101, 2014.

OTTERPOHL, R. Options for alternative types of sewerage and treatment systems directed to improvement of the overall performance. Water science and technology, v. 45, n. 3, p. 149-158, 2002.

PIDOU, M.; AVERY, L.; STEPHENSON, T.; JEFFREY, P.; PARSONS, S. A.; LIU, S.; MEMON, F. A.; JEFFERSON, B. Chemical solutions for greywater recycling. Chemosphere, v. 71, n. 1, p. 147-155, 2008.

PRODANOVIC, V.; HATT, B.; MCCARTHY, D.; DELETIC, A. Green wall height and design optimisation for effective greywater pollution treatment and reuse. Journal of Environmental Management, v. 261, p. 1-14, mai. 2020.

ROEBUCK, R. M.; OLTEAN-DUMBRAVA, C.; TAIT, S. Whole life cost performance of domestic rainwater harvesting systems in the United Kingdom. Water and Environment Journal, v.25, n.3, p. 355-365. 2010.

ROMAN, A.; WINKER, M.; TETTENBORN, F.; OTTERPOHL, R. Informal Settlements and Wastewater Reuse: Improve of Urban Environment and Alleviate Poverty in Lima, Peru. Final report for SWITCH. Institute of Wastewater Management and Water Protection, Hamburg University of Technology, Hamburg, Germany, 2007.

RYAN, A. M.; SPASH, C. L.; MEASHAM, T. G. Socio-economic and psychological predictors of domestic greywater and rainwater collection: Evidence from Australia. *Journal of Hydrology*, v. 379, n. 1-2, p. 164-171, dez. 2009.

SAUTCHUK, C.; FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H.; COSTI, L. O.; ILHA, M. D. O.; SCHMIDT, W. Conservação e reuso da água em edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica, p. 53-57, 2005.

SHINGARE, R. P.; THAWALE, P. R.; RAGHUNATHAN, K.; MISHRA, A.; KUMAR, S. Constructed wetland for wastewater reuse: Role and efficiency in removing enteric pathogens. *Journal of Environmental Management*, v. 246, p. 444-461, 2019.

SPYCHAIA, M.; NIEĆ, J.; ZAWADZKI, P.; MATZ, R.; NGUYEN, T. Removal of Volatile Solids from Greywater Using Sand Filters. *Applied Sciences*, v. 9, n. 4, p. 770, 22 fev. 2019.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for the safe use of wastewater excreta and greywater. World Health Organization, 2006.

WWAP - UNESCO WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind. 2019.

YOONUS, H.; AL-GHAMDI, S. G. Environmental performance of building integrated grey water reuse systems based on Life-Cycle Assessment: a systematic and bibliographic analysis: A systematic and bibliographic analysis. *Science of the Total Environment*, v. 712, p. 1-10, 2020.

Desenvolvimento de um novo método para tomada de decisão de tempo de ciclo de aquecimento na rotomoldagem

Development of a new method for take a heating cycle time decision in rotomolding

Alessandro Fernandes Barros

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal do ABC

Silvia Novaes Zilber Turri

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal do ABC

José Carlos Curvelo Santana

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal do ABC

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.7

Resumo

O processo de Rotomoldagem tem crescido no Mundo devido às características de tipos de peças e acabamentos que podem ser produzidas, entretanto, a falta de informação sobre como finalizar os ciclos de aquecimento do forno, eleva o tempo de ciclo e limita a viabilidade econômica deste processo. Neste contexto, a presente pesquisa desenvolveu um novo método para tomada de decisão de tempo de ciclo de aquecimento na Rotomoldagem. Assim uma máquina de Rotomoldagem tipo carrossel com três braços, foi adaptada através das modificações, como: a instalação de dois moldes estáticos dotados de sensores de temperaturas, em duas posições diferentes, que transmitiu dados através de comunicação Modbus ao CLP da máquina, e um equipamento K-paqTM, que através de sensores e comunicação via rádio frequência, fez as medições da temperatura interna do molde de Produção. Após a realização dos experimentos verificou-se que as adaptações realizadas na Máquina de Rotomoldagem mostram-se eficientes para o desenvolvimento da pesquisa. Os gráficos da Rotomoldagem demonstraram que o processo foi estável e que houve diferença de 82,3°C entre os moldes estáticos 1 e 2. O molde estático 1 apresentou uma diferença de 1,5° C com relação ao molde de produção, indicando que esse foi o melhor entre os moldes testados nesta pesquisa. Assim, ficou demonstrado que método desenvolvido nesta pesquisa foi confiável para tomada de decisão de tempo de ciclo de aquecimento na Rotomoldagem de peças em PEAD.

Palavras-chave: rotomoldagem. tempos de processo. efeito da temperatura.

Abstract

The Rotomolding process has grown in the world due to the characteristics of the types of parts and finishes that can be produced, however, a lack of information on how to complete the furnace heating cycles increases the cycle time and limits the economic viability of this process. In this context, the present study developed a new method for decision making of heating cycle time in Rotomolding. Thus, a carousel type Rotomolding machine, it was adapted through modifications, such as: the installation of two static molds equipped with temperature sensors, in two different positions, which transmitted data via modbus communication to the machine PLC, and a K-paqTM equipment, which, through sensors and radio frequency communication, used the internal temperature of the production mold as a reference. After carrying out the experiments, it was verified that the adaptations carried out in the Rotational Molding Machine are efficient for the development of the research. The Rotomolding graphs showed that the process was stable and that there was a difference of 82.3° C between static molds 1 and 2. Static mold 1 showed a difference of 1.5° C in relation to the production mold, provided that this was the best among the molds tested in this research. Thus, it was found that the method developed in this research was reliable for decision on the heating cycle time in the Rotational Molding of HDPE parts.

Keywords: rotomolding, processing times; temperature effect.

Com o aumento da população mundial, consecutivo aumento do consumo e a busca incessante pela redução de custos, peso de produtos, reciclagem de materiais, observa-se um aumento na utilização das resinas termoplásticas, popularmente conhecidas por plásticos, nos mais diversos segmentos industriais.

O processo de Rotomoldagem tem crescido muito no Mundo principalmente pela característica de tipos de peças e acabamentos que podem ser produzidas, porém a falta de informação precisa para finalização do ciclo de aquecimento do forno eleva o tempo de ciclo, limitando economicamente o crescimento deste processo.

A medição direta de temperatura sendo realizadas no interior do molde onde todas as mudanças e variações físicas e termodinâmicas ocorrem, torna a tomada de decisão do fim de ciclo de aquecimento precisa, independentemente de qualquer outra variável que possa existir seja ela de processo ou no ambiente, possibilitando assim a redução de custos produtivos com tempo de aquecimento desnecessários. Porém devido as temperaturas altas e os movimentos de translação e rotação dos quadros da máquina onde os moldes são dispostos se torna inviável a instalação de algum dispositivo definitivo para medição da temperatura interna dos moldes em Produção. Por outro lado, já existem equipamentos que temporariamente são instalados por serem dotados de comunicação via rádio e controle de temperatura interna que servem para realizar medições referenciais para produção. Desta forma este estudo busca de forma prática instalar dois sistemas paralelos onde o primeiro é composto de um Molde Estático dotado de um sensor de temperatura interno no quadro fixo da máquina com características físicas idênticas aos moldes de produção e o segundo um equipamento de medição do ar interno do molde de produção temporária dotado de comunicação via rádio e responder se é possível desenvolver um novo método para tomada de decisão de tempo de ciclo de aquecimento na Rotomoldagem.

Foram instalados 2 moldes estáticos para verificar se a posição de instalação mudaria a resposta de medição de temperatura e ao mesmo tempo foram realizadas as medições do ar interno do Molde de Produção para verificar a existência de aderência confiável entre as temperaturas interna do molde estático e o do ar interno do molde de produção, usando assim essa informação para tomada de decisão de fim de ciclo de aquecimento do forno da Rotomoldagem.

Em termos de contribuição acadêmica este estudo irá abrir diversas oportunidades de pesquisa na área de controle de processos da Rotomoldagem e de estudos em outras direções para oportunidade de evolução deste processo e em termos de contribuição para o setor de moldadores, a pesquisa abrirá oportunidade de redução de custo do processo de Rotomoldagem de abrangência mundial tendo em vista a possibilidade de finalizar o ciclo de aquecimento no momento em que o Pico de Temperatura do Ar Interno (PTIA), alcançar a temperatura predeterminada e não mais por tempo fixo predeterminado, já que diversos fatores podem afetar o tempo de chegada do PTIA, como temperatura de entrada no forno menor, tempo de set-up, parada para manutenção, temperatura do ambiente externo entre outros fatores. Desta forma o presente projeto de pesquisa pretende desenvolver um novo método para tomada de decisão de tempo de ciclo de aquecimento na Rotomoldagem. Também foi feita uma análise geral sobre o crescimento da utilização dos polímeros e a importância da informação em tempo real da temperatura no interior dos moldes de produção para o crescimento da Rotomoldagem, para isso objetivos

específicos deveriam ser resolvidos como:

Adaptação de dois moldes estáticos dotados de sensores de temperaturas, em duas posições diferentes, com comunicação Modbus ao CLP da máquina; Instalação do equipamento K-paq™ e seus sensores de comunicação via rádio frequência, para realizar a medição da temperatura interna do molde de produção, verificar a estabilidade da medição dos moldes estáticos; estudar se as posições de instalação dos moldes estáticos fazem diferença na medição de temperatura e finalmente comparar qual dos 2 moldes estáticos tem a qualidade mais próxima do molde de Produção e se podem ser usados para tomada de decisão de tempo de ciclo de aquecimento na Rotomoldagem.

Resinas termoplásticas usadas na Rotomoldagem

O plástico gradativamente vem ganhando destaque nas discussões sobre poluição e meio ambiente. É alvo de pesquisas, legislações restritivas e pactos globais desde 2012, aproximadamente.

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) a produção mundial de resinas termoplásticas em 2016 alcançou 280 milhões de toneladas contra 369 milhões de Toneladas em 2019 um aumento de 24,1%. (Abiplast, 2017, 2020).

Quanto a transformação de resina termoplásticas no mundo em 2019 foram 385,4 milhões de toneladas. No Brasil 2016 foram transformadas 6.1 milhões de toneladas e em 2019, 7,1 milhões de toneladas representando respectivamente R\$ 36,98 bi e 90,8 bi. As 10.891 empresas de transformação de resinas termoplásticas brasileiras empregam 326.759 pessoas. (Abiplast 2020).

O processo de Rotomoldagem menos usada pela indústria do que outros processos como injeção, sopro e extrusão, porém vem demonstrando um crescimento notável nos últimos anos. O mercado Norte Americano em 2019, atingiram a marca de \$2.47 bilhões em vendas de produtos Rotomoldados (PLASTIC NEWS).

Algumas vantagens competitivas quando comparamos a Rotomoldagem com outros processos concorrentes, como a Injeção e ao Sopro, podemos destacar o baixo custo de moldes, Baixo custo operacional para produtos de baixa produção, variedade de cores sem necessidade de set-up e não desperdício de matéria prima em rebarbas ou canais de injeção. As desvantagens são: a dificuldade de conseguir precisão Dimensional, a intervenção manual de operação e principalmente o tempo de processo. Podem ser utilizadas neste processo de produção resinas termoplásticas como o PVC, PA, PC, POM, ABS, PP, PE entre outros. No entanto, mais de 85% das peças rotomoldadas são fabricadas com polietileno, principalmente em função da sua estabilidade térmica. (Yan *et al.* 2006).

Evolução do processo da Rotomoldagem

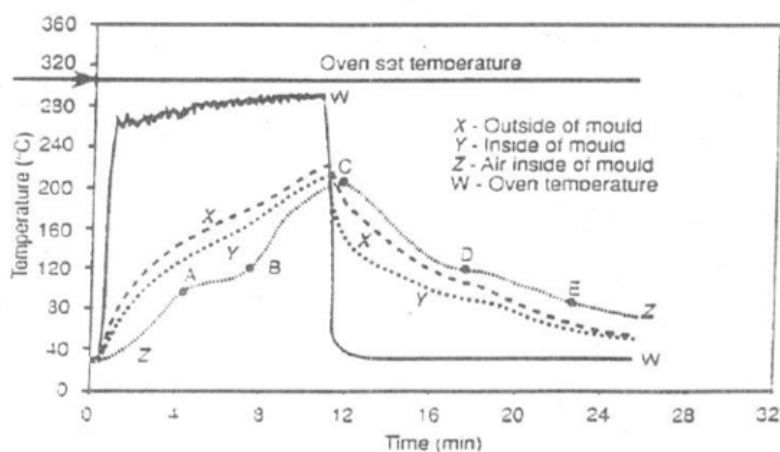
Na década de 1960 trabalhos sobre a melhoria de processos foram realizados. McCourt et al (1960) estudou sobre o resfriamento durante o processo de moldagem rotacional. A motivação deste estudo levava em conta o longo tempo de ciclo e como isso afetaria a economia geral deste processo em termos de fabricação. Desta forma esse trabalho introduziu um dispositivo chamado de 'Rotocooler' que, durante uma série de testes industriais iniciais, demonstrou reduzir

o tempo de ciclo em aproximadamente 12 a 16%, com efeito mínimo nas propriedades mecânicas, levando a uma peça com menos deformação e encolhimento do que uma peça resfriada convencionalmente.

Os princípios da Rotomoldagem foram discutidos por Rao *et al.* (1972), a ênfase naquele momento foi a dedicado à compreensão teórica do processo de moldagem rotacional. Ainda no mesmo ano Throne (1972), escreveu sobre as preocupações com o empenamento e o resfriamento irregular das peças.

Sem sombra de dúvidas o estudo considerado de particular importância foi a introdução do RotologTM no início de 1990 por Crawford (1992), O sistema consiste em termopares instalados onde todo o processo de fato ocorre, dentro do molde, controlado por placas eletrônicas dentro de uma caixa térmica e com bolsas de gelo para manter a temperatura em níveis possíveis de serem mantidos os componentes eletrônicos, envia através de um transmissor de rádio as medições dos perfis de temperatura do ar interno do molde e as retransmite para um receptor conectado a um computador. Um programa desenvolvido especificamente para este fim recebe estes dados e monta graficamente as curvas termográficas conforme Figura 1.

Figura 1 - Gráfico do Ciclo Típico da Rotomoldagem.



Fonte: Crawford (1993)

Este sistema trabalho serviu de base para uma série de trabalhos posteriores com a finalidade de melhoria de processo da Rotomoldagem, como por exemplo: Spence & Scott (2003), Abdullah *et al.*, (2007) e Abu-al-nadi *et al.* (2005). Sem dúvidas as medições sendo feitas no interior do molde onde todas as mudanças ocorrem, terão uma informação mais confiável e direta, porém a desvantagem deste tipo de equipamento é utilizá-lo em produção contínua já que os componentes eletrônicos utilizados não suportam exposição em tempo prolongado as altas temperaturas. O Rotolog e outros equipamentos similares, são utilizados para conseguir referencias de tempos e temperaturas, porém fatores externos como set-up, quebras de máquinas, início de produção, mudanças de temperatura externa, ou qualquer outra variável ou uma somatória das variáveis citadas podem exigir para mais ou para menos o tempo de aquecimento para que o ar interno do molde precisa para alcançar o Pico de Temperatura do Ar Interno (PTAI) do Molde, para o melhor processamento da resina. Nestes casos os parâmetros definidos podem não estar corretos e prejudicar a qualidade do produto bem como somar tempos desnecessários no ciclo de processo.

Muitas pesquisas foram e são voltadas para a redução do tempo de ciclo, bem como

para a melhoria da qualidade das peças, novos materiais e cargas. Áreas promissoras neste momento são a pressurização de moldes e controle autônomo de processo. É sabido que aplicar uma pequena quantidade de pressão internamente ao molde no ponto correto da fase de aquecimento acelera a coalescência das partículas do polímero durante a fusão, produzindo uma peça com menos bolhas em menos tempo e pode retardar a separação da peça da parede do molde devido ao encolhimento durante a fase de resfriamento, auxiliando no resfriamento da peça. A desvantagem é o perigo de explosão de uma peça. Isso impediu a adoção da pressurização do molde em grande escala pelos fabricantes de Rotomoldagem (Tan, 2011).

Sun *et al.* (1993), ainda com a finalidade principal em diminuir o tempo do ciclo, desenvolveram um modelo matemático no qual um termo de aquecimento interno poderia ser incorporado. E suas experiências mostraram que as previsões feitas pelo modelo eram precisas.

Attaran *et al.* (1998), desenvolveram um simulador por computador que permitiu entender os efeitos da forma, material e espessura do molde, pó polimérico, proporções de velocidade, temperatura do forno, método de resfriamento no tempo do ciclo e na distribuição da espessura da parede dos produtos rotomoldados.

Nugent (2000), desenvolveu e pediu patente nos EUA de um aparelho de Rotomoldagem que utilizava monitoramento da temperatura contínua de forma estacionária através de sensores de termometria infravermelha (IRT)

Spence A. *et al.* (2003) enfatizaram o crescimento contínuo do controle de processo para a indústria de moldagem rotacional. Enfatizou a mudança na forma de medir a eficiência do processo, que passou da verificação através da resistência ao impacto e o conteúdo de bolhas na parede das peças moldadas para o dispositivo de controle de processo Rotolog como argumento para destacar os trabalhos realizados e os métodos mencionados anteriormente, aplicando nova metodologia para medir e controlar o processo.

Yan *et al.* (2005) Comparou resultados experimentais e concluíram que os modelos teóricos de Halpin – Tsai – Nielsen e Nicolais – Narkis podiam ser usados para prever os módulos de tração e as forças de tração, respectivamente, para os compósitos reforçados particulados produzidos pelo processo de moldagem rotacional quando a distribuição uniforme do reforço é alcançada.

Abdullah *et al.* (2007) introduziram técnicas de modificação de molde exterior com a aplicação de superfícies estendidas e rugosas para melhorar a transferência de calor, as economias experimentais foram da ordem de 18 e 28%.

Banerjee *et al.* (2008) observou redução no tempo de ciclo na utilização de compósitos reforçados. Esse resultado foi atribuído ao aumento da condutividade térmica dos compósitos particulados e à redução da fração de massa do polímero.

Sarrabi *et al.* (2010) descreveu a necessidade de se definir, preliminarmente, uma janela de processamento no mapa temperatura-massa molar, assim poderia se prever a degradação térmica do polímero durante toda operação de processamento.

Tan *et al.* (2012) realizaram testes com diferentes formas de resfriamento, através do argumento que o processo de resfriamento da Rotomoldagem convencional era relativamente longo devido à baixa condutividade térmica dos plásticos. Concluíram que um bico pneumático

forneceu a taxa média de resfriamento mais alta, enquanto o bico hidráulico forneceu a taxa média de resfriamento mais baixa. O bico ultrassônico com gotículas de tamanho médio em velocidade baixa de deslocamento produziu um acabamento de superfície satisfatório. O resfriamento com jato de água produziu porosidades menores em comparação ao resfriamento ambiente, enquanto o aumento da taxa de resfriamento reduz a porcentagem de cristalinidade.

Ogila *et al.* (2017) Fizeram uma revisão sobre as literaturas até então no campo da Rotomoldagem. Foram avaliados os mecanismos de transferência de calor, sinterização e remoção de bolhas; assim como a degradação e a estabilidade dimensional. Os parâmetros que afetavam o acabamento da superfície foram destacados bem como os sistemas de controle disponíveis para o processo de Rotomoldagem foram mencionados. Melhorias em moldes e maquinários, e até que ponto eles reduziram os tempos de ciclo, também foram descritos. Finalmente, a gama de materiais disponíveis para o processo de Rotomoldagem foi examinada e desenvolvimentos recentes foram destacados. De particular interesse foi a moldagem rotacional de sistemas de polímero líquido; que demonstraram possuir grande potencial para cumprir muitos dos requisitos de qualidade de superfície da moldagem rotacional, ao mesmo tempo em que reduziam os tempos de ciclo.

Considerando que a Rotomoldagem era uma indústria emergente naquele momento para a fabricação de produtos plásticos ocos de vários tamanhos. (Chaudharya *et al.*; 2018); criaram uma abordagem sistemática e eficiente de tomada de decisão de multi atributo, denominada análise de relações para seleção de materiais em Rotomoldagem,

Sari *et al.* (2019) Usou a técnica de moldagem rotacional para a fabricação de compósitos. A fibra de coco (fibra de coco) foi selecionada como reforço e o efeito do tratamento químico na fibra também foi estudado. Essa foi a primeira tentativa de demonstrar que a moldagem rotacional poderia ser aplicada com sucesso ao PE modificado com plasma como a matriz e fibra de coco como reforço.

Abhilash *et al.* (2019) Processaram tanto o MDPE quanto o HDPE em três diferentes temperaturas do ar interno e as propriedades mecânicas foram estimadas de acordo com os padrões ASTM e observou-se que a resistência à tração e ao impacto melhorou com o aumento da temperatura interna do ar.

Manríquez-Legarda *et al.* (2020) apresentaram um projeto de um sistema de controle de loop fechado dinâmico baseado em Arduino. Ajustando os valores de temperatura dos queimadores do sistema por meio de Servo válvulas.

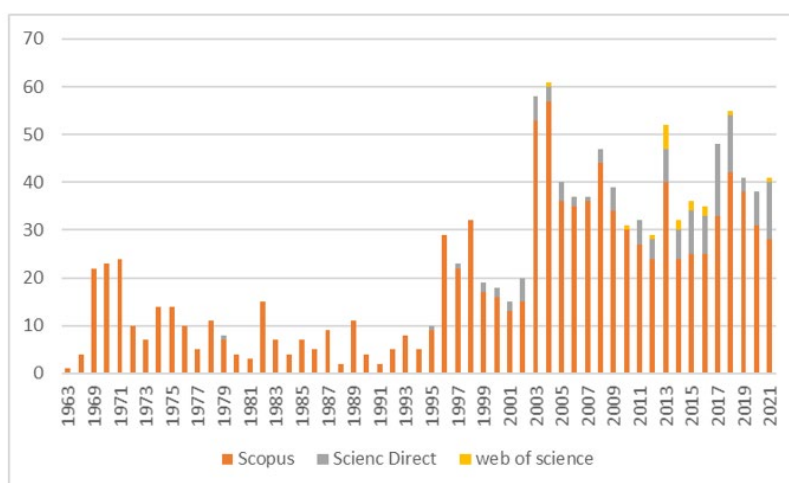
MATERIAIS E MÉTODOS

Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica, foi realizada nas bases Scopus, Web of Science e Science Direct, inicialmente foram pesquisadas as palavras “Rotational Molding” e “Rotomolding”, que são as palavras mais comuns para o processo estudado, a quantidade de resultados encontrados estão demonstrados na Figura 2. Podemos verificar nesta figura que a base Scopus teve a maior base de resultados com as palavras definidas inicialmente, com 1058 na Base Scopus, 125 na

base Science Direct e apenas 16 na web of Science. Um total de 1199 resultados sendo 88,2% na base Scopus. Não foi limitado o ano da pesquisa. Uma verificação importante foi o aumento de pesquisas realizadas nos últimos 18 anos.

Figura 2 - Quantidade de Resultados (“Rotomolding” or “Rotational Molding”)



Aprofundando um pouco mais as pesquisas podemos notar que os autores que mais publicaram este assunto foram: Crawford R. J com 40 publicações, Rodrigue D. com 38 publicações e Añón J. C R com 28 publicações realizadas, na base da Scopus onde temos 88,2% dos resultados.

Local de realização dos experimentos

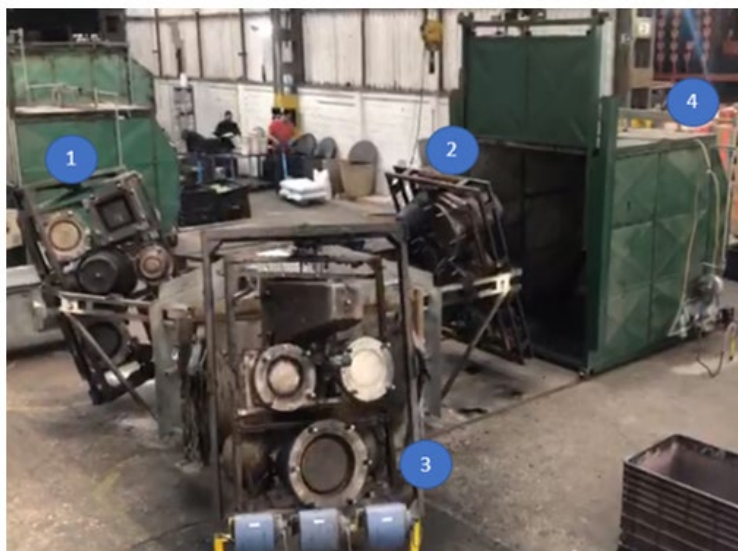
Os Experimentos deste trabalho foram realizados na sede, do grupo de empresas Alfa-mec localizada na cidade de Ribeirão Pires do ABC Paulista no Estado de São Paulo, autorizado e apoiado pelo Chairman da Empresa.

Esse trabalho contou com apoio técnico, equipamentos e matéria prima da empresa Lyondel Bassel que é a maior produtora de polipropileno na América do Norte e na Europa e me autorizou a divulgar o apoio e seus resultados neste trabalho.

Desenvolvimento e adaptações técnicas da Rotomoldagem

Máquina de Rotomoldagem tipo carrossel com três braços de fabricação própria. Os três braços da máquina têm as velocidades dos movimentos de rotação e translação controlados por inversores de frequência. A indicação (1) da Figura 3 mostra a posição de carga de matéria prima e descarga do produto, a indicação (2) mostra a posição de aquecimento com a movimentação do forno, a (3) indica a posição de resfriamento e a indicação (4) mostra o forno.

Figura 3 - Máquina de Rotomoldagem forno aberto



O aquecimento do forno é realizado por 1 queimador de 200.000 Kcal/Hora. Um Termo Elemento tipo K que envia as medições de temperaturas internas do forno para um CLP programado com um módulo de PID (Proporcional, Integral e Derivativo) que modula a válvula proporcional do gás e controla a rampa real de temperatura interna do forno conforme definido pela engenharia de processos.

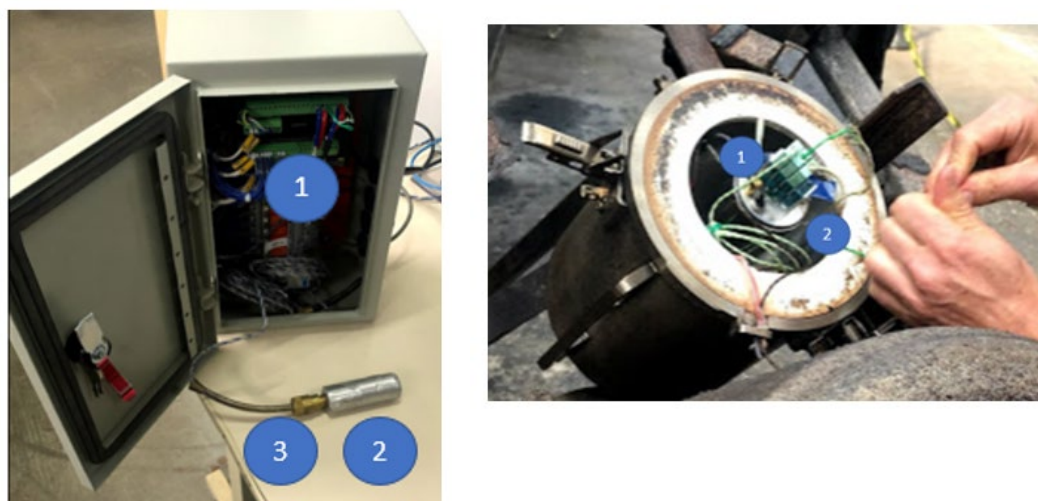
Um molde fundido em alumínio pela empresa Sigma tecnologia em Alumínio, líder brasileira na produção de moldes de alta qualidade para Rotomoldagem.

Resina fornecida pela Lyondel Bassel, PEAD (Polietileno de Alta Densidade), com nome comercial, ICORENE 3850, vermelho 503 UV8.

Moldes estáticos de alumínio com indicação (2) na Figura 4a, confeccionado com o mesmo material e mesmas espessuras dos moldes dos vasos de produção, dotados de Termo Elementos tipo K com a indicação (3), que após estarem montados será identificado neste trabalho como Molde estático.

Para medição do ar interno do molde foi utilizado o equipamento KPAQ-493K, de fabricação Inglesa da empresa K-paq™. Conforme Figura 3. Este equipamento mede em tempo real a temperatura do ar interno do molde e sua própria temperatura de trabalho, já que tem baixa autonomia por ser dotado de placas eletrônicas com a indicação (1) na Figura 4b, com bolsas térmicas congeladas indicadas como (2), para manter a integridade durante alguns testes. Esse equipamento envia via sinal de rádio as temperaturas para um receptor ligado a um computador onde foram gerados os gráficos dos dados.

Figura 4 - a) Equipamento K-paqTM e b) Equipamento K-paqTM

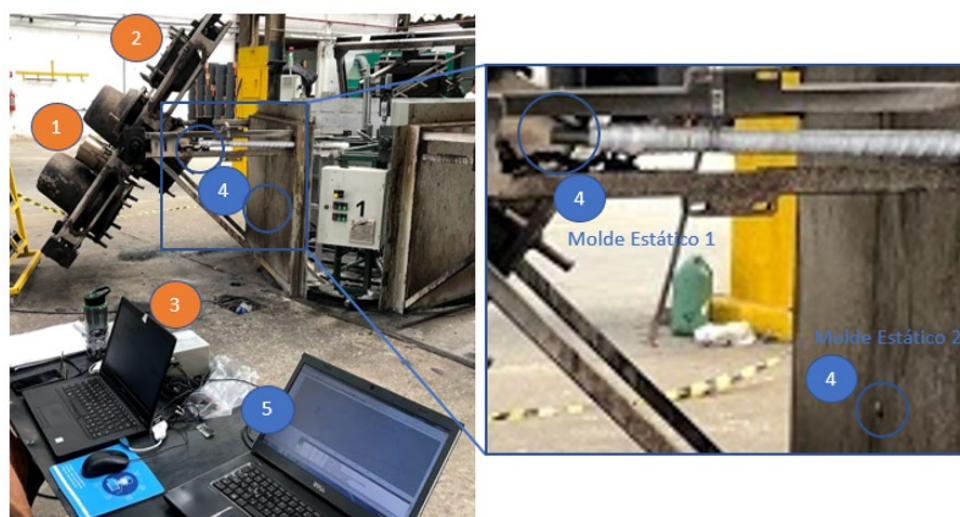


Metodologia do processo de Rotomoldagem

Por se tratar de um trabalho muito específico a metodologia foi escrita de forma a descrever os passos a serem realizados em termos de preparação, realização e coleta de dados dos testes para responder com o melhor nível de clareza os objetivos específicos deste trabalho.

A Figura 5 demonstra de forma geral o ambiente de testes e as instalações dos dispositivos e comunicação e coleta de dados, onde as indicações na cor laranja, demonstram os equipamentos e comunicação da medição do molde de produção, com indicação (1) o equipamento de medição KPAQ, indicação (2) o molde de produção e a indicação 3 o receptor via rádio. As indicações em Azul demonstram o sistema de medição dos 2 Moldes Estáticos dotados de sensor de temperatura, com a indicação (4) os dispositivos estáticos, a indicação (5) o computador ligado ao CLP com as informações da temperatura interna do forno e dos dispositivos estáticos recebidos via sinal de Ethernet.

Figura 5 - Instalações Completas do equipamento utilizado na pesquisa



As medições dos dois dispositivos estáticos e do molde de produção foram realizadas conjuntamente em 3 ciclos completos. O gráfico dos ciclos do Molde Estático foi apresentado inicialmente separadamente e respondeu o primeiro objetivo específico deste experimento, quanto a estabilidade dos ciclos e diferença caso exista entre o Molde Estático 1 e Molde Estático 2.

Este gráfico foi analisado separadamente já que neste caso os dados são apontados segundo a segundo. Após essa análise foi apresentado o Gráfico das medições dos 3 ciclos da temperatura interna do Molde de Produção e da Temperatura interna do Forno para análise de estabilidade, neste caso os dados foram coletados Minuto a Minuto.

Após essas verificações os dados foram compilados em 1 único Gráfico para comparação entre as temperaturas ao longo do tempo entre os 2 Moldes Estáticos e o Molde de produção. Desta forma foi possível verificar se os moldes estáticos tiveram aderência de temperatura com o Molde de Produção e qual dos 2 moldes estáticos teve a maior aderência em relação ao molde de Produção respondendo o segundo objetivo específico deste experimento.

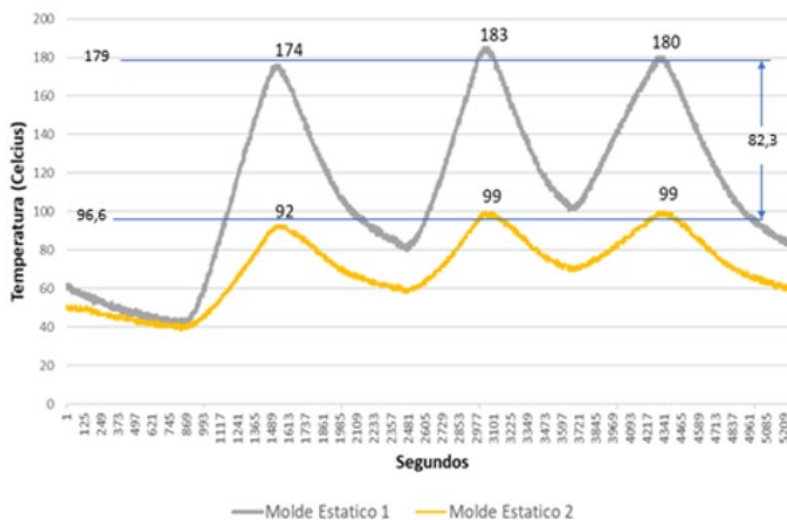
Com essa definição foi realizada a comparação do Molde Estático escolhido com a curva de temperatura do Molde de Produção respondendo então o objetivo principal do experimento quanto a possibilidade de usá-lo como referência para futuras tomadas de decisão de fim de ciclo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Coleta de dados do experimento na Rotomoldagem

Foram realizadas as medições em 3 ciclos completos, conjuntamente, com os dois dispositivos estáticos e o molde de produção. A Figura 6 demonstra isoladamente o comportamento da temperatura entre os dois dispositivos estáticos em relação ao tempo em segundos. Pode-se notar nas curvas que os dados dos 2 dispositivos estáticos demonstram comportamentos estáveis dentro dos 3 Ciclos, porém com amplitudes diferente entre eles, no primeiro ciclo o pico de temperatura alcançada pelo Molde Estático 1 foi de 174°C enquanto o Molde Estático 2 foi 92°C, com um delta de diferença de 82°C, no segundo ciclo o pico de temperatura alcança pelo Molde Estático 1 foi de 183°C enquanto o Molde Estático 2 foi 99°C, delta de 84°C e no terceiro ciclo, o pico do Molde Estático 1 foi de 180°C e o Molde Estático 2 foi 99°C, diferença de 81°C, o Molde estático 1 teve uma diferença entre o seu maior e menor valor de 9°C, e média no pico de 179°C. O Molde estático 2 teve uma diferença entre o seu maior e menor valor de 7°C, com uma média no pico de 96,6°C. A diferença entre as médias de picos dos dois dispositivos foi de 82,3° C.

Figura 6 - Comportamento da temperatura entre os dois dispositivos estáticos



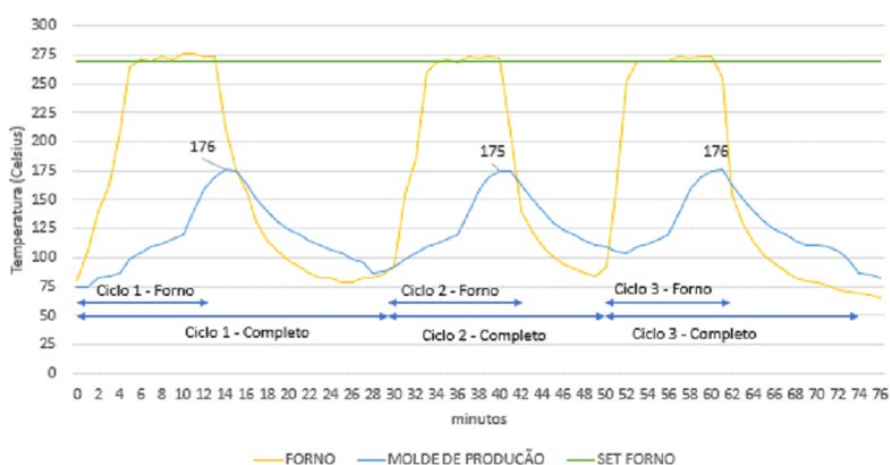
Através destes resultados foi concluído que o local onde os dispositivos foram posicionados influenciam no resultado da medição, bem como a forma de instalação dos mesmos. O Molde estático 1 teve uma exposição maior ao ambiente do forno e respondeu de forma mais ampla do que o molde estático 2. Pode-se concluir também que independentemente da posição existe estabilidade entre os ciclos testados tanto para o molde estático 1 quanto para o Molde estático 2.

A Figura 7 demonstra o comportamento da temperatura do ar interno do molde de Produção, a indicação do set Point da temperatura do Forno, e a evolução da temperatura interna do forno. Todos os dados plotados foram registrados a cada 1 minuto. Como pode se notar que as curvas plotadas, têm as características da figura típica descrita por (Crawford).

Algumas características importantes puderam ser notadas na curva da temperatura do forno, como a rápida subida de temperatura atingindo o set point nos 3 ciclos, a estabilidade da curva dentro do set point determinado, alcançada graças aos equipamentos e softwares disponíveis e programados. Válvula proporcional no sistema do gás controlada por um CLP programado com um algoritmo PID. Notou se ainda uma caída brusca de temperatura quando o queimador foi desligado e o forno aberto, porem todos os ciclos demostraram estabilidade apesar de ter havido um tempo maior entre o ciclo 1 e 2 em relação aos ciclos 2 e 3.

Quanto aos dados da temperatura do ar interno do Molde de Produção, notou-se grande estabilidade entre os picos de temperatura em relação ao tempo de 12 minutos que ficou dentro do forno em cada ciclo. O Ciclo 1 iniciou-se no minuto 0 e foi aberto no minuto 12, o Ciclo 2 iniciou-se no minuto 30 e finalizou no minuto 42, e ciclo 3 ocorreu entre os minutos 50 e 62, entre os ciclos houve a refrigeração do molde de produção, retirada dos produtos, novos abastecimentos com resina. Os Picos de Temperatura do Ar Interno (PTAI), do molde foram: Ciclo 1 com 176°C, Ciclo 2 com 174°C e Ciclo 3 com 176°C. Diferença de 1°C entre a maior e a menor temperatura de PTAI, neste caso mostrou-se muito estável as medições dos 3 ciclos do experimento.

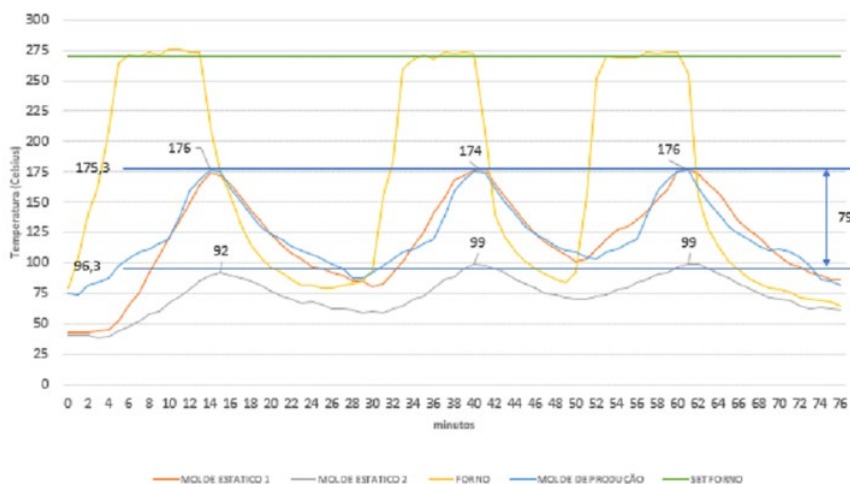
Figura 7 - Comportamento da temperatura do Ar Interno do Molde de Produção



Na Figura 8 todos os dados foram plotados para análise completa dos dados, nesta análise verificou-se que as temperaturas iniciais dos dois moldes estáticos se encontravam aproximadamente 40° C abaixo da temperatura inicial do ar interno do molde de produção, isso ocorreu, pois o molde de produção já estava sendo utilizado em produção antes do início dos experimentos e os moldes estáticos foram instalados no início dos experimentos, porem a cur-

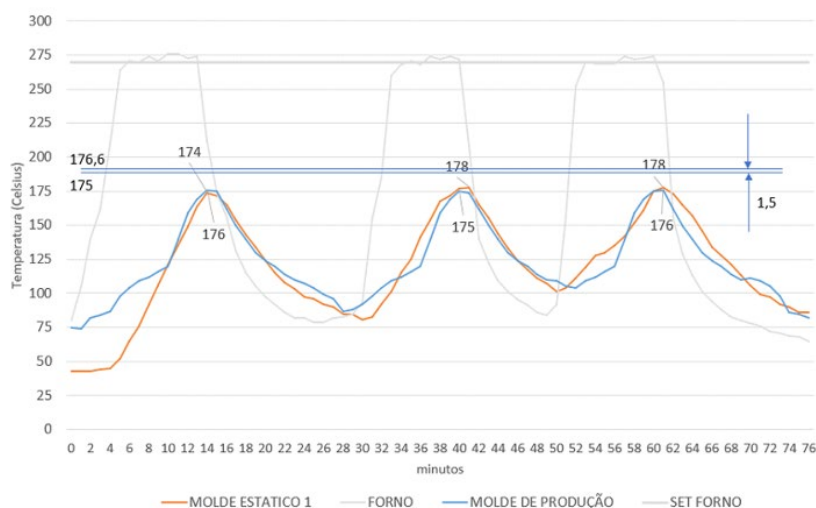
va inicial do experimento demonstrou que no minuto 9, as curvas do molde estático 1 e a curva da temperatura do ar interno do molde de produção já estavam estabilizados e se mantiveram para os outros ciclos. Comparando-se ainda as curvas mencionadas foi possível verificar que o molde estático 1, acompanha não só a temperatura do ar interno do molde de produção quando são aquecidos, mas durante todo o processo de resfriamento. Foi possível ainda verificar que o Molde estático 2 apesar de acompanhar o aquecimento e resfriamento do ar interno do molde de produção, mostrou um delta de temperatura de PTAI elevado, em média esta diferença foi de 79° C, por outro lado ficou claro na Figura 8, que as temperaturas medidas no Molde estático 1 teve aderência gráfica com a curva da medição do ar interno do molde de produção.

Figura 8 - Comparativo entre os moldes estáticos 1 e 2 e o ar interno do molde de produção



Assim, a curva do molde estático 2 foi descartada. A Figura 9, pudemos analisar a curva do Molde estático 1, e a curva de temperatura do ar interno do molde de produção. Inicialmente analisamos os PTAIs dos Ciclos. No Primeiro ciclo o molde estático teve seu PTAI no minuto 14 a 174° C e o Molde de produção no minuto 15 a 175° C, no segundo ciclo o molde estático teve seu PTAI no minuto 41 a 178° C e o Molde de produção no mesmo minuto 41 a 174° C e o no terceiro ciclo o molde estático teve seu PTAI no minuto 61 a 178° C e o Molde de produção no mesmo minuto 61 a 176° C. A variação entre o maior e a menor temperatura de PTAI do molde estático foi de 4 graus, porem duas das 3 medições foram de 178° C, com média de 176,6° C. e mesma variação para o ar interno do molde de produção foi de 2 ° C, com média de Temperatura de PTAI de 175° C.

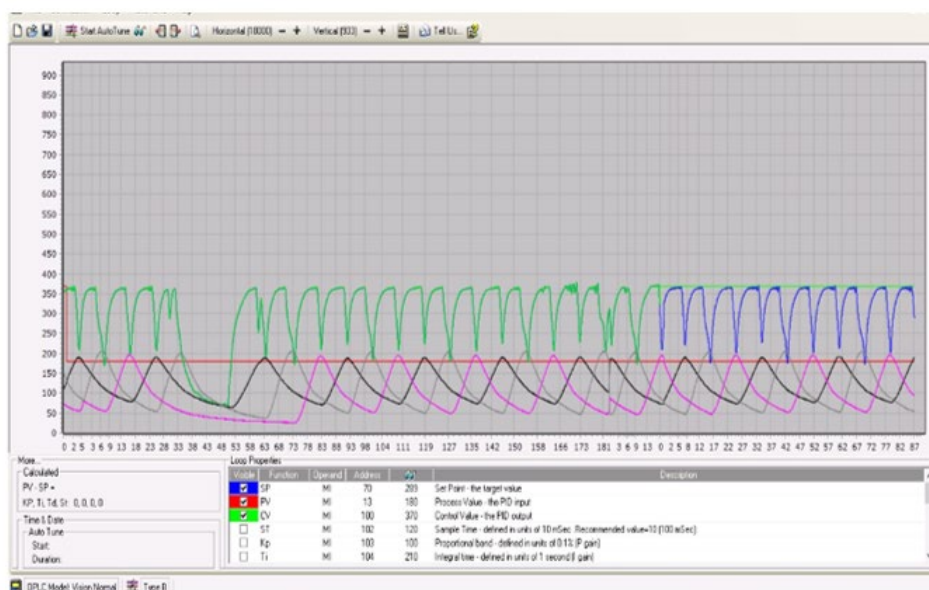
Figura 9 - Molde Estático 1 e Ar Interno do Molde de Produção



Desta forma foi possível comparar as medias de PTAI, de 176,6° C para o molde estático e 175° C para o ar interno do molde de produção, sendo apenas 1,5° C de diferença entre as medias. Desta forma foi possível afirmar que o dispositivo estático instalado na posição 1 pode ser usado como referência para tomadas de decisão de fim de ciclo na Rotomoldagem.

Após a realização dos testes de forma positiva, foram realizadas instalação do molde estático nos outros dois braços da Máquina, conforme pode-se verificar na Figura 10, desta foram a planta fabril já está sendo beneficiada de alguns resultados positivos desta instalação, como redução de tempo de ciclo e economia de gás, entre outros. A curva superior nas cores verde e azul indicam a temperatura do interna do Forno. As curvas nas cores preta, lilás e cinza demonstram os dispositivos estáticos. O forno é desligado no momento em que as temperaturas dos dispositivos estáticos atingem 180° C.

Figura 10 - Tela do controle dos moldes estáticos instalados e em produção



CONSIDERAÇÕES FINAIS

As adaptações realizadas na máquina de Rotomoldagem dos dois moldes estáticos dotados de sensores de temperaturas, em duas posições diferentes, com comunicação Modbus ao CLP da máquina, bem como a Instalação do equipamento K-paq™, e seus sensores de comunicação via rádio frequência, para realização da medição da temperatura interna do molde de produção, mostram se eficientes para o desenvolvimento da pesquisa.

As figuras na forma de picos e vales dos moldes estáticos demonstram a forma características do processo de Rotomoldagem, estabilidade nas medições de aquecimento e resfriamento ao longo do tempo. Quanto ao posicionamento dos moldes estáticos houve diferença com delta diferencial de 82,3°C no Pico, entre os moldes estáticos 1 e 2.

O molde estático 2 apresentou uma diferença de 79° C em relação ao molde de produção enquanto que o molde estático 1, teve uma diferença média de apenas 1,5° C, indicando assim que a posição do último foi o melhor entre eles, ou seja, o molde estático 1 teve a curva de temperatura mais próxima do molde de Produção.

Assim, ficou demonstrado que método desenvolvido nesta pesquisa foi confiável para tomada de decisão de tempo de ciclo de aquecimento na Rotomoldagem para o produto testado em PEAD.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico; Relatório Perfil 2020; São Paulo, 2020. Disponível em: http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2021/08/Perfil2020_abiplast.pdf. Acessado em 26/08/2020.

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico; Relatório Perfil 2017; São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Perfil-2017.pdf>. Acessado em 23/03/2021.

ABU-AL-NADI, D. I. *et al.*; Control of rotational molding using adaptive fuzzy systems. *Advances in Polymer Technology*; v. 24, n. 4, p. 266–277, 2005.

ABDULLAH, M. Z. e BICKERTON, S. e BHATTACHARYYA, D.; Rotational molding cycle time reduction through surface-enhanced molds, part B: Experimental study; *Polymer Engineering and Science*; v. 47, n. 9, p. 1420–1429, 2007.

ABHILASH S. S., LUCKOSE R., SINGARAVELU D. L.; Processing and characterization of HDPE and MDPE processed by rotational moulding; *Materials Today: Proceedings*; v. 27, p. 2029 – 2032; 2020

ATTARAN M. T., WRIGHT E. J., CRAWFORD R. J.; Computer Simulation of the Rotational Moulding Process for Plastics; *Plastics and Rubber Processing and Applications*; 1998

BANERJEE S., YAN W., BHATTACHARYYA D., Modeling of Heat Transfer in Rotational Molding, *Polymer Engineering and Science*; 2008

CHAUDHARYA B., RAMKUMARB P. L., ABHISHEKC K.; Material Selection for Rotational Moulding Process Using Grey Relational Analysis Approach; *Materials Today: Proceedings*; v. 5, p. 19224–19229, 2018

CRAWFORD R.J., NUGENT P J.; A new process control system for rotational moulding. *Plastics; Rubber and Composites Processing and Applications*, 17, 23–31, 1992.

CRAWFORD R.J.; Recent advances in the manufacture of plastic products by rotomoulding.; *Journal of Materials Processing Technology*; v. 56, n. 1–4, p. 263–271, 1996.

HORNSBY, P. R.; KEARNS, M. P.; MCAFEE, M. P.; MCCOURT, M.P, TAN, S. B.; Internal cooling in rotational molding; *Polymer Engineering and Science*; v. 51, n. 9, p. 1683–1692, 2011.

MANRÍQUEZ-LEGARDA J. L., CHÁVEZ-VALDEZ S. J., SÁENZ-ZAMARRÓN D., ARANA-DE-LAS-CASAS N. I., SANTIESTEBAN-TOCA, C. E., VELARDE-BEDREGAL H. R.; Temperature control for rotomolding machine; *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, n. July, p. 27–31, 2020.

NUGENT P. J.; Rotational molding apparatus and method using infrared thermometry; U.S. Patent 6036897 A, USA, 2000.

OGILA K. O., SHAO M., YANG W. TAN J.; Rotational molding: A review of the models and materials; Express Polymer Letters; v. 11, n. 10, p. 778–798, 2017.

RAO M. A., JAMES L. THRONE J. L.; Principles of Rotational Molding; Polymer Engineering and Science; v.12, n. 4; 1972

SARI P. S., THOMAS S., SPATENKA P., GHANAM Z., JENIKOVA Z.; Effect of plasma modification of polyethylene on natural fibre composites prepared via rotational moulding; Composites Part B; v. 177; 2019

SARRABI S., COLIN X., TCHARKHTCHI A.; Kinetic Modeling of Polypropylene Thermal Oxidation; Journal of Applied Polymer Science, v. 118, p. 980–996; 2010

SPENCE A., ROB SCOTT; Rotational Molding Process Control; Alvin Centro Incorporated; p. 1241–1245, 2003.

SUN D., CRAWFORD R. J.; Analysis of the Effects of Internal Heating and Cooling During the Rotational Molding of Plastics; Polymer Engineering and Science; V. 33, n. 3; 1993

TAN, S.B.; Accelerated Cooling of Thermoplastics in Rotational Moulding; Ph.D. Thesis in Mechanical and Aerospace Engineering; Queen's University Belfast, 2010.

TAN, S.B. ; Hornsby, P. R. ; MCAFEE, M. B. ; KEARNS, M. P. ; MCCOURT, M. P.; Water spray cooling of polymers; Polymer Engineering and Science; v. 52, n. 5, p. 1069-1081, 2012.

THRONE L. J.; Some Factors Influencing Cooling Rates of Rotationally Molded Parts; Polymer Engineering and Science; v.12, n. 5; 1972

PLASTIC NEWS - Custom rotomolders crowd the top of 2020's ranking. Disponível em: <https://www.plasticsnews.com/blog/custom-rotomolders-crowd-top-2020s-ranking> acessado em 28/03/21

YAN, W.J.; LIN, R.J.T.; BHATTACHARYYA, D.; Particulate reinforced rotationally moulded polyethylene composites – Mixing methods and mechanical properties; Composites Science and Technology; v. 66, n. 13, p. 2080–2088, 2006.

Aplicação do processo de raciocínio na reestruturação do setor de alimentação e bebidas de um hotel

Léia Maria Erlich Ruwer
(IBGEN)

Luís Fernando Casagrande
(IBGEN)

Hamilton Luiz Kleinowski
(IBGEN)

Jaíne Ferreira dos Passos
(IBGEN)

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.8

Resumo

Este artigo demonstra a aplicação de duas ferramentas do Processo de Raciocínio (PR) no setor de alimentação e bebidas de um hotel: a Árvore da Realidade Atual (ARA) e o Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN), para encontrar uma solução para o problema de baixa rentabilidade. Assim, o trabalho, de caráter exploratório, com abordagem qualitativa, foi desenvolvido por meio de estudo de caso, realizando uma análise dos processos e das características do hotel; sendo que, para a identificação dos efeitos indesejáveis, foram feitas uma série de entrevistas não estruturadas com os clientes, nos pontos principais de prestação de serviços; com o gerente geral; com o coordenador do setor; com os colaboradores do setor de A&B e com coordenadora financeira. Após a coleta de dados e a aplicação dos instrumentos do Processo de Raciocínio citados, obteve-se entendimento sobre a natureza dos principais problemas e foi possível visualizar soluções focadas para os mesmos. Os resultados demonstram que a aplicação do Processo de Raciocínio no caso em estudo é fórmula eficiente para realizar a observação e encontrar os Efeitos Indesejáveis raízes na situação da organização e a solução efetiva de tais problemas.

Palavras-chave: solução de problemas, processo de raciocínio; árvore de realidade atual; diagrama de dispersão de nuvem.

A demanda das organizações e principalmente, os tempos de crise econômica, fazem com que as empresas busquem responder às mudanças internas e externas de maneira rápida e estruturada. Para conduzir de melhor forma essas mudanças, é importante que a organização consiga manter seus objetivos alinhados a necessidade de inovação, de maneira a manter seus resultados. E esses resultados estão relacionados à gestão eficaz dos processos operacionais.

As organizações utilizam processos, que constituem conjuntos ordenados e inter-relacionados de atividades para produzir bens ou serviços, realizando sua atividade fim: a de desenvolver valor para seus stakeholders. Assim, sendo nos processos valiosos para as organizações os gestores necessitam empreender esforços no sentido de coordenar os processos para que os fluxos de recursos sejam explorados da melhor forma. E isso se dá por meio da gestão por processos, que constitui uma abordagem administrativa com propósito de priorização e foco nos processos (SORDI, 2008).

Da mesma forma, as empresas hoteleiras, enquanto organizações que se revestem de serviços, necessitam atuar na gestão de seus processos para “(...) fornecer um bom serviço de alojamento, de refeições, bar, tratamento de roupas, informações turísticas e de caráter geral” (JANEIRO, 1991, p. 37). Considerando, como apontam Powers e Barrows (2004), que para entender o produto da hospitalidade é necessário entender a experiência do cliente, compreende-se, neste estudo, que o um hotel envolve todo um sistema que contempla as relações estabelecidas entre os elementos fundamentais para a operação (infraestruturas, colaboradores, estrutura organizativa e direção), entre os clientes e o próprio hotel (estruturas físicas e funcionários) e os clientes entre si.

Nesse cenário, o foco do presente trabalho será o setor de alimentos e bebidas (A&B) de um hotel, também denominado setor de restauração, que, como apresenta Barbosa et al (2018), é um dos setores mais complexos em se tratando de meios de hospedagem, uma vez que proporciona ao hóspede a comodidade de fazer suas refeições sem ter que deslocar-se do hotel. Ainda, segundo o autor, o referido setor acaba por incrementar as receitas do hotel e também por diversificar a oferta gastronômica do destino para o cliente.

O crescimento da oferta de meios de hospedagens e de acomodações, seja por novos entrantes ou por uso de alternativas de aplicativos como o AIRBNB (empresa americana de plataforma digital que exerce corretagem de serviços de hospedagem), tem elevado o grau de exigência dos clientes por serviços cada vez mais rápidos, flexíveis e de custo competitivo. Percebe-se então, que a otimização dos processos, a redução dos custos e de tempo de atendimento passaram a ser fundamentais para elevar as margens de lucratividade.

E, com esse ambiente organizacional competitivo, dinâmico e mutável também a resolução de eventuais problemas relacionados aos processos necessitam de avaliação e esforços sistemáticos para suplantar as ameaças apresentadas. Portanto, o presente estudo, utilizará como base para trabalho, o setor de A&B de um hotel situado em Gravataí/RS, para responder à questão e verificar se: a aplicação do processo de raciocínio, neste estudo representado pela Árvore da Realidade Atual (ARA) e o Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) –, é uma fórmula eficiente para realizar a observação e encontrar a solução dos Efeitos Indesejáveis raízes na situação atual da organização?

E, como objetivo geral, propõe-se: Explorar os processos atuais do setor de Alimentos e Bebidas (A&B) de um hotel e aplicar o processo de raciocínio ARA e o DDN –, verificando se os mesmos constituem uma fórmula eficiente para realizar a observação e encontrar a dos Efeitos Indesejáveis raízes na situação atual da organização.

Sendo os objetivos específicos: a) Apresentar o Referencial Teórico acerca da Teoria das Restrições e das ferramentas do processo de raciocínio; b) Levantar dados dos processos atuais e aplicar a ARA para descrever a realidade do setor da empresa em estudo, e a partir disso fazer uma análise e encontrar a causa raiz do problema do negócio.

Justifica-se a importância do presente estudo pois o mapeamento dos processos e a identificação da causa raiz do problema do negócio poderá servir de norte para o gerenciamento da empresa unidade de estudo; para que a mesma venha a superar as situações identificadas, e a priorizar o entendimento desses problemas e a sua tratativa, e, desta forma, traçar um plano de ação efetivo, que proporcione alcançar gradativamente a estabilidade do processo produtivo e conseqüentemente contribua com o aumento da competitividade.

REFERENCIAL TEÓRICO

Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições (Theory of Constraints – ToC) surge por volta da década de 70, desenvolvida pelo físico Israelense Eliyahu M. Goldratt, ao verificar problemas relacionados com a logística de produção. Goldratt identificou que “não havia um software satisfatório para programação de fábricas disponível no mercado e ele incorporou, então, suas ideias num software” (NOREEN *et al*, 1996, p. 5), o qual denominou OPT (Optimized Production Technology). Lançado em 1978, este software foi base para a criação de um método de administração inovador, com foco na identificação de forças restritivas e propulsoras de um sistema. O software OPT sofreu várias revisões e teve sua última versão lançada em 1985.

A ToC foi apresentada ao mundo em 1984 com o livro “A Meta”, escrito por Eliyahu M. Goldratt e Jeff Cox (1993) em forma de romance, abordando no desenrolar da história, os conceitos de administração de produção gerados a partir do desenvolvimento do software OPT por Goldratt.

A Teoria das Restrições prega que toda a empresa constitui um sistema onde todos os elementos possuem relação de interdependência entre si. Assim, cada elemento necessita e é influenciado por outro para que o sistema funcione. A partir disto a ToC constata que todo o sistema possui uma única causa, chamada de Restrição do Sistema, para muitos efeitos.

Cox III e Schleier (2013) apontam que o conceito de restrição é a chave da teoria de Goldratt, que define a restrição como o fator que restringe a atuação do sistema como um todo, caracterizando-se como qualquer obstáculo que limite o desempenho do sistema de produção em direção à meta.

De acordo com Rocha Neto (2001, p. 19) as restrições podem ser físicas, como a falta de algum material, ferramenta, mão de obra; ou ainda, não físicas, como uma política da empresa, normas ou procedimentos. Para qualquer um dos casos a restrição limita a capacidade da em-

presa em gerar lucro hoje e no futuro. Para as restrições não físicas, é mais adequado fazer uso do Processo de Raciocínio (PR) da Teoria das Restrições.

Para Goldratt a administração da produção tradicional não fazia sentido lógico (Noreen *et al*, 1996). Goldratt percebia que as empresas precisavam de algo além de soluções prontas, pois toda vez que uma empresa aplicava as soluções que ele tinha desenvolvido, inicialmente se tinha um salto em produtividade e competitividade, porém na sequência, uma estagnação. Para resolver isso, a partir de 1991, ele decidiu ensinar às pessoas as considerações sobre raciocínio lógico que usava para resolver seus problemas e demandas.

Processo de Raciocínio (PR) da Teoria das Restrições (ToC)

O Processo de Raciocínio constitui “um conjunto de ferramentas para serem utilizadas individualmente ou ligadas logicamente, baseadas em um relacionamento causal” (COX III e SPENCER, 2002, p. 252). Esse processo envolve, inicialmente, encontrar respostas para três questões: O que mudar? Para que mudar e como mudar?

Assim, inicialmente, deve-se identificar a raiz, ou o chamado “problema cerne”: aquele problema que causa todos os outros problemas ou Efeitos Indesejáveis (Eis) – como a ToC os classifica. Em seguida, parte-se para identificar os conflitos bloqueadores de uma possível solução. Na sequência, é feita uma intervenção de forma a resolver o impasse e projetar alguma mudança futura. Por fim, trata-se de realizar a mudança, e diagnosticar os obstáculos que se apresentam para que a solução final consiga ultrapassar cada um dos problemas, e resolver o problema-raiz.

Vieira (2010) destaca que o atual o ambiente competitivo exige ferramentas que auxiliem a gestão das organizações no processo de tomadas de decisões. Nesse contexto, o Processo de Raciocínio apresenta possibilidades no gerenciamento de restrições que apoiam o desenvolvimento do processo de mudanças dentro das organizações. A lógica de construção desse processo segue a problematização, iniciando por um questionamento, em que se identificam as relações de causa e efeito; e, na sequência, a aplicação da ferramenta de raciocínio, como exemplo a Árvore de Realidade Atual (ARA) e Diagrama de Dispersão em Nuvem (DDN), abordados no presente estudo.

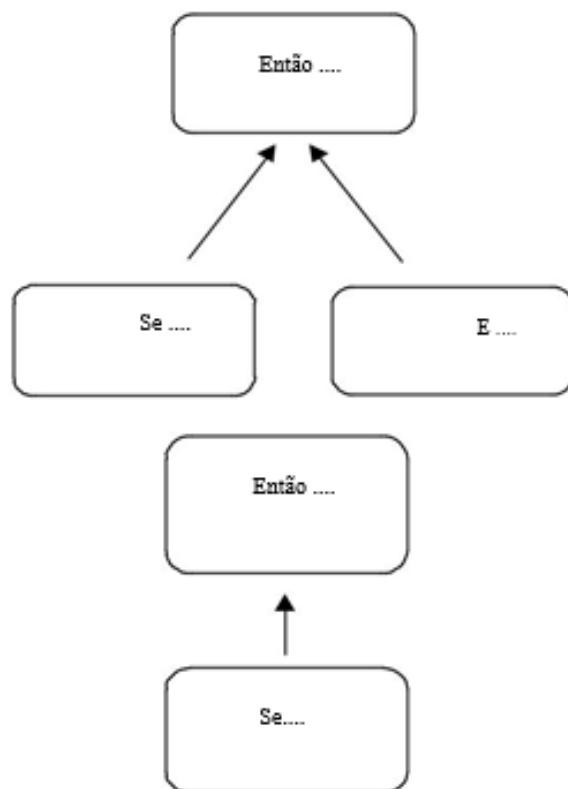
Árvore de Realidade Atual (ARA)

A ARA (Árvore de Realidade Atual) é um diagrama que busca interligar, por meio de conexões de causa e efeito, a totalidade dos sintomas do sistema, de forma a permitir encontrar a restrição. Em uma ferramenta de construção simples, mas que envolve tempo e raciocínio avançado para sua construção (COGAN, 2007).

Para o Avraham Goldratt Institute (2009), elaborar a ARA proporciona validar a identificação do principal conflito, e auxilia no entendimento dos inter-relacionamentos da relação causa e efeito, além de possibilitar a identificação de políticas formais e informais, medições e comportamentos que auxiliam a existência dos Eis.

A figura 1 apresenta o esquema de leitura de uma ARA:

Figura 1 - Como ler uma Árvore da Realidade Atual



Fonte: Rodrigues (apud ROCHA NETO, 2001, p. 56)

Noreen et al (1996, p.153) elencaram em um quadro resumo as diretrizes para a construção da Árvore da Realidade Atual (ARA), que estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Diretrizes para construção da Árvore da Realidade Atual

Passo 1: Faça uma lista de cinco a dez Efeitos Indesejáveis (Eis) que descrevem a área analisada, e submeta cada um deles à Ressalva de Existência da Entidade.
Passo 2: Se encontrar uma conexão aparente entre dois ou mais Eis, conecte este "grupo" enquanto faz o escrutínio de cada entidade e flecha ao longo do caminho. Caso contrário, escolha um EI ao acaso e prossiga para o Passo 3.
Passo 3: Conecte todos os outros EIs ao resultado do Passo 2, fazendo o escrutínio de cada entidade e flecha ao longo do processo. Pare quando todos os EIs estiverem ligados.
Passo 4: Leia a árvore de "baixo para cima", fazendo novamente o escrutínio de cada flecha e entidade ao longo do percurso. Proceda às correções necessárias.
Passo 5: Pergunte a si mesmo se a árvore como um todo reflete a sua intuição sobre a área. Se não, verifique cada flecha para descobrir Ressalvas de Causa Adicional.
Passo 6: Não hesite em expandir a sua árvore, para conectar outros Eis existentes mas que não foram incluídos na lista original de EIs. NÃO DÊ ESTE PASSO ATÉ QUE TODOS OS EIS ORIGINAIS ESTEJAM CONECTADOS.
Passo 7: Reexamine os EIs. Identifique as entidades na árvore que sejam intrinsecamente negativas, mesmo que a entidade não constasse da lista original de EIs, ou que ela requeira que a árvore seja expandida para cima, uma ou duas entidades.
Passo 8: Elimine da árvore quaisquer entidades que não sejam necessárias para conectar todos os EIs.
Passo 9: Apresente a árvore para alguém que ajude a fazer aflorar e desafiar os pressupostos encontrados nela.
Passo 10: Examine todos os pontos de entrada da árvore e decida quais os que você acha que deseja atacar. Escolha entre eles o que contribui mais para a existência dos EIs. Se ele não causar impacto sobre pelo menos 70% dos EIs selecionados, acrescente ligações do tipo V.

Fonte: Noreen et al (1996, p.153)

Inicialmente, realiza-se a coleta de informações da empresa para identificar alguns efeitos indesejáveis (EIs) considerando a existência de tal efeito o que significa questionar a ligação de causa ou efeito. No passo 2 são realizadas ligações diretas de causa-efeito-causa tentando formar ligações entre EIs que pareçam associados entre si, enquanto no passo 3 são realizadas as ligações através dos “por quês”.

Segundo Noreen et al (1996, p. 155), as flechas na Árvore da Realidade Atual são flechas de “suficiência” – supõe-se que a entidade que dá origem à flecha seja, por si mesma, uma causa relevante da entidade na extremidade da flecha. As flechas de ligações são lidas de maneira específica. Se uma flecha apontar da entidade A para B, a ligação é então lida: “se A, então B”. Após ligados todos os EIs inicia-se o passo 4. Nesta etapa é realizada uma análise para encontrar algo que estaria faltando nesta árvore. Neste momento é necessário aplicar as ressalvas legítimas das entidades.

Noreen et al (1996, p. 158) relacionam sete ressalvas legítimas que são: Existência da entidade, existência de causalidade, tautologia, existência de efeito (entidade) predito, suficiência de causa, causa adicional, esclarecimento. Os autores afirmam a necessidade de se considerar tais ressalvas para garantir a correta aplicação da árvore da realidade atual.

Segundo Rocha Neto (2001, p. 60) “os passos 5, 6, 7 e 8 são como um ajuste fino na construção da árvore, nestes passos o organizador deve revisar toda a árvore a fim de acrescentar ou retirar alguma entidade que não esteja coerente com a situação”. Para evitar possíveis erros de lógica nas ligações entre os EIs e na estrutura da árvore é necessário aplicar o passo 9 onde a árvore é apresentada para outras pessoas que conhecem a realidade da empresa e possam identificar possíveis equívocos na construção da ARA.

A identificação definitiva de qual é o problema raiz é encontrada no passo 10, que através da análise determina qual é o EI que mais contribui para os outros efeitos indesejáveis. Segundo Rocha Neto (2001, p. 60) “é um velho conhecido da empresa, mas que talvez não fosse facilmente identificado apenas com a listagem dos EIs”. Todavia, o Processo de Raciocínio pretende responder as três perguntas previamente determinadas, e a ARA responde a primeira que é “o que mudar?”, objeto principal deste estudo.

Diagrama de dispersão de nuvem (DDN)

Depois de identificar o que mudar, o Processo de Raciocínio propõe a busca por uma solução adequada para o problema-raiz, ou seja, “para o que mudar”.

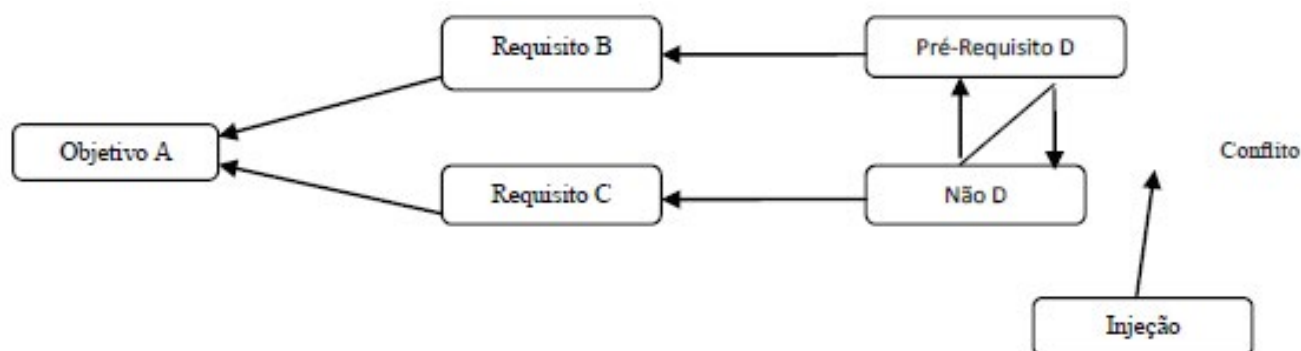
Neste sentido, o Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) se apresenta como uma ferramenta a ser utilizada pelas organizações para detectar o conflito principal que está ocasionando a política restritiva na organização. Segundo Cogan (2007), é constituída de um objetivo, que é o oposto do problema raiz, as necessidades, que são as condições essenciais para a obtenção do objetivo e os pré-requisitos, que definem as necessidades de conflito.

Para Goldratt e Cox (1993), a detecção do conflito principal é o primeiro passo para que se possa definir o mesmo de maneira concisa, para, a partir disso, poder solucionar o mesmo. Desta forma, o próprio desenho da nuvem irá contribuir para focalizar e encontrar soluções para o problema.

Na sua construção, a DDN contempla um formato de cinco caixas, onde o inicialmente encontra-se no objetivo A o que se deseja alcançar, mas que, para se obter são necessários os requisitos B e C. Para obter o requisito B é necessário o pré-requisito D e para se obter o requisito C é necessário contar com o pré-requisito NÃO D. Neste momento, verifica-se o conflito, uma vez que o pré-requisito D é a navegação (ou inverso) do pré-requisito NÃO D; e, portanto, o objetivo parece ser inatingível. O Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) expõe os pré-requisitos de forma que a pessoa que analisa o mesmo perceba o pressuposto errôneo em um dos pré-requisitos e descubra uma injeção como solução.

A figura 2 apresenta o esquema de leitura de um DDN:

Figura 2 – Diagrama de Dispersão de Nuvem Genérico.



Fonte: Noreen et al. (1996).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo se dá por meio de uma pesquisa exploratória (GIL, 2010), com abordagem qualitativa e estudo de caso, que abrange um estudo mais aprofundado e exaustivo de um ou mais objetos permitindo o seu amplo e detalhado conhecimento (Silva e Menezes, 2001). Por conveniência de pesquisa, e por proporcionar possibilidades de responder à pergunta de pesquisa, definiu-se como objeto do estudo de caso o setor de A&B (alimentos e bebidas) de um Hotel em Gravataí/RS.

Como ferramenta de pesquisa, buscando-se levantar os dados da empresa e seus processos, utilizou-se a técnica da entrevista não estruturada com os clientes, nos pontos principais de prestação de serviços; com o gerente geral; com o coordenador do setor de A&B; com os colaboradores do setor de A&B e com coordenadora financeira. Também se utilizou a observação sistemática e análise documental e foram coletadas informações com relação às reclamações dos clientes para acrescentar estes problemas e dificuldades aos EIS levantados. O período de realização da pesquisa compreende janeiro a junho/2020, sendo que as entrevistas foram realizadas em março de 2020, tendo como local a própria empresa.

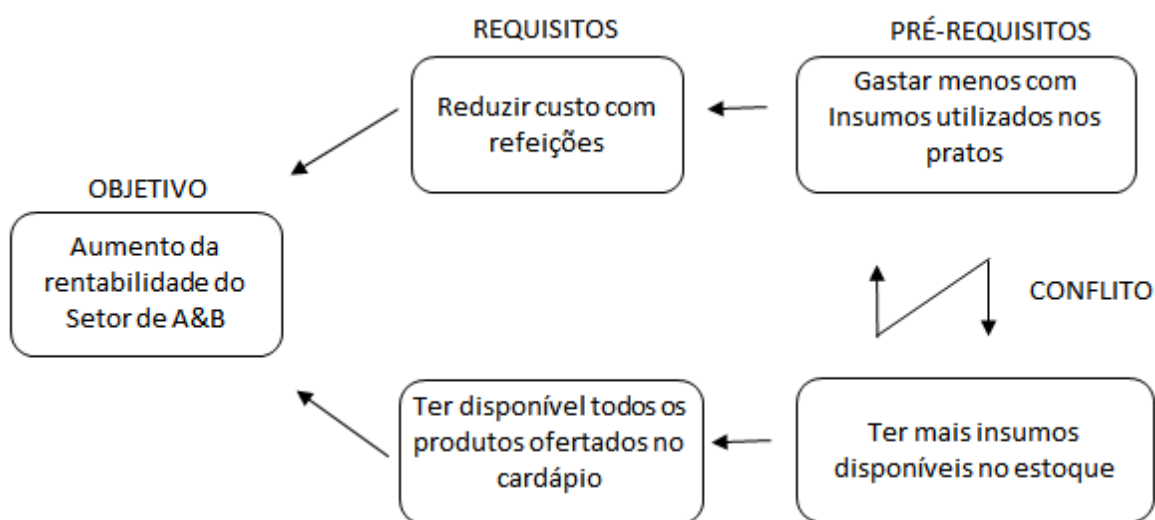
Definiu-se pela utilização da amostra intencional, onde são escolhidos elementos que representem o “bom julgamento” da população/ universo (SILVA E MENEZES, 2001). Constituindo assim, como amostra as partes interessadas no atual setor de A&B (alimentos e bebidas) da unidade objeto de estudo, que é composta por: Gerente geral, coordenador do setor de A&B, colaboradores do setor de A&B, coordenadora financeira e os hóspedes (consumidor final).

A Análise de Dados visa identificar a essência das informações transmitidas pela ferra-

te. Esse achado confere com o apontamento de Cox III e Schleier (2013) de que a Árvore da Realidade Atual proporciona identificar um ou mais problemas raiz que são, aparentemente, a causa desses Eis. Desta forma, identificou-se, durante o levantamento das informações, que a empresa objeto de estudo precisava melhorar o controle de estoque (EI-7), definir uma política de compra de insumos (EI-24), entender a necessidade do cliente (EI-14) e valorizar as pessoas do setor (EI-3).

Assim, a aplicação da ARA permitiu uma visão mais clara dos principais problemas existentes, entretanto, embora os pontos de melhoria fossem claros, não era compreensível como resolver estes Eis. E, assim, visando encontrar uma visão mais objetiva dos principais problemas e de como resolvê-los, utilizou-se a construção do Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN), na Figura 4:

Figura 4 - Construção do Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) Hotel



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Desta forma, com o alicerce das informações do DDN, foi possível compreender que, para eliminar o problema de controle de estoque (EI-7) a empresa precisaria passar por uma estruturação deste sistema, com controle diário de entradas, saídas, validades e perdas. Para o problema da política de compra de insumos (EI-24), foi lançada uma solução mais disruptiva, alterando a forma de trabalho, onde a empresa passou a fabricar as refeições – que anteriormente eram compradas de fornecedor externo – no próprio setor. Assim, foi obtida uma redução de custo do produto final e uma melhor gestão de compras. Para melhorar o entendimento do cliente (EI-14) e fidelizar e aumentar a receita, criou-se campanhas promocionais – com uso de vouchers e publicidade nos apartamentos – incentivando os hóspedes a conhecer a nova gastronomia. Para o problema de falta de valorização do setor, (EI-3) colocou-se em desenvolvimento um plano de ações com a área de recursos humanos para que este seja reduzido.

Portanto, conferindo com os apontamentos de autores como Goldratt e Cox (1993), a aplicação da DDN e a observação da nuvem possibilitou a focalização e investigação dos conflitos responsáveis pela proliferação dos problemas, e posterior proposição de soluções para tais problemas identificados – de forma a desenvolver uma solução ótima para o problema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a aplicação da Árvore de Realidade Atual (ARA) e do Diagrama de Dispersão das Nuvens (DDN), ambas ferramentas da teoria das restrições (ToC), no setor de A&B (alimentos e bebidas) de um hotel situado em Gravataí/RS, foi possível encontrar respostas para a questão de pesquisa, a qual é verificar se a aplicação do processo de raciocínio, neste estudo representado pela Árvore da Realidade Atual (ARA) e o Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) –, é uma fórmula eficiente para realizar a observação e encontrar a solução de Efeitos Indesejáveis raízes na situação atual da organização?

Concluiu-se assim, com o estudo realizado, que a aplicação do processo de raciocínio, aqui representado pela ARA e o DDN – instrumentos utilizados –, é uma fórmula eficiente para realizar a observação e encontrar Efeitos Indesejáveis raízes na situação atual da organização e a sua solução.

Desta forma, atendendo-se os objetivos geral e específicos, foi possível explorar os processos atuais do setor de Alimentos e Bebidas (A&B) de um hotel e aplicar o processo de raciocínio ARA e o DDN, levantando dados dos processos atuais e aplicando as ferramentas de forma a descrever a realidade do setor da empresa em estudo, e a partir disso fazer uma análise e encontrar a causa raiz do problema do negócio; e, a partir disso, desenvolver soluções ótimas para os problemas encontrados.

A aplicação das ferramentas possibilitou eliminar um conflito atual que impedia encontrar uma solução para os problemas existentes. Percebeu-se, durante a aplicação dos estudos, que os gestores envolvidos tinham consciência daquilo que precisava melhorar, entretanto, não tinham claro como fazer para alcançar esse objetivo, uma vez que não tinham uma visão clara de que pontos deveriam ser atacados para a eliminação dos problemas existentes. Portanto, considerou-se, para o caso em estudo, que a aplicação do Processo de Raciocínio, por meio das ferramentas ARA e DDN, é uma excelente ferramenta para propiciar a observação do problema raiz de determinada situação e encontrar soluções efetivas e focadas nesse problema raiz. Assim, de forma organizada e lógica, essas ferramentas apresentam, visualmente, subsídios que apontam para as áreas que necessitam maiores atenções, mais aplicação de esforços e estratégias de forma a eliminar os conflitos e alcançar os objetivos propostos.

REFERÊNCIAS

AVRAHAM GOLDRATT INSTITUTE. The theory of constraints and its thinking processes: a brief introduction to TOC. 2009. Disponível em: . Acesso em: Mai. 2011.

BARBOSA, Elizabeth C. G.; DA SILVA, Flávia Y. V.; DE FARIAS, Mayara F. O Setor de Alimentos e Bebidas nos Meios de Hospedagem: Um estudo de Caso Realizado em um Hotel da Capital do Sol. Revista Querubim (2018). Disponível em: http://sta.sites.uff.br/wp-content/uploads/sites/428/2018/08/zzz_vol_esp_1.pdf#page=28. Acesso em Abril de 2021.

COGAN, s. Contabilidade gerencial: uma abordagem da teoria das restrições. São Paulo: Saraiva, 2007.

COX III, James F. & SPENCER, Michael S. Manual da teoria das restrições . Porto Alegre: Bookman, 2002.

COX III, James F.; SCHLEIER, John G. Handbook da Teoria das Restrições. Porto Alegre: Editora Bookman, 2013.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p

GOLDRATT, E. M.; COX, J. A Meta: um processo de aprimoramento contínuo. São Paulo: Educador, 1993.

GOLDRATT, E. M.; MAIS que Sorte.um Processo de Raciocínio. São Paulo: Editora Educador, 1994.

JANEIRO, Joaquim A. Guia técnico de hotelaria. Lisboa: Cevop, 1991.

NOREEN, E.; SMITH, D.; MACKEY, J. T. A teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial. São Paulo: Educador, 1996.

Powers, T.,; Barrows, C. W. Administração no setor de hospitalidade: turismo, hotelaria, restaurante. São Paulo: Atlas, 2004.

ROCHA NETO, Anselmo. O processo de Raciocínio da Teoria das Restrições em Instituições de Ensino Superior: Estudo de Caso. Florianópolis: UFSC, 2001.

SILVA, E. L. MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SORDI, José Osvaldo de. Gestão por Processos: uma abordagem da moderna administração. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

Vieira, E. C. Otimização de um processo produtivo por meio do uso conjunto da teoria das restrições com programação linear: estudo de caso no segmento de plásticos descartáveis. 2010. 105 f. Dissertação (mestrado em administração e controladoria) - Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade. UFC: Fortaleza, 2010.

Projeto de residência sustentável para a grande São Luís - MA

Design of a green house for grande São Luís

Sophia Luiza Rodovalho Mereb

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal do ABC

Mágila Feitosa Medeiros

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Nove de Julho

Amanda Carvalho Miranda

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Nove de Julho

José Carlos Curvelo Santana

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal do ABC

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.9

Resumo

Esse trabalho apresenta um projeto de uma residência economicamente e ambientalmente sustentável, através da combinação de diversas tecnologias de construção sustentável (verde) associadas na sua arquitetura. A proposta usa um kit de células fotovoltaicas foi usado no telhado para o consumo interno e venda da sobra de energia para concessionária de energia do Maranhão. A água da chuva é armazenada em tanques e um biodigestor foi usado para produzir biogás, ambos para o consumo interno da residência. Madeira certificada, lâmpadas de LED e materiais obtidos a partir dos resíduos da construção civil foram usados para minimização de impactos ambientais. Além disso também se calculou os créditos de carbono gerado pela residência sustentável. Após o desenvolvimento das planilhas de custo do projeto de investimento na residência sustentável, verificou-se que a venda da energia fotovoltaica é responsável por 77,75% da receita total da residência sustentável. O lucro anual variou entre R\$ 2,65 mil e R\$ 17,97 mil por ano, o que fornece uma VPL positiva de R\$ 82 mil, com uma TIR de 12% e um payback de 1,11 ano, demonstrando que o projeto é viável economicamente e ambientalmente.

Palavras-chave: residência sustentável. viabilidade econômica. viabilidade ambiental. créditos de carbono.

Abstract

This work presents a project of an economically and environmentally sustainable residence, through the combination of several sustainable construction technologies (green) associated in its architecture. The proposal uses a kit of photovoltaic cells that was used on the roof for internal consumption and sale of leftover energy to the energy company in Maranhão. Rainwater is stored in tanks and a biodigester was used to produce biogas, both for the internal consumption of the residence. Certified wood, LED lamps and materials obtained from civil construction waste were used to minimize environmental impacts. In addition, the carbon credits generated by sustainable residence were also calculated. After the development of cost spreadsheets for the sustainable home investment project, it was found that the sale of photovoltaic energy is responsible for 77.75% of the total revenue of sustainable housing. The annual profit ranged between R\$2.65 thousand and R\$17.97 thousand per year, which provides a positive NPV of R\$82 thousand, with an IRR of 12% and a payback of 1.11 year, demonstrating that the project is economically and environmentally viable.

Keywords: green house. economic feasibility. environmental feasibility. carbono credit.

A indústria da construção é considerada um dos impulsionadores da economia e da construção da nação. De acordo com o instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE) o setor da construção civil tem grande participação na economia nacional sendo responsável por 4,6% do produto interno bruto (PIB) (MEDEIROS, 2019). O impacto na economia a jusante pode ser imediato no início da construção e pode continuar durante as operações em si.

Juntamente com os prometidos benefícios econômicos e financeiros da indústria da construção, as próprias atividades geram resíduos consideráveis nos locais de trabalho, acampamentos e instalações auxiliares. A indústria da construção é bem conhecida como fonte de impactos ambientais, que estão associados tanto à produção como à extração de matérias-primas e a execução de seus projetos.

No Brasil, foram produzidos cerca de 45 milhões de toneladas de resíduos em 2015, o que equivale a 57% do total de resíduos sólidos produzidos no país. A eliminação de resíduos está associada a contaminação do solo e da água, devido ao descarte de materiais como amianto e compostos orgânicos voláteis (MEDEIROS, 2019). Portanto, é necessário o desenvolvimento de projetos de construção civil com menor impacto ambiental.

Então, para minimizar esses efeitos diversas pesquisas têm sido desenvolvidas de forma reduzir a geração de rejeitos das construções civil, recicla-los ou reutilizá-los em novas, bem como tornar as construções mais eficientes no consumo de energia, água e matéria-prima (SILVA *et al.*, 2017).

É amplamente conhecido que o resíduo da construção civil (RCC) é usada nos aterros de rodovias e obras construção civil, mas atualmente também está sendo usado na obtenção de bloco de cimento, piso de cimento para jardins, na mistura que compõe a argamassa e como agregado para a bases e concretos (PASCHOLIN FILHO *et al.*, 2018; RUIZ e PASCHOLIN FILHO, 2018). Klepa *et al.* (2019) mostraram como reciclar um rejeito de obras civis a partir da mistura do resíduo da construção civil com o óxido de alumínio é possível produzir uma célula fotovoltaica de baixo custo e de alta eficiência na geração de energia.

Medeiros *et al.* (2019) que mostraram como reduzir os custos como o consumo de energia no aquecimento de uma pousada na região de São Joaquim-SC, ao substituir o revestimento do telhado por uma manta térmica obtida a partir de resíduos de asfalto. Medeiros (2019) também reutilizou aproveitou as propriedades térmicas do resíduo de asfalto, mas na obtenção de uma caixa d'água com aquecimento solar, a qual possuiu uma eficiência térmica boa, onde o aquecimento da água ficou entre 29 e 42°C por quase 20 h por dia, eliminando o consumo de energia para o aquecimento da água e consequentemente economia com a sua aquisição.

A eficiência energética de uma instituição de ensino superior foi melhorada por Guerhardt *et al.* (2020), que usaram o biodiesel em geradores de energia em horário pico de consumo e conseguiram reduzir os custos com o consumo de energia e as emissões gases de efeito estufa. Oliveira (2019) mostrou como reduzir a geração de resíduos orgânicos e o consumo de energia a partir da obtenção de gás metano produzido por um biodigestor que degrada rejeitos de alimentos a sua praça de alimentação de um shopping da cidade de São Paulo-SP. Guerhardt *et al.* (2020) mostraram como um condomínio residencial conseguiu economizar como o consumo

de energia a partir do uso de placas solares no teto do edifício, tornando-o mais sustentável ambientalmente e economicamente.

Assim, esse trabalho tem o objetivo de apresentar um projeto de uma residência sustentável economicamente e ambientalmente, através da combinação de diversas tecnologias de construção sustentável (verde) associadas na sua arquitetura.

METODOLOGIA

A localização da residência foi na Região Metropolitana de São Luís do Maranhão, onde o valor da área construído é estimado em 1100 R\$/m². A planta alta do projeto da casa foi desenvolvida em Autodesk Revit®, sendo uma casa com área construída de 200 m², distribuídos em dois pisos de 100 m², disposta em uma área total de 300 m², onde pode ser plantada uma horta e/ou jardim.

As paredes serão construídas com bloco obtidos a partir de mistura de RCC com cimento e na composição da massa será usado RCC em pó misturado a cimentos e água, nas devidas proporções. O telhado tem uma área de 150 m², composto por telhas cerâmicas, disponibilizado em A, suportados por caibros e ripas de madeira.

Na terraplanagem da área da casa, serão usados resíduos da construção civil triturado, além de pedras derivadas da sua britagem nas bases e na elaboração do concreto e argamassa (PASCHOLIN FILHO *et al.*, 2018; RUIZ e PASCHOLIN FILHO, 2018). A casa usará portas, janelas, pisos e assoalhos de madeira certificada FSC do Instituto Brasileiro de Florestas. No telhado da casa, um conjunto de células fotovoltaicas contendo 10 placas dispostas em 2 linhas e 5 colunas.

A água de chuva será coletada do telhado por calhas que a direcionarão para quatro tanques de armazenamento de 10 m³ cada, instalados na área externa da casa, de forma que um retroalimenta o outro. Ambos os tanques serão aterrados. Bombas solares serão utilizadas para redirecionar a água dos tanques para a casa ou jardim. Os banheiros foram disponibilizados na parte superior da casa, para facilitar o reaproveitamento da água dos chuveiros e pias, que são redirecionadas para uma caixa d'água de 5 m³, aterrada na área externa da casa, a qual pode ser reutilizada na irrigação do jardim/horta. Gargalos serão utilizados para diretamente para a rede de água pluviais a água que extravasarem os tanques. Os tanques de 10 m³ custam 5.299,00, enquanto que o tanque de 5 m³ custa R\$ 2.599,00 (LEROY MERLIN, 2021).

Também serão instalados: um biodigestor com capacidade de 1500 L/dia será instalado na parte externa da residência, com um custo de R\$ 2.799,00 (OLIVEIRA, 2019); uma caixa d'água de 1000 L, com aquecimento solar será instalada no teto da residência, que tem um custo fica em torno de R\$ 450,00 (MEDEIROS, 2019) e lâmpadas de LED de 18W em toda a residência, que ajudam a economizar em 90% o consumo de energia.

Entre o telhado e os assoalhos, encontra-se a bateria e o sistema de controle do conjunto fotovoltaico. Kit gerador de energia solar 1,60 kWp, é composto pelo conjunto de células fotovoltaica, bateria estacionária, micro inversor Deye com Wifi e painel OSDA que produz 280 kW.h.mês. O kit foi cotado por R\$ 5.899,00 por cada placa e instalação e é composto por bateria estacionária, inversor de tensão. Como serão usados 10 kits, logo o seu custo total sai por R\$

59.989. A vida útil da célula fotovoltaica está estimada entre 20 e 25 anos (NEOSOLAR, 2021).

A precipitação na região foi obtida do site do Climatedo (2021), baseado na média dos últimos 30 anos. A partir dessa base de dados conseguiu-se nota que a temperatura varia entre 25 e 28 °C, com períodos solares entre 8 e 12 h diárias, a média de precipitação é de 186 mm, sendo os meses mais chuvosos concentrados entre fevereiro e maio, onde os índices superam os 300 mm e o período mais seco entre agosto a novembro, onde os índices são inferiores a 30 mm.

De acordo com as regras nacionais, a energia produzida pelas células fotovoltaicas (ou de qualquer outra forma) deve ser repassada para a concessionária local, que abate da conta de energia e deposita o crédito, caso esse valor seja superior ao consumido pela residência. Assim, se estimou que um único kit de célula fotovoltaica seja suficiente para o consumo total mensal da residência e os outros nove gerarão energia que será uma fonte de renda real para o consumidor. A economia com energia foi considerada a energia produzida pela célula somada a energia que seria gasta com o aquecimento de água e com os demais itens da residência.

$$\text{Economia Energia} = \text{Preço Energia} * \text{N}^{\circ} \text{Células} * \text{Taxa Conversão} \quad (1)$$

A redução do consumo de energia por fontes renováveis e/ou sustentáveis gera créditos de carbono (CC), que pode ser obtido usando a tabela de conversão do GHG Protocol. Ao se queimar o gás metano também se adquire créditos de carbono densidade, na razão de 20 CC por cada tonelada de metano. Para se obter a massa do metano usou-se a sua densidade do metano é 0,689 kg/m³. A cotação atual do crédito de carbono é 50 R\$ por tonelada de CO₂.

$$\text{Economia Emissão} = \text{Preço} * \text{Produção CC} \quad (2)$$

A economia com água de reuso, gás de cozinha e energia para aquecer o chuveiro será considerada como lucro, já que haveria gasto com a aquisição de água da concessionária local.

$$\text{Economia Água (R\$)} = \text{Preço Água} * \text{precipitação mensal} * \text{Área Telhado} \quad (3)$$

$$\text{Economia Gás (R\$)} = \text{Preço Gás} * \text{Consumido} \quad (4)$$

$$\text{Receita Total (R\$)} = \text{Somatório das Economias} \quad (5)$$

O valor da casa foi estimado em R\$ 220.000, incluindo os itens citados no projeto. Esse valor será simulado um investimento à taxa de 7,5% pelo Sistema de Amortização Constante feito por 25 ano a banco federal, em parcelas mensais (300). Para análise econômica do projeto foram usados: a taxa de retorno do investimento (TIR) que deve ser superior a taxa cobrada pelo banco, o valor presente líquido (VPL) que deve ser positivo e o tempo de retorno do investimento (payback) que deve ser menor que o período do investimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com AGUA-SNIS (2021) o consumo de água per capita em 2019 foi de 158 L/dia.hab e de acordo com a média citada pelo IBGE, o Brasil tem 4 habitantes por residência, assim, o consumo mensal de água por residência é igual a 18.960 L. No entanto, cerca de 10% da água consumida em jardins e hortas das residências (principalmente me condomínios).

A Tabela 1 mostra a climatologia da região metropolitana de São Luís – MA. A última coluna da tabela é o resultado da multiplicação da área do telhado de 120 m², pelos respectivos índices pluviométricos mensais, resultando no volume total de água que podem ser captados por mês.

Como se nota, somente nos meses escassos de chuva não haveria como suprir a residência com água de reuso, entretanto, com as caixas d'água que capturam duas vezes o volume necessários mensal, então, a água armazenada nos reservatórios é suficiente para suprir a necessidade de consumo desse período (somada com a reposições), não havendo a necessidade de aquisição de água da concessionária.

Tabela 1 - Climatologia da região metropolitana de São Luís – MA

Mês	Precipitação (mm)	Temperat. max. (°C)	Temperat. min (°C)	Volume (L/mês)
1	245	28	25	29400
2	309	27	25	37080
3	449	27	25	53880
4	419	27	25	50280
5	319	28	25	38280
6	172	28	26	20640
7	115	28	26	13800
8	35	29	26	4200
9	17	28	26	2040
10	16	28	26	1920
11	27	28	26	3240
12	103	28	26	12360
	185,5	27,83333	25,58333	22260

De acordo a SABESP, o valor cobrado pelo consumo de água é igual a 7,911 R\$/m³. Usando o consumo mensal de 18,96 m³ será obtido uma redução no custo com a aquisição de água de 150 R\$/mês.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtido para a economia de energia e gás consumidos pela residência. Supondo as médias de consumo de uma residência de classe média, de 280 kW.h e 10 m³ de gás de cozinha encanado por mês. A bandeira II vermelha de patamar 2 é a condição de preço praticada atualmente, considerada em situações críticas de geração de energia e acresce o valor da bandeira ao custo com a anergia. A redução nos custos desse dois itens geram uma economia de quase 350 R\$/mês.

Tabela 2 - Resultados para a economia de energia e gás

Redução do consumo de energia	Redução do consumo de gás		
Redução	280	kW.h.mês	10,0 m ³ /mês
Preço	0,98078	R\$/kW.h	6,48805 (R\$/m ³)
Bandeira Vermelha Patamar II	9,492 R\$		
Economia (R\$/mês)	284,11R\$/mês	64,88	

Fonte: ENEL (2021) e CONGAS (2021)

A Tabela 3 apresenta os resultados para a economia com a produção de energia e de créditos de carbono. A soma dos valores obtidos resulta em uma receita de R\$ 2.259,91 R\$/mês.

Como se nota, a concessionária de energia paga um valor referente à menor taxa cobrada (taxa de período de baixo consumo), mesmo assim, o resultado dessa compra de energia por esta empresa é 77,75% da receita total da residência.

Tabela 3 - Resultados da economia com a produção de energia e créditos de carbono

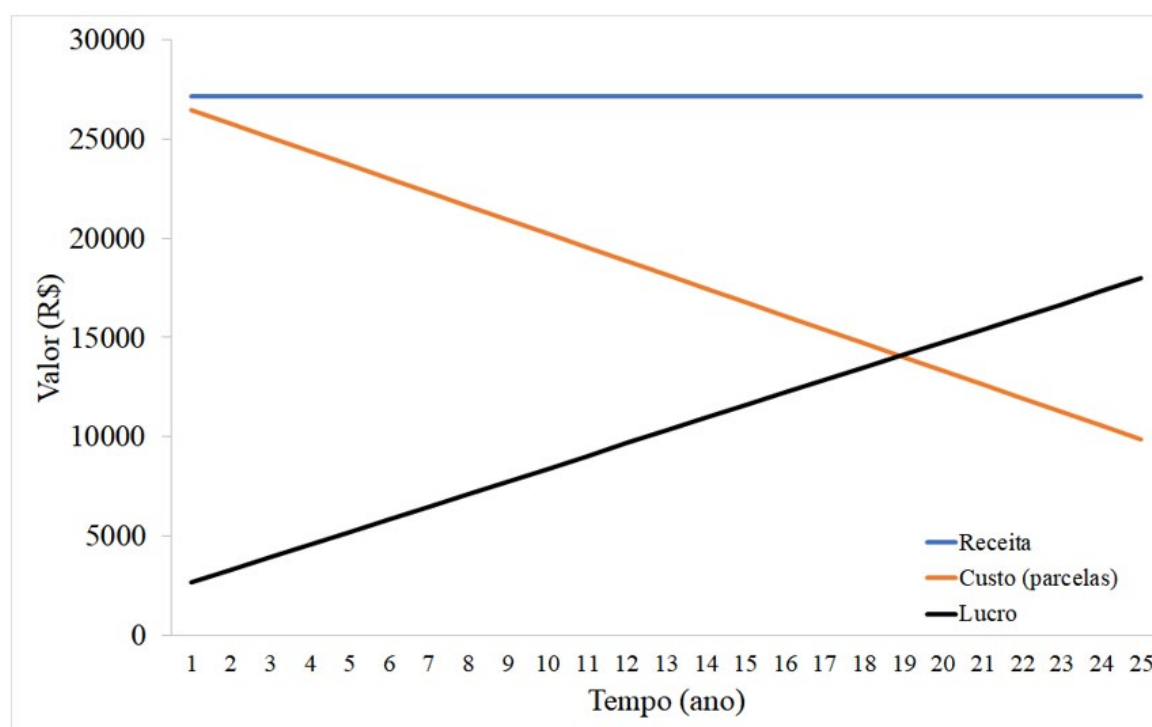
Produção de energia elétrica	Créditos de carbono			
Produção	2800	kW.h.mês		0,2047
Preço	0,62759	(R\$/kW.h)	50,00	(R\$/t CO ²)
Economia (R\$/mês)	1757,25	R\$/mês		10,23
Receita total anual (R\$/ano)	27.118,91			

A Tabela 4 mostra um resumo dos sistemas de amortização constante (SAC) e dos lucros obtidos após os pagamentos das parcelas. A tabela apresenta apenas a primeira e última parcela para os períodos mensal e anual. Para ambas, nota-se que os juros associados às parcelas são altos no início e baixo ao final do período. Ao subtrair as parcelas (custos) das receitas citadas anteriormente, nota-se que o lucro aumenta com o período, mas seu valor é sempre positivo em todo o período do financiamento. O comportamento de cada um dos itens está apresentado na Figura 1, que mostra a receita constante e os custos decrescente com o período. Inversamente às parcelas, o lucro aumenta com o tempo, o que demonstra que o projeto tende a se viabilizar com o tempo.

Tabela 4 - Resumo da tabela SAC e dos lucros após o pagamento das parcelas

	Mês 1	Mês 300	Ano 1	Ano 25
Amortização (R\$)	733,33	733,33	8800,00	8799,96
Juros (R\$)	1329,88	4,43	15666,00	345,77
Parcela (R\$)	2063,21	737,76	24466,00	9145,73
Lucro (R\$)	196,70	1522,15	2652,91	17973,18

Figura 1 - Curva do movimento financeiro do investimento na residência sustentável



A Tabela 5 mostra um resumo do fluxo de caixa do investimento financeiro. Como a tabe-

la contendo todos os valores mensais, ou anuais, do fluxo de caixa não cabe no artigo, foi necessário reduzir seus valores à soma de 300 meses (25 anos). Como se nota, a soma das parcelas foi quase o dobro (97,5%) do valor do empréstimo (investimento). Mesmo assim a receita total foi muito superior ao valor dos custos com as parcelas e quase 3 vezes o valor do empréstimo. Disso, um lucro de 56,76% dos custos com as parcelas foi obtido, o que deu um valor presente líquido (VPL) de R\$ 82 mil no período. O tempo de retorno do investimento (payback) de 1,11 ano (13 meses) e uma taxa de retorno do investimento (TIR) de 12% corroboram com a viabilidade econômica do projeto.

Tabela 5 - Retorno do investimento financeiro no período

Investimento (R\$)	Receita total (R\$)	Total Parcelas (R\$)	Lucro (R\$)
230.000,00	677.973,00	454.250,00	257.825,60
	VPL (R\$)	TIR	Payback (ano)
	R\$ 82.293,13	12%	1,11

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o desenvolvimento das planilhas de custo do projeto de investimento na residência sustentável, verificou-se que a venda da energia fotovoltaica é responsável por 77,75% da receita total da residência sustentável. O lucro anual variou entre R\$ 2,65 mil e R\$ 17,97 mil por ano, o que fornece uma VPL positiva de R\$ 82 mil, com uma TIR de 12% e um payback de 1,11 ano, demonstrando que o projeto é viável no período estudado.

Além da viabilidade econômica é possível citar que a residência reduz a zero o consumo de água de abastecimento, de energia elétrica do sistema de elétrico local e de gás de cozinha, minimizando o máximo possível os impactos devido ao consumo desses materiais. Ao usar resíduos da construção civil no aterro, nas bases, no concreto e na argamassa, minimiza o consumo de recurso naturais provenientes da extração de minérios. Quando utiliza madeira certificada por órgãos internacionais, evita que árvores sejam derrubadas das florestas indiscriminadamente. O uso da energia solar é uma fonte renovável, inesgotável e não poluente, evitando a geração de gases de efeito estufa e a quaisquer emissões que venham a poluir o meio ambiente, demonstrando que a residência é sustentável economicamente e ambientalmente.

REFERÊNCIAS

ÁGUA – SNIS. Diagnósticos 2019. Disponível em <<http://www.snis.gov.br>> acessado em Julho de 2021.

CLIMATEPO. Climatologia em São Luís, BR. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/94/saoluis-ma>> Acessado em Julho de 2021.

GUERHARDT, F.; SILVA, T. A. F.; GAMARRA, F. M. G.; RIBEIRO JÚNIOR, S. E. R. *et al.* A Smart Grid System for Reducing Energy Consumption and Energy Cost in Buildings in São Paulo, Brazil. *Energies* 2020, 13, 3874; doi:10.3390/en13153874

KLEPA, R. B.; MEDEIROS, M. F.; FRANCO, M. A. C. TAMBERG, E. T. *et al.* Reuse of construction waste to produce thermoluminescent sensor for use in highway traffic control. *Journal of Cleaner Production*; 209, 250 - 258, 2019.

LERROY MERLIN. Departamentos. Disponível em < <https://www.leroymerlin.com.br/tanque-polietileno-fortplus-10-000l-tampa-rosca-azul-fortlev> > acessado em Julho de 2021.

MEDEIROS, M.F.; FRANCO, M.A.C.; KLEPA, R.B. Viabilidade econômica de mantas térmicas, produzidas a partir de resíduos de asfalto, para revestimento de telhados Economic viability of a thermal blanket produced from asphalt waste used in roof covering. revista Matéria, v.24, n.4, 2019.

MEDEIROS, M. F. Utilização de resíduos de Asfalto na confecção de uma caixa d'água com aquecimento solar. (Dissertação) Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, da Universidade Nove de Julho, 2019.

NEOSOLAR. Kit célula fotovoltaica. Disponível em www.neosolar.com.br/loja/checkout/cart. Acessado em Julho de 2021.

OLIVEIRA, D. E. Estudo de viabilidade para produção de energia elétrica por meio de biogás, produzido pela biodigestão de resíduos sólidos orgânicos de uma central de abastecimento paulista. (Dissertação) Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, da Universidade Nove de Julho, 2019.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; CAMELO, D. ; FRASSON, S. ; CORTESE, T. T. P. ; CONTI, D. Papel das Usinas de Reciclagem de entulho na inserção da variável ambiental na construção civil. In: Encontro Internacional de Gestão Empresarial e Meio Ambiente - XX ENGEMA, 2018.

RUIZ, A.; PASCHOALIN FILHO, J. A. Utilização de agregados reciclados na execução de sub-base de pavimento nas cidades de são paulo e madri: um estudo comparativo. In: Singep - Simpósio Internacional de Gestão Empresarial, 2018.

SILVA, R.V.; de BRITO, J.; DHIR, R.K. Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: a review. Journal of Cleaner Production, v.143, pp 598-614, 2017

Bananicultura e desenvolvimento sustentável no litoral norte do Rio Grande do Sul: além da cultura do “veneno”

Banana plantation and sustainable development in the northern coast of Rio Grande do Sul: beyond the “poison” culture

Josué da Rosa Valim

Universidade Estácio de Sá

<https://orcid.org/0000-0002-1079-3193>

Solange Murta Barros

Universidade Estácio de Sá

<https://orcid.org/0000-0002-4666-8650>

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.10

Resumo

O município de Morrinhos do Sul é o maior produtor de bananas da região litorânea norte do Rio Grande do Sul. A bananicultura é a principal fonte de renda das famílias produtoras e positiva para o desenvolvimento socioeconômico regional, porém, fonte de várias formas de impactos para o meio ambiente. Ainda que o seu cultivo perene preserve a cobertura vegetal de encostas e as margens de córregos e rios, evitando a erosão do solo; e a biomassa desprendida concorra com a manutenção de sua fertilidade, a utilização de adubos e defensivos químicos é causa potencial de contaminação do meio ambiente, com impacto negativo na qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba que percorre o seu território, afetando também o lençol freático e a sanidade do solo, animais e pessoas. Este artigo dedica-se à exploração de técnicas agroecológicas que possam ser introduzidas no manejo tradicional das bananiculturas a fim de reduzir custos, prevenir e controlar pragas, preservar a qualidade dos frutos ofertados aos consumidores e dos recursos naturais da região, com benefício tanto para os trabalhadores, quanto para a comunidade do entorno. Adotou-se a pesquisa qualitativa, documental e bibliográfica como metodologia descritiva sobre os termos “bananicultura” (“cultivo de bananas”/“*Musa spp.*”/“banana”) associados aos termos “sistemas de manejo”, “convencional” e/ou “agroecológico/ orgânico”. A discussão final ultrapassa o campo de interesse do uso racional de tecnologia e advoga um novo olhar sobre as fitopatologias dos bananais como indicadores de soluções para um agronegócio sustentável.

Palavras-chave: agroecologia. agrotóxicos. bananicultura. desenvolvimento regional. sustentabilidade.

Abstract

Morrinhos do Sul is the largest banana producer municipality in the northern coast of Rio Grande do Sul. Banana plantation is the main source of income for farming households having a positive impact in the region's social economic development, however it is a source of numerous impacts on the environment. Although its perennial cultivation preserves the vegetation cover on slopes and on streams and river banks, preventing soil erosion, and the biomass released helps maintain its fertility, the use of fertilizers and pesticides is a potential cause of environmental contamination, with negative impacts on the quality of the water in the Mampituba river basin, water table, and also the health of the soil, animals and people. This article is invested in exploring agro-ecological techniques that can be introduced in the traditional handling of banana farming aiming to reduce costs, prevent and control pests, preserve the quality of crops (offered to consumers) and natural resources in the region, benefiting the workers as well as the surrounding community. A qualitative, documentary and bibliographic research was used as the descriptive method about the terms “banana plantation/ banana cultivation” (bananicultura, in Portuguese) and banana (“*Musa spp.*”/“banana”) associated to the terms “handling systems”, “conventional” and/or “ago-ecological/organic”. The final discussion surpasses the field of interest in the rational use of technology and advocates a new outlook on banana phytopathology as solution indicators for a sustainable agribusiness.

Keywords: agroecology. pesticides. banana plantation. regional development. sustainability.

A bananicultura é uma atividade econômica tradicional e importante para a fixação do homem do campo, sua subsistência alimentar, geração de emprego, renda e ainda de divisas para o município de Morrinhos do Sul, na região nordeste do Rio Grande do Sul (RS). Próximo ao litoral e da fronteira com o estado de Santa Catarina (SC), Morrinhos do Sul tem microclima propício ao cultivo e é o maior produtor de bananas estadual. A atividade bananicultora deste município somada a dos demais municípios bananicultores da região, Três Cachoeiras, Mampituba e Dom Pedro de Alcântara, concentra cerca de 90% de todas as bananas produzidas no RS, a maior parte destinada ao consumo interno do próprio estado.

Aubos químicos, herbicidas e defensivos agrícolas são, hoje, soluções tecnológicas de fácil acesso ao bananicultor local para reduzir a perda de produção devido às pragas comuns aos bananais, no entanto, muitas vezes são aplicados sem o conhecimento e as orientações técnicas adequadas. Os próprios agricultores se referem aos defensivos agrícolas e outros insumos químicos utilizados no preparo do solo, sanitização de plantas adultas e no controle de ervas daninhas e doenças dos bananais como “venenos” – embutindo na linguagem coloquial a noção de perigo nem sempre percebido e manejado adequadamente. Desse modo, tanto o aumento de custos para a atividade, pela compra destes insumos externos, quanto à emergência de pragas resistentes e os potenciais impactos negativos da contaminação ambiental e intoxicação humana e animal são hoje, fenômenos que levam a repensar a sua efetividade.

Assim, a questão é: existem soluções fitossanitárias alternativas, de baixo custo e adequadas ao princípio de desenvolvimento sustentável capazes de mitigar o dano causado por patologias que afetam os bananais de Morrinhos do Sul? Este artigo de revisão elegeu como foco a sustentabilidade da bananicultura do Litoral Norte do RS, em especial no município de Morrinhos do Sul, com o objetivo principal de conhecer soluções agroecológicas que possam ser utilizadas para reduzir os danos causados pelo uso excessivo de agrotóxicos, tanto em modelos de cultivo orgânicos estritos, como de forma adjuvante às técnicas tradicionais, com o propósito de reduzir o risco de impactos ambientais e a saúde dos produtores e consumidores. Para tanto, procurou explorar as características próprias da bananicultura na região, as técnicas padrão que são recomendadas para o cultivo do produto ideal, do ponto de vista do produtor e do consumidor, as principais fitopatologias que afetam a produção e a qualidade dos frutos, bem como desenvolver um novo olhar sobre o assunto, capaz de perceber a presença de pragas e ervas danosas como indicadores para a melhoria do processo de produção dos bananais.

O interesse pessoal por este tema foi despertado pelo fato de ser nativo do litoral norte do Rio Grande do Sul e conhecer as belezas naturais da região de Morrinhos do Sul, que contrasta com relatos sobre o descarte inadequado de embalagens de defensivos agrícolas utilizados na bananicultura desta área, que são lavadas ou descartadas como lixo em áreas ribeirinhas. O risco de infiltração dos produtos químicos no solo das margens, por sua vez, pode levar tanto à contaminação do lençol freático, quanto à dos cursos hídricos superficiais, de onde é captada a água utilizada na irrigação de culturas, para o consumo animal e humano. A água contaminada dos rios, por outro lado, pode alcançar estruturas lacustres e estuarinas, ampliando o potencial de desastre nestes ambientes frágeis. É um tema atual dentro das discussões sobre as limitações ao uso de agrotóxicos na agricultura do nosso País.

Adotou-se a metodologia de pesquisa aplicada, descritiva, qualitativa, documental e bibliográfica. Foram consultados os sites oficiais institucionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em busca de conceitos, dados e descritores de indicadores geográficos, socioeconômicos e agrotécnicos aplicáveis à bananicultura da região. De forma complementar, utilizou-se como ferramentas as bases de dados GOOGLE ACADÊMICO e SCIELO para pesquisa dos termos “bananicultura” (“cultivo de bananas”/“Musa spp.”/“banana”) associados aos termos “sistemas de manejo”, “convencional” e/ou “agroecológico/orgânico”, restringindo-se a uma busca de referências em português e espanhol, preferencialmente, dos últimos dez anos, e das referências secundárias consideradas básicas por esta bibliografia inicial. A estratégia de seleção considerou relevantes as teses e os artigos que tratassem de técnicas de bananicultura aplicadas ao controle das doenças mais comuns dos bananais brasileiros em regiões de clima temperado úmido semelhante ao microclima de Morrinhos do Sul (RS) e que tratassem de suas repercussões nas comunidades do entorno.

A estrutura de desenvolvimento deste trabalho é apresentada em três seções: a primeira, “Morrinhos do Sul e a cultura de bananas: situação geográfica, características demográficas e socioeconômicas”, procura descrever o contexto do problema regional; a segunda, “Características da banana, da bananeira e dos bananais”, dedica-se a apresentar uma revisão sobre a importância da banana como produto e das características próprias das bananeiras e do seu desenvolvimento; a terceira e última, denominada “Um novo olhar sobre o combate as pragas dos bananais”, dialoga com as duas primeiras, e se propõe a investigar as técnicas de manejo agroecológico recomendadas para a bananicultura, e aplicáveis à região, discorrendo sobre as principais pragas às quais as bananeiras são suscetíveis bem como o possível controle sem o uso intensivo de agrotóxicos, de forma a manter a rentabilidade dos produtores e ainda, aumentar o seu conhecimento sobre as reais necessidades para a saúde e longevidade de seus bananais. Outros gargalos encontrados durante a pesquisa em relação à sustentabilidade do agronegócio da banana na região litorânea norte do Rio Grande do Sul são destacados à conclusão, como possíveis temas para estudos adicionais neste campo.

Morrinhos do Sul e a cultura de bananas: situação geográfica, características demográficas e socioeconômicas

O município gaúcho de Morrinhos do Sul localiza-se no nordeste do estado brasileiro do Rio Grande do Sul (RS) e originou-se do desmembramento de antigo distrito de Torres (RS), em 1992. Morrinhos do Sul tem uma área de 172 km² e seu ponto central, situado à latitude 29° 21' 54" S, longitude 049° 56' 05" W, dista apenas 12 km da BR 101 pela rodovia RS-494; e está 180 km distante da capital do RS, Porto Alegre, e a 35 km do extremo sul do estado de Santa Catarina, na foz no Oceano Atlântico do Rio Mampituba. Limita-se a leste com Torres, a oeste com Três Forquilhas, ao norte, com o município de Mampituba e ao sul, com Três Cachoeiras. Desde a sua emancipação foi incorporado, administrativamente, à Microrregião de Osório, Mesorregião Metropolitana de Porto Alegre e, economicamente, segundo a distribuição do Conselho Regional de Desenvolvimento do Estado ao COREDE Litoral, cujo polo é a cidade de Tramandaí (IBGE, 2018a; FIORI *et al*, 2017).

A área de Morrinhos é um vale que abrange a transição entre as províncias geomorfológicas do Planalto Meridional e da Planície Costeira, ou seja, uma região onde coexistem ilhas

de Mata Atlântica e sua flora ombrófila úmida, nas encostas da Serra Geral, e os biomas campo, restinga e do banhado na Planície litorânea do tipo barreira. O Rio dos Negros, a partir da sua nascente, e a Lagoa do Morro do Forno são os principais cursos d'água do município. Enquanto as nascentes e cursos d'água da Bacia do Mampituba percorrem os montes basálticos, de origem magmática, resultantes da atividade vulcânica Cenozoica, quando da divisão continental entre América do Sul e África, e dispõe de dois tipos de solo, os neossolos litólicos eutróficos, rochosos íngremes e relativamente rasos nas regiões de maior declividade, e os chernossolos, férteis e argilosos, provenientes de depósitos coluviais em áreas de menor altimetria, consideradas de média e baixa encosta; a planície de barreiras é formada por lagunas, lagoas e seus solos são gleiosolos, sobreposição de sedimentares de origem marinha à base arenosa da primitiva formação desértica de Botucatu (FIORI *et al*, 2017; WIVES, 2013; VIEIRA, 2016). Em paralelo com as formações vegetais nativas, a atividade agropecuária local faz uma leitura própria desta topografia mista: nas áreas de várzeas, a pesca artesanal e o extrativismo florestal, de lenha e frutos, remonta ao período dos nativos indígenas Taquaras e Guaranis; os campos são utilizados desde a ocupação do território por tropeiros como pastagem para pecuária extensiva, e o cultivo de arroz irrigado existe desde a formação de primeiros vilarejos e da ocupação permanente do território no período colonial. Enquanto isso, as baixadas e encostas, permanecem, desde a instalação de colonos de origem alemã e italiana, a partir de meados de 1846, ainda no reinado de Dom Pedro I, vocacionadas para as multiculturas de subsistência e preparações culinárias artesanais, com o cultivo de aipim, milho, cana de açúcar, feijões, hortaliças, frutas, avicultura e pecuária de pequeno porte. Outrora ocupadas ainda com o cultivo intensivo de cana de açúcar e fumo, que se utilizava das queimadas como técnica primitiva de preparo e limpeza do solo, assim como a exploração extrativista das samambaias pretas das áreas florestais (degradadas em fase de regeneração inicial) migrou nos últimos cinquenta anos para o cultivo permanente de extensas áreas dedicadas aos bananais (VIEIRA, 2016; KUBO, SOUZA e MIGUEL, 2008).

O clima de Morrinhos do Sul, de acordo com a latitude e a vegetação nativa, pode ser classificado como subtropical úmido ou tipo "Cfa" pela classificação de Koeppen e apresenta alta umidade relativa do ar. Embora toda a região litoral norte sofra influências dos fenômenos atmosféricos, como a Massa Tropical Atlântica (com ventos de nordeste a leste, quentes, úmidos) e que traz chuvas intensas e passageiras entre os meses de setembro a março; da Massa Tropical Continental, quente e seca (com ventos para o norte) própria do verão e veranicos; das frentes polares (com seus ventos de sul e sudoeste) no outono e inverno, seguidos de quedas de temperatura; assim como sofre a ação da Massa de Ar Polar Atlântico que avança por sudoeste com tendência a uma formação de nevoeiros e geadas localizadas; o relevo influencia o clima e, de forma diversa de outras regiões serranas e do litoral sul do estado, Morrinhos do Sul mantém menor variação térmica anual, com temperatura média anual de 24°C, e a pluviosidade anual de cerca de 1500 mm bem distribuída ao longo dos meses do ano (CASTRO e MELLO, 2013; VIEIRA, 2016).

A população de Morrinhos do Sul é estimada em 3.182 habitantes, com densidade de 19,23 habitantes por km², pelo último Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2018b). Da mesma forma que em tantos outros pequenos municípios rurais do RS e do Brasil sua população sofre o fenômeno de transição, com quedas das taxa de nascidos vivos e de mortalidade infantil, enquanto observa aumento da longevidade e do envelhecimento progressivo da população. As aposentadorias rurais já são responsáveis por boa parte da renda local, não relacionada às

atividades agrícolas, evidenciando-se assim a redução de pressão por vagas no ensino fundamental e classes iniciais do ensino médio e o aumento da busca por capacitação profissional (WIVES 2013; VIEIRA 2016). A ausência de cursos profissionalizantes, técnicos e de nível superior contribui para a evasão de jovens da região, uma vez que o município conta com apenas quatro escolas fundamentais e uma de ensino médio. Quando observado o universo de adultos morrinhenses que trabalham com agricultura, dos 592 estabelecimentos levantados pelo Censo Agropecuário, de 2017, a grande maioria com extensão inferior a 10 hectares, praticamente todos utilizavam algum tipo de mão de obra familiar; 589 (99,5%) dos proprietários declararam ser de raça branca e 541 (91,4%) do sexo masculino; 303 produziam de forma individual e não participavam de qualquer forma de consórcios e cooperativas. Quanto à escolaridade, mais da metade dos proprietários detém escolaridade elementar e fundamental, respectivamente 207 (35,0%) e 278 (47,0%), apenas 75 (12,7%) alcançou o ensino médio, completo ou não, cinco (0,8%) informaram escolaridade de grau superior ou acima e 27 (4,6%) deles não frequentaram nenhum tipo de educação formal. A assistência à saúde, por sua vez, é impactada pela ausência de saneamento básico coletivo, uma vez que não há coleta, tratamento de esgoto e nem aterro sanitário próprio. A população usa fossas sépticas e parte é abastecida por água tratada, de forma concorrente aos poços artesianos e uso direto de água de nascentes e córregos, os últimos, em especial, utilizados na pecuária. Não existe sistema de coleta de águas pluviais, nem calçamentos regulares de vias públicas, além disso, o asfalto de algumas ruas coexiste com vias de terra batida e pedra britada. O lixo recolhido é transportado e depositado em aterro de outros municípios da região. Da mesma forma, o tratamento integral de saúde depende de deslocamento por regulação do Sistema Único de Saúde para a capital do Estado, ou do convênio com hospital de município catarinense, uma vez que existem apenas quatro postos de saúde para a atenção básica e que estes não comportam atendimento de casos que necessitem de diagnóstico avançado, cirurgias e hospitalizações (IBGE, 2018 b). Sendo assim, infere-se que tanto o diagnóstico quanto o tratamento de intoxicações por agrotóxicos são precários e tardios.

Como já destacado, o microclima úmido, a temperatura média e os solos argilosos férteis de Morrinhos do Sul são propícios para a bananicultura e, em conjunto com fatores históricos e culturais, transformaram a fruticultura familiar tradicional no centro da economia do municipal. Hoje o município é o maior produtor do Rio Grande do Sul, com cerca de 75.695,090 toneladas do fruto produzidas ao ano, por 532 estabelecimentos agrícolas, superando nos últimos dois anos a produção do, até então, líder da produção de bananas da região, o município vizinho de Três Cachoeiras. Morrinhos do Sul produz principalmente as bananas do tipo Prata (BRS Platina), Prata anã (SC 5451) e a banana Nanica (variedade Pocovan), já a banana tipo Maça (BRS Princesa), embora tenha boa aceitação no mercado brasileiro, é mais sensível ao frio e vem sendo cultivada em menor expressão (IBGE, 2018b; FIORI *et al*, 2017; EMBRAPA, 2018).

Existem vários tipos de sistemas de produção de bananas, no cultivo mínimo, praticamente extrativista e de baixa produtividade, passando por uma maioria de pequenos produtores em formato de multicultivo ou monocultura, com graus variáveis de adoção tecnológica, seja intensiva tradicional, de transição ou orgânica certificada, até grandes produtores em escala industrial. Destaca-se que a banana tipo Nanica, do Grupo Cavendish, é o tipo de cultivar mais utilizado na produção em larga escala, em especial nas áreas tropicais do Caribe e na Ásia que visam à exportação para o mercado internacional. A utilização intensiva de pesticidas corresponde até a 35% dos custos da produção, o que torna a solução pouco aplicável aos pequenos

produtores fora desta escala industrial (FAO, 2018).

Em Morrinhos do Sul, como em boa parte do Brasil, predomina o sistema de cultivo familiar em pequenas propriedades e a cultura permanente de bananas vem sendo responsabilizada pelo reflorestamento e pela contenção de encostas, especialmente quando adotado o sistema de cultivo consorciado com cobertura verde, ou mesmo o sistema de manejo agroflorestral, que associa a bananicultura ao cultivo de espécies de palmeiras, árvores frutíferas ou de corte, reproduzindo o ecossistema nativo. No entanto, o acesso às informações técnicas – especialmente a aquelas que se relacionam ao adequado controle de pragas da bananeira, ao manejo seguro de defensivos agrícolas, à logística reversa de embalagens plásticas contaminadas, assim como ao desenvolvimento e à disseminação de alternativas agroecológicas mais econômicas – pode ser identificado como um gargalo importante para adoção de técnicas alternativas ao uso de pesticidas e melhoradores químicos do solo. Sabe-se que dos 592 empreendimentos agrícolas em geral do município, 402 produtores referem o uso de agrotóxicos e 278 também recorram à adubação química, embora apenas 137 produtores recebam assistência técnica regular (IBGE, 2018 b).

Quanto aos meios de comercialização da banana, Vieira (2016) chama a atenção para diferentes estratégias logísticas adotadas por bananicultores tradicionais e orgânicos na região litoral norte do RS: enquanto os primeiros dependem basicamente de intermediários que trabalham como atravessadores para grandes redes de supermercados, os segundos procuram novos modelos de comercialização independente, participando de feiras com venda direta ao consumidor local, cooperativas e redes de distribuição próprias, e inclusive fornecendo o alimento para merenda escolar através do Programa Nacional de Alimentação Escolar (WIVES, 2008, 2013; VIEIRA, 2016).

Características da banana, da bananeira e dos bananais

A banana comestível é um fruto simples tipo baga, alongada e carnosa, trilocular e sem sementes. A banana é um alimento naturalmente energético, com baixíssimo teor de gordura e composição a base de carboidratos de fácil assimilação, fibras solúveis, pequenas quantidades de vitaminas A, B, C, e ainda maior teor de potássio, fósforo, cálcio e ferro quando comparada com a laranja e a maçã. Destaca-se pelo sabor adocicado, textura macia e pela praticidade de sua casca, embalagem natural protetora, higiênica e de fácil manuseio, embora frágil. O fruto é um ingrediente tradicional da culinária brasileira, sendo que alguns tipos são consumidos frescos e outros, tipo banana caturra e nanica, por exemplo, por serem mais ricos em amido, são, preferencialmente, consumidos cozidos, fritos ou assados. Quando maduras, as bananas são aproveitadas em doces, geleias, no preparo de bolos, tortas e nos recheios de crepes, beijus, tapiocas, e para enriquecer farofas salgadas; maduras e secas são comercializadas como banana passa; verde ou semiverde são processadas na forma de chips, biomassa ou farinha de banana, como produto de baixa caloria e rico em fibras. A polpa seca, homogeneizada e acrescida de castanha-do-brasil desengordurada, açúcar, leite em pó e sal, por sua vez, é farinha mista utilizada no preparo de mingaus preconizados em campanhas educativas e programas institucionais brasileiros, inclusive para merenda escolar, como alternativa alimentícia nutricionalmente balanceada e de baixo custo para minimizar as deficiências proteicas, calóricas, vitamínicas e minerais de crianças em idade pré-escolar e escolar. Subprodutos dos bananais também são largamente

utilizados na agropecuária: caules podem ser utilizados como iscas para pragas ou biomassa de compostagem e adubo para a própria cultura, folhas podem ser utilizadas como vermífugo e forragem para caprinos e galinhas (ALVES, 1997; BORGES e SOUZA, 2004; EMBRAPA, 2018). O cerne do coração da bananeira pode ser aproveitado na culinária como planta alimentícia não convencional, a palha de folha de bananeira, que é descartada após a frutificação, pode ser trançada por artesãos para a produção de tapetes, chapéus, cestos, bolsas, assim como suas fibras são utilizáveis na fabricação de utensílios domésticos e papel artesanal (KUBO, SPUZA e MIGUEL, 2008).

Em que pese o fato de que o brasileiro tem uma das maiores taxas mundiais de consumo anual per capita de bananas e que o mercado consumidor gaúcho seja promissor, em especial em relação à distância dos maiores produtores de clima tropical do País, no norte e nordeste, os consumidores, cada vez mais informados, procuram e exigem produtos mais saudáveis, com menor índice de exposição a agrotóxicos e que mantenham as características desejáveis de boa aparência, aroma, sabor e durabilidade. O consumidor pode adquirir o produto na apresentação de penca ou mão (conjunto de dez ou mais frutos, mais valorizado), de buque (nove a dois frutos) ou unidade isolada (PBMH ePIF, 2006).

No Brasil, a banana foi o segundo fruto a ser objeto de Normas de Classificação para comercialização no País, iniciativa de adoção voluntária e que visa à melhora de qualidade e à padronização dos frutos que chegam ao mercado, patrocinada pela Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), dentro do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Frutas. Segundo estas normas, um fruto de boa qualidade deve apresentar ausência de defeitos e as categorias comerciais (de I a III e a extra) são estabelecidas em função de índices de tolerância de defeitos leves que descrevem a qualidade de um lote de banana (PBMH e PIF, 2006). Os defeitos leves diminuem o valor comercial da banana, mas não costumam interferir no consumo do produto e são, muitas vezes, resultado de seleção, do embalamento e do transporte inadequado que resulta em frutos amassados ou des-tacados precocemente da penca. Já os defeitos graves devem ser reconhecidos e eliminados pelo produtor antes do embalamento, uma vez que depreciam a aparência, valor e muitas vezes inviabilizam também a venda do produto. São, em geral, decorrentes de pragas das bananeiras, como a ponta de charuto, causada pelo fungo *Verticillium theobromae* ainda nas bananas verdes; ou a podridão precoce do fruto, causada por vários patógenos pré e pós-colheita. Por outro lado as quebras da produção, ou seja, os produtos abaixo do padrão de qualidade valorizado para comercialização tradicional e que são refutados, quando ainda estão próprias para consumo, podem ser aproveitadas em outros canais de distribuição, especialmente na alimentação familiar, processamento industrial artesanal local ou ainda como complemento de ração animal (WIVES, 2008).

Pelas normas de comercialização citadas acima, são aceitáveis, respectivamente, 100, 50, 10 e 5% de defeitos leves, e defeitos graves não são aceitáveis em categoria Extra, sendo apenas tolerados na porcentagem de 20, 10 a 5% nas categorias I, II e III (ver Quadro 1).

Quadro 1 - Categorias de qualidade das bananas pela normatização brasileira.

Limite de frutos com defeitos graves e leves por categoria, em percentagem dos frutos do lote				
Defeitos (%)	Categoria			
	Extra	I	II	III
Podridão e ponta de charuto	0	1	2	3
Outros defeitos graves	0	5	10	20
Defeitos leves	5	10	50	100

Fonte: Adaptado de PBMH e PIF, 2006.

O pé de banana não é uma árvore, mas uma grande herbácea de tronco curto e subterrâneo, denominado de rizoma, do qual partem as raízes fibrosas, e o caule, visto na superfície, na verdade é um pseudocaule formado por bainhas das folhas. As bananeiras pertencem à classe das Monocotiledôneas, ordem Scitaminales, família Musaceae, subfamília Musoidea e gênero *Musa*. As musáceas de frutos comestíveis evoluíram a partir das espécies não comestíveis: *Musa acuminata* colla (representada por grupo genômico A) e *Musa balbisiana* colla (representada pelo grupo genômico B), ambas originárias do Continente Asiático. Naquele continente, encontram-se bananeiras selvagens com carga genética que varia de dois, três ou quatro pares de cromossomos nucleares parentais, ou seja, que podem ser naturalmente diploides (22 cromossomos, 11 originários de cada parental, AA ou BB); triploides (AAA, BBB); e mesmo tetraploides (AAAA ou BBBB) e cujas diferentes espécies cruzam entre si. Os cruzamentos em condições de laboratório tornaram-se importantes, em nosso meio, desde que a domesticação da espécie introduziu uma série de limitações reprodutivas (baixa produção de sementes, esterilidade, partenocarpia, ploidias variáveis) e vem sendo capaz de selecionar genótipos com resistência às doenças, com precocidade de produção, elevada produtividade, porte baixo, bom sistema radicular, eficiência no uso de água e nutrientes, assim como melhorar o tamanho, forma, sabor, aroma, ou seja, a qualidade percebida dos frutos. Segundo é preconizado pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e pela Lei de Proteção de Cultivares, Lei n.º 9.456/1997, híbridos são produtos imediatos do cruzamento entre linhagens geneticamente diferentes, enquanto os cultivares são espécies de plantas que foram melhoradas devido à alteração ou introdução, pelo homem, de uma característica que antes não possuíam. Elas se distinguem das outras variedades da mesma espécie de planta por sua homogeneidade, estabilidade e novidade. O advento das modernas ferramentas da biologia molecular tem permitido aprofundar o conhecimento sobre as bananeiras, com destaque para o seu sequenciamento genômico e para as técnicas de engenharia genética, hibridação somática e seleção assistida através de cultura de tecidos, sendo que hoje são conhecidas: a carga genômica de tipos tradicionais – como as bananas Ouro (AA), Nanica, Nanicão e Grand Naine (AAA); e as do grupo Prata, Prata Anã, Pacovan, Branca; e aquelas do grupo Maçã, Mysore e Thap Maeo (formato AAB) – e ainda a de outros variados híbridos de formato AB, ABB, ABBB, AABB, AAAB, etc. As novas cultivares, quando desenvolvidas em território brasileiro, estão sujeitas ao cadastro Registro Nacional de Cultivares (RNC), instituído pela Portaria n.º 527, de 30 de dezembro de 1997, junto ao MAPA e passam a compor o Patrimônio Genético Nacional. Existem, hoje, 40 registros de cultivares nacionais para a espécie *Musa* Sp, a metade deles registrados pela EMBRAPA (BRASIL, 1997; EMBRAPA, 2018).

O desenvolvimento da bananeira pode ser dividido em quatro fases, com cerca de 90 a

100 dias para cada, de acordo com as condições ambientais, com o tipo de cultivar e as técnicas de manejo adotadas. A primeira fase, chamada infantil, é lenta, e vai da pega da muda, passando pelo desenvolvimento da vela, cartucho ou folha central, até o surgimento da primeira folha com cerca de 10 cm de largura (F10). Daí para diante, os brotos subsequentes dependerão da planta-mãe. Nesse sentido, sua inibição hormonal determina o tempo dessa dependência, no qual a planta-filha apresentará folhas lanceoladas e reservará energia para futura produtividade. A fase seguinte, juvenil, é a fase de crescimento rápido que coroa a independência da planta-filha com taxas máximas de crescimento do pseudocaulé e emissão foliar, e compreende o período entre o aparecimento da folha F10 até a emergência da primeira folha adulta típica, larga e com nervura central característica, com formação de copa e da diferenciação floral características. A terceira fase é a fase reprodutiva propriamente dita, com alto consumo de nutrientes, manifesta pelo aparecimento da inflorescência, ovalada de coloração purpúrea, também chamada de coração da bananeira, a partir da qual elas se diferenciam por partenocopia espontânea, a partir do ovário, uma vez que não há óvulos fecundados que se tornarão sementes, bem como pelas flores em forma de cachos. A quarta fase, também reprodutiva, corresponde à emergência dos frutos com duração média de 120 dias para cultivares do tipo Prata e 90 dias para tipo Cavendish. Nesta última fase, a planta mãe paralisa a emissão de raízes e folhas, concentra a nutrição no cacho e há a formação nas bases de novas mudas (filhas), que passam a contribuir com absorção de água e nutrientes. Assim, os principais drenos de nutrientes são: na primeira fase, a folha; na segunda fase, o desenvolvimento do pseudocaulé, necessário a uma sustentação do cacho; na terceira fase, a folha, o rizoma e os filhos jovens; e na quarta, os nutrientes são relocados simultaneamente para o desenvolvimento do cacho e da planta-filha selecionada como a seguidora. O reconhecimento das relações entre os órgãos, considerando os principais drenos e as vulnerabilidades durante o desenvolvimento da bananeira podem conduzir a interferência pelo agricultor no manejo, quando ele se torna crucial. Enquanto na fase infantil a atenção deve ser dirigida para a muda; no crescimento juvenil a adubação e a garantia de irrigação adequada asseguram o aumento do ritmo de emissão foliar e favorecem a emissão de uma inflorescência com muitas pencas e frutos, já que a quantidade de flores femininas definida na diferenciação floral é proporcional às folhas lançadas na fase juvenil. A partir do florescimento, no entanto, é importante a retirada de folhas velhas, quebradas ou amareladas que são vulneráveis aos fungos, e podem sequestrar água e nutrientes, além de dificultar a refrigeração do bananal. Na etapa pré-colheita, a atenção para o direcionamento, a sustentação e a proteção do cacho são ações importantes para garantir a produção. Após o desprendimento do cacho, a touceira é desbastada e reduzida a apenas três exemplares, a sucessora eleita como próxima planta-mãe, uma planta-filha e uma terceira de estágio de desenvolvimento precoce (eleita como neta), deixando a massa foliar residual desprendida como adubo verde, de modo a permitir a manutenção do espaçamento, da exposição solar e da ventilação adequadas, assim como possibilitar a renovação por gerações das plantas e a perenidade do bananal (ALVES, 1997; BORGES & SOUZA, 2004; DONATO *et al*, 2015).

O crescimento saudável das bananeiras depende da adequada exposição solar, da disponibilidade de água, de solo fértil em nutrientes e de ventilação controlada. Os tratos culturais dos banais para garantir estas condições ideais são relativamente simples e as ações (preventivas e corretivas) para o controle de ervas daninhas e de pragas permeiam todo o processo. Resumidamente, as etapas do cultivo das bananeiras passam pela escolha do local de cultivo, momento em que se considera desde o clima, a hidratação e o relevo, permeia a seleção das

mudas, o plantio, os manejos e tratos culturais, até que finalizam na colheita e no processamento pós-colheita do produto. Inicialmente, quanto à escolha do local de cultivo, as bananas são cultivadas em regiões tropicais e subtropicais. A bananeira é uma planta muito sensível ao déficit hídrico e, por outro lado, o excesso de umidade afeta a aeração do solo, sendo também prejudicial à cultura. O relevo de terrenos para o cultivo ideal é plano ou levemente inclinado para que o solo não encharque. Estima-se que o consumo anual de água ótimo para melhores produções de banana seja de 1.900 mm (variando entre 1.000 a 3.430 mm entre as produções rentáveis), desde que associada à precipitação anual bem distribuída, ou seja, em torno de 160 mm por mês (entre 100 a 180 mm/mês). Na região de Morrinhos do Sul existem condições adequadas, desde que o terreno de plantio mantenha cobertura morta, na forma de palha, ou viva, na forma de plantas rasteiras para evitar a erosão e compensar o excesso de chuvas, caso ocorram, e que as plantas sejam protegidas do frio e dos ventos, especialmente os mais frios e intensos meridionais, que podem comprometer o crescimento, a saúde dos frutos, causar a quebra de caules e o dano aos cachos em florescência. Três formas de proteção mecânica são utilizadas como barreiras aos ventos: o plantio em encostas que bloqueiem os ventos do sul; o plantio de espécies florestais resistentes aos ventos em torno do bananal, também denominado moldura florestal; ou ainda a adoção de sistema agroflorestal propriamente dito, em que o plantio de outras plantas e árvores é feito de modo espaçado em meio ao bananal funciona como difusor e amortecedor da força dos ventos. Este último sistema, desde que certificado, tem ainda a vantagem de permitir a exploração secundária de palmito e madeiras como fonte alternativa de renda aos produtores (ALVES, 1997; BORGES e SOUZA, 2004, VIEIRA, 2016).

O solo deve ter constituição arenoargilosa, boa profundidade e ser rico em matérias orgânicas. As bananeiras não se adaptam a solos rasos, compactados, ácidos ou salinos. A adubação, preferencialmente orgânica, deve utilizar 10 a 20 quilos de esterco por touceira, mantendo as plantas saudáveis, bem nutridas em cálcio, magnésio e potássio; e os corretivos químicos para o solo utilizados apenas quando e se houver a indicação, com cálculo volumétrico e supervisão de técnico habilitado. Para controle de ervas daninhas, em especial a grama que é a variedade que mais compete pela nutrição com as bananeiras, é preciso evitar o solo nu e exposto ao sol, sendo possível usar coberturas do solo mortas ou vivas. A cobertura morta é formada por restos de culturas de feijão, milho, palha de arroz ou de outras, inclusive restos de bananais sadios ao redor das covas, servindo a proteção do solo e como adubagem natural. Já a cobertura viva, técnica também denominada de adubação verde, é realizada com plantio consorciado de forrageiras, que agem como espécies melhoradoras do solo, possibilitando a manutenção de nutrientes, assim como o protege contra a ação direta da chuva, dos ventos e do sol, evitando a erosão, contribuindo para a conservação das propriedades físicas, químicas e biológicas adequadas para o desenvolvimento dos bananais. As leguminosas destacam-se entre as espécies vegetais que podem ser utilizadas como plantas melhoradoras do solo, pela sua característica formação de micorrizas por simbiose, sendo estes micro-organismos capazes de fixar o nitrogênio atmosférico em compostos nitrogenados solúveis e ainda por apresentar raízes geralmente bem ramificadas e profundas, que atuam estabilizando a estrutura do solo. Entre as leguminosas estão o feijão-de-porco, o guandu, as crotalárias, o caupi, o kudzu tropical, a mucuna preta, o amendoim forrageiro, a ervilhaca comum, entre outras. Contudo, para a bananeira, as não leguminosas (introduzidas ou nativas) são tão importantes quanto às leguminosas, especialmente aquelas que apresentam capacidade de vegetar no ambiente sombreado dos bananais. Isso porque a presença de raízes de outras espécies é muito importante para aliviar a pressão dos pa-

tógenos (nematoides e fungos) sobre as raízes da bananeira, assim como aumentar a aeração e retenção de água do solo. Dentre as não leguminosas implantadas, as que melhor vegetam sob o bananal são o nabo forrageiro, a aveia preta e o azevém. Plantas forrageiras podem ainda apresentar efeito alelopático, ou seja, supressor sobre espécies invasoras que possam interferir negativamente na cultura, como gramíneas de verão, tiririca, carrapicho e papuã, reduzindo o trabalho de carpina e evitando uso de herbicidas químicos. São exemplos de espécies alelopáticas: o feijão de porco, a aveia preta, guandu anão, mucunas e cravo de defunto, entre outras (DONATO *et al.*, 2015, EMBRAPA, 2018).

A manutenção de flora decompositora, insetos e pássaros, preservando o equilíbrio do ecossistema e os inimigos naturais das pragas dos bananais é uma das vantagens da adubação orgânica em relação ao uso de fertilizantes químicos. Sugere ainda proceder à adubação antes de poda ou roçado simples de espécies consorciadas. O manejo da adubação orgânica, tanto a base de esterco ou cama de aves compostado e fermentado por cerca de três meses, húmus de minhoca, restos de podas do bananal e de outras plantas consorciadas (a chamada “adubação verde”), quanto adotando os biofertilizantes fermentados a base de leite, melaço, bagaço de cana, farelos de cereais e enriquecidos com pó de rocha e água de cinzas (estas ainda com efeito fungicida e bactericida) são as melhores alternativas para manter uma nutrição adequada e a biodiversidade do solo, segundo Donato *et al.* (2015).

Mesmo quando em manejo mínimo, impactos ambientais positivos são atribuídos às próprias bananeiras em relação às antigas encostas desmatadas e degradadas pelo cultivo de cana de açúcar ou outras culturas intensivas no litoral norte do RS: suas raízes profundas, mantem a estrutura do solo evitando sua erosão pelas chuvas, suas copas largas, protegem o solo do sol, quando desprendidas, injetam matéria orgânica capaz de manter a fertilidade do solo. É comum ainda o comportamento hidrofílico em que as bananeiras nativas se reproduzem por brotamento ao longo de pequenos cursos d’água evitando o assoreamento de suas margens. No entanto, a própria localização em declive acentuado do vale e a proximidade com córregos e riachos aumenta o risco de contaminação destes por rejeitos químicos utilizados na bananicultura, especialmente em períodos chuvosos, em Morrinhos do Sul.

A seleção da variedade de mudas para plantio pelo produtor, a seguir, leva em conta a aceitação do consumidor e a resistência às pragas. As mudas devem ser provenientes de bananais sadios, livres de broca-do-rizoma (moleque-da-bananeira) e outras doenças. Há cultivares mutantes naturais ou não, que são tolerantes (e até mesmo resistentes) às pragas mais comuns. Quanto às mudas, as convencionais são as mais usadas e podem ser pedaços de rizoma, ou pequenas plantas em vários estágios de desenvolvimento, chamadas de “chifrinho”, “chifre” ou “chifrão”, e, além disso, ainda existem as mudas não convencionais, como culturas de tecidos. A preparação das mudas inclui, ainda no bananal de origem, a seleção e a decortização de suas áreas, mortas a facão, eliminando por queima aquelas que apresentem sinais de doenças; a seguir, as mudas são tratadas por descontaminação química através da imersão da base por 10 minutos em 1 litro de água sanitária para cada 5 litros de água; e logo depois devem ser transportadas ao local de plantio. O uso de folhas de bananeiras não descontaminadas para a proteção das mudas, assim como a reutilização de embalagens de papel ou madeira durante o transporte, são proscritos para não carrear fungos e insetos nocivos de um bananal para outro (ALVES, 1997; EMBRAPA, 2018).

A etapa do plantio deve ser realizada antes do período chuvoso, respeitando o espaçamento entre as plantas, de acordo com o preconizado para o porte da variedade escolhida e plano de cultivo. Em geral, como o brotamento espontâneo da touceira garante a sucessão dos bananais, basta proceder o desbaste ou raleio, de modo que se deve deixar apenas uma ou duas plantas-filhas por touceira, retirando os brotos em excesso, e respeitando o espaçamento entre as touceiras, em geral, de 2,5 m a 2,5 m, com densidade de 1.600 plantas por hectare, para bananeiras tipo prata; e a cada 2,0 m x 2,5 m, com densidade de 2.000 plantas por hectare para o tipo nanica. Não há necessidade de arar o solo, apenas se deve proceder com uma roçagem simples. Em caso de necessidade de coveamento para o replantio ou plantio de novas mudas em bananais em formação, é prevista a abertura de covas com a dimensão de 40 m³ em dispositivos triangulares, em quadrado ou retangulares, de acordo com a área disponível a ser aproveitada. Os primeiros 20 cm da camada superior do solo cavado devem ser adubados e colocados de volta, como camada inferior. Em seguida, faz-se necessário cobrir mudas com os 20 cm inferiores de solo, previamente separados. Se não houver pega, as mudas mortas podem ser substituídas em 30 a 45 dias, usando mudas mais desenvolvidas, eliminando-se as folhas e deixando somente o cartucho ou vela (ALVES, 1997; BORGES e SOUZA, 2004; CORDEIRO, 2000).

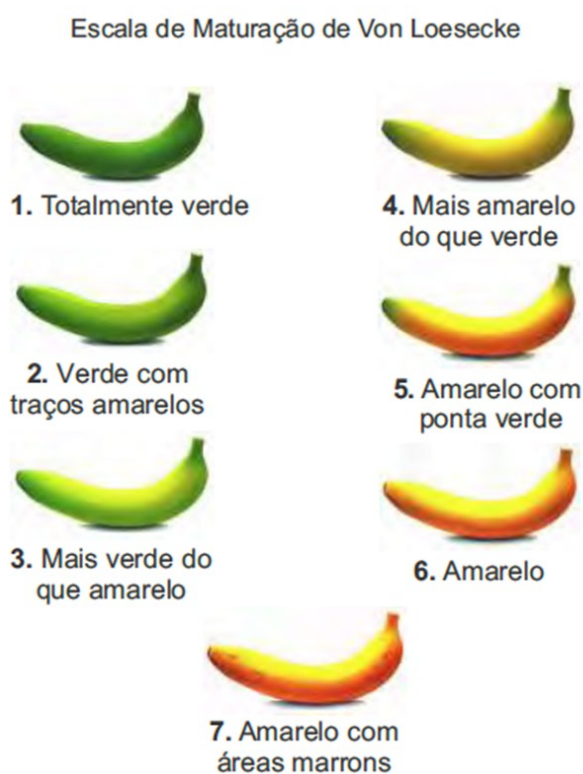
Nos primeiros seis meses, principalmente, é importante deixar o bananal limpo, com a desfolha de folhas secas, mortas e das verdes parcialmente quebradas, para facilitar a exposição das plantas em crescimento ao sol, bem como, no caso de sistemas agroflorestais, deve-se controlar o sombreamento através da poda das copas de árvores exuberantes. Quando os frutos dos bananais começam a se desenvolver, é preciso praticar o direcionamento e o escoramento do cacho em direção à planta-neta, para evitar tombamentos pelo peso e ação do vento, assim como danos aos frutos por contato com a bananeira adulta. Aparar restos florais e o coração, assim como ensacar os cachos bem formados são técnicas comuns utilizadas para melhorar o desenvolvimento, proteger de pragas e evitar o dano por congelamento dos frutos durante os meses de junho a agosto na estação do inverno frio do sul do Brasil (ALVES, 1997; BORGES & SOUZA, 2004). Infere-se uma análise pessoal, de que o descarte de sacos de polietileno utilizados para a proteção dos cachos pode ser observado como um dos riscos ecológicos da bananicultura morrinhense, uma vez que não são biodegradáveis e não existe programa de recolhimento específico para tais resíduos, descartados como lixo comum e, às vezes, de forma errática.

Os frutos se tornam amarelos com a maturação, que é catalisada pela exposição à luz solar, calor acima de 16 graus Celsius e gás etileno emitido por outras frutas maduras próximas; posteriormente, começam a escurecer, as folhas secam e nesse estágio diz-se que a planta morreu, pois cada pseudocaule desenvolve ciclo de uma única inflorescência. Logo após a colheita não se espera a morte da planta, os pseudocaulos devem ser cortados a 30 cm do chão (decepa) a fim de garantir o suprimento para a planta herdeira subsequente. As ferramentas utilizadas para o corte e o despencamento devem ser limpas com solução clorada, para evitar a contaminação da ferida por fungos e outros microrganismos. O cacho pode descansar protegido do sol e do solo no lugar da colheita e ser transportado com cuidado do campo ao galpão, em até um dia, onde será feito o despencamento, a lavagem das frutas, em solução de 100 litros d'água para 2 litros de detergente biodegradável, visando eliminar o leite que provoca manchas nas bananas, além de secagem, seleção de frutos sem imperfeições, pesagem e embalagem. No verão a água da lavagem deve ser fria para favorecer a durabilidade dos frutos (ALVES, 1997,

BORGES e SOUZA, 2004).

A banana é um fruto climatérico, ou seja, os frutos devem ser colhidos verdes, com cachos formados por bananas gordas se forem colhidas para o mercado local, ou com quinias mais definidas se forem transportadas para mais longe e o amadurecimento do fruto ocorre em separado da planta. Uma colheita precoce pode alterar a qualidade do fruto, especialmente, quanto ao aroma e ao sabor. No momento da colheita, o cacho representa 33 a 50% de toda a matéria seca da planta e é importante respeitar o ponto de colheita de cada variedade, chamado maturidade fisiológica, que pode ser determinado colhendo-se um fruto do cacho, partindo ao meio e verificando se a polpa está amarelada ou por escala visual (ver Figura 1 - Escala de Maturação de Von Loesecke).

Figura 1 - Escala de Maturação de Von Loesecke.



Fonte: PBMH & PIF, 2006

Para o transporte até silo climatizado utilizam-se caixas plásticas que possam ser reutilizadas após uma desinfecção com hipoclorito de sódio ou amônia quaternária. Os pomares orgânicos certificados devem utilizar apenas produtos e aditivos permitidos pela normatização em vigor; e os produtores da região dependem da homologação dos produtos pelo seu Organismo Participativo de Avaliação da Qualidade Orgânica (OPAC) credenciado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003). Já o uso de corretivos químicos para o solo, assim como o controle químico de pragas, quando indicados na bananicultura tradicional, são procedimentos que devem ser realizados nas doses preconizadas pelos técnicos, seguindo as normas de segurança e saúde para o trabalhador rural e com aplicações de fungicidas/ bactericidas de eficácia comprovada no controle das doenças, aprovados e registrados pela regulação sanitária e, preferencialmente, de modo que se possa alternar o uso de grupos químicos distintos, para evitar a ocorrência de resistência do patógeno a estes produtos. A pulverização deverá

atingir principalmente a vela e as folhas centrais, pois são nelas que se costumam iniciar as infecções fúngicas, sendo assim, a pulverização aérea é a mais eficiente e o risco de contaminação de olhos, vias aéreas e epiderme dos trabalhadores é ainda maior quando não corretamente protegidas (BRASIL, 1989, 2003).

Observou-se ainda que o armazenamento e a logística reversa para restos químicos, embalagens contaminadas com defensivos químicos, assim como da água utilizada para lavar equipamentos de proteção individual dos aplicadores de venenos são problemas importantes para produção convencional de bananas na região, uma vez que a mesma é carente de estrutura sanitária e de política pública de manejo e tratamento destes resíduos perigosos. Sua solução depende da ampliação de estudos e da disseminação de informações práticas quanto às alternativas ao uso de agrotóxicos que contrariam a mentalidade comercial, estabelecida pelos fornecedores de agroinsumos da região, grandes concentradores da assistência técnica do tipo balcão de venda e muitas vezes restrita a interpretação de bulários comerciais. É preciso que novas iniciativas para a capacitação do homem do campo sejam desenvolvidas para a conscientização, a adoção de precauções e o aumento da proficiência do uso racional de agrotóxicos dos bananicultores do litoral gaúcho.

Um novo olhar sobre o combate as pragas dos bananais

Como já citado, ações preventivas e corretivas para o controle de plantas oportunistas e doenças permeiam praticamente todas as etapas do cultivo das bananeiras. Um programa de monitoramento eficaz das pragas das bananeiras deve partir do reconhecimento dos organismos invasores, condições predisponentes, inimigos naturais, se existentes, da estimativa de extensão do dano e da avaliação das melhores alternativas de controle. (FANCELLI *et al.*, 2015).

Os organismos que podem afetar o cultivo das bananas – sejam eles fungos, insetos, ácaros, bactérias, vírus ou nematoides – têm uma característica comum: todos eles surgem quando a planta está fragilizada, seja porque não está recebendo sol ou nutrientes de forma adequada, seja porque está num período de vulnerabilidade, como na época reprodutiva, ou mesmo porque o seu catabolismo acentuado disponibiliza na seiva aminoácidos e pequenas proteínas livres em nível anormalmente alto, o que é atrativo para pragas que dispõem de um sistema digestivo rudimentar. Em contrapartida, sabe-se que uma espécie vegetal bem adaptada ao local, ao clima e mantida num ecossistema equilibrado, que preserve a proteção de inimigos biológicos e competidores naturais de suas pragas, é menos propensa a adoecer (DONATO *et al.*, 2015).

Um erro comum advindo do abuso de pesticidas é o uso indiscriminado de inseticidas e herbicidas, consumindo ao mesmo tempo: tanto insetos danosos como os inimigos naturais, seus e de outros microrganismos, e os de função decompositora que melhorariam a qualidade do solo; ervas daninhas junto com forrageiras que serviriam como cobertura e proteção do solo, preservariam a umidade e serviriam como adubo verde. Desta forma, é uma das causas que concorrem para disseminação de doenças oportunistas e não causadas por insetos, como fúngicas e virais. As pragas específicas dos bananais não devem, portanto, ser entendidas como inimigos a serem vencidos a qualquer custo, e sim como sintomas desadaptativos do próprio manejo, por vezes com ações humanas em desacordo com as necessidades das plantas, e que podem ser utilizados como indicadores para a melhoria deste processo.

Faz-se necessário pontuar que doenças dos bananais são próprias destes vegetais e

não transmitem ou causam enfermidades em seres humanos, mesmo que consumam inadvertidamente frutos de plantas contaminadas; já os resíduos de agrotóxicos depositados nas cascas dos frutos e utilizados para combater fitopatógenos podem, sim, causar malefícios à saúde humana pelo contato com a pele, por mucosas ou ingestão. E se, por um lado, as pragas causam perdas e prejuízo econômico aos produtores, por outro, o combate intensivo a elas por meio de inseticidas, fungicidas e outros produtos químicos onera a produção, especialmente se aplicados de forma incorreta, o que pode adicionar prejuízos ecológicos e à saúde de todos os envolvidos na cadeia produtiva (FANCELLI *et al*, 2015).

Chamamos a atenção para a broca-do-rizoma também conhecida por “moleque-da bananeira”, que é considerada a principal praga da cultura de bananas, causada por larvas do pequeno besouro de cor preta, o *Cosmopolites sordidus*. Sua propagação costuma ocorrer por mudas infestadas por ovos, larvas dos insetos ou caminhamento. Dos ovos eclodem em larvas, brancas e de cabeça marrom, responsáveis pelo dano às bananeiras, pois constroem galerias e se alimentam do tecido do rizoma, prejudicando a translocação da seiva, a absorção de nutrientes do solo e aumentando a suscetibilidade a uma penetração de outros organismos patogênicos. Passando pela fase de pupas até a metamorfose em inseto adulto, o seu ciclo de vida leva de um a dois meses, dependendo da temperatura e do cultivar afetado. Os insetos, por sua vez, formas reprodutivas que não causam dano direto as plantas, podem sobreviver até por vários meses, inclusive sem alimentação, e manifestam hábitos noturno e gregário, podendo ser encontrados em grupos alojados em locais úmidos e sombreados junto às touceiras, bainhas foliares e restos culturais. O bananal tem o crescimento reduzido, inclusive quanto ao peso dos cachos e tamanho dos frutos. As folhas ficam amareladas e as plantas mais propensas ao tombamento por ação do vento estimando-se as perdas da produção entre 20 a 50%. A broca-rajada é outra doença dos bananais em que larvas de besouro, desta vez da espécie *Metamasius hemipterus*, afetam preferencialmente o pseudocaulo e em que o dano pode ser controlado da mesma forma que a broca-do-rizoma (FANCELLI *et al*, 2015; CORDEIRO *et al*, 2000).

Entre medidas para a redução populacional da broca-do-rizoma cita-se o uso de mudas sadias e cultivares resistentes, o manejo cultural apropriado, as iscas atrativas, o controle biológico e químico. O manejo inclui ações adicionais como a destruição das iscas usadas, a fragmentação de restos de culturas que possam ser utilizados como adubo verde, o uso de cobertura vegetal que abrigue inimigos naturais do besouro, assim como a introdução de fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana*, que são capazes de infectar e matar os insetos adultos. Já as armadilhas ou iscas, convencionais ou com feromônios sintéticos, são alternativas ao uso de inseticidas específicos. Enquanto as iscas convencionais podem ser do tipo queijo, mais eficazes, tipo telha ou sanduiche (duas telhas sobrepostas), e são produzidas para colecionar as larvas a partir de pseudocaulos com até 15 dias da colheita, as iscas do tipo rampa ou poço, utilizam sachês de feromônios sintéticos para atrair insetos adultos a um recipiente coletor, contendo detergente biodegradável a 3%. O monitoramento utiliza 20 iscas convencionais por hectare, em coleta diária ou semanal, já o controle de surto detectado usa de 50 a 100 iscas distribuídas por cada hectare com substituição quinzenal e/ou três armadilhas com feromônios por hectare, espaçadas por pelo menos 3 metros umas das outras, renovando-se os sachês mensalmente (FANCELLI *et al*, 2015; EMBRAPA, 2018).

As doenças fúngicas são as de maior importância por comprometerem gravemente a saúde dos bananais, dentre elas podemos destacar o mal do Panamá (*Fusarium oxysporum* f.

sp. cubense), a sigatoka-amarela (*Mycosphaerella musicola*, Leach), e a sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet), ressaltando que esta última ainda não foi evidenciada nos bananais locais. O mal do Panamá pode ser disseminado por solo e mudas infectadas, por água, pelo homem, bem como animais e equipamentos. As folhas amarelam, das mais velhas para as mais novas, murcham, secam e se quebram junto ao pseudocaule que toma a aparência de um guarda chuva fechado. As folhas centrais permanecem eretas, observa-se rachaduras no pseudocaule junto ao solo e, tardiamente, pode ser verificada alguma descoloração pardo-avermelhada por cortes no pseudocaule. Por sua vez, o aparecimento da sigatoka, negra ou amarela, é favorecido por períodos de muita chuva e temperaturas elevadas e os fungos podem ser disseminados por mudas ou folhas contaminadas (estas últimas, muitas vezes, usadas como proteção de caixas de frutos), vento, água (chuva, irrigação), roupas e sapatos, ferramentas, caixas de madeira ou de plástico, veículos infestados, sendo difícil de erradicar uma vez instaladas. Enquanto a sigatoka-negra, mais agressiva, as lesões são identificadas como estriadas, na sigatoka-amarela as lesões são delimitadas e necrosadas no centro. Ambas sigatokas afetam as principais variedades de bananeiras cultivadas atualmente, como a prata, a nanica ou caturra e a maçã. Devido à destruição do limbo foliar pelo ataque do patógeno, ocorre conseqüentemente uma redução da área fotossintética, repercutindo na morte precoce das folhas e no enfraquecimento da planta, na diminuição do número de pencas e tamanho dos frutos, na maturação precoce dos frutos, no enfraquecimento do rizoma e perfilhamento lento. As perdas podem chegar a 100% do bananal, com graves conseqüências para os pequenos produtores que terão dificuldades em realizar os tratamentos recomendados. A drenagem do solo, adubação e irrigação balanceada, o combate às plantas daninhas e a eliminação de folhas doentes podem reduzir o risco, assim como o plantio de variedades naturalmente resistentes aos fungos podem ser entendidos como uma abordagem preventiva de escolha (CORDEIRO *et al*, 2010; FANCELLI *et al*, 2015).

Os tripes-da-erupção-dos-frutos e tripes-da-ferrugem-dos-frutos, por sua vez, causam danos pela inserção nas cascas dos frutos em desenvolvimento de ovos de pequenos insetos frutívoros, os tisanópteros, que se alojam nas flores novas, respectivamente, das espécies *Frankliniella* spp e *Bradinothrips musae*. Embora a alteração na aparência não prejudique o consumo da banana, ela desvaloriza o produto e pode permitir a contaminação secundária por fungos, especialmente, pelo fungo *Colletotrichum musae*, que causa Antracnose ou podridão dos frutos. Fancelli *et al* (2015, p.13) reforça a ideia de autores que a precederam, de que o controle dos tripes responde a técnicas simples de manejo por “eliminação de restos florais e do coração, logo após a formação do cacho; erradicação de hospedeiros alternativos e proteção dos cachos com sacos impregnados ou não com inseticidas”.

Das doenças bacterianas que atacam os bananais, a mais conhecida é o moko, ou murcha bacteriana, causada pela *Ralstonia solanacearum*, raça 2. Esta bactéria gram negativa pode ser disseminada por solo e raízes contaminadas, por insetos, como abelhas, moscas e vespas; e mesmo pelo uso de ferramentas contaminadas utilizadas para capina, desbaste, desfolha, corte do coração e colheita do cacho. As folhas das plantas jovens permanecem enroladas, murchas e amarelam a partir da parte inferior com quebra do pecíolo. Nesse caso, identificamos como característica a necrose total da folha central ou vela, enquanto as outras ainda não apresentam sinal da doença, assim como a necrose das folhas centrais para as bordas nas plantas mais velhas. Cortes do rizoma mostram pontos de cor parda a vermelho, formando um anel marrom

na parte central e nas junções desta com as brotações laterais, assim como a presença de leite denso e amarelado que brota de secções do próprio rizoma, do pseudocaulé e do engajo após a seca do látex. Os frutos apresentam podridão, seca e escurecimento da polpa e da casca, tornando-se impróprios para o consumo.

O moko pode ser controlado com o uso de mudas sadias, cultivares resistentes, ao se evitar capina para evitar fermento em raízes substituindo por roçagem, coberturas mortas ou vivas, desinfecção de ferramentas de corte utilizadas no manejo com água sanitária e água, em proporção 1:3, com o cuidado de eliminar restos florais e o coração da bananeira para evitar a atração de insetos. Na suspeita de contaminação, é preciso restringir o trânsito de pessoas e veículos entre o bananal doente e os outros. O uso de herbicidas para a erradicação da planta doente e das plantas vizinhas que se encontrarem num raio de 10 metros pode utilizar a aplicação por injeção com seringa (dose de 10 ml para plantas em brotação e 20 ml em plantas adultas) de Tordon a 8% ou Glifosato a 20% em alternativa a opção de queima do bananal (FANCELLI *et al*, 2015).

Outras pragas que podem reduzir a produtividade dos bananais são lagartas, como a da mariposa *Opogona sacchari*, ou traça da bananeira, da mariposa *Telchinlicuslicus*; ou ainda a broca-gigante e outras lagartas desfolhadoras, como a da mariposa *Antichloris* spp. e borboletas *Caligo* spp (borboleta corujão) e *Opsiphanes* spp, que, embora tenham inimigos naturais como pássaros e morcegos, podem causar prejuízo por alimentar-se das folhas das bananeiras. Vírus como o Banana Streak Virus (BSV) e o Cucumber Mosaic Virus (CMV), ainda não são muito comuns no nosso meio e, por sua vez, o nematoide *Radpphilus simillilis* se destaca pelos danos causados e pela ampla distribuição em regiões produtoras de banana do norte e nordeste, não estando entre os fitopatógenos que causam problemas mais sérios na região sul do Brasil, até o momento, mas recomenda-se vigilância (CORDEIRO *et al*, 2000; FANCELLI *et al*, 2015;).

Os produtores de bananas para a exportação internacional, especialmente do Caribe e Ásia, são usuários intensivos de pesticidas, o que pode representar até 35% dos custos de produção, diluídos na escala industrial. Além do custo econômico, as preocupações sobre os efeitos deletérios de defensivos químicos na saúde do meio ambiente e dos trabalhadores têm impulsionado esforços para a redução do seu uso e a adoção de práticas mais sustentáveis de proteção de cultivos. Esta solução tecnológica utilizada por grandes empresas não é válida ou é pouco aplicável para a realidade da grande maioria de pequenos bananicultores brasileiros, pois o custo tecnológico costuma tornar-se proibitivo e reduzir o valor agregado em relação ao volume da produção, ainda mais se considerado o risco de impacto ambiental negativo como “custo”.

Segundo Peterson *et al*. (2017, p.38):

Valor agregado – indicador da renda gerada pelo trabalho na análise econômica dos agroecossistemas, o valor agregado (VA) corresponde à nova riqueza gerada (...) É expresso pela diferença entre o valor monetário dos bens produzidos (vendidos, autoconsumidos e/ou doados) e os custos incorridos na produção. (...) sua aplicação à produção primária na agricultura familiar é uma ferramenta fecunda para a análise econômica de agroecossistemas com distintas trajetórias e estratégias de gestão econômico-ecológica. Isso porque o VA é um importante indicador do grau de autonomia produtiva e de eficiência no uso dos recursos disponíveis nos agroecossistemas. Agroecossistemas com altos valores de produção e baixo valor agregado empregam grande parte de seu faturamento na remuneração de agentes externos, transferindo rendas a agentes de mercado (fornecedores de insumos e serviços).

As estratégias mais eficazes para que o produtor rural não se torne refém da monocultura seriam a diversificação de culturas de outras espécies/variedades, que forneça fontes de renda alternativas para a sua propriedade, uma vez que, na vigência de pragas incontroláveis, bananais doentes e abandonados deverão ser erradicados, bem como a diversificação dos canais de escoamento de sua produção em meio à logística de distribuição regional, para depender cada vez menos de um único atravessador (FAO, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os bananicultores morrinhenses encontram dificuldades para manter o negócio de gerações, em um horizonte que exige melhor produtividade, qualidade dos frutos e logística de distribuição. E todas estas três dimensões da atividade produtiva são afetadas negativamente pelas pragas que atingem os bananais.

Para evitar frutos de baixa qualidade e maximizar a produção, a bananicultura tradicional utiliza defensivos agrícolas em grande quantidade. Hoje, várias iniciativas, inclusive com o aval de organizações internacionais, como a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), se dedicam ao estudo e à divulgação de técnicas agrícolas que possam reduzir o consumo de agrotóxicos na produção de bananas, tanto para reduzir o custo da produção para agricultores familiares, como para proteger a saúde dos trabalhadores, consumidores e do meio ambiente.

O próprio uso de mudas de cultivares resistentes as pragas, em que se pese a discussão quanto à proibição da utilização de híbridos criados por engenharia genética na agricultura orgânica, é uma abordagem racional para reduzir a demanda pelo uso de defensivos químicos potencialmente tóxicos. Já a praxe de que a informação técnica para uso de agrotóxicos, prevista na Lei brasileira, seja realizada nos balcões de vendas de insumos agrícolas por parte dos técnicos que, na verdade, são representantes comerciais assalariados direta ou indiretamente pelos fabricantes. A informação técnica para o campo necessita de novos formatos, isentos de conflitos de interesse, com a validação científica e argumentos sólidos que incentivem a mudança para o paradigma do cultivo sem veneno. Urge a discussão de modelos de capacitação profissional acessíveis, atrativos e alinhados com a mentalidade prática dos bananicultores de Morrinhos do Sul, sejam eles cooperados ou não, a fim de apresentar e incentivar a adoção de práticas sustentáveis voltadas ao controle de pragas que atingem as bananeiras. Práticas estas que sustentem a qualidade dos recursos ambientais utilizados na própria produção, na fertilidade e no controle da erosão do solo, hidratação com água pura, ventilação e exposição solar adequada, como base para qualidade do próprio produto final, a banana.

Essa revisão foi motivada pela percepção da necessidade de ampliar o entendimento e acesso às informações técnicas alternativas ao uso de pesticidas para os bananicultores, no entanto, longe de esgotar o assunto, levantou problemas relacionados e destacados no texto, como da necessidade de monitorização, diagnóstico e tratamento precoce dos casos de intoxicação de trabalhadores por agrotóxicos na região, assim como da revisão do processo de logística reversa de embalagens plásticas de agroquímicos e dos sacos de polietileno utilizados na proteção dos cachos, temas profícuos para outros estudos.

Aspectos sobre os mecanismos que dão condições para disseminação de fitopatogênias

e o surgimento de plantas espontâneas que reduzem a saúde dos bananais, são conhecimentos relevantes e capazes de incentivar a reinterpretação de pragas e ervas daninhas como sintomas de alerta e indicadores de qualidade do manejo aplicado aos bananais, e não como inimigos a serem combatidos a base de veneno, independente do custo ambiental e à saúde do trabalhador. Esse pode ser o caminho para o desenvolvimento de práticas direcionadas à busca de equilíbrio do ecossistema bananicultor, permitindo a perenidade dos bananais por sua sucessão familiar vegetal correlata a das gerações de homens e mulheres rurais, de modo a manter – e até mesmo aprimorar – a rentabilidade da bananicultura com benefício socioeconômico da localidade de Morrinhos do Sul, hoje e amanhã.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. J. (Org.). A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: Embrapa-SPI/Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1997. 585 p.

BRASIL. Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989. Lei dos Agrotóxicos e suas alterações. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 jul. 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7802.htm>. Acesso em: 09 jul. 2018

_____. Lei no 9.456, de 25 de abril de 1997. Lei de Proteção de Cultivares. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 08 abr. 1997, retificado em 26 ago. 1997 e 25 set. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9456.htm>. Acesso em: 09 jul. 2018

_____. Lei no 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Lei dos Orgânicos. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 dez. 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/leis/2003/L10.831.htm>. Acesso em: 09 jul. 2018.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. (Ed.). O cultivo da bananeira. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004. Disponível em: <<http://frutvasf.univasf.edu.br/images/banana2.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2018

CASTRO, D. de; MELLO, R. S. P. (org.) Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Porto Alegre: Ed. Via Sapiens, 2013.

CORDEIRO, Z. J. M. (Ed.). Banana. Fitossanidade. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas, BA/ Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. 121 p. Disponível em: <<http://www.frutvasf.univasf.edu.br/images/banana1.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

DONATO, R. *et al.* Considerações ecofisiológicas e estratégias de manejo da bananeira. In: VIII Simpósio Brasileiro sobre Bananicultura, 2015, Montes Claros, MG. Disponível em: <ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126869/1/Consideracoes-ecofisiologicas-e-estrategias-de-manejo-da-bananeira.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2018.

EMBRAPA -. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Banana. Disponível em: <<https://www.>>

embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/banana.>. Acesso em: 02 ago. 2018.

FANCELLI, Marilene *et al.* Artrópodes: pragas da bananeira e controle. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.36, n.288, p.7-18, 2015. Disponível em:<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1047091/1/ART16013.pdf>>. Acesso em 01 jun. 2018.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations/ World Banana Forum. Sustainable Production Systems and Environmental Impact. Disponível em: <<http://www.fao.org/world-banana-forum/working-groups/environment/en/>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

FIORI, T. P. *et al.* Atlas FEE .Porto Alegre: FEE, 2017. 29 p.. ISBN 978-85-7173-146-2. Disponível em:<<http://cdn.fee.tche.br/atlas/atlas-fee-impressao.pdf> >. Acesso em: 03 jul. 2018

KUBO, R. R.; SOUZA, G. C.; MIGUEL, L. A. O extrativismo da samambaia-preta e os dilemas da busca de uma estratégia sustentável para área de Mata Atlântica no Rio Grande do Sul. In Souza, G.C.; KUBO, R.R., MIGUEL L.A. (Orgs.). Extrativismo da samambaia preta no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Editora da UFRG, 2008. 264 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Disponível em: <www.cidades.ibge.gov.br>Acesso em: 18 jul. 2018. (IBGE 2018 a).

_____. Censo Agropecuário 2017. Brasília: IBGE, 2018. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2017/>>. Acesso em: 18 jul. 2018. (IBGE 2018 b).

PETERSEN, P. *et al.* Método de análise econômico-ecológica de Agroecossistemas. Articulação Nacional de Agroecologia (Brasil). Rio de Janeiro: AS-PTA, 2017. 246 p. Disponível em:<http://www.agroecologia.org.br/files/2017/03/2-livro_METODO-DE-ANALISE-DE-AGROECOSSISTEMAS_web.pdf>. Acesso em 02 ago. 2018.

PBMH & PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. Normas de Classificação de Banana. São Paulo: CEAGESP, 2006. Disponível em:<<http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/banana.pdf>>. Acesso em: 03 jun.2018.

VIEIRA A. C. B. Os jovens rurais do litoral norte do Rio Grande do Sul: os modos de vida e a construção de estratégias para a permanência no campo. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/172445>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

WIVES, D. G. Funcionamento e performance dos sistemas de produção da banana na Microrregião do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/14897>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

_____. Fatores Influentes na Tomada de Decisão e Organização dos Sistemas de Produção da Base Ecológica da Banana no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. 2013.Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em:<<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96682/000914614.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

Avaliação dos impactos socioambientais do rio Guarabira

Assessment of the social and environmental impacts of the Guarabira river

Rivaildo da Silva Ramos Filho

Universidade Federal de Campina Grande

<http://lattes.cnpq.br/3520936217254076>

Markwiliam Marques de Oliveira

Engenheiro Civil – Universidade Estadual da Paraíba

Rodolfo Sousa de Araújo

Engenheiro Civil – Universidade Estadual da Paraíba

Rubens Hayran Cabral dos Santos

Universidade Federal de Campina Grande

<http://lattes.cnpq.br/1438964181355747>

Tiago Weber dos Santos

Universidade de Coimbra

<http://lattes.cnpq.br/5141140886427353>

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.11

Resumo

Rio é o curso natural da água que percorre, predominantemente, de um local mais alto para um lugar mais baixo, pela ação da gravidade, geralmente deságua no mar, um lago ou em outro rio. Os impactos socioambientais estão presentes de diversas formas nas cidades brasileiras e no mundo, principalmente associados ao crescimento populacional desordenado, descaso público e a falta de conscientização dos cidadãos, que acarreta em graves consequências para o meio ambiente, dentre eles temos a poluição nos rios. O trabalho teve como objetivo avaliar o processo de degradação do Rio Guarabira-PB, delimitando o seu estudo entre a Rua Manoel de F. Pessoa e a Avenida Rui Barbosa, local de maior incidência de efluentes. A metodologia consistiu em análises de revisões bibliográficas interligadas aos impactados ambientais de rios, juntamente com pesquisas e informações pertinentes para compreender e apresentar um diagnóstico mais apurado sobre esses impactos, fornecidas pela população ribeirinha do município e pelas autoridades pertinentes que vistoriam o rio. Após a realização do trabalho obteve-se como resultado da pesquisa de campo, que mais de 90% dos entrevistados afirmam que a degradação do rio se deu, principalmente, pela ação antrópica, cerca de 47% retrataram que as autoridades têm organizado campanhas em prol do rio, exatamente 90% dos ouvidos, possuem a esperança de reverter a situação e presenciar o rio saudável no futuro, por unanimidade, retrataram que o lançamento de lixos no rio é a ação mais prejudicial e praticada sobre ele, e a metade dos entrevistados mencionaram que nunca viram agentes sanitaristas nos arredores do rio, fazendo qualquer tipo de atividade benéfica. De acordo com os resultados obtidos, observa-se que a predominantemente causa da degradação do rio, se dar através da falta de saneamento básico, entre outros contribuintes semelhantes, e que se faz necessário à adoção de medidas preventivas e regulamentadoras que visem à mudança desse cenário, partindo de ações do poder público que promovam saúde e cuidados para esse recurso hídrico, que é de suma importância para o desenvolvimento da cidade.

Palavras-chave: meio ambiente. degradação. poluição. saneamento básico.

Abstract

The river is the natural course of water that runs predominantly from a higher place to a lower place by the action of gravity, usually flows into the sea, a lake or another river. The socio-environmental impacts are present in various forms in Brazilian cities and in the world, mainly associated to disorderly population growth, public neglect and lack of citizen awareness, which has serious consequences for the environment, among them we have pollution in rivers. The objective of this study was to evaluate the degradation process of the Guarabira-PB River, delimiting its study between Manoel de F. Pessoa street and Rui Barbosa Avenue, a site with a higher incidence of effluents. The methodology consisted of analyzes of bibliographic reviews interrelated with the environmental impacts of rivers, together with relevant research and information to understand and present a more accurate diagnosis of these impacts, provided by the riverside population of the county and by the pertinent authorities that survey the river. After the work was carried out, it was obtained as a result of the field research, that more than 90% of the interviewees affirm that the degradation of the river was mainly due to the anthropic action, about 47% portrayed that the authorities have organized campaigns in favor of the river, exactly 90% of the ears, hope to reverse the situation and witness the healthy river in the future, unanimously, portrayed that the discharge of garbage in the river is the most damaging and practiced action on it, and half of the interviewees mentioned that have never seen sanitarian agents in the vicinity of the river, doing any kind of charitable activity. According to the results obtained, it is observed that the main cause of the degradation of the river is through lack of basic sanitation, among other similar problems, and that it is necessary to adopt preventive and regulatory measures aimed at the change of this scenario, starting from actions of the public power that promote health and care for this water resource, which is of paramount importance for the development of the city.

Keywords: environment. degradation. pollution. basic sanitation.

Contemporaneamente, os efeitos combinados da crescente urbanização e das demais atividades antropogênicas associadas ao rápido crescimento populacional das últimas décadas são facilmente percebidas nos ecossistemas (THORNE e WILLIAMS 1997). A poluição das águas do rio trata-se de qualquer alteração em suas características físicas, químicas e biológicas que possa causar prejuízos à saúde da população, comprometendo a fauna e a flora da região que o permeia.

Há uma gama de poluentes que, inseridos no corpo hídrico, prejudicam todo o ecossistema ali presente. Destacam-se as de origem natural, esgotos domésticos e industriais, atividades antrópicas, águas de escoamento superficial, de origem agropastoril e resíduos sólidos (VON SPERLING, 1995).

Esses direcionamentos, dos esgotos para os rios, causam a aglomeração de matéria orgânica que, por sua vez, consome oxigênio em seu processo de decomposição, acarretando morte de peixes e outros organismos aquáticos devido ao processo de eutrofização. Além disso, causa odor e representam riscos a saúde pública, pois é constituído por vários micro-organismos patogênicos.

Outra grande fonte poluidora trata-se do depósito de lixo nos rios, em média o lixo doméstico no Brasil, segundo Jardim e Wells (1995) é composto por: 65% de matéria orgânica; 25% de papel; 4% de metal; 3% de vidro 3% de plástico. O lixo se acumula nos rios provocando o assoreamento, podendo chegar um ponto de não permitir fluxo d'água para locais onde o rio é canalizado, provocando enchentes quando ocorre alto índice pluviométrico.

Diante do vasto crescimento populacional das cidades, os problemas que rodeiam os recursos hídricos agravam-se a níveis catastróficos. De acordo com Clark e King (2005) o escoamento dos rios nas grandes cidades transformou-se em um verdadeiro esgoto a céu aberto. A parcela das indústrias, nessa problemática, dar-se pelo despejo de seus lixos repletos de produtos químicos tóxicos, não havendo preocupação com os danos aos seres humanos, peixes, entre outros seres que estão em contato direto ao rio.

A precariedade do saneamento básico é um dos principais expoentes que contribui para esta problemática, é o que afirma Guerra e Marçal (2006), a deficiência do saneamento acarreta a propagação de doenças, assoreamento de lagos, baías e rios, e a contaminação das áreas costeiras. Visto isso, faz-se necessário à existência da universalização do saneamento básico conforme a lei nº 11.445, de cinco de janeiro de 2007. No capítulo I dialoga sobre os princípios fundamentais da política de assistência ao serviço de saneamento básico.

Art. 1º Esta Lei estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.

Art. 2º Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais:

I - Universalização do acesso;

II - Integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;

IV - Disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo

das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado.

O objetivo principal desse estudo é expor a má utilização e a falta de conservação das águas residuais do rio Guarabira localizado na cidade de Guarabira/PB. Desde o contato da população com esse afluente até a importância como recurso natural para a cidade, além do levantamento de propostas intermediadoras referentes a prevenção e conscientização da população.

O que tem favorecido a má utilização e a falta de conservação das águas residuais do rio Guarabira localizado na cidade de Guarabira/PB? Usando-se como base um estudo geral para qualidade dos rios, assim como pesquisas voltadas a população ribeirinha. A importância do estudo sobre o rio Guarabira se dá a uma melhor vivência quanto a qualidade de vida da população local. Indo além de aspectos ambientais, a degradação em massa desse afluente fere preceitos sociais de ética e respeito quanto à falta de pensamento de conscientização dos moradores. Partindo da necessidade do uso das suas águas em benefício aos afazeres domésticos, limpeza de animais, pesca e utilizações em geral.

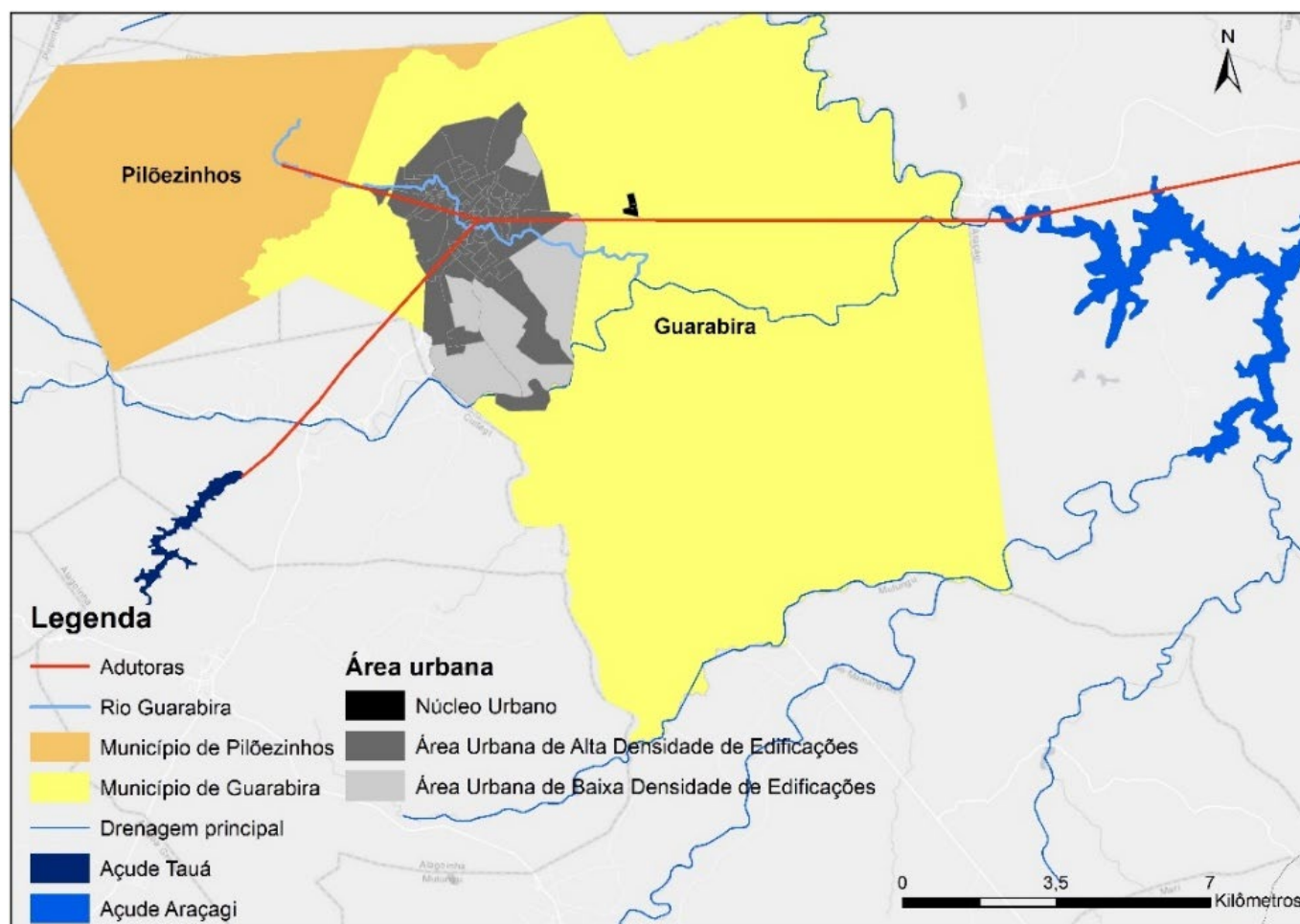
MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O município de Guarabira localiza-se no estado da Paraíba (Nordeste brasileiro), na microrregião do Piemonte da Borborema, é conhecida como Rainha do Brejo, pelo fato de ser a principal cidade-polo de uma região caracterizada pela regularidade de chuvas. Fica aproximadamente 98km da capital do estado, João Pessoa, 100km de Campina Grande, maior cidade do interior do Nordeste, a 198 km de Natal, capital do Rio Grande do Norte e a menos de 250km do Recife, a capital de Pernambuco. Possui uma área territorial de 165,744 km² com população de 55,326 habitantes (IBGE, 2010), seu clima é classificado como quente e úmido, com temperatura anual entre 20° a 36°, onde registra-se, a priori, temperaturas mais quentes nos meses de janeiro e fevereiro e mais frios de junho e agosto.

O Rio Guarabira encontra-se inserido nos domínios da província geológica da Borborema, formada por rochas cristalinas e Pré-Cambriana, constituindo o complexo gnássico-migmático-granitóide do período Arqueozóico (SANTOS, 2002). Situa-se na Depressão Sublitorânea Paraibana, cujo relevo é bastante variado e com altitudes limitadas de 350 metros.

Figura 1 – Trajeto do rio Guarabira em torno da área urbana do município de Guarabira



Fonte: Autores (2020)

A microbacia do Rio Guarabira é drenado a partir de riachos e rios temporários, onde o rio central percorre 10,2km ao longo do município de Guarabira e drena 3,074 ha de terra até se dissipar no Rio Araçagi (Figura 1), afluente do Rio Mamanguape (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARABIRA, 1987). O tipo padrão de drenagem é dendrítico, onde os canais se estendem, até se juntarem e formarem um canal de terceira ordem (CUNHA e GUERRA, 2003).

Pesquisa de campo

A pesquisa realizada de forma empírica e com base na observação, interpretação e na apresentação de entrevistas in loco, realizou-se pelo levantamento de uma problemática verificada no curso do Rio Guarabira/PB. A área de reconhecimento foi delimitada pra a facilidade do estudo e para melhor aquisição de dados mais específicos, com a inclusão de conversas de cunho informal para o processo de investigação desse problema.

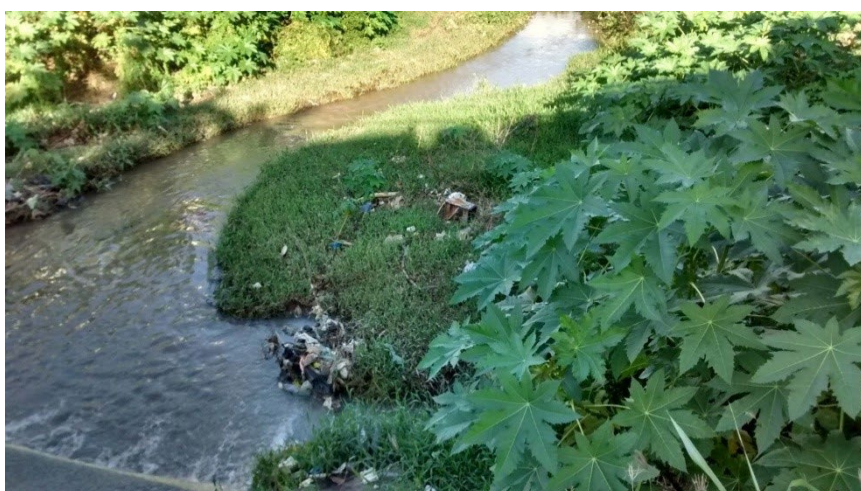
Foram aplicados 30 formulários compostos de 9 questões estruturadas e semiestruturadas, as quais foram previamente formuladas antes de ir a campo. As entrevistas foram realizadas com 30 moradores da Rua Manoel de F. Pessoa e da Avenida Rui Barbosa centro da cidade de Guarabira/PB (Figuras 2 e 3).

Figura 2 - Efluentes domésticos canalizados para Rio Guarabira/PB



Fonte: Pesquisa de campo, 2016

Figura 3 – Presença de resíduos sólidos no percurso do afluente



Fonte: Pesquisa de campo, 2016

Os questionários aplicados destinaram-se na aquisição de dados sobre as principais agressões no rio. Durante o processo de realização de entrevistas, exigiu-se uma abordagem mais simples do pesquisador, envolvendo cautela em suas colocações para a concretização do sucesso na obtenção das informações (MARANGONI, 2009).

Utilizou-se registros fotográficos para elencar de forma clara as eventuais transformações no efluente. Representando com imagens e documentos que ilustrem esses eventos acompanhados de outras informações como: localização geográfica, registro da hora e data e relato dos fatos observados (JUSTINIANO, 2009).

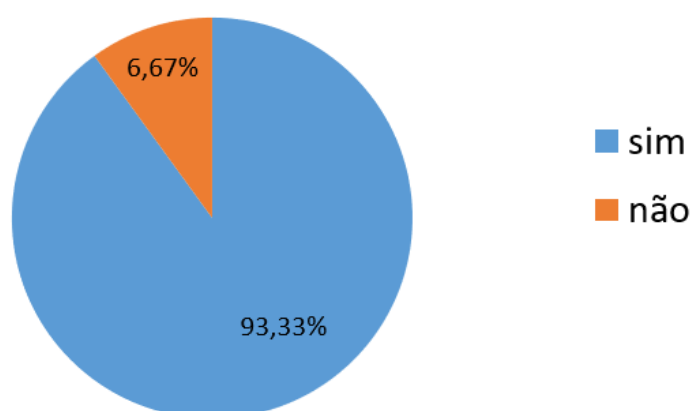
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos resultados foi possível evidenciar fatores quantitativos e qualitativos, referentes às condições hídricas na área de estudo. Temos que 93,33% dos moradores entrevistados responderam que o processo de degradação do rio foi causado pela ação humana na modificação do espaço e apenas 6,67% (corresponde a duas pessoas) retrataram que não foi causado pela

ação antrópica (Figura 4). Segundo Cunha (2003), os diversos exemplos de contaminação dos rios e canais citando as alterações da excessiva erosão das margens e o assoreamento provocado pelo volume de sedimentos. Nas áreas urbanas esse volume intensifica-se com o acúmulo de resíduos sólidos, formando bancos e ilhas, reduzindo a capacidade do canal e prejudicando a qualidade da água.

A degradação de um recurso natural, como um rio, que percorre toda a cidade, afeta de várias formas o ambiente ao seu redor; seja de forma visual, ambiental ou de forma social, a contaminação pelo manejo irregular de resíduos sólidos e o desvio inadequado dos esgotos domésticos direcionados pra esse afluente acarretará consequências não só para o convívio local, mas também para toda a população presente.

Figura 4 - É correto afirmar que o Rio Guarabira/PB foi modificado pela ação antrópica?

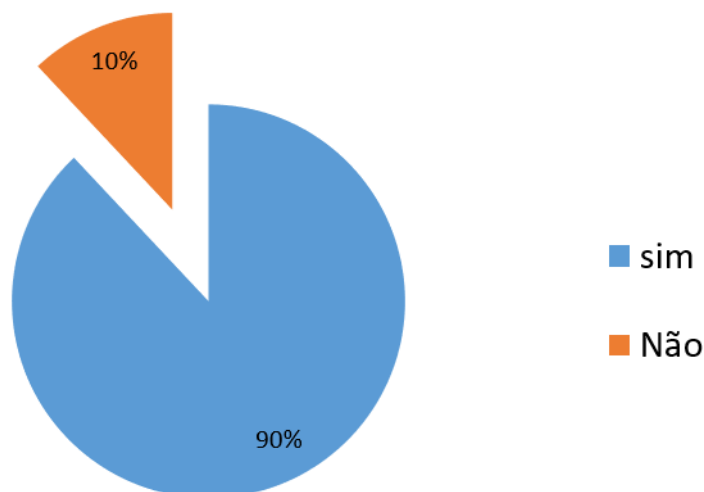


Fonte: Pesquisa de campo, 2016

Observou-se que o rio se encontra em condições precárias de saneamento (Figuras 2 e 3), e que a prefeitura tem realizado algumas campanhas ambientas em prol do gerenciamento e saúde do rio, pois 46,67% dos entrevistados afirmaram que o prefeito tem organizado campanhas para melhorar as condições ambientais do rio, citando como exemplos: a limpeza do rio, proibição de lixos no rio e nas pontes sobre ele, capinar as vegetações que cresce na margem do rio. Com isso, a grande maioria da população ainda possui a esperança de ver rio sadio, visto que 90% acreditam que é possível reverter o grau de poluição do Rio Guarabira e os outros 10% (apenas 3 entrevistados) não tem mais esperança de apreciar o rio limpo novamente.

Destaca-se que mesmo diante de um processo degradativo, que vem crescendo ao longo dos anos, os entrevistados apresentaram grandes esperanças de que algo será realizado em benefício do Rio Guarabira, e conseqüentemente ao município, como mostra a Figura 5.

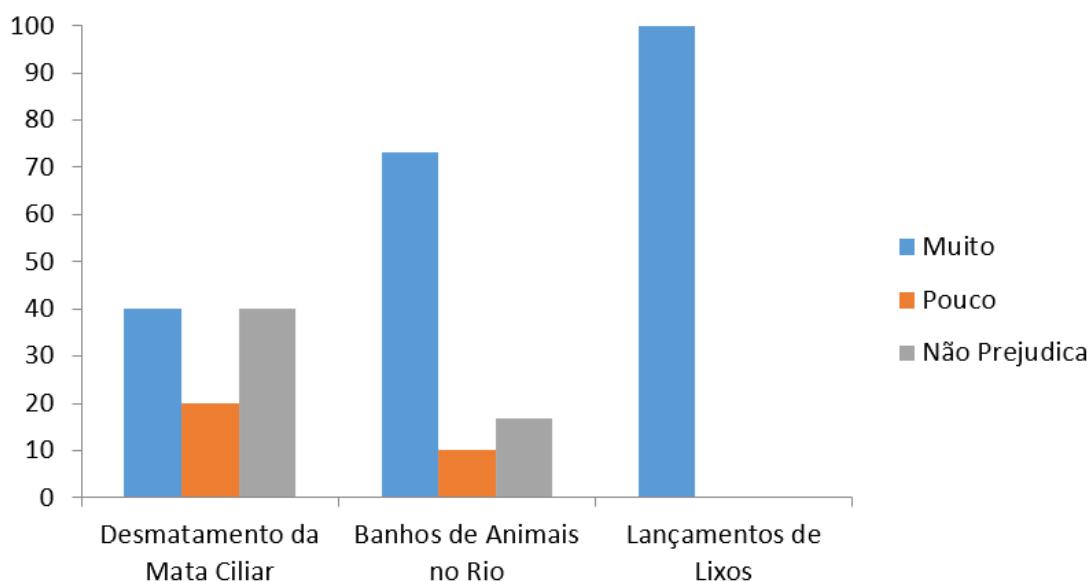
Figura 5 – Você acredita que é possível reverter a situação ambiental do Rio Guarabira/PB?



Fonte: Pesquisa de campo, 2016.

Visando melhor entendimento, além de elencar todos os problemas observados, garantindo assim uma estatística através dos entrevistados, foi organizada no questionário a pergunta que relacionava o tipo de ação que prejudicava o rio, e como resposta eles deveriam aplicar o grau de agravamento. Após pesquisas e observações elencamos três atividades realizadas que após a pesquisa em campo, comprovaríamos as maiores ações do homem, que prejudicam o Rio. De acordo com o gráfico abaixo (Figura 6), temos que por unanimidade, os entrevistados marcaram o lançamento de lixo e esgoto no rio como a ação mais prejudicial, e apenas 10% das pessoas alegaram realizar tal processo e continuaram assentindo com o descarte de lixo no Rio Guarabira.

Figura 6 - Na sua opinião qual é a atividade que prejudica a margem do Rio Guarabira?

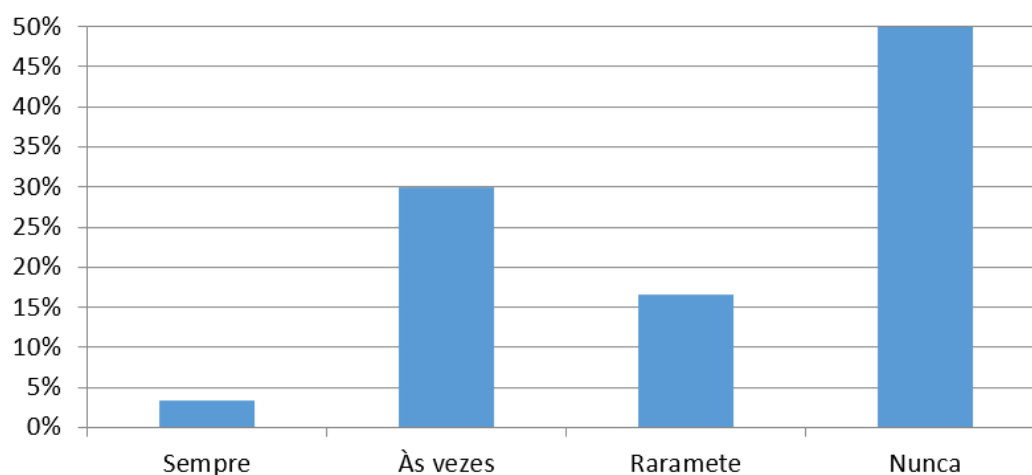


Fonte: Pesquisa de Campo, 2016.

Por fim, a pergunta que relaciona a frequência em que os órgãos da prefeitura vistoriam

e limpam o Rio Guarabira. Desta feita, 50% dos entrevistados afirmaram que nunca viram nenhum tipo de órgão, 30% dizem que às vezes encontravam agentes públicos realizando determinada obra no rio, seja de limpeza da água ou da periferia, 3,33% disseram que sempre veem agentes da vigilância sanitária analisando o rio, e por fim, 16,67% das pessoas responderam que raramente encontram caminhões e agentes que dedicam determinado tempo para retirada de lixo e limpeza dos córregos. As porcentagens encontram-se demonstradas no gráfico abaixo (Figura 7).

Figura 7 – Com que frequência se vê atuação da vigilância sanitária aos arredores do Rio Guarabira?



Fonte: Pesquisa de Campo, 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o estudo realizado no início desta pesquisa, observou-se a importância do rio em relação ao meio de vida que o cerca. Constatou-se que ele, em suas condições naturais, provém inúmeros benefícios àqueles que desfrutam de sua água em conjuntura própria para utilização doméstica. A poluição à qual o Rio Guarabira está exposto há muito tempo não desfruta de combate à altura do problema por parte das agências reguladoras e competentes que existem na cidade de Guarabira/PB, propiciando assim vários fatores de risco à saúde da população que possui contato direto com o rio, como a proliferação de doenças de vinculação hídrica e aquelas relacionadas à ausência de saneamento básico.

Durante a pesquisa de campo algumas perguntas foram feitas aos moradores acerca de medidas para resolver e/ou amenizar os impactos socioambientais decorrentes da poluição fluvial. Campanhas de conscientização direcionadas à população ribeirinha, com respeito ao ensinamento dos riscos, das consequências de jogar lixo no leito do rio, e concomitantemente iniciar políticas de projetos de seleção e reciclagem do lixo despejado no afluente, além de prover locais adequados para que os ribeirinhos descartem seu lixo de modo que não ataque o meio ambiente, no caso, o Rio Guarabira.

Algumas sugestões foram obtidas por parte dos moradores quanto a perspectivas de mudança desse quadro de poluição do recurso natural. A instalação de valas e córregos para o direcionamento dos esgotos domésticos foi umas dessas alternativas apresentadas pela popula-

ção, além da esperança de que haja uma maior preocupação quanto o processo de saneamento básico para todos. Enfim, os resultados obtidos elencam a realidade de mais um de muitos recursos naturais que vem sendo negligenciados e cabe a população a conscientização necessária para reverter esse quadro.

REFERÊNCIAS

CLARKE, Robin; KING, Jannet. O Atlas da Água: o Mapeamento Completo do Recurso mais Precioso do Planeta. São Paulo: publifolha, 2005.

CUNHA, Sandra Baptista da. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, J. T. A questão ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. Disponível em <<http://www.fundacaogrupoboticario.org.br/pt/Noticias/Pages/ONU-alerta-que-at%C3%A9-2015-tres-bilhoes-de-pessoas-nao-terao-acesso-a-agua.aspx>>. Acesso em 16/05/2016.

GUERRA, Antonio José Teixeira; MARÇAL, Mônica dos Santos. Geomorfologia Ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Censo Demográfico, 2010. Disponível em: ><http://http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=250630> < Acesso em: 14/05/16.

JARDIM, N. S.; WELLS, C. (Org.). Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento integrado. São Paulo: IPT: CEMPRE, 1995.

JUSTINIANO, E.F. Registro fotográfico. In: VENTURI, L.A.B. (Org.) Praticando a Geografia: técnicas de campo e laboratório em Geografia e análise ambiental. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.

MARANGONI, A.M.M.C. Questionários e entrevistas- algumas considerações. In: VENTURI, L.A.B. (Org.) Praticando a Geografia: técnicas de campo e laboratório, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARABIRA. Plano de desenvolvimento urbano de Guarabira, Volume I, 1987.

SANTOS, E. J. dos. Geologia e recursos minerais do estado da Paraíba / organizado por José Edilton dos Santos, Cícero Alves Ferreira, José M^a Ferreira de Silva Júnior. Recife: CPRM, mapa geológico do estado da Paraíba, escala 1:500.000. 2002.

THORNE, R. S. J. & WILLIAMS, W. P. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology*, 37: 671-686.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2ed. Minas Gerais, UFMG; DESA, 1996.

A inovação aberta e os modelos sistêmicos da indústria de defesa: razões para falta de competitividade do Brasil

Open innovation and systemic models of the defense industry: reasons for Brazil's lack of competitiveness

Vinicius Casales Vieira

ORCID: 0000-0001-9871-9627

DOI: 10.47573/aya.88580.2.39.12

Resumo

Baseado no histórico de inovação que investimentos em defesa trazem para o desenvolvimento econômico local e as entregas de tecnologias que são geradas para a sociedade, o presente artigo faz uma breve revisão desse histórico, revisitando o conceito de "destruição criadora" de Schumpeter, o momento em que foi definido e os acontecimentos que se sucederam a partir dali como a Segunda Guerra Mundial e a Guerra Fria. Tendo justamente o fim da Guerra Fria como um marco temporal de levantamento para análise de dados e informações, que se avalia as últimas 3 décadas de transformações que aconteceram, e vem acontecendo, no mundo, em especial com relação à abordagem de inovação em defesa. São observados os modelos de inovação aberta em defesa no Reino Unido e Israel, e feita uma análise do atual modelo sistêmico nacional no mesmo setor. Ao final se faz breve diagnóstico do modelo nacional e são elencados pontos importantes que devem ser considerados numa revisão da Estratégia Nacional de Defesa (END).

Palavras-chave: inovação aberta. indústria de defesa. políticas públicas de inovação. gestão estratégica de defesa. competitividade.

Abstract

Based on the history of innovation that defense investments bring to local economic development and the delivery of technologies that are generated for society, this article briefly reviews this history, revisiting Schumpeter's concept of "creative destruction", the moment in which it was defined and the events that followed from there, such as the Second World War and the Cold War. Having precisely the end of the Cold War as a timeframe for surveying data and information analysis, which evaluates the last 3 decades of changes that have taken place, and are happening, in the world, especially with regard to the approach to innovation in defense. The defense open innovation models in the UK and Israel are observed, and a current analysis of the national systemic model in the same sector is made. At the end, a brief diagnosis of the national model is made and important points are listed that should be considered in a review of the National Defense Strategy.

Keywords: open innovation. defense industry. public policy for innovation. strategic defense management. competitiveness.

INTRODUÇÃO

Ambros (2017) é preciso ao pontuar que duas questões centrais permeiam a relação entre defesa e desenvolvimento. A primeira é se existe uma relação entre os gastos com as forças armadas e o crescimento econômico; e a segunda é se os gastos com as forças armadas geram desenvolvimento tecnológico para a sociedade como um todo. Particularmente, outra questão vem ganhando força e motivou a elaboração desse material: como a adoção de um modelo sistêmico de inovação aberta na Indústria de Defesa Nacional pode gerar competitividade e alavancar a matriz econômica de um país no setor?

Este artigo observa essas três questões centrais como ponto de partida para uma análise da atual política pública de inovação em defesa no Brasil, trazendo como comparação, conceitos e modelos de inovação, em especial de inovação aberta, que vem sendo adotados, há pelo menos três décadas, em diversos países mundo afora, com comprovado crescimento econômico e entrega de soluções tecnológicas para a sociedade.

Assim, para entendermos sobre inovação, desenvolvimento econômico e investimento na indústria de defesa, é preciso voltar à década de 1930, quando o mundo ainda se recuperava de duas grandes crises - a Primeira Guerra Mundial e a Grande Depressão - e era publicada a versão em inglês de “A Teoria do Desenvolvimento Econômico”¹ do austríaco, Joseph A. Schumpeter. Tal obra cunhou aquele que seria o primeiro conceito de inovação: a “destruição criadora”.

Baseada sob a ótica de concorrência industrial e desenvolvimento econômico, Franco Azevedo (2018) nos lembra que pelo processo da “destruição criadora”, as novas tecnologias substituiriam as antigas, em constantes ondas de transformação², onde as antigas desaparecem com o surgimento das novas. Dentro de um ponto de equilíbrio, o sistema econômico experimenta pequenas mudanças, que possibilitam determinar as tendências de preços e quantidades de bens, e estas podem ser descritas como adaptação dos dados existentes (SCHUMPETER, 1997).

Schumpeter (1997) observou contudo que em tempos de crise e pós-crise - como a Primeira Guerra Mundial e a Grande Depressão - essas ondas de transformação se aceleram naturalmente, pois há uma mudança drástica no sistema econômico. No caso das guerras porque grande investimento é feito para defesa do país, além é claro do impacto econômico-social durante o conflito, e na sua reconstrução, com o término da crise.

Nesse sentido, a “destruição criadora” schumpeteriana encontrou na Segunda Guerra Mundial e na Guerra Fria, principalmente, dois grandes alavancadores das ondas de transformação, sobretudo entregando uma imensa quantidade de novas tecnologias que haviam sido empregadas nos teatros de guerra, ou que surgiram por conta dos grandes investimentos feitos nas indústrias de defesa de cada país, como por exemplo a tecnologia espacial para comunicação, os transistores, o radar, a medicina à laser, o Teflon, o GPS, o telefone celular e a Internet, entre tantas outras (WALSH, 2009; *apud* AMBROS, 2017, p. 138-139).

¹ A obra original foi publicada em 1911, na Alemanha, sob o título “*Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*” e a versão em inglês foi publicada em 1934.

² Na tradução do livro para o português é utilizada a expressão “fluxo circular”. Preferimos aqui manter a proposta de Franco Azevedo (2018) de “ondas de transformação”, por entender que se trata de uma expressão mais alinhada com a bibliografia atual.

Destacando de pronto o marco temporal da análise de informações, este artigo tem como parâmetro o fim da Guerra Fria, no início dos anos 1990, onde todas essas tecnologias que foram disponibilizadas para o mercado, estão sendo usadas como plataformas impulsionadoras de grandes transformações econômicas e sociais pelo mundo.

Na avaliação de Diamandis *et al.* (2018), estamos experimentando um momento de abundância, onde novos conceitos e métodos estão sendo empregados para o desenvolvimento de novas tecnologias e, tais tecnologias, combinadas, criam uma massa de soluções. São tempos em que o trabalho colaborativo gera grandes fluxos de inovação e onde as oportunidades são exponenciais.

No contexto atual, as regras de negócios mudaram e grande parte dos setores da indústria tem experimentado a difusão de novas tecnologias digitais e o surgimento de novas ameaças disruptivas que estão transformando modelos e processos. Essa revolução digital está virando de cabeça para baixo todo e qualquer guia de gestão (ROGERS, 2017). Numa realidade em que tudo se transforma rapidamente e fica obsoleto num piscar de olhos, qualquer tipo de resistência em adotar práticas eficientes de inovação significará o fim de grandes corporações ou décadas de atraso econômico-social de uma nação (SQUEFF, 2016).

Porter (1990, n. p.) afirma que “A prosperidade de uma nação é criada, não herdada” e conclui:

A competitividade de uma nação depende da capacidade de sua indústria de inovar e atualizar-se. As empresas ganham vantagem contra os melhores competidores do mundo por causa da pressão e do desafio. Eles se beneficiam da existência de rivais internos fortes, fornecedores domésticos agressivos e de clientes locais exigentes.

Asheim *et al.* (2015) lembram que a abordagem de sistemas de inovação surgiu na década de 1980, como um projeto da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em “Ciência, Tecnologia e Competitividade”, com o foco primordial de que a inovação era chave para a competitividade numa economia fundamentada em aprimoramento do conhecimento.

A inovação sistêmica contribuiu para a formação de “clusters”, como micro ou macro regiões com concentração de empresas e instituições interconectadas, unidas pelo conhecimento, relacionamento e motivação, gerando um potencial competitivo muito elevado, por conta da capacidade de inovação gerada dentro deles (PORTER, 1998; COOKE, 2001).

Hoje, observa-se um mundo em que a economia está cada vez mais digital, pequenas fábricas de ideias têm acesso a uma infinidade de soluções e se unem colaborativamente cada vez mais na forma de “clusters”, com o propósito de desenvolver uma quantidade imensa de soluções aplicáveis em um curto espaço de tempo (DIAMANDIS; KOTLER, 2018).

Para Rogers (2017, p.18):

As tecnologias digitais transformaram a maneira como encaramos a competição. Cada vez mais, competimos não só com empresas rivais de nossos próprios setores de atividade, mas também com negócios de outros setores de atividade, que roubam nossos clientes com suas novas ofertas digitais.

Essa transformação fez, e ainda está fazendo, com que empresas e entes governamentais remodelassem completamente a maneira como concebem a inovação. Saindo de um formato com elevado investimento, sem garantia de retorno e isolado do mundo, a nova ordem é cocriar e colaborar no desenvolvimento de protótipos de maneira ágil e barata, verificar, experimentar e aprender continuamente através da repetição rápida de melhorias do produto (ROGERS, 2017).

Saiu-se de um cenário onde a inovação acontecia de maneira linear e incremental, enclausurada dentro dos “bunkers” dos centros de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), para uma realidade em que a inovação acontece disruptivamente a passos largos, numa escala exponencial (DIAMANDIS; KOTLER, 2018).

O que diferem os “clusters” dos grandes grupos, ou conglomerados, é que eles se valem da inovação aberta para criar um complexo, criativo e coordenado sistema, onde não existem barreiras internas ou externas para a troca e desenvolvimento coletivo do conhecimento (CHESBROUGH, 2003).

Sobre o fenômeno do “clustering”, Cukierman *et al.* (2019) nos traz uma valorosa contribuição ao destacar os diferentes tipos de “clusters” de inovação, ou vales tecnológicos, espalhados no mundo:

- Baby “clusters” - que são aqueles recém formados, como o Vale do Atlas no Marrocos.
- “Cluster” Babel - no qual todos falam a própria língua, como é o caso de Sophia Antipolis³, situado em Valbonne, no sul da França.
- “Cluster” ilha - isolados, operam de maneira autônoma, mas realizam intercâmbios eventuais com outros “clusters”, como são os casos de Israel, Singapura e Taiwan.
- “Cluster” imã - que atraem maciço investimento estrangeiro, como o Vale do Silício em São Francisco.
- “Cluster” de rede - que está permanentemente conectado com outros “clusters”, como é o caso de Bangalore, na Índia, que mantém estreita relação com o Vale do Silício em São Francisco.

Nota-se que a transformação dos sistemas de inovação passa por uma mudança de entendimento em que a inovação acontece como resultado de um complexo, interativo e cumulativo processo de aprendizagem, e não mais apenas com grandes investimentos em P&D sem geração de conhecimento com aplicação prática no desenvolvimento de produtos e processos. O entendimento dessa nova visão sistêmica de inovação tem profundas implicações políticas, visto que requerem a troca do enfoque político de alguns tipos de selecionados atores, para uma abordagem mais ampla que preste especial atenção às redes relacionais entre universidades, centros de pesquisa e empresas privadas (PORTER, 1998; COOKE, 2001; CHESBROUGH, 2003; ASHEIM; GRILLITSCH; TRIPPL, 2015; PANEGOSSO; DA SILVA, 2021).

Parafrazeando Squeff (2016), um Sistema Setorial de Inovação de Defesa robusto, competitivo e, verdadeiramente inovador, que persiga e dê sustentação aos objetivos nacionais para o setor, não pode de forma alguma prescindir de uma infraestrutura científica e tecnológica igualmente robusta, competitiva e inovadora.

Numa análise preliminar:

³ Sobre o Parque Tecnológico de Sophia Antipolis, visite: <https://www.sophia-antipolis.fr/>

“[...] os sistemas de inovação, não só de defesa, divergem entre os países e alguns acabam sendo mais dinâmicos que outros em função das suas especificidades. Entretanto, observa-se que todos têm em comum a necessidade de apoio por parte do governo para a manutenção da indústria. Muitos países tendem a manter instituições de pesquisas e uma base industrial direcionada para esta área [...] Nesse sentido, desperta-se o interesse em rever a discussão sobre a relevância das pesquisas e inovações da área bélica, através de uma abordagem sistêmica, identificando como isso se deu em alguns países e tomando como caso específico o Brasil [...]” (LESKE, 2013, p. 14-15).

METODOLOGIA APLICADA

O presente texto relacionado à Gestão Estratégica de Defesa, vinculados às áreas de indústria, tecnologia e inovação foi desenvolvido por meio de uma pesquisa bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica se utiliza de fontes bibliográficas ou material elaborado, como livros, publicações periódicas, artigos científicos, impressos diversos ou, ainda, textos extraídos da internet. Na concepção de Vergara (2016, p. 48) esse tipo “[...] fornece instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma [...]”. Além disso, possibilita acesso a amplas fontes impressas ou encontradas pela internet em bases indexadas de fontes científicas na rede de computadores, sem onerar financeiramente os pesquisadores.

Nas pesquisas documentais, embora sejam semelhantes à bibliográfica, difere dela por fazer uso de materiais ainda não estudados, como os documentos oficiais e dados presentes em relatórios oficiais. Devido a isso, o pesquisador tem a vantagem de ir direto à fonte, sem que haja a possibilidade de reproduzir um erro ou uma análise precipitada, como pode ocorrer na bibliográfica. Para Gil (2002, p. 46), essa pesquisa é comum em estudos que buscam explorar informações em documentos públicos, presentes em bibliotecas ou arquivos, além de “[...] cartas pessoais, diários, fotografias, gravações, memorandos, regulamentos, ofícios, boletins, etc.”.

Reiterando o marco temporal de dados analisados, dedicasse especial atenção a tudo relacionado ao período entre 1991 e 2020. Assim, entre os documentos e dados pesquisados e analisados para a produção deste artigo estão:

- O Livro Branco de Defesa Nacional na sua versão de 2020.
- Acesso à base de dados do Banco Mundial para levantamento de indicadores de importação e exportação de produtos relacionados à indústria militar.
- Relatórios do Global Innovation Index para análise de informações e interpretação de dados relacionados ao ranking de inovação elaborado pela organização, principalmente o anuário de 2020.
- Relatórios e anuários de apresentação de resultados de “hubs” de inovação, entre eles o “Defence and Security Accelerator” (DASA) do Reino Unido e o programa de inovação em defesa, “INNOFENSE”, de Israel. Em ambos os casos de 2018 até 2020.
- Plataforma “Finder.StartupNationCentral.org” para levantamento de dados de inovação de Israel, especificamente os dados de 2020.
- Matérias, notícias e informações extraídas de periódicos online.
- Legislações e normativos legais que regem tanto o sistema de inovação em defesa,

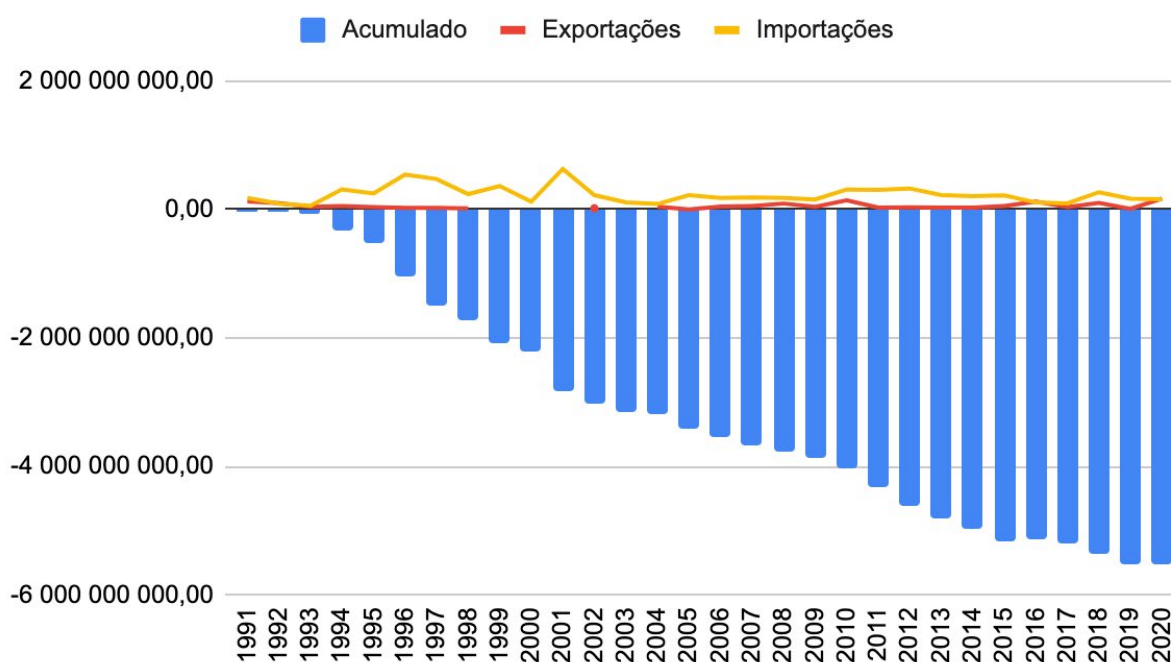
quanto as próprias políticas públicas de inovação no Brasil, como é o caso da Lei do Bem.

Para a análise dos modelos sistêmicos de inovação aberta foram definidos o Reino Unido e Israel. O primeiro porque, dentro do marco temporal definido, já veio realizando intensas mudanças estruturais na sua governança de P&D na indústria militar, até chegar no modelo atual. O segundo porque, além de historicamente estar num cenário geopolítico de intensos conflitos, o que demanda grande investimento em defesa e segurança, como também porque recebeu o título de “Start-up Nation” por conta de suas intensas ações para promover soluções, não só para o desenvolvimento econômico, mas social também, tornando o país num celeiro de novos negócios.

DESENVOLVIMENTO

Exceto entre 1981 e 1986, período em que obteve superávit de 407 milhões de dólares na balança comercial da indústria militar, o Brasil historicamente nunca - pelo menos desde de 1960⁴ - teve superávit no setor, demandado sempre importar mais do que exportar, conforme dados colhidos no Banco Mundial. Na mesma base de dados foi possível apurar que, no período de 1991 a 2020, o Brasil acumula um déficit de 5,5 bilhões de dólares na balança comercial da indústria militar⁵, conforme gráfico abaixo.

Gráfico 1 - Balança Comercial da Indústria Militar (1991-2020)



Fonte: Gráfico do autor, com dados obtidos junto ao Banco Mundial.

⁴ Início da base de dados do Banco Mundial começa em 1960.

⁵ O Banco Mundial (World Bank) usa a nomenclatura “military industry” para se referir ao mercado de produtos e serviços ligados a esse setor.

Estes dados estão refletidos, no Livro Branco da Defesa Nacional, com a afirmativa de que

a Base Industrial de Defesa já representou, há três décadas, importante segmento econômico no país, com relevante contribuição para a balança comercial e a abertura de mercados de produtos inovadores e de elevada qualidade. [...] (BRASIL, 2020, p. 134).

No mesmo período histórico, o Reino Unido realizou importantes mudanças relacionadas à gestão e governança do seu sistema de inovação de defesa. No final da década de 1980 existiam pelo menos cinco laboratórios não nucleares com responsabilidade de liderar pesquisas nas mais diversas áreas ligadas à defesa britânica (SQUEFF, 2016).

Os estabelecimentos de pesquisa reuniam laboratórios especialistas e frequentemente infraestruturas únicas, como túneis de vento, tanques para navios e áreas de teste. Todos eram propriedade do governo e operados por ele. Os funcionários eram servidores civis, e o funding de pesquisa vinha do Ministério da Defesa (MD) (SQUEFF, 2016, p. 72).

Com a visão de criar uma infraestrutura menos dispendiosa, em 1991 o Reino Unido unificou seus quatro principais laboratórios não nucleares de defesa para criar a Defence Evolution and Research Agency (DERA). Uma década depois, nascia a QinetiQ, empresa que surgiu da privatização de parte da estrutura da antiga DERA. A outra parte ficou sob gestão do Ministério da Defesa britânico (Ministry of Defence - MOD), que nomeou como Defence Science and Technology Laboratory (DSTL). O modelo de operação dessas duas organizações se estabeleceu como uma parceria público-privada, fundamentada no conceito de base de conhecimento, em que a DSTL tem o papel de especialista para a seleção de tecnologias de interesse do MOD (AVADIKAN; COHENDET, 2009, apud. SQUEFF, 2016, p. 73-74).

Em dezembro de 2016, o MOD lançou o Defence and Security Accelerator (DASA), ainda com a manutenção da DSTL. Com propósito de ser o “hub” da indústria de Defesa britânica, o DASA possui um modelo de inovação aberta, que procura trabalhar de maneira colaborativa competições e eventos na busca das melhores e mais inovadoras soluções capazes de se tornarem tecnologias e serviços aplicáveis nas áreas de defesa e segurança.

Adotando o formato de desafios de inovação, por meio de chamadas abertas, no seu primeiro ano de operação foram investidos, através do DASA, 19,2 milhões de libras para financiamento de novas soluções. Ao todo, 155 contratos foram firmados, sendo 40% para novos fornecedores⁶ (UNITED KINGDOM, 2018).

Tabela 1 - Principais números do DASA (2017-2020)

Quantidade de ciclos de chamadas abertas ⁷	28
Quantidade de temas propostos	53
Quantidade de soluções inovadoras	4.176
Projetos acelerados	843
Volume de investimento nos projetos acelerados	136,5 milhões de libras
Quantidade de organizações beneficiadas	379

Fonte: Innovation for a Safer Future - DASA Strategy 2021-2024.

A tabela 1 acima mostra mais alguns números do DASA, apresentados no plano estraté-

⁶ Veja mais informações em: <https://quarterly.blog.gov.uk/2018/03/28/accelerating-innovation-in-defence-and-security/>

⁷ “Ciclo de chamada aberta” é termo usado para os editais públicos, aberto à participação de todos, que são divulgados por “hubs” de inovação para atrair ideias e projetos com potencial de crescimento. Cada “ciclo” pode ter um ou mais temas propostos a serem abordados.

gico de 2021-2024. Importante destacar que 56% das organizações que receberam fundos, para acelerar seus projetos, foram de pequenas e médias empresas. (UNITED KINGDOM, 2021).

Israel é outro exemplo de como o investimento estruturado, por meio de políticas públicas que incentivem o fomento do desenvolvimento tecnológico e econômico através da inovação, pode gerar impacto econômico e social positivo, e ainda transformar uma nação inteira num verdadeiro celeiro de “startups”⁸. (SENOR; SINGER, 2009; CUKIERMAN; ROUACH; PAGANI, 2019).

Principalmente por sua localização e do contexto geopolítico local, o país possui uma enorme demanda de produtos para defesa. E o caminho para a inovação surgiu justamente por uma questão ligada à defesa do país. Cukierman *et al.* (2019) lembram que depois do embargo que Israel sofreu da França, por conta da Guerra dos Seis Dias em 1967⁹, as autoridades israelenses decidiram que era melhor ser autossustentável na produção de suas armas de guerra. Nesse caso especificamente, a substituição dos caças franceses Dassault Mirage, pelo desenvolvimento dos caças israelenses Nesher e Kfir. Ali nasce a veia inovadora do país, que investiu maciçamente em laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, e estruturou um modelo de educação de excelência.

Mas foi a partir dos anos 1990 que Israel realmente deslançou. Foram criadas unidades de elite para o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas dentro da própria força armada, entre elas a School for Computer Professions, fundada em 1994. O país desenvolveu e vem mantendo seu próprio sistema antimísseis - “Kipat Barzel” ou Domo de Ferro - que serve como um escudo para a proteção de sua população civil, além do projeto de drones - veículos de reconhecimento não tripulados - para dar suporte à Força Aérea Israelense nas missões de reconhecimento e combate (CUKIERMAN; ROUACH; PAGANI, 2019).

Com forte compromisso com a inovação e, principalmente, a inovação aberta, a “Start-up Nation” - termo criado por Senor e Singer (2009), que é título do livro em referência - lançou em 2019 o INNOFENSE, o programa de inovação do Ministério da Defesa Israelense. Operado em parceria com duas empresas privadas israelenses, a aceleradora iHLS¹⁰ e a empresa especializada em inovação aberta, SOSA¹¹, a iniciativa promove chamadas abertas de inovação para qualquer perfil e estágio de desenvolvimento de negócios.

Conhecidos por sua cultura de cooperação, os israelenses sempre procuram parceiros que tenham potencial de competir contra suas tecnologias, mas não com o intuito de suplantá-los e sim com a visão de se estabelecer, o que Cukierman *et al.* (2019) chamam de “coopetição”, ou seja, uma competição cooperativa. A proposta é estabelecer relações em que seja possível alavancar a vantagem colaborativa através da troca de tecnologias, principalmente aquelas voltadas para a indústria de defesa.

⁸ São chamadas de “startups” as pequenas empresas e início de operação, que surgiram a partir de ideias ou oportunidades de negócios.

⁹ Conflito entre os Países Árabes e Israel, ocorreu entre 05 e 10 de junho de 1967.

¹⁰ <https://accelerator.i-hls.com/innofense/>

¹¹ <https://www.sosa.co/>

Tabela 2 - Principais números da inovação em Defesa e Segurança de Israel (2020)

Investimentos realizados em negócios	106,5 milhões de dólares
Novas empresas	11
Número de empresas que participaram das rodadas de investimento	405
Número de rodadas de investimento	14
Volume financeiro de acordos fechados	186 milhões de dólares

Fonte: Dados extraídos da plataforma “Startup Nation Finder”¹².

A tabela acima apresenta alguns números de 2020, do “cluster” de Segurança e Defesa do ecossistema de inovação de Israel. Interessante analisar que das 405 empresas que participaram das rodadas de investimentos:

- 321 eram pequenas e médias empresas;
- 359 já tem produtos sendo testados.

A amplitude de atuação desses “hubs” têm ultrapassado as questões militares. O DASA têm realizado ações para auxiliar no desenvolvimento de tecnologias no combate ao COVID-19, por exemplo, além de dar suporte direto e indireto a outras áreas do governo britânico.

Interessante avaliar que nas pesquisas realizadas, esse mesmo fenômeno de migração de modelo para uma governança de inovação aberta como parte dos Sistemas de Inovação de Defesa, com a estruturação de “hubs” e “clusters” de inovação em parceria com empresas privadas, também vem se repetindo nos últimos anos em outros países como Índia, França, Canadá e Austrália, apenas para ilustrar o cenário de mudanças.

O que chama a atenção nos modelos sistêmicos de inovação de defesa do Reino Unido e de Israel é o formato de operação e governança. Ambos adotam uma proposta de política pública com foco em parcerias público-privadas. Em ambos os casos, estão vinculados diretamente aos respectivos Ministérios da Defesa, mas são operados, parcial ou completamente, por empresas e organizações privadas, dando flexibilidade e agilidade para a criação das chamadas abertas de inovação. No caso do Reino Unido, o DASA operacionalmente está instalado dentro do centro tecnológico do Imperial College, no White City em Londres, compartilhando espaço não só com empresas da indústria militar, como também de diferentes indústrias. Enquanto o INNOFENSE de Israel funciona como um programa, sem ter necessariamente um espaço físico para operar.

Independente do modelo, a adoção desse tipo de proposta têm - como os dados apresentados acima mostram - incrementado exponencial a base de novos fornecedores e soluções para a indústria de defesa tanto do Reino Unido, quanto de Israel, o que viabiliza não só novos produtos de alta qualidade, como também estimula o investimento direto de capital de risco, alavancando ainda mais o potencial de crescimento do volume de negócios e a competitividade internacional dos dois países.

Segundo o Global Innovation Index, em sua edição 2020, o Reino Unido e Israel estão entre as 20 nações que mais inovaram naquele ano, estando posicionados em 4o e 11o, respectivamente. Já o Brasil está em 62o, tendo melhorado 4 posições em relação a 2019, mas não figura nem entre os “top 3” da América Latina e Caribe.

¹² Segundo dados da plataforma “finder.startupnationcentral.org”.

No Brasil, a Lei 12.598/12 é a que fomenta a Base Industrial de Defesa nacional e as interações de todos os atores envolvidos no Sistema Setorial de Inovação de Defesa. Leão et. al. (2018) reitera que o BID é composto por “[...] toda a estrutura responsável pela pesquisa, desenvolvimento, produção, distribuição e manutenção dos produtos e serviços de uso militar”.

Como nos casos do Reino Unido e de Israel, a Base Industrial de Defesa tem um enorme potencial de gerar impacto econômico e social, com o desenvolvimento de novas tecnologias, tanto de softwares quanto de hardwares, além de criar novos postos de trabalho e exportação de produtos e serviços (LEÃO; SANTOS; DA SILVA, 2018).

Contudo, Leão *et al.* (2018) afirma que a BID nacional enfrenta diversos problemas, alguns deles estruturantes, como fortes restrições políticas e rigidez burocrática no ingresso de novos fornecedores. A legislação ainda define 02 tipos de fornecedores, a Empresa de Defesa (ED) e a Empresa Estratégica de Defesa (EED).

Gamell (2014, p. 25) nos explica que a

Empresa de Defesa (ED) foi definida como a pessoa jurídica cadastrada em conformidade com as normas do SISMICAT, que produza ou integre a cadeia produtiva de PRODE (Decreto nº 7.970/2013, art. 7º, § 1º). Para que o credenciamento de uma empresa como ED seja realizado é necessário que sejam apresentadas a Declaração de Processo Produtivo (DPP) ou, alternativamente, a Declaração de Conteúdo Nacional (DCN) dos PRODE de cuja produção participa. O SISMICAT é o Sistema Militar de Catalogação, este será tratado adiante [...] preliminarmente aos processos administrativos de classificação de produtos de defesa [...]. Importante ressaltar que o uso do termo “empresa” não implica que a entidade seja constituída sob alguma das formas de sociedade empresarial. É possível que esta seja uma fundação, associação ou, inclusive, uma autarquia, desde que esteja envolvida na cadeia produtiva de um PRODE e preencha os demais requisitos regulamentares.

O artigo 2o, alínea IV e incisos, da Lei 12.598/2012 lista todas as exigências para uma organização se tornar uma Empresa Estratégica de Defesa (EED), conforme abaixo:

Art. 2º Para os efeitos desta Lei, são considerados:

[...]

IV - Empresa Estratégica de Defesa - EED - toda pessoa jurídica credenciada pelo Ministério da Defesa mediante o atendimento cumulativo das seguintes condições:

- a) ter como finalidade, em seu objeto social, a realização ou condução de atividades de pesquisa, projeto, desenvolvimento, industrialização, prestação dos serviços referidos no art. 10, produção, reparo, conservação, revisão, conversão, modernização ou manutenção de PED no País, incluídas a venda e a revenda somente quando integradas às atividades industriais supracitadas;
- b) ter no País a sede, a sua administração e o estabelecimento industrial, equiparado a industrial ou prestador de serviço;
- c) dispor, no País, de comprovado conhecimento científico ou tecnológico próprio ou complementado por acordos de parceria com Instituição Científica e Tecnológica para realização de atividades conjuntas de pesquisa científica e tecnológica e desenvolvimento de tecnologia, produto ou processo, relacionado à atividade desenvolvida, observado o disposto no inciso X do caput;
- d) assegurar, em seus atos constitutivos ou nos atos de seu controlador direto ou indireto, que o conjunto de sócios ou acionistas e grupos de sócios ou acionistas estrangeiros não possam exercer em cada assembleia geral número de votos superior a 2/3 (dois terços) do total de votos que puderem ser exercidos pelos acionistas brasileiros presentes; e
- e) assegurar a continuidade produtiva no País.

Outro aspecto importante, em se tratando da BID, é a governança. Ela é feita pela Comissão Mista da Indústria da Defesa (CMID) que além de ter a atribuição de “propor e coordenar estudos relativos à política nacional da indústria de defesa”, como previsto no artigo 2o-A do Decreto no 7.970/2021, ela é composta por 04 representantes do Ministério da Defesa, 01 de cada representante dos Comandos de cada uma das forças armadas (Marinha, Exército e Aeronáutica), 01 representante do Ministério da Economia e 01 representante do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, conforme artigo 2o-B do mesmo Decreto supracitado.

O arcabouço normativo, que rege essa sistemática de inovação de defesa, ainda é composto pelo Livro Branco de Defesa Nacional, que se somou à Estratégia Nacional de Defesa e à Política Nacional de Defesa como documentos esclarecedores sobre as atividades de defesa do Brasil. Tais documentos definem claramente os objetivos estratégicos da Defesa Nacional, bem como listam as capacidades técnicas e operacionais que estão à disposição do Ministério da Defesa do Brasil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do artigo foi trazer à luz respostas sobre a importância de investimentos nas forças armadas, sobretudo em inovação, e qual o impacto potencial no desenvolvimento econômico e em retorno para a sociedade como um todo, com especial atenção às mudanças de modelos sistêmicos que vêm acontecendo nas últimas 3 décadas. O histórico de entregas tecnológicas de ponta que tais investimentos trazem já está amplamente documentado e aqui ratificado. Assim, ficou restando avaliar se um modelo sistêmico de inovação aberta é potencialmente interessante para alavancar a Estratégia de Defesa Nacional.

Com base na pesquisa documental e bibliográfica fica claro afirmar que nos tempos atuais o investimento no sistema de inovação de defesa continua sendo importante - “si vis pacem para bellum” - embora o campo dos conflitos e potenciais agressores não sejam necessariamente outras nações. Contudo, como observamos, é necessária uma rápida e profunda mudança nas políticas públicas ligadas à Base Industrial de Defesa, assim como na própria estrutura e governança da estratégia de inovação no Ministério da Defesa. Se o Reino Unido, 10o maior exportador da indústria militar em 2020 - segundo dados do Banco Mundial -, e Israel, 12o maior exportador, nos últimos 5 anos vêm investindo em modelos de inovação aberta, por quê não devemos avançar em estudos nesse sentido?

Embora bem elaborado, na apresentação estrutural do Livro Branco da Defesa Nacional é possível avaliar que existe pouca, ou quase nenhuma, interação entre os diferentes atores que compõem o sistema nacional de inovação em defesa. Trata-se de um modelo fragmentado e desarticulado (AMARANTE, 2011, apud. FRANCO AZEVEDO, 2018 p. 149). Apenas para ilustrar, cada uma das forças armadas possui seus próprios centros tecnológicos e agendas de projetos isolados, entretanto, um em comum: OCOP - Obtenção da Capacidade Operacional Plena, para manutenção e revitalização de equipamentos empregados em operações. Sendo esse o projeto prioritário no Plano de Articulação e de Equipamento de Defesa (PAED), o OCOP demonstra a preocupação com a rápida obsolescência e deterioração dos equipamentos de defesa nacional, deixando claro que a urgência é não perder o que já se tem.

O modelo sistêmico de inovação em defesa nacional é engessado e já ultrapassado. Ele parte de um arcabouço legal que tem a proposta de trabalhar com empresas já estabelecidas, que formam a nossa Base Industrial de Defesa, que trabalham produtos que, quando possível, recebem investimentos para inovar incrementalmente, ou seja, apenas para não perder na obsolescência. Nesse formato, com países como Reino Unido e Israel, como citados acima, investindo de maneira inteligente nos seus sistemas de inovação de defesa, ficará difícil para o Brasil ser um competidor internacional à altura.

Como avaliado a partir dos dados do Global Innovation Index, o modelo nacional de sis-

tema de inovação, não só em defesa, é ineficiente, pouco competitivo e sem perspectivas de melhorias de curto prazo. Como reflexo disso, com base no modelo adotado pelo Ministério da Defesa, fica difícil inovar a BID, o que alonga os ciclos de projetos de pesquisa e desenvolvimento de interesse da Defesa e aumenta as chances de insucessos desses projetos, além do que, a obtenção por autonomia, ou mesmo parcerias, em áreas estratégicas, fica bastante dificultada, diminui ainda mais a nossa competitividade no mercado internacional (GALDINO, 2018).

Aliás, o próprio Livro Branco de Defesa Nacional, traz uma explicação, ou justificativa, para a falta de competitividade da BID nacional colocando que:

[...] Por se tratar de um comércio restrito e altamente regulado, vários países desenvolvem política tecnológica e industrial voltada para a sua indústria de defesa, e as compras governamentais não se pautam apenas por questões técnicas e econômicas, mas também por interesses geopolíticos. Esse aspecto gera cerceamento e restrição de transferência de vários produtos e tecnologias por parte dos países detentores para aqueles que não possuem (BRASIL, 2020, p. 134).

Como observado neste artigo, essa afirmativa não é de todo verdadeira. Israel, por exemplo, se faz valer da vantagem colaborativa, como analisado, para impulsionar ainda mais a inovação de seus produtos e serviços. Entretanto, para se ter uma troca de tecnologias é preciso ter o que apresentar e é possível aferir, a partir do exposto, que o Brasil deve estar encontrando dificuldade para firmar essas parcerias, por conta justamente da falta de produtos inovadores.

O primeiro passo para a mudança está justamente dentro de casa, e ao que tudo indicada, já vem sendo dado, com recente visita de representantes do comando do Ministério da Defesa a “hubs” de inovação¹³ no Brasil.

Na continuação deste trabalho pretendem-se aprofundar os estudos dos diferentes modelos de sistemas de inovação em defesa e desenhar uma proposta de modelo de inovação para o Brasil, observando os seguintes pontos:

1. A participação de pequenas e médias empresas, principalmente as “startups”, na BID demanda flexibilização do ingresso de organizações com esse perfil, bem como avaliar eventuais barreiras por parte de outros atores. Nesse sentido, existirá também um desafio de integrar todos esses atores dentro desse arranjo sistêmico.
2. A curadoria de demandas também é outro ponto importante. Independentemente do modelo de inovação aberta a ser adotado, o Ministério da Defesa e a Comissão Mista de Indústria de Defesa (CMID) terão papéis importantes para endereçar temas que realmente atinjam os Objetivos Nacionais de Defesa (OND).
3. Mais uma questão fundamental é o fomento e modelo de investimento em inovação. Não ficou claro o papel, por exemplo, da APEX na articulação de apoio à BID, assim como não está claro se as empresas participantes fazem uso dos mecanismos de inovação já disponíveis, como a Lei do Bem. De todo modo, para atrair capital de risco para investir nessa indústria, deve haver mais transparência na relação de empresas, bem como nas metas que se pretende alcançar.

Para concluir, como bem coloca Galdino (2018, p. 132), observando o nosso modelo sistêmico de inovação:

Um país com um incipiente e ineficiente SNI, em um mundo cada vez mais integrado e globalizado, torna-se mercado para ser explorado por empresas multinacionais e transnacionais, fornecedor de mão de obra barata e exportador de recursos minerais e

¹³ Leia em: <https://www.acate.com.br/noticias/ministerio-da-defesa-realiza-visita-tecnica-a-acate/>

de commodities. Estabelece-se assim, um círculo vicioso, comprometendo o crescimento econômico, o desenvolvimento e a soberania. Criam-se óbices à autonomia nacional em áreas sensíveis e, particularmente, dificultam-se atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de Produtos de Defesa (PRODE), limitando-se a Base Industrial de Defesa (BID).

O imperativo agora não é mais em que inovar, mas sim como inovar.

REFERÊNCIAS

AMBROS, C.C. Defense and Development Industry: theoretical controversies and implications in industrial policy. *Austral: Brazilian Journal of Strategy & International Relations* v. 6, n. 11. Jan/Jul. 2017. p. 132-153.

ASHEIM, B.; GRILLITSCH, M.; TRIPPL, M. Regional Innovation Systems: Past – Presence – Future. *Circle: Papers in Innovation Studies, Oslo*, v. 36, n. 2015, set. 2015.

BRASIL. Livro Branco de Defesa Nacional. 2020 Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/livro_branco_congresso_nacional.pdf Acesso em: 29 ago 2021.

_____. Decreto nº 7.970, de 28 de março de 2013. Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.598, de 22 de março de 2012, que estabelece normas especiais para as compras, as contratações e o desenvolvimento de produtos e sistemas de defesa.

_____. Lei nº 12.598, de 21 de março de 2012. Estabelece normas especiais para as compras, as contratações e o desenvolvimento de produtos e de sistemas de defesa.

CHESBROUGH, H. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston, MA, 2003.

CUKIERMAN, E.; ROUACH, D.; PAGANI, R. *O Vale de Israel: o escudo tecnológico da inovação*, 1a. ed. Rio de Janeiro: Best Business, 2019. 380p.

COOKE, P. *Regional Innovation Systems, Clusters, and the Knowledge Economy*. *Industrial and Corporate Change*, University of Wales, 2001 vol. 10 pp. 945-974.

DIAMANDIS, P. H.; KOTLER, S. *Oportunidades Exponenciais: um manual prático para transformar os maiores problemas do mundo (...) positivo na vida de bilhões*. 1a ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2018.

FRANCO AZEVEDO, C. E. Os elementos de análise da cultura de inovação no setor de Defesa e seu modelo tridimensional. *Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares*, v. 12, n. 45, p. 145-167, 8 dez. 2018. Disponível em: <http://ebrevistas.eb.mil.br/RMM/article/view/582> Acesso em: 29 ago 2021.

GAMELL, D. A. *Regime Jurídico das Contratações de Defesa*. 2014. Disponível em: <https://denisgamell.jusbrasil.com.br/artigos/163749787/regime-juridico-das-contratacoes-de-defesa> Acesso em: 08 set 2021.

GALDINO, J. F. Sistema nacional de inovação do Brasil: uma análise baseada no índice global de inovação. *Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares*, v. 12, n. 45, p. 129-144, 8 dez. 2018. Disponível em: <http://ebrevistas.eb.mil.br/RMM/article/view/1391/1526> Acesso em 29 ago 2021.

_____. *Global Innovation Index 2020*. Disponível em: <https://www.globalinnovationindex.org/gii-2020-report> Acessado em: 01 set 2021.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LEÃO, W.; SANTOS, J. B.; DA SILVA, C. S. A Indústria de Defesa no Brasil: investigando a competência essencial. Revista Brasileira de Estudos de Defesa. v. 5. n. 2, 2018 pp. 87-111. Disponível em: <https://rbed.abedef.org/rbed/article/view/75025/42087> Acessado em 01 set 2021.

LESKE, A.D.C. Inovação e Políticas na Indústria de Defesa Brasileira. 2013 Disponível em: <https://www.ie.ufrj.br/images/IE/PPGE/teses/2013/Ariela%20Leske.pdf> Acesso em: 18 mai. 2021.

PANEGOSSO, A. C. G.; DA SILVA, A. C. C. A Evolução da Gestão de Ativos. In Pesquisa Avançada em Engenharia de Produção, Ed. Aya. 2021. pp. 23-51. Disponível em: <https://ayaeditora.com.br/Livro/7770/>. Acesso em 10 set 2021.

PORTER, M. E. Clusters and the New Economics of Competition. Harvard Business Review, November-December, 1998 pp. 77-90.

_____. The Competitive Advantage of Nations. Harvard Business Review, March-April, 1990. Disponível em: <https://hbr.org/1990/03/the-competitive-advantage-of-nations> Acessado em: 24 out 2019.

ROGERS, D. L. Transformação Digital: repensando o seu negócio para a era digital 1a ed. São Paulo: Autêntica Business, 2017.

SCHUMPETER, J. A. Teoria do Desenvolvimento Econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. Ed. Nova Cultura. São Paulo, 1997.

SENIOR, D.; SINGER, S. Start-up Nation: The Story of Israel's Economic Miracle. Twelve Ed. New York, 2009.

SQUEFF, F.H.S. Sistema Setorial de Inovação em Defesa: Análise do Caso do Brasil. Brasília: IPEA: 2016.

UNITED KINGDOM, Ministry of Defence. Defence and Security Accelerator (DASA) Annual Report 2018. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/748745/DASA_Annual_Report_2018_v5_screen.pdf Acessado em 15 ago 2021.

UNITED KINGDOM, Ministry of Defence. Defence and Security Accelerator Innovation for a Safer Future - DASA Strategy 2021-2024. 2021. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/982893/DASA_-_Innovation_for_a_Safer_Future_Strategy_2021-2024_No_Annex_Hi-res.pdf Acessado em 15 ago 2021.

VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/8sxc8>. Acesso em 20 set 2021.

Índice Remissivo

A

absorção 94, 95, 96, 99, 100, 101, 102
acidente 42, 43, 44, 45, 50, 51, 52, 53, 54, 56
acidentes aéreos 39, 40, 42, 52, 53
aeronáutico 40, 43, 44
aeronáuticos 39, 40, 41, 43, 44, 59
aeronaves 39, 40, 41, 44, 59, 60
agricultura 77, 78, 83, 84, 90, 105, 152, 155, 167, 168, 169
agroecologia 151, 172
agrotóxicos 151
água 17, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 119, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 151, 152, 154, 155, 158, 159, 161, 162, 164, 166, 167, 168
águas 104, 105, 106, 107, 108, 109
algoritmos 10, 12, 20, 21, 26, 34, 35, 39, 40, 44, 47, 53, 57, 72
ambiental 104, 109, 142
ambiente 16, 44, 49, 50, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 85, 88, 89, 90, 91, 96, 98, 104, 109, 115, 116, 119, 122, 124
amostras 95, 97, 98, 101
árvore de realidade 130
aviação 39, 40, 41, 42, 43, 61
avião 43

B

banana 151, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 163, 166, 167, 168, 169, 170
bananais 151, 152, 153, 154, 156, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169
bananicultura 151

C

caminho mínimo 39, 40, 44, 47, 54, 59
carbono 108, 142
ciclo de aquecimento 113, 114, 115, 116, 127
clientes 14, 17, 26, 27, 28, 30, 31, 83, 130
clima organizacional 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 87, 88, 89, 90, 93
clusterização 41
clusters 57
colaboradores 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91
combinatória 10, 21
competitividade 63, 64, 132, 133, 182, 183, 184, 185, 191, 194

complexas 38, 40, 41, 60, 61
comunicação 10, 16, 18, 34, 40, 58, 65, 66, 79, 114, 115, 116, 122, 126
conexões 14, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 53, 59
construção civil 95, 96, 102
controle 11, 38, 40, 43, 61, 65, 66, 74, 80, 105, 115, 118, 119, 126
créditos 142

D

decisão 10, 14, 15, 64, 72, 113, 114, 115, 116, 119, 123, 126, 127
defesa 182, 183, 184, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195
degradação 70, 107, 118, 119, 172, 175, 177, 178
desafios 11, 16, 19, 34, 104, 109
desenvolvimento regional 151
diagrama de dispersão 130

E

econômica 13, 107, 114, 131, 142
efeito da temperatura 114
eficiência 10, 35, 66, 90, 105, 107, 118
endógenas 38, 61
equipamentos 10, 11, 34, 40, 49, 63, 64, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 115, 117, 120, 122, 124
ergonomia 39, 41

G

gestão estratégica 183
grafo 14, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56
grafos 39, 44, 45, 47, 52

I

indústria 19, 62, 63, 67, 69, 74, 75, 116, 118, 119, 143, 182, 183, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194
indústria 4.0 62, 63, 74, 75
indústria de defesa 182, 183, 184, 190, 191, 192, 194
inovação 131, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 193, 194, 195
inovação aberta 182, 183, 184, 186, 188, 189, 190, 191, 193, 194
instrumentos 85, 106, 130
inteligentes 10, 11, 13, 16, 17, 18, 34, 35, 36, 37

L

localização 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 31, 33, 34, 35, 47, 108, 109

M

manutenção 40, 41, 43, 44, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 115

mapa 43, 44, 45, 47, 50, 51, 52, 53, 55, 58, 118

máquinas 38, 60, 61, 65, 66, 67, 70, 72, 73, 117

massa 65, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 118

matriz 14, 28, 45, 46, 47, 50, 52, 55, 119

medidores 10, 11, 13, 16, 18, 34, 35

meio ambiente 116, 148, 151, 167, 168, 172, 174, 180

modelagem 13, 29, 34, 42, 44, 49, 50, 51, 52, 56, 60

modelo 12, 13, 14, 15, 17, 18, 29, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 45, 52, 55, 59, 61, 65, 71, 73, 77, 83, 91, 118

motivação 77, 78, 79, 80, 81, 83, 85, 86, 89, 90, 116

N

NBR 94, 95, 96, 101, 102

nuvem 71, 130

O

organização 42, 45, 67, 68, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91

organizacional 70, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

otimização 10, 11, 12, 18, 21, 36, 66

P

payback 142

pesquisa operacional 39

pessoas 51, 66, 79, 80, 81, 90, 91, 104, 105, 109, 116

piloto 39, 40, 42, 44, 59

políticas públicas 109, 183, 188, 190, 193

poluição 11, 12, 13, 116, 172, 174, 178, 180

problemas 11, 12, 21, 31, 34, 35, 40, 42, 43, 45, 72, 78, 82, 87, 88, 102, 109, 130

processo 11, 21, 42, 60, 64, 65, 66, 68, 69, 71, 72, 73, 78, 82, 98, 106, 107, 108, 109, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 122, 125, 126

produção 12, 36, 63, 65, 66, 68, 71, 73, 104, 108, 109, 114, 115, 116, 117, 121, 122, 123, 124, 125, 126

produtiva 12, 34, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73

produtividade 63, 77, 90

profissional 39, 40, 59, 80, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91

pública 89, 90, 104, 109

R

raciocínio 90, 129, 130

reação 10, 21, 38, 39, 42, 52, 61

reação química 10, 21

redes 10, 11, 17, 21, 34, 35, 41, 45, 53, 66, 73, 105

redes elétricas 10, 11, 17, 34

residência 18, 141, 142

residuais 104, 105, 109

reutilização 104, 105, 106, 109

rio 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180

risco 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 49, 50, 52, 56, 59, 61, 87

riscos 39, 40, 41, 42, 43, 44, 49, 51, 52, 54, 56, 60, 109

rotomoldagem 113, 114, 130, 142

Rotomoldagem 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 126, 127

S

saneamento 155, 172, 174, 178, 180, 181

saudável 159, 172

sensores 10, 66, 71, 72, 73, 114, 116, 118, 126

sistemas 10, 18, 26, 30, 34, 35, 41, 44, 63, 66, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 106, 115, 119

smart grids 10, 11, 13, 15, 20, 21, 34, 35, 36

socioambientais 171, 172, 180

stakeholders 131

sustentabilidade 10, 11, 12, 16, 34, 37, 151

sustentável 16, 34, 69, 107, 109, 141, 142

T

tecnologias 10, 11, 12, 18, 65, 66, 69, 104, 105, 107, 109

temperatura 72, 96, 98, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 125, 126

tomada de decisão 64, 72, 113, 114, 115, 116, 119, 127

tratamento de águas 107, 108

U

usos 104, 105, 108, 109

V

vetorial 43, 44, 50, 51, 52, 53, 55, 58

viabilidade 104, 109, 114, 142

VPL 142

Organizador

Adriano Mesquita Soares

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR/PG, linha pesquisa em Gestão do Conhecimento e Inovação e Grupo de pesquisa em Gestão da Transferência de Tecnologia (GTT). Possui MBA em Gestão Financeira e Controladoria pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais onde se graduou em Administração de Empresas (2008). É professor no ensino superior, ministrando aulas no curso de Administração da Faculdade Sagrada Família - FASF. É editor chefe na AYA Editora.

