

REVISTA ESFERA ACADÊMICA TECNOLOGIA  
VOLUME 6, NÚMERO 1 - ISSN 2526-4141

REVISTA CIENTÍFICA



ISSN 2526-4141

**REVISTA ESFERA ACADÊMICA TECNOLOGIA**

**Volume 6, número 1**

**Vitória**

**2021**

## **EXPEDIENTE**

**Publicação Semestral**

**ISSN 2526-4141**

**Temática: Tecnologia**

**Revisão Português**

José Renato Campos

## **Capa**

*Marketing* Faculdade Brasileira Multivix- Vitória

Elaborada pela Bibliotecária Alexandra B. Oliveira CRB06/396

*Os artigos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade de seus autores e não refletem, necessariamente, os pensamentos dos editores.*

## **Correspondências**

**Coordenação de Pesquisa e Extensão Faculdade Brasileira Multivix- Vitória**

Rua José Alves, 301, Goiabeiras, Vitória/ES | 29075-080

E-mail: [pesquisa.vitoria@multivix.edu.br](mailto:pesquisa.vitoria@multivix.edu.br)

**FACULDADE BRASILEIRA MULTIVIX - VITÓRIA**

**DIRETOR Geral**

Leila Alves Côrtes Matos

**COORDENAÇÃO ACADÊMICA**

Michelle Oliveira Menezes Moreira

**COORDENADOR ADMINISTRATIVO E FINANCEIRO**

Hêmyle Rocha Ribeiro Maia

**CONSELHO EDITORIAL**

Alexandra Barbosa Oliveira  
Karine Lourenzone de Araujo Dasilio  
Michelle Moreira  
Patricia de Oliveira Penina

**ASSESSORIA EDITORIAL**

Cecília Montibeller Oliveira  
Daniele Drumond Neves  
Helber Barcellos Costa  
Karine Lourenzone de Araujo Dasilio

**ASSESSORIA CIENTÍFICA**

Adan Lúcio Pereira  
Cecília Montibeller Oliveira  
Daniele Drumond Neves  
Giselle Almeida Alves

## **APRESENTAÇÃO**

A Revista Científica Esfera Acadêmica Tecnologia é uma revista científica que tem como objetivo contribuir para o entendimento aprofundado das diferentes tecnologias na sociedade, mediante a divulgação de trabalhos de pesquisa e análises teóricas que possam subsidiar as atividades acadêmicas e a ação profissional em diferentes organizações.

Esta edição traz contribuições das áreas tecnológicas, reunindo estudos das diferentes Engenharias. Dessa forma, a Revista Científica Esfera Acadêmica Tecnologia, da Faculdade Multivix – Vitória, pretende contribuir com o estímulo à pesquisa e para divulgação e geração do conhecimento.

Boa leitura!

## SUMÁRIO

**PROVA DE CONCEITO (PoC) PARA DETECÇÃO DE OBJETOS USANDO VISÃO COMPUTACIONAL EM UMA COLETA SELETIVA.....6**

Fabricio Fantin de Oliveira; Bruno Bastos Stoll

**MINERAÇÃO WEB PARA MARKETING DIGITAL - ESTUDO DE CASO.....29**

Álvaro Armani Tozatto; Thell Bruno Prêmoli Miranda; Bruno Bastos Stoll

**CARACTERIZAÇÃO E TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO PARA EFLUENTES PROVENIENTES DA SUINOCULTURA.....47**

Amanda Piumbini Ribeiro, Fernanda Araújo Rangel, Jéssica da Silva Dias Abreu, Mirella Gonçalves da Fonseca Miranda da Silva

**A IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO DE FABRICAÇÃO DOS DUTOS FLEXÍVEIS SUBMARINOS.....65**

Anderson Ascanio Matias de Almeida, André Alves, Vinicius Rocha Mathias, Alan Victor Ferreira Modolo

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: UMA ANÁLISE TÉCNICA E DE INVESTIMENTO....89**

Vagner Facini Teixeira, Rafael Cosmo

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO PARA O PRÉ-SAL A PARTIR DE SUA COMPOSIÇÃO.....106**

Isabella Pepes Morassi, Lucas Anholetti Silva, Thainá Vitória Rosa Santos, Rafael De Paula Cosmo

# PROVA DE CONCEITO (PoC) PARA DETECÇÃO DE OBJETOS USANDO VISÃO COMPUTACIONAL EM UMA COLETA SELETIVA

Fabricio Fantin de Oliveira<sup>1</sup>, Bruno Bastos Stoll<sup>2</sup>

1- Acadêmico do curso de Engenharia de Computação

2- Mestre – Professor Multivix - Vitória

## RESUMO

Um dos grandes problemas da reciclagem é a coleta seletiva de lixo. No entanto, existem iniciativas de seleção manual de materiais recicláveis. Nesse contexto, este trabalho apresenta uma Prova de Conceito focado em visão computacional, com a finalidade de detectar de objetos recicláveis, usando técnica de reconhecimento de imagem para detectar materiais recicláveis de cada objeto em uma coleta seletiva. Para o reconhecimento, realizou-se o treinamento de um modelo preditivo utilizando uma base de imagens de materiais recicláveis. E para avaliar o trabalho, foram realizadas 10 fotos distintas, em que as garrafas plásticas e as latas foram detectadas distintamente com possibilidade de coleta seletiva automatizada. A abordagem proposta apresenta preliminarmente bons resultados, tendo possibilidades de demonstrar um software de classificação que poderá ser utilizado em uma coleta seletiva, com fins de colaboração do desenvolvimento da sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Visão Computacional, OpenCV, Python, Coleta Seletiva.

## ABSTRACT

One of the big problems of recycling is the selective collection of garbage. However, there are initiatives for manual selection of recyclable materials. In this context, this work presents a Proof of Concept focused on computer vision, in order to detect recyclable objects, using image recognition technique to detect recyclable materials from each object in a selective collection. For recognition, a predictive model was trained using an image base of recyclable materials. And to evaluate the work, 10 different photos were taken, in which the plastic bottles and cans were detected distinctly with the possibility of automated selective collection. The proposed approach initially presents good results, having possibilities to demonstrate a classification software that can be used in a selective collection, with the purpose of collaboration in the development of sustainability.

**Keywords:** Computer vision, OpenCV, Python, Selective collect

## 1 INTRODUÇÃO

Um estudo realizado pela WWF-Brasil revela que o Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico, com 11,3 milhões de toneladas, ficando apenas atrás dos Estados Unidos, China e Índia. Desse total, foram coletadas mais de 10,3 milhões de toneladas (91%), porém apenas 145 mil toneladas (1,28%) são realmente recicladas. Segundo a pesquisa, com novo estudo, “Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização”, a menos que todos os atores da cadeia de valores do plástico se responsabilizem pelo custo real para a natureza e para as pessoas, senão a crise mundial do plástico só irá piorar.

Também, segundo o estudo, a quantidade de plástico que vaza para os oceanos todos os anos é de aproximadamente 10 milhões de toneladas, o que equivale a 23 mil aviões Boeing 747 pousando nos mares e oceanos todos os anos. Por fim, a pesquisa enfatiza um sistema de separação que envolve as empresas produtoras do plástico e ajuda a viabilizar a uniformidade e volume, ampliando a possibilidade de reuso (WWF, 2021).

Com tantos avanços tecnológicos, a sociedade está em uma constante evolução. Por outro lado, o meio ambiente vem sofrendo as consequências do grande acúmulo de lixo, acarretando a criação de meios sustentáveis e efetivos desses problemas (PINA, MARTINS, 2018).

A coleta seletiva é uma das alternativas para redução do excesso de lixo, fazendo com que ele retorne ao consumo por meio de sua reciclagem. Coleta seletiva é a coleta diferenciada de resíduos que foram previamente separados segundo a sua constituição ou composição. Ou seja, resíduos com características similares são selecionados pelo gerador (que pode ser o cidadão, uma empresa ou outra instituição) e disponibilizados para a coleta separadamente (MMA, 2021).

O presente trabalho estuda a viabilidade do desenvolvimento em software, utilizando o OpenCV para realização de reconhecimento empregando a Visão Computacional em uma coleta seletiva. Dessa forma, foi feita a Prova de Conceito (PoC), que é uma abordagem na construção de software que verifica determinada ideia a fim de confirmar sua viabilidade e aplicação (MCADAM, BROWN, 2009).

Diante do exposto, este trabalho objetiva demonstrar, por meio da Visão Computacional, que a tecnologia pode colaborar para a automatização da coleta seletiva, reduzindo os riscos de exposição a doenças que os trabalhadores estão sujeitos e tornando o processo mais efetivo (PINA, MARTINS, 2018).

Atualmente, com grande produção de lixo, nota-se a existência de muitos materiais que levam anos para a decomposição, fazendo-se necessária a



utilização de uma coleta seletiva para reciclagem e reutilização desses materiais.

No Brasil, jogam-se em média 76 milhões de toneladas de lixo ao mês. Porém, 30% poderiam ser reaproveitados, mas apenas 3% são reciclados. Com o intuito de evitar danos ao meio ambiente, muitas cidades brasileiras estão aderindo à reciclagem, tendo como resultado um menor desperdício (ROSA, 2005).

A melhor forma de realizar o reaproveitamento da matéria-prima é por meio da reciclagem. A partir de materiais como plástico, alumínio, aço, vidro e outros, é possível produzir uma nova quantidade de matérias, ocasionando grandes economias em energia e matéria-prima (ROSA, 2005).

Com a detecção de objetos, utilizando a visão computacional, tem um processo mais rápido, automatizado e reduz erros para realização de uma coleta seletiva. Assim, fazendo uma reciclagem mais rápida e eficaz.

Uma das preocupações que o mundo vem tendo é com a grande produção de lixo que está sendo descartado no nosso planeta. Diante disso, o que a Visão Computacional é capaz de fazer para melhorar o meio ambiente hoje em dia?

A tecnologia se mostra extraordinária, estando presente em todas as áreas. Por meio dela é possível a criação de um software para automatização de uma casa, automatizar um processo complexo em uma indústria e até reconhecimento facial ou de objetos para detecção de resíduos recicláveis.

O presente projeto identifica e comprova a possibilidade de se realizar uma coleta seletiva para resíduos recicláveis ou orgânicos utilizando a Visão Computacional a partir da biblioteca usada em Python, o OpenCV.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo é detectar objetos recicláveis, usando técnica de reconhecimento de imagem para detectar materiais recicláveis de cada objeto em uma coleta seletiva, além de compreender as técnicas de treinamento de imagem, utilizar o Cascade Trainer GUI para treinamento das imagens, usar a biblioteca OpenCV no desenvolvimento do software e apresentar os resultados obtidos.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A seguir são apresentados os fundamentos teóricos que foram essenciais para o desenvolvimento deste projeto.

### **2.1 Coleta Seletiva**

O Relatório Preliminar da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Capítulo I, Art. 2º, define a coleta seletiva como o recolhimento diferenciado de resíduos sólidos previamente selecionados nas fontes geradoras, com o intuito de encaminhá-los para reciclagem, compostagem, reuso, tratamento e outras destinações alternativas, como aterros, coprocessamento e incineração (BRAVO, 2018).

Reduzir os milhões de toneladas de lixo que nossa civilização vêm gerando diariamente é um dos maiores desafios do século XXI (RIBEIRO, BESEN, 2007). Reduzir a carga abundante de lixo nos depósitos passa pela implantação da coleta seletiva de resíduos recicláveis (BRAVO, 2018).

### **2.2 Visão Computacional**

A Visão Computacional é a ciência e tecnologia das máquinas que enxergam. Ela é responsável pela forma como um computador consegue enxergar o que está a sua volta, extraindo assim, informações relevantes a partir de uma captura de uma imagem ou de um vídeo. Com essas informações é possível manipular, reconhecer e pensar sobre os objetos que compõem a imagem (DE MILANO, HONORATO, 2014).

Para facilitar e suprir limitações humanas, a Visão Computacional ajuda no processamento e na identificação de imagens. A Visão Computacional pode ser estabelecida como sendo a união de técnicas computacionais utilizadas para explicar ou estimar propriedades dinâmicas e geométricas da realidade tridimensional por meio de imagens. Câmeras, ao invés de olhos, são empregadas para se obter as imagens digitais. Como essas informações sofrem variações de natureza, podem ser aplicadas em diferentes ações e áreas. A Visão Computacional busca obter dados de cenas por meio de imagens digitais capturadas previamente. Para que isso seja possível, quase

sempre se faz uso de metodologias de processamento de imagens. Para concluir, a Visão Computacional tem por objetivo deduzir e descrever automaticamente propriedades e estruturas do mundo 3D, que pode ser dinâmico, com base em várias imagens do mundo em 2D, as quais podem ser monocromáticas ou coloridas, sendo capturadas por apenas um ou diversos sensores, que podem ser móveis ou estacionários (FERNANDES NETO, 2020).

Na Visão Computacional, procura-se simular a visão humana, então possui uma entrada como uma imagem, mas a saída como uma compreensão de imagem ao todo, ou parcialmente. Podemos dizer que um processamento de imagem é quando a entrada de um sistema é uma imagem e um conjunto de valores numéricos é a saída (MARENGONI, STRINGHINI, 2009).

Para os sistemas de Visão Computacional existem duas técnicas de Processamento de Imagem. A primeira é o reconhecimento, e a segunda é a inspeção automatizada (Fig. 1). Para um sistema de reconhecimento, é retirado características dos objetos da imagem e usar certo tipo de inteligência computacional para poder interpretar os objetos. Nesse caso não é necessário a coleta de valores exatos com essas características, mas em sistemas de inspeção a exatidão é fundamental. No processo automatizado de inspeção é utilizado uma medição sem contato que utiliza algoritmos computacionais (FELICIANO, SOUZA, LETA, 2005).

Segundo Fernandes Neto (2020), Visão Computacional segue um conjunto predefinido de etapas, aquisição, pré-processamento, segmentação, representação, reconhecimento e interpretação.

No processo de aquisição é feita a captura da imagem por meio de um sensor ou um dispositivo, no caso desse projeto, em um celular. Nessa etapa, a configuração do dispositivo de captura é denominada como o formato da imagem digital, resolução, as configurações de luminosidade, níveis de cinza ou cores da imagem digital. Na etapa do pré-processamento, tem o objetivo de realizar a melhoria da qualidade de imagem vinda da aquisição, fazendo uso das técnicas de atenuação de ruídos, correção de contraste e brilho e

equalização de histograma. A etapa responsável pelo processo de separar a imagem em regiões de pixels similares é a de segmentação, onde os destaques são selecionados com base na extração de características que possibilitam a diferenciar classes de objetos. Esse processo de extração é conhecido como descrição e representação e é a estrutura que possibilita o armazenamento e manipulação dessa sessão. Como última etapa, reconhecimento ou classificação, é o processo de identificar os objetos da imagem, conforme as características presentes descritas. Na interpretação, é o resultado para a situação descoberta, determinada tal classificação (FERNANDES NETO, 2020).

### **2.2.1 Inteligência Artificial**

Com o chamado “aprendizado de máquina”, do inglês Machine Learning, uma área da inteligência artificial restrita que trata dos reconhecimentos de padrões utilizando uma base de dados (SILVA, 2019).

### **2.3 OpenCV**

O Open Source Computer Vision (OpenCV) é uma linguagem de código aberto, que incrementa uma variedade de ferramentas de interpretação de imagem. O pacote está disponível gratuitamente na internet e seu manual de referência. A biblioteca de programação usada está dividida em cinco grupos de funções: Processamento de Imagem; Análise estrutural; Análise de movimento e rastreamento de objetos; Reconhecimento de padrões; e Calibração de câmara e reconstrução 3D (MARENGONI, STRINGHINI, 2009).

O OpenCV é uma biblioteca que inclui um conjunto amplo de algoritmos de Visão Computacional e aprendizado de máquina, com mais de 2.500 algoritmos otimizados. Com isso, é possível identificar objetos, reconhecer rostos, rastrear movimentos de câmeras, classificar ações humanas em vídeo, rastrear objetos em movimento etc. (FERNANDES NETO, 2020).

A biblioteca foi desenvolvida com o objetivo de tornar a Visão Computacional abordável a programadores e usuários em áreas como interação do homem com a máquina em tempo real (MARENGONI, STRINGHINI, 2009).

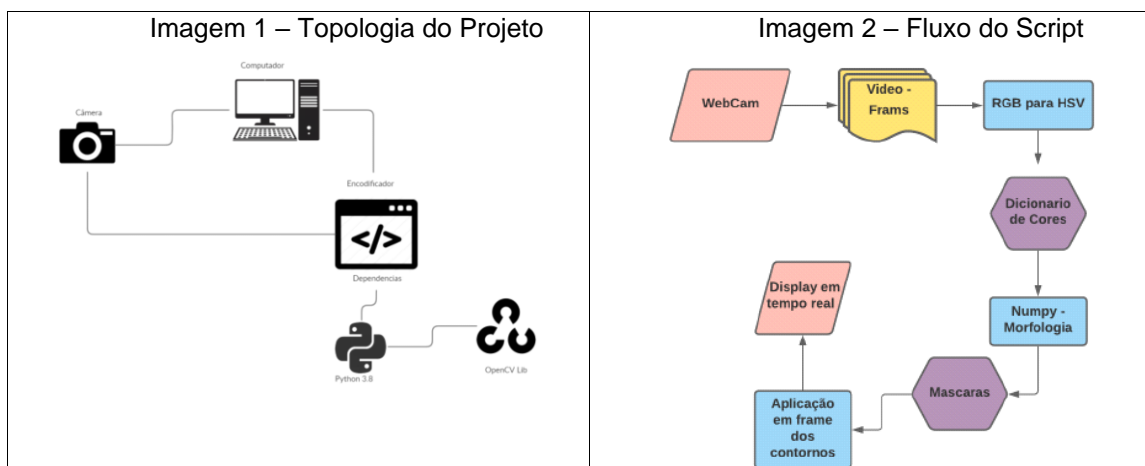
### 3 TRABALHOS CORRELATOS

Este capítulo apresenta uma análise de algumas propostas sobre detecção de objetos usando Visão Computacional para uma coleta seletiva, base deste trabalho.

Dentro deste trabalho, tem-se como proposta, utilizando Inteligência Artificial por meio da Visão Computacional, a detecção de objetos para realizar uma coleta seletiva. Portanto, tive a necessidade de pesquisar novos trabalhos que utilizam esse tipo de detecção e os mecanismos que foram usados para chegar até um resultado.

#### 3.1 Visão Computacional para Identificação de cores em tempo real com OpenCV e Python (UniCEUB- GO)

Um trabalho caracterizado por um estudo exploratório e que realizou pesquisa do tipo qualitativa, realizando a captura de imagens e processamento, com objetivo de capturar as cores primárias e secundárias em tempo real. Para tal projeto foi acoplado uma câmera ao computador para desenvolvimento do algoritmo, conforme Imagem 1.

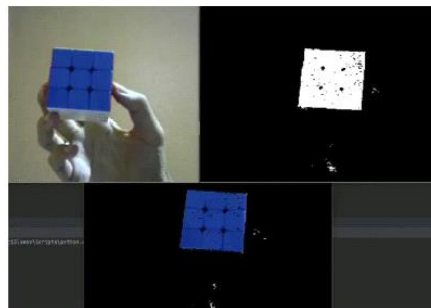


Fonte: Visão Computacional para Identificação de cores em tempo real com OpenCV e Python (UniCEUB- GO)

Com as devidas instalações de sistemas preparadas, foi dado início ao desenvolvimento da estrutura do código. Dando início a partir da captura das imagens, conforme Imagem 2.

O tratamento das imagens foi realizado utilizando o `Imutils`, biblioteca nativa do Python, para amostragem no display. Na etapa seguinte, foi realizado a conversão da imagem utilizando a função `cv2.COLOR_BGR2HSV`, disponível nas bibliotecas do OpenCV. Aplicando suas respectivas funções, obteve-se uma imagem descentralizada e nos padrões de identificação de cores por 'range'. Com isso, é possível a aplicação de um dicionário de cores a serem identificadas pelo algoritmo. Conforme Imagem 3, foi realizada a configuração para reconhecimento da cor azul, a fim de exemplificar o processo de transformação entre espaços de cores.

Imagem 3 – Conversão RGB para HSV



Fonte: Visão Computacional para Identificação de cores em tempo real com OpenCV e Python (UniCEUB- GO)

Com a utilização de um plano cartesiano e realizados alguns testes para a validação de cores selecionadas, sendo definido um seguinte dicionário de cores.

Segundo o autor:

“A proposta do uso do HSV é a possibilidade de se definir um intervalo entre as cores e nomear qualquer cor contida naquela variação uma determinada cor, neste caso, o valor mínimo de cada cor está contido na variável 'lower' e seu valor máximo na variável 'upper'. Assim, qualquer valor contido entre estas variáveis é catalogado como uma cor, por exemplo, o amarelo, que tem o seu valor mínimo de (23 H, 70 S, 120 V), e o valor máximo de (30 H, 255 S, 255 V), qualquer valor dentre o intervalo destas matrizes é identificado como amarelo”.

Identificado as definições do aplicativo, iniciou-se o tratamento da imagem por meio do conceito de morfologia, que são utilizadas técnicas de erosão e

dilatação, e aplicação de máscaras. O OpenCV possui funções onde ele realiza a tratativa de imagem com a combinação técnicas de erosão e dilatação. A função `cv2.MORPH_OPEN` realiza uma erosão seguida de uma dilatação, removendo os ruídos nas imagens (Imagem 4). Com os ruídos tratados, utilizou-se a função `cv2.MORPH_CLOSE`, onde realiza primeiro a dilatação e depois a erosão, fazendo a remoção de pequenos pontos dentro de objetos (Imagem 5).

Imagem 4 – Técnica de abertura da imagem    Imagem 5 – Técnica de fechamento da imagem



Fonte: Visão Computacional para Identificação de corem em tempo real com OpenCV e Python (UniCEUB- GO)

O próximo passo foi de delimitação do contorno do objeto detectado e criação da máscara de detecção a ser aplicada no objeto. Para isso, foi utilizado a função para realizar a detecção de borda do objeto com a cor identificada no dicionário:

Imagem 6 – Detecção de borda

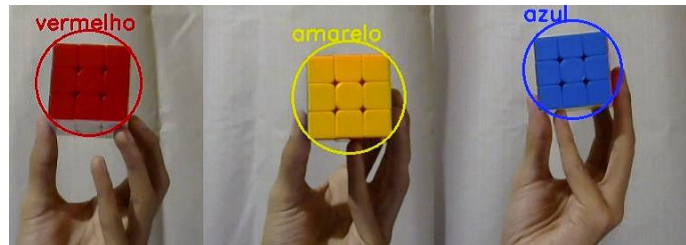
```
# encontra contornos na máscara e inicializa o atual
# (x, y) centro da esfera
cnts = cv2.findContours(mask.copy(), cv2.RETR_EXTERNAL,
                        cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[-2]
center = None
```

Fonte: Visão Computacional para Identificação de corem em tempo real com OpenCV e Python (UniCEUB- GO)

A função é acionada para que se possa determinar os contornos da imagem. Quando ela corresponde ao dicionário, é gerado uma máscara que detecta esse objeto. Para que esse contorno seja detectado na imagem, foi atribuído a ele uma cor sólida para cada chave encontrada. Essas chaves foram determinadas pelo dicionário de cores, com a junção de seu valor máximo e mínimo.

A partir desse ponto, iniciou-se a etapa de testes e análises finais. Foram realizados diversos testes com cubo mágico, como vamos observar nas próximas imagens. O primeiro teste foi realizado individualmente das cores primárias e secundárias.

Imagem 7 – Teste de reconhecimento de cores primárias



Fonte: Visão Computacional para Identificação de cores em tempo real com OpenCV e Python (UniCEUB- GO)

No último teste, foram inseridos mais três objetos azuis, mas o algoritmo consegue reconhecer apenas o maior objeto. Isso é devido a iluminação do ambiente que pode influenciar na captação da imagem interferindo o reconhecimento das cores.

Imagem 8 - Situação adversa



Fonte: Visão Computacional para Identificação de cores em tempo real com OpenCV e Python (UniCEUB- GO)

Conclui-se desse projeto que a Visão Computacional juntamente com a programação consegue realizar uma detecção das cores por meio de imagens. Isso pode ser um aliado dos portadores de daltonismo, já que a implementação do algoritmo pode realizada em aplicativos para smartphones.



### 3.2 Cenário Brasileiro da Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos e Coleta Seletiva (Anais do VI SINGEP–SP)

Este estudo tem o objetivo de analisar o cenário brasileiro de gestão dos resíduos sólidos e da coleta seletiva dos estados. Para isso, desenvolveu-se a fundamentação teórica sobre resíduos sólidos e coleta seletiva e caracterizaram-se os estudos nacionais sobre o assunto. Trata-se de uma pesquisa descritiva, em que se buscou observar o panorama nacional dos resíduos sólidos urbanos, por meio de análise documental, com abordagem qualitativa e quantitativa, em que o universo pesquisado envolveu a análise dos 26 estados brasileiros mais o Distrito Federal.

O universo de investigação envolveu a análise do cenário do Brasil, bem como dos seus respectivos estados, que foram segregados por região do país: norte, nordeste, centro-oeste, sudeste e sul.

Realizou-se uma análise dos dados, utilizando uma pesquisa pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe). Com a análise do documento, foi possível esboçar um cenário nacional da Gestão dos Resíduos Urbanos e Coleta Seletiva, que permitiu a comparação dos resultados por meio de testes de hipótese. Para facilitar a compreensão da análise dos dados coletados, a Tabela 1 elenca as principais categorias, unidades de análise e autores utilizados para tal.

Tabela 1 – Principais categorias, unidades de análise e autores utilizados na pesquisa

| <b>Categoria de análise</b> | <b>Unidade de análise</b>    | <b>Autores</b>  |
|-----------------------------|------------------------------|---|
| Resíduos sólidos Urbanos    | Geração de RSU               | ABRELPE (2014); ABRELPE (2015); IBGE (2016); BRASIL (2016); Galbiati (2005); Souza, Paula e Pinto (2011); Rocha (2012); Bense (2006). |
|                             | Coleta de RSU                |   |
|                             | Disposição final de RSU      |   |
|                             | Recursos aplicados no setor  |   |
|                             | Geração de empregos no setor |   |
| Coleta seletiva             | Reciclagem                   | ABRELPE (2015); ABIPLAST (2015); Vellani e Nakao (2009); Bortoli (2013); Grimberg (2004); Bensen (2006).                              |

Fonte: SANTOS, Tabatha et al. Cenário brasileiro da gestão dos resíduos sólidos urbanos e coleta seletiva. Anais do VI SINGEP–São Paulo–SP–Brasil–13 e, v. 14, n. 11, 2017.

Este trabalho relata a importância da coleta, onde fica evidente que a necessidade de realizar melhorias no processo de geração, coleta e destinação

dos resíduos sólidos do Brasil. Isso porque a população e as taxas de lixo vêm aumentando mais a cada ano, em uma proporção ainda maior.

Segundo a pesquisa realizada pela Abrelpe, 10% dos resíduos coletados no país são dispostos de maneira irregular. Num cenário onde mais de 3.000 (três mil) municípios ainda não retêm corretamente os resíduos, demonstrando uma situação ambiental preocupante.

### **3.3 Utilização de Bibliotecas de Visão Computacional e Aprendizado de Máquina na Identificação de Resíduos Sólidos (metal e vidro) Aplicado à Coleta Seletiva (UniEVANGÉLICA – GO)**

Com auxílio da Visão Computacional, o devido trabalho foi desenvolvido para detecção de materiais, metal e vidro, em uma coleta seletiva com o uso das tecnologias: OpenCV, TensorFlow, Python e Labellmg.

Sua premissa baseia-se na constante evolução da sociedade contemporânea, em que há também uma crescente no desenvolvimento das tecnologias. Mas, em contrapartida, a alta geração de lixo vem destruindo o meio ambiente, gerando a criação de meios sustentáveis e efetivos para solucionar esses problemas.

Em seu desenvolvimento, partiu-se de um treinamento de imagens utilizando o TensorFlow, usando pelo menos 100 imagens de cada classe de itens para conseguir obter bons resultados. Foram obtidas as seguintes imagens, por meio do Google Imagens:

Tabela 2 - Base de dados para treinamento.

| Classe do objeto | Especificação   | Número de Imagens por classe |
|------------------|---|------------------------------|
| Metal            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Latinhas</li> <li>• Tampinhas</li> <li>• Lacs</li> </ul>       | 117                          |
| Vidro            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Garrafas</li> <li>• Copos</li> <li>• Vidro quebrado</li> </ul> | 101                          |

Fonte: PINA, Hudson Murilo Leal; MARTINS, Michael Bryan Miranda. Utilização de Bibliotecas de Visão Computacional e Aprendizado de Máquina na Identificação de Resíduos Sólidos (Metal e Vidro) Aplicado a Coleta Seletiva. 2018.

Foi utilizado a técnica supervisionada de aprendizado de máquina, devido sua baixa complexidade a respeito de sua implementação. Sendo assim, necessitou-se que um agente externo indicasse qual a classe do objeto em determinada imagem. Os objetos de interesse foram mapeados em cada uma das imagens, conforme sua classe, um processo que demorou cerca de 24 horas. A Imagem 9 demonstra o mapeamento realizado com o software Labellmg.

Imagem 9 – Mapeamento de imagem com Labellmg.

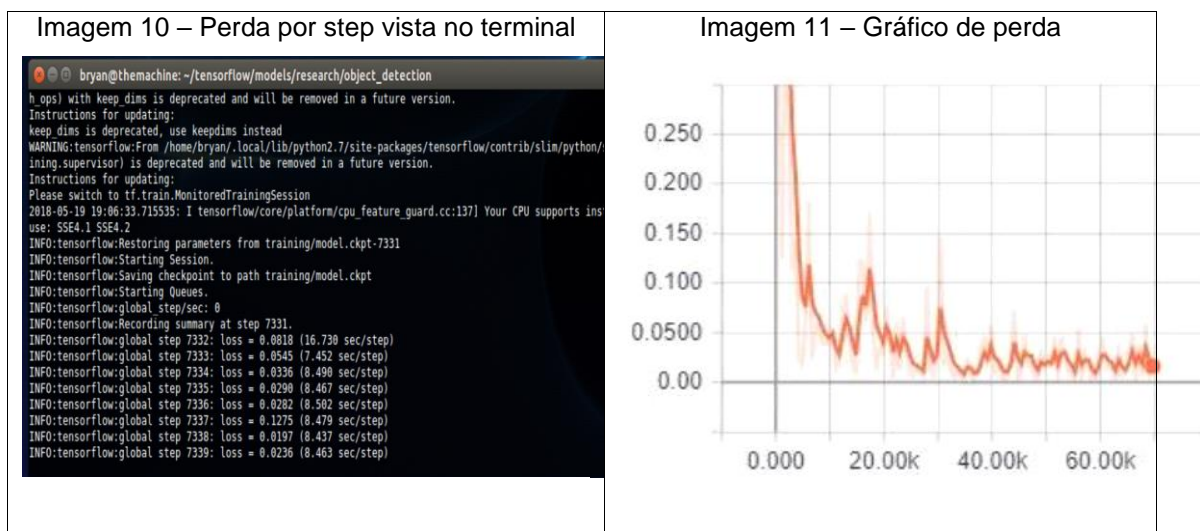


Fonte: PINA, Hudson Murilo Leal; MARTINS, Michael Bryan Miranda. Utilização de Bibliotecas de Visão Computacional e Aprendizado de Máquina na Identificação de Resíduos Sólidos (Metal e Vidro) Aplicado a Coleta Seletiva. 2018.

Para cada imagem de entrada, o software Labellmg gera um arquivo de saída no formato XML, que contém informações sobre as delimitações em pixels dos objetos, suas dimensões e caminho da imagem.

Para utilização do TensorFlow, realizaram a geração e conversão de arquivos para transformar os arquivos no formato XML para o formato CSV, utilizando um conversor genérico em Python. Depois, foi criado um arquivo “label\_map.pbtxt”, que era quem rotulava as classes dos materiais (vidro e metal) e seus identificadores. Esse processo foi feito para a criação de um arquivo binário no formato “.record”, que é entendível pela API do TensorFlow e contém informações das imagens, seus caminhos e segmentação dos objetos.

Ao dar-se início ao treinamento, o processo foi realizado por meio da execução do arquivo “train.py”, disponível na API do TensorFlow. A condição de parada para o procedimento é que a perda em cada step do treinamento esteja constantemente abaixo de 0.05, garantindo um índice de acertos aceitáveis. A quantidade de perda pode ser notada por meio da Imagem 10 ou pelo gráfico de perdas gerado pela própria biblioteca, Imagem 11.



Fonte: PINA, Hudson Murilo Leal; MARTINS, Michael Bryan Miranda. Utilização de Bibliotecas de Visão Computacional e Aprendizado de Máquina na Identificação de Resíduos Sólidos (Metal e Vidro) Aplicado a Coleta Seletiva. 2018.

A partir do último checkpoint gerado, foi exportado os dados de treinamento em único arquivo no formato “.pb”, arquivo classificador. O projeto foi implementado voltado em recebimento de vídeos por meio de uma webcam.

Para a codificação do sistema, foi utilizado a linguagem Python na versão 2.7, que foram aplicadas as bibliotecas TensorFlow na versão 1.5, para

implementação da rede neural convolucional, e OpenCV, para tarefas relacionadas a processamento de imagens.

Alguns impedimentos foram encontrados ao longo da implementação do sistema. Apesar disso, foram realizados testes obedecendo a seguinte ordem:

- Teste com um objeto de metal;
- Teste com um objeto de vidro;
- Teste com múltiplos objetos.

A Tabela 3 contém um detalhamento dos testes com um único objetivo por tentativa, e a Tabela 4 contém o detalhamento dos testes com múltiplos objetivos simultaneamente.

Tabela 3 - Testes com um objeto.

| Teste | Classe | Quantidade de objetos por tentativa | Quantidade de tentativas (cada tentativa utilizou um tipo de objeto diferente) | Acertos | Erros | Porcentagem de acertos |
|-------|--------|-------------------------------------|--|---------|-------|------------------------|
| 1     | Metal  | 1                                   | 6  | 4       | 2     | 66,66%                 |
| 2     | Vidro  | 1                                   | 4  | 4       | 0     | 100%                   |

Fonte: PINA, Hudson Murilo Leal; MARTINS, Michael Bryan Miranda. Utilização de Bibliotecas de Visão Computacional e Aprendizado de Máquina na Identificação de Resíduos Sólidos (Metal e Vidro) Aplicado a Coleta Seletiva. 2018.

Tabela 4 - Testes com múltiplos objeto.

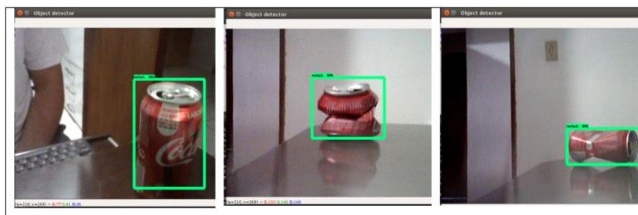
| Teste | Quantidade de objetos de metal | Quantidade de objetos de vidro | Quantidade de tentativas | Acertos | Erros | Porcentagem de acertos |
|-------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------|-------|------------------------|
| 1     | 1                              | 1                              | 1                        | 2       | 0     | 100%                   |
| 2     | 1                              | 2                              | 1                        | 3       | 0     | 100%                   |
| 3     | 1                              | 2                              | 1                        | 2       | 1     | 75%                    |
| 4     | 2                              | 2                              | 1                        | 4       | 0     | 100%                   |

Fonte: PINA, Hudson Murilo Leal; MARTINS, Michael Bryan Miranda. Utilização de Bibliotecas de Visão Computacional e Aprendizado de Máquina na Identificação de Resíduos Sólidos (Metal e Vidro) Aplicado a Coleta Seletiva. 2018.

De acordo com as tabelas acima, os resultados foram satisfatórios e o software desenvolvido conseguiu alcançar o objetivo proposto. Pois, de seis casos de testes executados, apenas um obteve taxa abaixo de 75%. A Imagem 10 demonstra um caso de teste com múltiplos objetos, onde houve uma taxa de acerto de 100%. Algumas pequenas falhas foram detectadas, pois ao obter uma imagem, a rede neural tenta realizar uma previsão a respeito do objeto presente no frame.

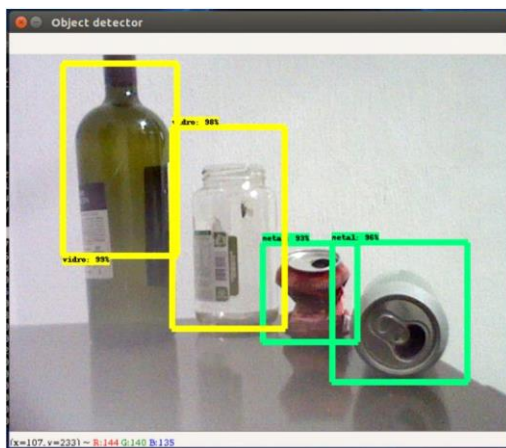
O sistema conseguiu realizar testes com a capacidade de identificação e classificação de um objeto mesmo em diferentes perspectivas ou com alto grau de deformação, como é possível observar na Imagem 12. Isso foi possível devido às características de absorção de padrões de dados de uma rede neural convolucional.

Imagem 12 – Identificação de lata de metal com diferentes deformações



Fonte: PINA, Hudson Murilo Leal; MARTINS, Michael Bryan Miranda. Utilização de Bibliotecas de Visão Computacional e Aprendizado de Máquina na Identificação de Resíduos Sólidos (Metal e Vidro) Aplicado a Coleta Seletiva. 2018.

Imagem 13 – Teste com múltiplos objetos.



Fonte: PINA, Hudson Murilo Leal; MARTINS, Michael Bryan Miranda. Utilização de Bibliotecas de Visão Computacional e Aprendizado de Máquina na Identificação de Resíduos Sólidos (Metal e Vidro) Aplicado a Coleta Seletiva. 2018.

Com o estudo deste trabalho, é possível observar que a biblioteca OpenCV se comportou muito bem no desenvolvimento de seu sistema. Assim, com o projeto, identificamos que o reconhecimento de imagem para materiais, nesse caso vidro e metal, funcionaram muito bem para o reconhecimento de imagens por vídeo para realizar uma coleta seletiva e, assim, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

#### 4 METODOLOGIA

Para realizar uma coleta seletiva, foi definido alguns materiais, tais como: copo plástico, lata de alumínio, garrafa pet, pote de sorvete, casca de banana etc.

Imagem 14 – Topologia do Projeto



Fonte: Produzida pelo autor

Reconhecidos tais objetos, que serão utilizados no projeto, foi iniciado a primeira etapa do projeto, que foi a coleta de imagens, no mínimo 20 imagens de cada objeto, para realizar o treinamento.

Para melhor entendimento dos processos realizados neste projeto, foi criada a ilustração da topologia do projeto (Imagem 14). As imagens foram capturadas de um celular, processadas em um notebook que estava instalado o Python versão 3.8.5 e o Pycharm, que é uma IDE de desenvolvimento gratuita.

#### **4.1 Etapa 1 – Coleta e Tratamento de fotos**

As imagens positivas foram coletadas por meio de um smartphone, capturando 20 imagens do objeto a ser identificado, em diferentes posições, para um melhor reconhecimento do objeto por meio do treinamento.

Já as imagens negativas, como foi necessária uma quantidade maior de imagens, foram obtidas por meio de um banco de dados na internet, disponível para quem quiser baixar no link <https://www.kaggle.com/muhammadkhalid/negative-images>.

#### **4.2 Etapa 2 – Treinamento e Geração Cascade**

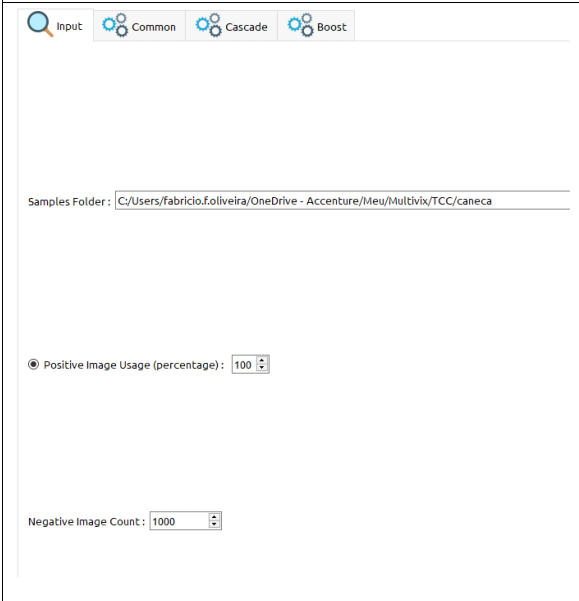
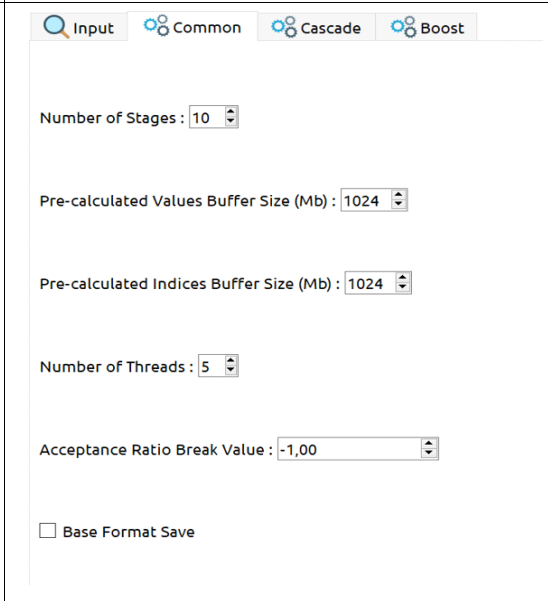
Para realizar a detecção de imagens, na maioria das vezes há o uso do Classificador HAAR-Cascade pré-treinado, cujo desempenho é bastante atingível com todos os objetos. Mas quando é usado o classificador pré-treinado, não conseguimos saber se o treinamento desse classificador pode ser feito. Quando questionado esse tipo de assunto, é apresentado um classificador muito simples para usar a ferramenta GUI chamada "Cascade Trainer GUI" (uma ferramenta projetada por Amin Ahamid). O Cascade Trainer GUI é um programa para realizar treinamento, testar e melhorar os modelos classificadores. Nele, é usado uma interface gráfica para definir os parâmetros e tornar mais fácil a usabilidade das ferramentas OpenCV para treinamento e testes classificadores (PATIL, 2019).

Com os devidos materiais definidos, foi dado início ao treinamento de imagens no OpenCascadeGUI. Para o treinamento, foram usadas 1000 imagens



negativas. As imagens negativas podem ser qualquer imagem que seja a imagem positiva - na teoria, Imagem 15.

Na etapa de implementação, foram usadas 20 imagens positivas no treinamento, configurando as dimensões da imagem para 20x30 pixels, e realizando 10 Stages de treinamento. As imagens positivas são os objetos que se deseja treinar e detectar seu classificador (Imagem 16).

| Imagem 15 – Cascade Trainer GUI, entrada de dados (imagens negativas)              | Imagem 16 – Cascade Trainer GUI, treinamento do classificador (imagens positivas)   |
|--|---|
|  |  |
| <p>Fonte: Produzido pelo autor</p>   |   |

### 4.3 Etapa 3 – Implementação e experimentação

Com o treinamento finalizado, deu-se início a etapa de experimentação, com ajustes da imagem e sua codificação. Gerado alguns arquivos após o treinamento, foi utilizado a função `cv2.CascadeClassifier` para buscar arquivo “Cascade.xml”, que é o classificador em cascata real para realizar a codificação. A codificação foi realizada em Python no aplicativo PyCharm, usando a biblioteca do OpenCV (`import cv2`) para realizar o reconhecimento de determinada imagem.

Imagem 17 – Codificação do projeto em Python

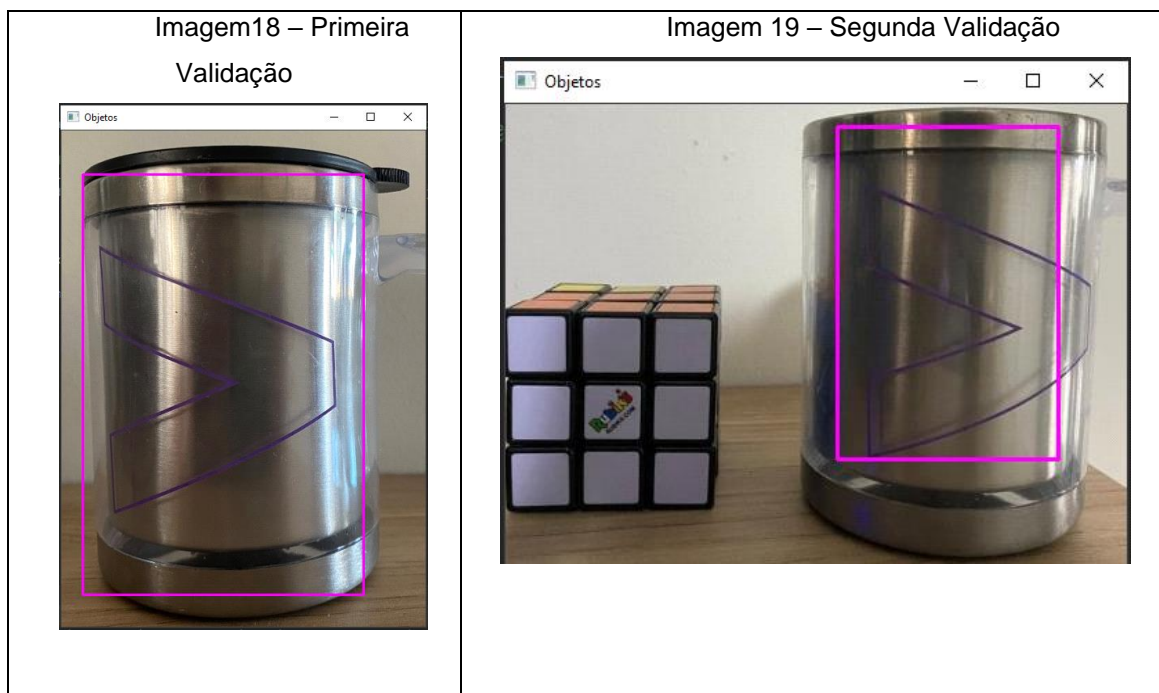
```
04 - OpenCV.py
1 #-*- coding:utf-8 -*-
2 import cv2
3
4 carregaAlgoritmo = cv2.CascadeClassifier('C:/Users/fabricio.f.oliveira/Desktop/cascade.xml')
5
6 imagem = cv2.imread('canecas.jpeg')
7 imagemCinza = cv2.cvtColor(imagem, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
8 objetos = carregaAlgoritmo.detectMultiScale(imagemCinza)
9 print(objetos)
10
11 for(x, y, l, a) in objetos:
12     cv2.rectangle(imagem, (x, y), (x + l, y + a), (255, 0, 255), 2)
13
14 cv2.imshow("Objetos", imagem)
15 cv2.waitKey()
```

Fonte: Produzido pelo autor

#### 4.4 Etapa 4 – Validação

Para validar os dados, o objetivo do código era realizar a detecção do objeto, validando o princípio da POC e poder pôr em prática o objetivo de realizar uma coleta seletiva de objetos recicláveis.

Em uma primeira etapa de validação, foi realizado a detecção apenas do objeto que foi treinado. Na Imagem 18, é possível identificar que o código conseguiu uma ótima resposta a respeito do que ele foi desenvolvido. Na segunda validação do projeto, foi realizado a detecção do objeto que foi treinado junto a um outro objeto não treinado. O código também obteve uma boa resposta, conseguindo identificar o objeto que foi treinado, conforme mostrado Imagem 19.



Fonte: Produzido pelo autor

De acordo com as informações anteriores, tem-se como resultados de acurácia de precisão, conforme descrito abaixo:

Acurácia: mostra o quanto o modelo acertou das possíveis previsões (SILLVA,2020).

$$\text{Acurácia} = \frac{\text{Verdadeiros Positivos(VP)} + \text{Verdadeiros Negativos(VN)}}{\text{Total}}$$

Precisão: dentre todas as classificações de classe positivo que o modelo fez, quantas estão corretas (SILVA, 2020).

$$\text{Precisão} = \frac{\text{Verdadeiros Positivos(VP)}}{\text{Verdadeiros Positivos(VP)} + \text{Falsos Positivos(FP)}}$$

Para ser calculado a acurácia e a precisão, toma-se em conta que o Verdadeiro Positivo (VP) é contabilizado quando o método previu corretamente a classe a ser prevista - nesse caso, a quantidade de treinamentos que ocorreram corretamente. O Falso Positivo (FP) ocorre quando no conjunto real a classe a ser prevista previu incorretamente - nesse caso, é quando é realizado o treinamento, mas nada foi treinado. Já o Verdadeiro Negativo (VN) ocorre

quando o modelo previu corretamente o que realmente não era de interesse - nesse caso, quando não treina nenhum objeto onde não existe treinamento (SILVA, 2020). Obtemos, então, o seguinte resultado:

| Tabela 5 - Resultado de amostras |           | Tabela 6 – Resultado geral |               |
|----------------------------------|-----------|----------------------------|---------------|
| Amostras                         | Resultado |                            | Resultado (%) |
| VP                               | 8         | Acurácia                   | 80%           |
| FP                               | 2         | Precisão                   | 80%           |
| VN                               | 0         |                            |               |
| Total de Treinamentos            | 10        |                            |               |

Fonte: Produzido pelo autor

Conforme descrito nesta seção e apresentado nas imagens 18 e 19, a ferramenta Trainer Cascade GUI, de treinamento de imagens, junto com o desenvolvimento do código em Python com a biblioteca OpenCV, foi submetido a experimentos, na finalidade de avaliar se as funcionalidades estão de acordo com o objetivo proposto. Dessa forma, a arquitetura tecnológica proposta atende aos requisitos descritos na solução.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou o desenvolvimento de uma PoC para identificação de objetos para realizar uma coleta seletiva por meio da aplicação de Visão Computacional contida na biblioteca OpenCV. Com o auxílio da Visão Computacional e utilização da biblioteca OpenCV, é possível observar que o treinamento da imagem se comportou muito bem ao realizar a codificação para realizar a detecção do objeto por imagem. Este projeto teve por objetivo demonstrar a importância de se realizar a coleta seletiva para um ambiente mais sustentável e com menos poluição. A partir da implementação deste projeto, foi possível demonstrar uma possível solução para classificação de materiais recicláveis, mas para isso seria necessário o mapeamento de uma grande quantidade de objetos. Dessa forma, os impactos advindos da sua utilização é a possibilidade de realização de uma coleta seletiva mais rápida e eficaz, aumentando o número de materiais a serem reciclados e melhorando o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

- BRAVO, Thamara Lins et al. Educação ambiental e percepção da implantação de coleta seletiva de lixo urbano em de alegre, es. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 375-396, 2018.
- DE MILANO, Danilo; HONORATO, Luciano Barrozo. Visao computacional. 2014.
- SILVA, Tarcizio. Visão Computacional e Vieses Racializados: branquitude como padrão no aprendizado de máquina. II COPENE Nordeste: Epistemologias Negras e Lutas Antirracistas, p. 29-31, 2019.
- FELICIANO, Flávio F.; DE SOUZA, Igor L.; LETA, Fabiana Rodrigues. Visão computacional aplicacada à metrologia dimensional automatizada: considerações sobre sua exatidão. **Engevista**, 2005.
- FERNANDES NETO, Euripedes Purcinio. Visão computacional para identificação de cores em tempo real com opencv e python. 2020
- MARENGONI, Maurício; STRINGHINI, Stringhini. Tutorial: Introdução à visão computacional usando opencv. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. 16, n. 1, p. 125-160, 2009.
- MCADAM, Rodney; MCADAM, Maura; BROWN, Valerie. Proof of concept processes in UK university technology transfer: an absorptive capacity perspective. **R&D Management**, v. 39, n. 2, p. 192-210, 2009.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. < <https://www.gov.br/mma/pt-br> >, acessado em maio de 2021.
- PINA, Hudson Murilo Leal; MARTINS, Michael Bryan Miranda. Utilização de Bibliotecas de Visão Computacional e Aprendizado de Máquina na Identificação de Resíduos Sólidos (Metal e Vidro) Aplicado a Coleta Seletiva. 2018.
- PATIL, Suhas S. Building Custom HAAR-Cascade Classifier for face Detection. 2019.
- RIBEIRO, Helena; BESEN, Gina Rizpah. Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso. **InterfacEHS**, v. 2, n. 4, p. 1-18, 2007.
- ROSA, Bruna Nogueira et al. A importância da reciclagem do papel na melhoria da qualidade do meio ambiente. **ENEGEP**, nº XXV, p. 6, 2005.
- SILVA, LUCAS MOREIRA GUERRA. DETECÇÃO DE COLÔNIAS DE BACTÉRIAS UTILIZANDO VISÃO COMPUTACIONAL. 2020.
- WWF. World Wildlife Fund. < <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico> >, acessado em agosto de 2021.

## MINERAÇÃO WEB PARA MARKETING DIGITAL - ESTUDO DE CASO

Álvaro Armani Tozatto<sup>1</sup>, Thell Bruno Prêmoli Miranda<sup>1</sup>, Bruno Bastos Stoll<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia da Computação

<sup>2</sup> Mestre em Informática – Professor Multivix - Vitória

### RESUMO

O trabalho apresenta conceitos fundamentais para mineração e análise de dados em websites. O objetivo é evidenciar a importância da aplicação desses conceitos e ferramentas. Para isso, foi criado um website, o [www.conheca.agr.br](http://www.conheca.agr.br), em que realizou-se a implementação de ferramentas para capturar dados de interações dos usuários, visando entender seus interesses e comportamentos. Com base na análise dos dados obtidos, é possível identificar os conteúdos de maior interesse dos usuários e um problema de usabilidade do menu principal em dispositivos móveis. Como resultado dessa análise, é possível produzir conteúdos mais relevantes para o público e entender o motivo da baixa interação no menu por meio de dispositivos móveis. Por consequência, a visibilidade do site nas buscas do Google aumentou de forma significativa por trazer conteúdos de maior relevância.

**Palavras-chave:** mineração web, análise de dados, marketing digital.

### ABSTRACT

The work presents fundamental concepts for data mining and analysis on websites. The objective is to highlight the importance of applying these concepts and tools. For this, a website was created, [www.conheca.agr.br](http://www.conheca.agr.br), in which tools were implemented to capture user interaction data, aiming to understand their interests and behaviors. Based on the analysis of the data obtained, it is possible to identify the contents of greatest interest to users and a usability problem of the main menu on mobile devices. As a result of this analysis, it is possible to produce more relevant content for the audience and understand the reason for the low interaction in the menu through mobile devices. As a result, the site's visibility in Google searches has increased significantly as it brings more relevant content.

**Keywords:** web mining, data analysis, digital marketing.

## 1 INTRODUÇÃO

Em meados do século XX, computadores ocupavam salas inteiras, utilizados em grande parte para fins militares. Ao passar dos anos, com o avanço da tecnologia, seu uso estendeu-se ao ambiente das empresas. Entretanto, a possibilidade de se ter um desses aparelhos em casa, para uso pessoal, era impensável.

A partir da década de 1980, o que antes era impensável, tornou-se realidade com a introdução dos computadores pessoais e a disponibilização da internet para o público geral em 1991. Apesar de evoluções significativas nesses aparelhos e na própria internet, os usuários possuíam pouca ou nenhuma mobilidade ao utilizá-los.

Com o aumento do poder de processamento dos chips e diminuição no tamanho dos dispositivos, computadores portáteis tornaram-se cada vez mais comuns. Aumentando o número de usuários que utilizam o meio digital para se comunicar, consumir conteúdos e realizar compras on-line, sem a necessidade de ir até um espaço físico.

A partir da facilidade de comunicação e busca de informação proporcionada pela internet, o usuário pode realizar pesquisas de preço, de produtos similares e expor sua opinião sobre sua experiência de compra com uma loja ou produto. Dessa forma, torna-se essencial para as empresas conhecer o comportamento e interesses de seus consumidores.

Para isso, as plataformas digitais fornecem uma quantidade gigantesca de dados de seus usuários. Dados que podem ser capturados de diferentes formas a partir de diferentes ferramentas.

Posteriormente, as informações geradas por essas análises serão utilizadas em ações de marketing que buscam engajar os usuários da rede, fortalecendo a marca, bem como para direcionar anúncios e conteúdos visando alcançar usuários com uma maior possibilidade de adquirir seus produtos. Porém, o grande número de ferramentas no mercado pode causar confusão sobre quais utilizar em cada situação ou objetivo, o que ocasiona em dados capturados de forma incorreta, com análises equivocadas a partir deles, trazendo resultados frustrantes.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo geral trazer os principais conceitos relacionados à captura de dados web em um site, bem como a visualização dos dados obtidos. E, a partir disso, realizar um estudo de caso no site [www.conheca.agr.br](http://www.conheca.agr.br), aplicando esses mesmos conceitos para realizar a captura e análise de dados, e, a partir disso, identificar pontos de melhoria e principais interesses dos usuários. A principal contribuição deste trabalho é apresentar de forma simples e objetiva aos profissionais que irão trabalhar análises de dados web o uso de ferramentas e sua correta aplicação, bem como possibilidades de uso das informações obtidas, auxiliando-os em seu desenvolvimento profissional.

Este trabalho traz uma pesquisa de natureza aplicada de abordagem quantitativa. A partir de uma pesquisa explicativa, utilizando os procedimentos de estudo de caso, com uma amostra de 751 usuários, onde foram coletados dados a partir de um website, utilizando a técnica de análise de conteúdo.

A estrutura apresentada poderá ser utilizada e adaptada para diversos tipos de sites, podendo ser aplicada de forma simples e objetiva, trazendo segurança e confiabilidade na captura de dados.

Esse processo é de extrema importância para definir o público-alvo de campanhas pagas, editorial de conteúdo, palavras-chave para otimização de Search Engine Optimization (SEO) e realizar melhorias na estrutura do site.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Evolução da Web**

Ao passar das décadas, a internet tornou-se cada vez mais presente na vida das pessoas. Para esclarecer melhor a evolução da internet ao longo do tempo, é típico dividir a web em três gerações. Criada em meados da década de 1980, a primeira (web 1.0) ficou conhecida pela possibilidade de conexão entre pessoas, porém de forma estática e sem interatividade com os sites, sendo eles criados somente para leitura (MAGRANI, 2018).

A transição entre web 1.0 e web 2.0 não foi algo bem definido. Enquanto a web 1.0 ficou conhecida como a “web do conhecimento”, pelo aumento inesperado de informações, a web 2.0 foi considerada a “web da comunicação”, devido à interatividade realizada.

O O’Reilly (2005B) define a web 2.0 como plataforma, abarcando todos os dispositivos conectados. As aplicações web 2.0 são aquelas que produzem a maioria das vantagens intrínsecas de tal plataforma: distribui o software como um serviço de atualização contínuo que se torna melhor quanto mais pessoas o utilizam, consomem e transformam os dados de múltiplas fontes - inclusive de usuários individuais - enquanto fornecem seus próprios dados e serviços, de maneira a permitir modificações por outros usuários, criando efeitos de rede



por meio de uma 'arquitetura participativa' e superando a metáfora de página da web 1.0 para proporcionar ricas experiências aos usuários.

Portanto, com a chegada do termo web 2.0, a web em si tornou-se um lugar mais dinâmico, onde o consumidor passou também a ser colaborador.

Por sua vez, o termo web 3.0 foi criado pelo jornalista John Markoff (MARKOFF, 2006), do New York Times, baseado na evolução do termo web 2.0, divulgado por Tim O'Reilly e Dale Dougherty. Conceito ainda criticado, mas que já apresenta algumas características que o diferenciam das outras conceituações. A principal delas são os novos polos de conexão, em que os objetos interagem com pessoas e outros objetos. Portanto, isso está relacionado ao conceito de "Internet das Coisas".

O termo IoT, do inglês Internet of Things e que é traduzido como Internet das Coisas, é utilizado para transmitir a ideia de que a internet pode estar presente em todas as coisas. A ideia por trás do conceito é a de que todos os equipamentos podem estar conectados à internet e, então, facilitar a vida das pessoas no seu dia a dia (ALECRIM, 2007).

## **2.2 Marketing Web**

A dinâmica de estratégias no mercado muda constantemente com o passar do tempo. Philip Kotler, considerado o pai do marketing, traz em seus livros Marketing 3.0 e Marketing 4.0 conceitos de acordo com a mudança de foco da estratégia ao passar dos anos. Claro que nem todas as marcas evoluíram com o tempo, porém, as que não o fazem, ficam para trás em um mercado cada vez mais competitivo (HOUSE, 2021).

Nos seus primórdios, o marketing tinha como foco o produto, sem importar-se com dores específicas dos consumidores, visando alcançar preços mais baixos, e uma padronização para facilitar sua produção em grandes quantidades nas fábricas. Como o Modelo T, de Henry Ford, que trazia apenas preto como opção de cor.

Com a democratização da tecnologia da informação, o consumidor passou a ter maior facilidade para comparar preços de produtos semelhantes, por

consequência não basta apenas ter um produto que funcione de forma geral, mas sim que atendam a necessidades específicas de públicos segmentados. Dessa forma, o valor é definido pelo cliente (KOTLER, 2012).

Chega-se, então, à terceira fase do marketing, onde as marcas passam a centrar seus esforços para o ser humano, trabalhando melhor suas missões, visões e valores, buscando solucionar problemas da sociedade. Dessa forma, o Marketing 3.0 acredita que os consumidores são seres humanos completos, cujas outras necessidades e esperanças jamais devem ser negligenciadas (KOTLER, 2012).

A internet mostra sua força, e as redes sociais tornam-se uma febre. O marketing agora precisa migrar para o meio digital, com foco em entender e acompanhar o consumidor durante toda sua jornada de compra. Torna-se cada vez mais importante conhecer preferências, hábitos e comportamentos de seus clientes, o que, agora, é mais acessível devido à imensa quantidade de dados gerada por esse meio.

Quanto mais dados tivermos sobre determinado público, melhor. Porém deve-se atentar que de nada adianta um dado bruto se não for possível transformá-lo em informação. E, para isso, existem ferramentas que facilitam a mineração e análise de dados, que, entretanto, exigem profissionais com cada vez maior entendimento de mercado e das próprias ferramentas, para realizar análises que trazem vantagens competitivas com efetividade.

### **2.2.1 Mercado de marketing**

O mercado é variado, com o profissional tendo a possibilidade de atuar em diversas áreas como: design, redação, gestão de tráfego pago, comunicação interna, produção, gerenciamento de mídia, estratégia, entre outros. O comum entre todas essas áreas é o uso de dados para tomada de decisão.

Quando se olha para áreas do design, por exemplo, englobando a construção de interfaces com foco na experiência do usuário, que, por sua vez, são expostas diariamente a testes para medir sua efetividade e visualizar novas

ideias de aprimoramento, o que exige expertise do profissional em recolher, organizar e analisar os dados gerados (PATEL, 2020).

Em redação, o processo de SEO envolve uma mineração constante de dados de sites concorrentes, com foco em otimizar páginas para alcançarem um melhor posicionamento em ferramentas de busca como o Google.

Tráfego pago é um dos principais meios on-line para aquisição de clientes, que busca alcançar o maior número de leads, termo utilizado para clientes potenciais, com a menor verba. Para isso, uma análise precisa dos dados gerados pela campanha paga, são essenciais para uma melhor otimização de verba, o que, por consequência, gera mais leads e um maior retorno financeiro para a empresa (PATEL, 2020).

Em tarefas de comunicação interna de uma empresa, é muito importante entender o que se passa com os colaboradores. Um setor de recursos humanos bem estruturado gera grande quantidade de dados sobre os funcionários, e são de extrema importância para definir ações internas que possam fomentar um melhor relacionamento entre empregado e empregador, o que, por fim, resulta em um colaborador engajado e mais eficiente em suas entregas.

Para exibir um anúncio na televisão, ou em um outdoor, é necessário um conhecimento concreto do público que será exposto a essa publicidade, que, por sua vez, pode ser identificado por meio de dados de renda, comportamento e interesses de uma determinada região ou canal de comunicação.

No fim, tudo se resume a uma estratégia bem alinhada com os interesses da empresa em relação ao mercado onde atua. E para se chegar a uma estratégia que atenda a esses requisitos, baseada em dados concretos que mostrem o norte a ser seguido, é necessário a presença de profissionais com expertise em mineração e análise de dados, os quais terão a capacidade de transformar esses dados em informação de grande valor competitivo (TAIL, 2020).

### **2.3 Mineração de Dados**

A mineração de dados refere-se ao processo não trivial de identificação de padrões válidos, previamente desconhecidos e potencialmente úteis dos dados (FRAWLEY, 1992).

Com o desenvolvimento da Internet das Coisas e do Big Data, geramos e armazenamos grandes quantidades de dados não estruturados todos os dias. De uma forma geral, o objetivo da mineração de dados é obter esses dados armazenados e transformá-los em informações valiosas para resolver vários tipos de problemas. A mineração de dados é parte integrante de um processo mais amplo, conhecido como descoberta de conhecimento em bases de dados, do inglês Knowledge Discovery in Databases (KDD) (CASTRO, 2016).

Tecnicamente falando, a mineração de dados é um processo de técnicas estatísticas, matemáticas e de inteligência artificial para extrair e identificar informações úteis e conhecimentos (ou padrões) a partir de vastos conjuntos de dados. Esses padrões podem se apresentar na forma de regras de negócios, afinidades, correlações, tendências ou modelos preditivos (NEMATI E BARKO, 2001).

De acordo com Mehmed Kantardzic (2011), a mineração de dados tem duas categorias amplas: (a) preditiva, que envolve o uso do conjunto de dados para prever valores desconhecidos ou futuros; (b) e descritiva, que foca na descoberta de padrões que descrevem os dados e que podem ser interpretados por humanos.

A mineração de dados é cada vez mais utilizada em áreas onde antes nem podíamos imaginar aplicações práticas, porque são modelos de negócios em que os dados não são armazenados digitalmente (AMARAL, 2016).

### **2.4 Mineração na Web**

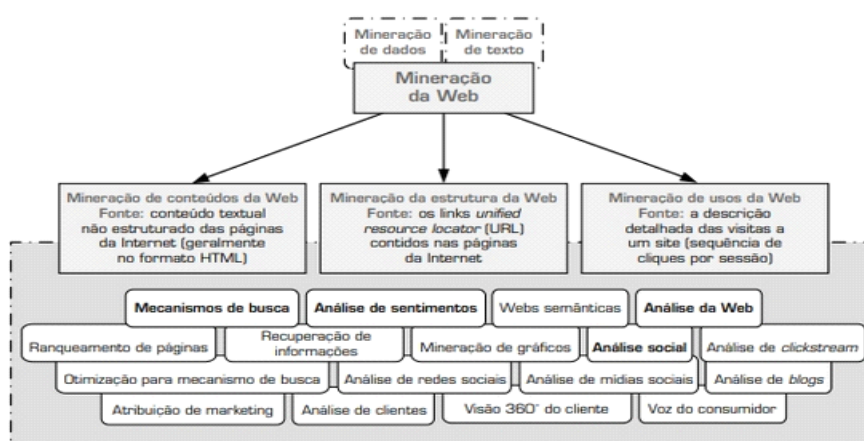
A World Wide Web (Web) serve como um enorme repositório de dados e informações sobre praticamente tudo que se pode conhecer: questões empresariais, pessoais ou o que quer que seja (SHARDA, DELEN & TURBAN, 2019).

A web é considerada a maior fonte de dados hoje, com milhares de páginas aparecendo e desaparecendo na internet todos os dias. De forma geral, a mineração na web pode ser conceituada como a descoberta e análise inteligente de informações úteis da web (COOLEY, 1997). Dentro das informações contidas na web, as pessoas podem se interessar por informações contidas em documentos da web, informações contidas entre documentos da web, ou informações contidas no uso ou interação com a web. Para cada qual é desenvolvida técnicas e processos diferentes, herdando algumas outras disciplinas, como aprendizado de máquina, banco de dados, estatísticas, inteligência artificial e redes sociais (MARINHO, 2003).

No entanto, tornar os dados da web utilizados e compreensíveis não é fácil por serem mais complexos e dinâmicos em comparação com os dados tradicionais (tabelas de dados). Outra diferença entre a web e os dados tradicionais é a inserção de hipertexto, que são abundantes em fontes de informação que auxiliam no ranqueamento de páginas. Apesar das diferenças, o método de aprendizagem é o mesmo no processo KDD (MARINHO, 2003).

Como citado anteriormente, a mineração na web se divide em três categorias de acordo com a parte da web a ser minerada: mineração de conteúdo, mineração de estrutura e mineração de uso.

Figura 1 – Taxonomia de Mineração da Web



**Fonte:** Livro “Business Intelligence e Análise de Dados para Gestão do Negócio” (SHARDA, DELEN & TURBAN, 2019).

### **2.4.1 Mineração de Conteúdo**

A mineração de conteúdo trata do descobrimento de informações úteis do conteúdo, dados, documentos e serviços da web (PAL, 2000). Dados como textos comuns, páginas HTML, imagens, áudio, vídeo etc.

A mineração do conteúdo da web abrange as ferramentas que efetuam recuperação inteligente de informações ou aquelas que abstraem a organização dos dados semiestruturados contidos na web (CARVALHO e VASCONCELOS, 2004).

Segundo Rafael Santos (2009), a mineração de conteúdo da web é o processo de extração de conhecimento do conteúdo de documentos e de seus metadados (descrição, informações sobre autores, palavras-chave etc.). Esse enfoque abrange principalmente documentos textuais, podendo também incluir mineração de dados multimídia na web, usando ou não dados textuais associados.

Focado ainda nos dados de texto e hipertexto, existem duas estratégias para mineração de conteúdo. Uma realiza a mineração diretamente dos documentos, onde esses documentos já foram recuperados e estão prontos para serem minerados, e a outra aumenta o poder de busca de outras ferramentas e serviços, por meio do processo de indexação e categorização dos documentos. Ambas complementam o foco da mineração de conteúdo, que é a busca, usada para melhorar a eficiência dos motores de buscas, com um ranqueamento de páginas.

### **2.4.2 Mineração de Estrutura**

Documentos conectados por links de hipertexto, que são os principais objetos de pesquisa em mineração de estruturas. Estamos interessados no conteúdo dos documentos, nas informações implícitas entre os documentos (MARINHO, 2003).

Segundo Mauricio Onoda (2006), são conceitos relacionados à mineração de estrutura:

- Concentrador (hub): página web conectada a uma coleção de sites relevantes para determinado tópico;
- Autoridade (authority): página web apontada por vários concentradores;
- Relacionamento mútuo de reforço: uma autoridade boa é aquela apontada por muitos concentradores bons; um concentrador bom é a página que aponta para muitas autoridades boas.

No livro “Business Intelligence e Análise de Dados para Gestão do Negócio”, a definição de mineração de estrutura web é encontrada como:

“A mineração de estruturas da Web é o processo de extrair informações úteis a partir dos links incorporados em documentos da Web. Ela é usada para identificar páginas de autoridade e hubs, que são os pilares dos algoritmos contemporâneos de ranqueamento de páginas, os quais, por sua vez, são centrais para mecanismos de busca populares como Google e Yahoo!. Assim como links para uma página da Internet podem indicar a popularidade (ou autoridade) de um site específico, links dentro de uma página (ou de um site completo) podem indicar a profundidade de cobertura de um tópico específico. A análise de links é muito importante para entender as inter-relações entre grandes quantidades de páginas da Internet, levando a uma melhor compreensão de uma comunidade, clã ou panelinha na Web” (DELEN, TURBAN & SHARDA, 2019).

O principal objeto de pesquisas nessa categoria de mineração web é definido como hipertexto, que tem a função de mostrar como as páginas da web se "relacionam" (MARINHO, 2003).

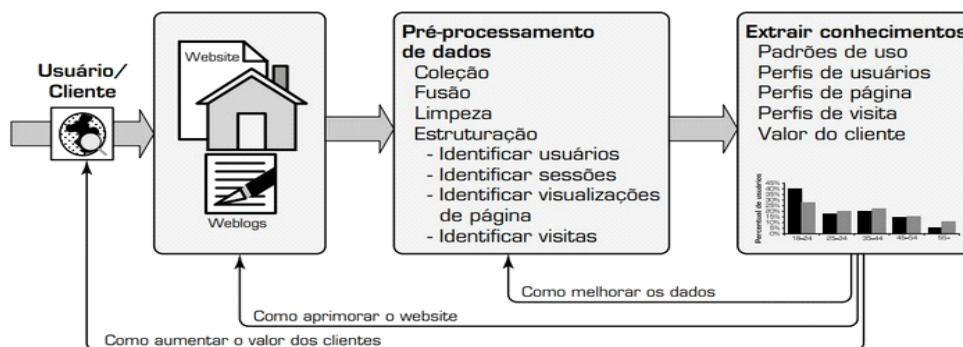
### **2.4.3 Mineração de Uso**

A mineração de uso foca em técnicas que possam identificar, utilizando técnicas e ferramentas, o comportamento do usuário a partir de suas interações com a web (KOSALA, 2000).

Possui duas aplicações principais: aprendizado de perfil de usuário e de padrões de navegação (MARINHO, 2003). Com isso, o setor comercial se beneficiou com a possibilidade de entender o comportamento dos clientes e

preferências de compra, identificando padrões em suas interações e aplicando melhorias na experiência do usuário durante o processo de compra. Com esse entendimento, é possível mapear os melhores públicos a serem atingidos por meio de campanhas publicitárias, trazendo mais eficiência para elas, o que, por consequência, reflete no aumento do número de vendas.

Figura 3 – Mineração de Dados Web



**FIGURA 5.13** Extração de conhecimento a partir de dados sobre uso da Web.

**Fonte:** Livro “Business Intelligence e Análise de Dados para Gestão do Negócio” (SHARDA, DELEN & TURBAN, 2019).

## 2.5. Ferramentas de Mineração Web

A popularização das ferramentas de mineração e análise de dados da web deve-se à capacidade delas de coletar, medir e analisar dados de forma simples e eficiente, auxiliando no processo de compreensão do comportamento dos usuários na web (BAREFOOT, 2016).

Essas ferramentas podem ser utilizadas para diferentes aplicações como:

- Pesquisas de mercado;



- Aumentar a efetividade de sites de comércio eletrônico;
- Medir os resultados de campanhas publicitárias;
- Fornecer informações sobre a quantidade de visitantes a um site e a quantidade de visualizações de páginas;
- Comparar tendências de tráfego e a popularidade que pode ser usado para pesquisas de mercado.

No livro “Business Intelligence e Análise de Dados para Gestão do Negócio” (DELEN, TURBAN & SHARDA, 2019), é evidenciado duas formas de análise de dados da web: off-site e on-site. A análise off-site refere-se à forma que “você” ou seu produto são evidenciados fora da web/site. Já a on-site, basicamente o termo “mídia e performance”, mede o comportamento dos visitantes das páginas, incluindo quaisquer ações dos usuários em relação ao site, medindo o desempenho do site em comparação com indicadores chaves, também usados para analisar a respostas do público a um site e/ou a uma campanha de marketing, tendo o Google Analytics como serviço mais utilizado nessa análise. Apesar de não serem tão completas, novas ferramentas estão surgindo para a mineração de dados. Hoje a ferramenta Google Analytics é líder de mercado nesse segmento. Novas ferramentas surgem constantemente, trazendo novas possibilidades de capturar dados. Entretanto, poucas são tão completas como o Google Analytics nessa finalidade. Além disso, um ponto importante é a integração do Google Analytics com outras ferramentas do Google, que auxiliam e facilitam o processo de captura e análise posterior desses dados.

Existem dois métodos para coletar dados on-site que posteriormente serão processados para produzir relatórios de tráfego. A mais tradicional é por meio do arquivo de log do servidor (onde é armazenado as informações de solicitações feita pelos navegadores), e a segunda é o tagging de páginas, que consiste em JavaScript incorporado na página do site, que faz as solicitações de imagem para o servidor dedicado à análise de dados sempre que ocorre algum evento na página (DELEN, TURBAN & SHARDA, 2019).

### 3. ESTUDO DE CASO

Visando demonstrar os conceitos apresentados até aqui, foi desenvolvido um website em wordpress, que traz conteúdos sobre praias da cidade de Guarapari-ES, chamado Conheça Agora ([www.conheca.agr.br](http://www.conheca.agr.br)).

O objetivo a ser alcançado é identificar quais conteúdos chamam mais a atenção dos usuários no site. Para isso, foram mapeados dois elementos para capturar interações dos usuários:

- a) Disponibilizados em cada artigo do site, três botões (Identificados como “CTA\_Post” no Google Analytics) que redirecionam para outros conteúdos, conforme apresentado na Figura 3;
- b) Menu principal (Identificado como “Menu” no Google Analytics), que dá acesso a outros conteúdos, visível em todas as páginas do site (Figuras 4 e 5).

Figura 3 – Exemplo de imagem no trabalho



**Fonte:** produzido pelo autor

Figura 4 – Menu principal visto pelo computador



**Fonte:** produzido pelo autor

Figura 5 – Menu principal visto pelo celular



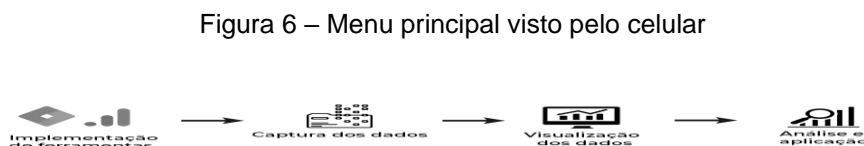
**Fonte:** produzido pelo autor

A partir disso, era necessário capturar os dados de “Clique” dos usuários em cada um desses elementos, e, claro, visualizar esses dados por meio de uma ferramenta de visualização para uma melhor análise.

Para o objetivo acima ser alcançado, foi feito no site a implementação das ferramentas: Google Tag Manager, Google Analytics e Google Search Console. A partir dos dados obtidos por meio dessas ferramentas, foi construída a visualização desses dados por meio do Google Data Studio.

### 3.1 Implementação de ferramentas (conheca.agr.br)

Foi seguido o fluxo apresentado na Figura 6 para implementação e análise dos dados obtidos.



**Fonte:** produzido pelo autor

As implementações foram feitas de acordo com as instruções fornecidas em suas páginas de suporte.

O Google Tag Manager (GTM) foi a primeira ferramenta a ser implementada. Ela foi essencial para simplificar a implementação das outras ferramentas, como Google Analytics, que necessita a inserção de código no website, o que pode ser feito pelo GTM. O Google Search Console necessita de verificação de domínio na zona DNS, o que foi feito por meio da plataforma de hospedagem do HostGator.

Após a completa implementação das ferramentas, foi feito o processo de configuração das mesmas.

### **3.2 Configuração de Ferramentas**

Por meio do Google Tag Manager, foi possível capturar as interações dos usuários com os elementos adicionados nas duas atualizações mencionadas anteriormente. Cada interação foi configurada no GTM, por meio de uma tag, para enviar dois dados principais para o Google Analytics: Click Class, que traz como valor uma string com o nome do elemento web que recebeu a interação, e Click Text, que traz como valor uma string com o texto presente no elemento que recebeu a interação. Quando um dos botões recebia uma interação, os valores enviados eram: Click Class: “elementor-button-text” (informando que o clique foi em um botão), e Click Text: “Três Praias em Guarapari”, ou “Praia do Morcego”, ou “Praia dos Padres” (informando qual dos botões recebeu o clique).

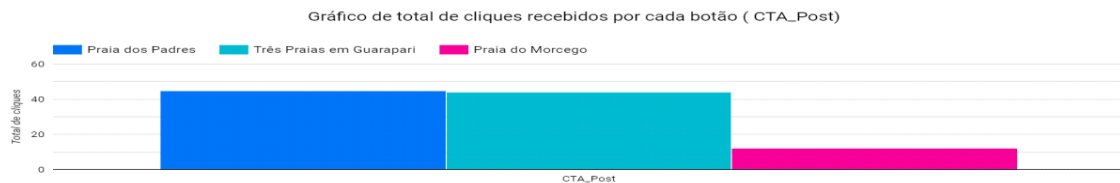
Já no caso das interações realizadas no Menu Principal, os valores enviados eram: Click Class: “ekit-menu-nav-link” (informando que o clique foi no menu principal), Click Text: “Praia do Morro”, ou “Três Praias”, ou “Praia do Morcego”, ou “Praia dos Padres”, ou “Praias da Enseada Azul” (informando qual campo do Menu Principal foi clicado).

### **3.3 Visualização dos dados obtidos**

Para a visualização dos dados, foi utilizada a ferramenta Google Data Studio, onde é possível construir gráficos e tabelas a partir de diferentes origens de dados. Nesse caso, foi feita a integração com os dados presentes no Google Analytics, permitindo a confecção da visualização dos dados, para uma melhor análise dos dados obtidos. Na Figura 7, são apresentados dados referentes a quantidade de clique em botões que direcionam para outras páginas, sendo possível identificar o interesse dos usuários que acessam o site. Já na Figura 8, são apresentados dados relacionados ao posicionamento das buscas no tempo, onde é possível perceber uma melhora expressiva no posicionamento do site nos resultados de pesquisa do Google. Os dados foram recolhidos do

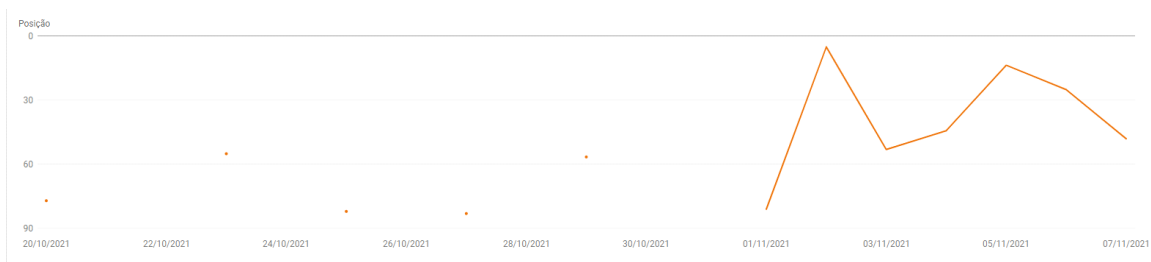
website [www.conheca.agr.br](http://www.conheca.agr.br) entre os dias 20/10/2021 e 07/11/2021, que teve um tráfego total de 751 usuários.

Figura 7 – Gráfico de total de cliques recebidos por cada botão (CTA\_Post)



Fonte: produzido pelo autor

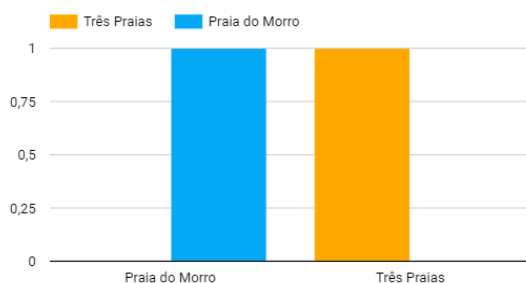
Figura 8 - Gráfico de Posição média nas buscas do Google



Fonte: produzido pelo autor

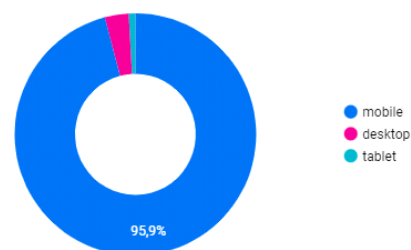
Na Figura 9 é apresentada a quantidade de cliques por tag no menu, o que permitiu ver a interação dos usuários com o menu. Já a Figura 10 traz o tipo de dispositivo que os usuários utilizam para acessar o site. Analisando os dois gráficos, foi possível identificar uma baixa interação com o menu, e embasado na maioria de acessos via mobile a razão disso acontecer, pois no mobile o menu fica em um local de difícil acesso para o usuário.

Figura 9 - Cliques no menu principal



Fonte: produzido pelo autor

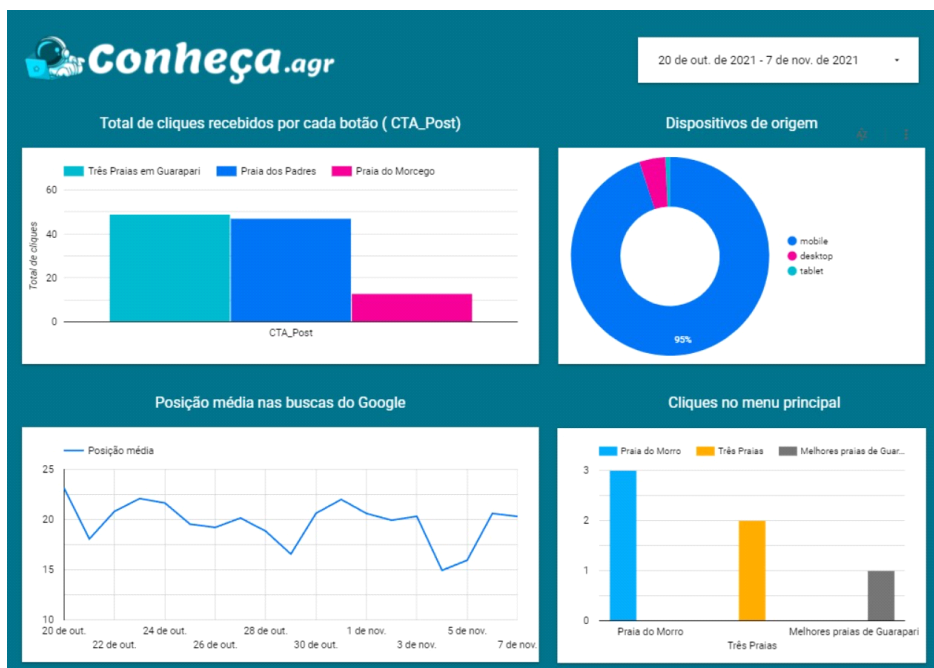
Figura 10 - Dispositivos de origem



Fonte: produzido pelo autor

Conforme apresentada na Figura 10, o painel é apresentado com todos os gráficos, dando a possibilidade analisar todas informações em um único local.

Figura 10 - Painel de visualização de dados



Fonte: produzido pelo autor

#### 4. CONCLUSÃO

Esta pesquisa buscou trazer os principais conceitos relacionados à captura de dados web em um site, bem como a visualização dos dados obtidos. Os resultados obtidos foram a captura de determinadas interações dos usuários no site, o que permitiu entender interesses e comportamentos dos usuários. Dessa forma, sendo possível utilizar essas informações na produção de novos conteúdos, realizar melhorias no site e conseqüentemente melhorar a visibilidade do site nas buscas ao decorrer do tempo. Sendo possível concluir que a implementação correta de ferramentas de captura de dados de acordo com os conceitos apresentados traz informações valiosas para análise por meio da visualização dos dados.

#### REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Alberto Luiz; DE MOURA ALBERTIN, Rosa Maria. A internet das coisas irá muito além das coisas. **GV EXECUTIVO**, v. 16, n. 2, p. 12-17, 2017.  
 AMARAL, Fernando. *Aprenda Mineração de Dados*. [Digite o Local da Editora]: Editora Alta Books, 2019. 9786555206852. Disponível em:

- <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555206852/>. Acesso em: 27 out. 2021.
- AMARAL, Fernando. **Introdução à Ciência de Dados: mineração de dados e big data**. Alta Books Editora, 2016.
- ASHTON, Kevin et al. Essa coisa de 'internet das coisas'. **Jornal RFID**, v. 22, n. 7, pág. 97-114, 2009.
- BAREFOOT, Darren; SZABO, Julie. **Manual de marketing em mídias sociais**. Novatec Editora, 2016.
- BRESSAN, R. T. Dilemas da rede: Web 2.0, conceitos, tecnologias e modificações. **Anagrama**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 1-13, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/anagrama/article/view/35306>. Acesso em: 26 out. 2021
- CAMILO, Cássio Oliveira; SILVA, João Carlos da. Mineração de dados: Conceitos, tarefas, métodos e ferramentas. **Universidade Federal de Goiás (UFG)**, v. 1, n. 1, p. 1-29, 2009.
- Castro, D.G.F.L.N. D. **Introdução à Mineração de Dados: Conceitos Básicos, Algoritmos e Aplicações**. [Digite o Local da Editora]: Editora Saraiva, 2016. 978-85-472-0100-5. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-472-0100-5/>. Acesso em: 13 Nov 2021
- HOUSE, Digital. **Mercado digital: 6 tendências pós-pandemia para as empresas se reinventarem**. 2021. Disponível em: <https://resultadosdigitais.com.br/blog/mercado-digital/>. Acesso em: 05 jun. 2021
- KOTLER, Philip. **Marketing 3.0: as forças que estão definindo o novo marketing centrado no ser humano**. As forças que estão definindo o novo marketing centrado no ser humano. 2012. Disponível em: [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/3472e2ca0932a98d7edbc110c8c58de9/\\$File/9938.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/3472e2ca0932a98d7edbc110c8c58de9/$File/9938.pdf). Acesso em: 13 maio 2021
- MAGRANI, Eduardo. **A internet das coisas**. Editora FGV, 2018.
- Mehmed Kantardzic. **Data Mining: Concepts, Models, Methods, and Algorithms**. John Wiley & Sons, 2003.
- MORAIS, Izabelly.Souares. D.; GONÇALVES, Priscila.de. F.; LEDUR, Cleverson. L.; AL., et. **Introdução a Big Data e Internet das Coisas (IoT)**. [Digite o Local da Editora]: Grupo A, 2018. 9788595027640. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595027640/>. Acesso em: 26 out. 2021.
- ONODA, Mauricio; EBECKEN, Nelson FF. **Metodologia de mineração de dados para análise do comportamento de navegar num Web Site**. 2006.
- O'REILLY, Tim. **What is web 2.0**. 2005.
- PATEL, Neil. **Profissional de Marketing:O Que Faz e Qual o Perfil Necessário**. 2020. Disponível em: <https://neilpatel.com/br/blog/profissional-de-marketing/>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- RUSSELL, Matthew A. **Mineração de dados da web social**. **O'Really**, 2011.
- SANTOS, Rafael et al. **Conceitos de Mineração de dados na web**. **XV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web, VI Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos–Anais, MM Teixeira, CAC Teixeira, FAM Trinta, e P. PM Farias, Eds**, v. 1, n. 1, p. 81-124, 2009.
- SILVA. **Introdução à Mineração de Dados - Com Aplicações em R**. [Digite o Local da Editora]: Grupo GEN, 2016. 9788595155473. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155473/>. Acesso em: 27 out. 2021.
- SHARDA, Ramesh; DELEN, Dursun; TURBAN, Efraim. **Business Intelligence e Análise de Dados para Gestão do Negócio-4**. Bookman Editora, 2019.
- TAIL. **Como melhorar suas estratégias por meio do Marketing de Dados**. 2020. Disponível em: <https://resultadosdigitais.com.br/blog/marketing-de-dados/>. Acesso em: 14 jun. 2021.

## CARACTERIZAÇÃO E TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO PARA EFLUENTES PROVENIENTES DA SUINOCULTURA

Amanda Piumbini Ribeiro<sup>1</sup>, Fernanda Araújo Rangel<sup>1</sup>, Jéssica da Silva Dias Abreu<sup>1</sup>, Mirella Gonçalves da Fonseca Miranda da Silva<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia da Computação

<sup>2</sup> Mestre em Informática – Professor Multivix - Vitória

### RESUMO

Com a crescente demanda por carne suína no mundo, aumentou a produção de suínos e consequentemente a quantidade de dejetos. Os dejetos suínos apresentam um alto potencial poluidor do ponto de vista ambiental e sanitário devido à alta carga de matéria orgânica. Entretanto, quando devidamente tratados, podem apresentar potencial para a geração de produtos de valor agregado, como por exemplo a conversão de matéria orgânica em biogás, que é uma fonte alternativa de energia para alimentação de geradores de eletricidade. A pesquisa evidenciou que a contaminação ambiental é na maioria das vezes causada pelo manejo inadequado desses dejetos e que existem vários métodos de tratamento. Todos os tipos de tratamento buscam minimizar os impactos ambientais causados pelos dejetos, não havendo ordem de importância entre eles, uma vez que a escolha do processo ocorre pela quantidade de dejetos produzida, principalmente. Pretendeu-se analisar os possíveis tratamentos de efluentes oriundos da suinocultura, a fim de demonstrar sua aplicabilidade e eficiência para atendimento às normas e redução de seus impactos ambientais. Os parâmetros analisados foram DBO, DQO, N e P. O sistema mostrou que as eficiências de remoção foram satisfatórias para alguns autores, Medri, por exemplo, por meio de lagoas de estabilização, obteve uma remoção de 98% de DBO, 98% de DQO, 92% de N e 96% de P. Já Pereira, Campos e Monterani, por meio de reator UASB, os resultados de remoção obtidos foram 55% de DBO, 32% de DQO e 8,6% de N.

**Palavra-chave:** suinocultura, dejetos suínos, tratamento.

### ABSTRACT

With the growing demand for pork in the world, the production of pigs and consequently the amount of manure has increased. Swine manure has a high polluting potential from an environmental and sanitary point of view due to the high load of organic matter. However, when properly treated, they may have the potential to generate value-added products, such as the conversion of organic matter into biogas, which is an alternative source of energy for powering electricity generators. The research showed that environmental contamination is most often caused by the inadequate management of these wastes and that there are several treatment methods. All types of treatment seek to minimize the environmental impacts caused by waste, with no order of importance between them, since the choice of process is mainly based on the amount of waste produced. It was intended to analyze the possible treatments of effluents from swine farming, in order to demonstrate their applicability and efficiency to meet the standards and reduce their environmental impacts. The parameters analyzed were BOD, COD, N and P. The system showed that the removal efficiencies were satisfactory for some authors, Medri, for example, through stabilization ponds, obtained a removal of 98% of BOD, 98% of COD, 92% N and 96% P. Pereira, Campos and Monterani, using a UASB reactor, the removal results obtained were 55% BOD, 32% COD and 8.6% N.

**Keywords:** pig farming, swine waste, treatment.



## 1 INTRODUÇÃO

O agronegócio tem grande importância para a economia nacional, pois apresenta amplo potencial de geração de empregos e renda. O setor tem ampliado sua produção continuamente, promovendo o desenvolvimento do interior do país e incrementando as exportações. Foi um setor muito importante para a retomada do crescimento econômico e vem procurando especializar-se, cada vez mais, em tecnologia, com intuito de aprimorar suas atividades e tornar o setor competitivo e com destaque no mercado internacional (GOMES, 2002; RODRIGUES, 2006).

Dentre as diferentes cadeias produtivas integrantes do sistema agroindustrial brasileiro, a de suínos vem se destacando pelo forte dinamismo em razão das mudanças nas características dos produtos, na inserção no mercado internacional, pelos ganhos tecnológicos e pelas sensíveis alterações da escala de operação. A cadeia suinícola brasileira também se evidencia por apresentar grande articulação entre os diferentes agentes que a compõem, bem como pelo volume de investimentos injetados na atividade (GOMES, 2002).

Os métodos de produção de suínos podem ser sintetizados basicamente em dois tipos: o método intensivo e o método extensivo. Na criação intensiva, os animais são criados em confinamento dentro de baias ou gaiolas e em terrenos relativamente pequenos, considerando o tamanho de uma granja. Já na criação extensiva, os suínos são mantidos soltos no campo e o uso de tecnologias é baixo. Devido ao fato de os animais de todas as fases do ciclo de vida serem criados juntos, a produtividade pode ser prejudicada, pois ocorre disputa por espaço e alimento (FERNANDES, 2012). Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em 2020 o Brasil atingiu a 3ª posição mundial na produção de suínos, com 41 milhões de cabeças, ou seja, 4,4% do total. Em relação às exportações de carne suína, em 2020 o Brasil ficou em 7º lugar, e o 8º lugar nas duas últimas décadas, com participação abaixo de 5%.

As maiores preocupações ambientais relacionadas à suinocultura referem-se à contaminação dos solos, lençóis freáticos, pela lixiviação dos dejetos, e a liberação de gases como o dióxido de carbono, metano e gás sulfídrico, que em grandes quantidades são maléficos para a biosfera (SARDÁ et al., 2010).

A expansão da atividade suinícola desperta a necessidade pela destinação correta dos dejetos e resíduos. Segundo Rizzoni et al. (2012), a suinocultura é considerada, pelos órgãos de controle ambiental, a atividade agropecuária que ocasiona maior impacto ambiental, pois produz gases que a partir de determinadas concentrações podem tornar-se tóxicos e afetar a saúde tanto animal quanto humana (ROBIN et al, 2010). Entre esses gases destacam-se principalmente o CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>, além de outros gases que são compostos atmosféricos não considerados como Gases de Efeito Estufa (GEE), mas que têm efeitos sobre as suas concentrações, como é o caso do NH<sub>3</sub>. O conhecimento dessas emissões gasosas passa a ser importante para minimizar a transferência de poluição versos ao ar em casos de emissões elevadas (SAMPAIO & NÃÃS, 2012). A característica poluidora se deve, fundamentalmente, à composição química dos dejetos suínos, sendo ele maior que os dejetos de origem humana, e aos dejetos de outras criações, como de aves ou bovinos (WOLFF, 2006). Os dejetos suínos são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pelos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório (RIZZONI et al., 2012).

A poluição ambiental causada pelo manejo inadequado desses dejetos é um tema que cresce em importância devido às exigências de órgãos mundiais e da própria sociedade como um todo (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002). Por essas informações, é preciso minimizar os resíduos por meio de práticas economicamente vantajosas, que oferecem possibilidade do controle ambiental (BRILHANTE & CALDAS, 1999).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), a partir da Resolução nº 430/11, dispõe padrões para lançamento e tratamento de efluentes, considerando especificações locais onde a indústria se insere. Os dejetos sólidos e orgânicos podem ser tratados por meio da compostagem. Esse processo é um dos mais utilizados devido aos seus bons resultados (SOTO 2010; SUNADA, 2014). Para o tratamento dos dejetos líquidos, um importante método é a biodigestão anaeróbica (MACHADO, 2015). Nesse procedimento, microrganismos anaeróbicos degradam a matéria orgânica transformando-a, principalmente, em biogás e em um efluente em que ainda existem cerca de

1% de sólidos totais, que deve ser tratado para a produção de biofertilizante e reciclagem de fósforo (SOUZA, 2005).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo demonstrar por meio de um levantamento bibliográfico as características físico-químicas dos efluentes provenientes de um processo produtivo de suínos, assim como as tecnologias disponíveis para tratamento adequado e as normas redigidas para seu lançamento padronizado. O trabalho se justifica pela relevância do conhecimento das características desses efluentes, a fim de promover tratamento adequado e conseqüentemente a redução dos impactos ambientais ocasionados pelo lançamento inadequado desse efluente.

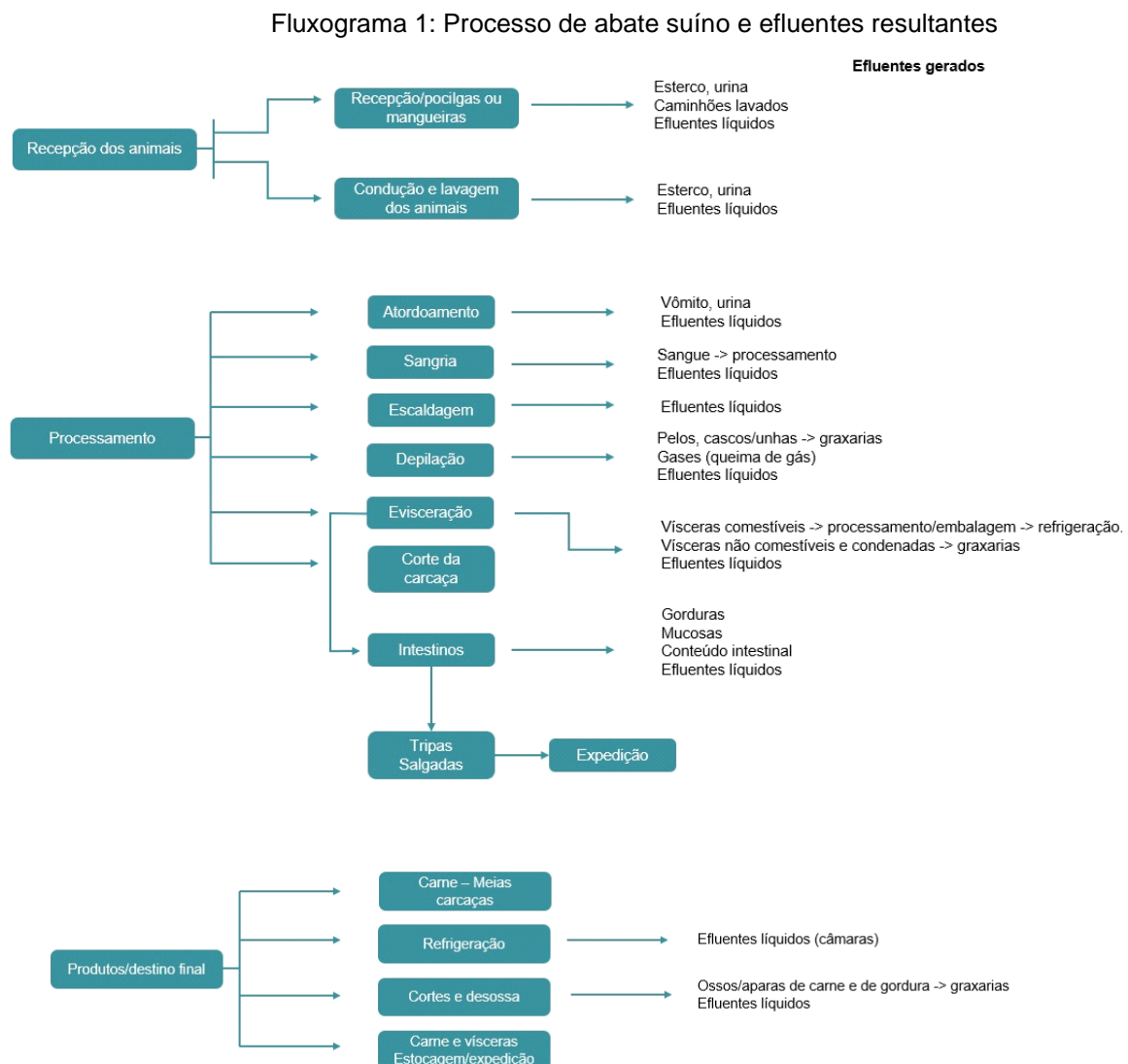
## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Produção de Carne Suína**

A suinocultura integra diversos processos produtivos, compostos por granjas (criação de animais), agroindústria (frigoríficos e abatedouros), indústria de alimentos destinada à distribuição de atacado e varejo, e produção de insumos destinado exclusivamente aos animais, como ração e vacinas, até chegar à etapa final do processo, que são os consumidores. No Brasil, o sistema de criação de suínos se divide em relação ao manejo dos animais de acordo com as características da região e da capital investida pelo produtor, podendo ser classificado da seguinte forma: sistema intensivo ou à solta, sistema semi-intensivo, sistema intensivo e sistema intensivo de suínos criados ao ar livre. Esses sistemas primordiais integram todas as etapas de processo de produção, com o objetivo de preparar os animais até atingirem o peso de abate, aproximadamente 106kg, e posteriormente destinando-os a agroindústria (GUIMARÃES et al. 2017; SARCINELLI e VENTURINI, 2007).

Segundo os autores Guimarães et al. (2017) e Lucas et al. (2014), o processo de abate se inicia a partir de métodos de atordoamento (ou insensibilização), a fim de proporcionar a inconsciência do animal, minimizando o sofrimento e causando menos impacto na qualidade final do produto. Após serem abatidos, os animais devem ser rapidamente conduzidos ao processo de sangria. Em

seguida, os animais são escaldados em tanques de água a uma temperatura entre 62°C e 72°C durante dois a cinco minutos, contribuindo na redução da carga microbiana presente na carcaça e evitando a proliferação de microrganismos. Posteriormente, as carcaças do animal passam por um processo de remoção mecânica das cerdas e flambagem manual e finalmente por um processo de remoção do ouvido médio, das pálpebras e dos cascos, concluindo as etapas na zona suja. Na área chamada zona limpa, a carcaça passa por processos como evisceração, divisão longitudinal e, por fim, inspeção. Esses processos representados no fluxograma 1 geram resíduos sólidos e líquidos, como vísceras, sangue e graxarias que serão posteriormente submetidos a tratamento.



Fonte: Pacheco e Yamanaka (2006).

Além dos resíduos gerados pelo abate animal, o abatedouro também deve manter um alto padrão de higiene e limpeza, utilizando majoritariamente água, além de energia e outros produtos para auxiliá-los.

Segundo estudo redigido por Matthiensen (2014), toda água utilizada nos abatedouros/frigoríficos resultará em efluente, contendo elevados níveis de nitrogênio, fósforo, além de sais como nitratos, nitritos, cloretos, dextrose (todos utilizados no processo de cura), compostos aromáticos (provenientes de processos como a defumação de alguns produtos derivados da carne), além das variações de temperatura devido ao uso de água (quente e fria).

## **2.2 Efluentes**

Até a década de 1970, não era tão importante conhecer as características dos dejetos provenientes das granjas, pois não prejudicava tanto o meio ambiente. Porém, com o desenvolvimento da suinocultura, cresceu também o volume de produção desses dejetos, trazendo um alerta para a busca do conhecimento de suas características, para que se avaliasse melhor suas consequências negativas de manuseio, projeto de sistemas de tratamento e disposição inadequada desses resíduos (MARCHI, 2010).

As características desses dejetos podem ser expressas por meio das propriedades biológicas, químicas e físicas. Nos dejetos líquidos encontramos matéria orgânica como o fósforo, cálcio, sódio, magnésio, ferro, zinco, cobre e elementos inseridos na dieta dos animais (FÁTIMA et al., 2009).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida pela quantidade de oxigênio que é usada pelos microrganismos para decompor a matéria orgânica no meio aquoso por intermédio de processos bioquímicos. Assim, quando é identificada uma redução na concentração de oxigênio dissolvido no meio aquático, ali está acontecendo uma atividade bacteriana para decompor uma matéria orgânica, e quanto maior for o valor de DBO apontado, maior é a poluição orgânica (FEISTEL 2011; FÁTIMA et al. 2009).

A demanda química de oxigênio (DQO) avalia a quantidade de oxigênio usado para oxidar quimicamente a matéria orgânica e o inorgânico presente no

material. Não faz diferenciação entre matéria orgânica biodegradável ou não. Portanto, não está necessariamente relacionada com a DBO (ITABORAHY, 1999). A verificação dos valores da DQO presente nos efluentes é uma das mais importantes para determinar o nível de poluição da água. Essa análise mostra a quantidade de componentes oxidáveis presentes (VALENTE et al. 1997).

De acordo com Lucas Júnior, (1994), a quantidade de nitrogênio, fósforo e carbono nos resíduos é o maior responsável pela eutrofização dos cursos d'água, fenômeno que desenvolve expressivamente o desenvolvimento de plantas aquáticas com alta demanda de oxigênio, ao ponto de causar interferências ao uso do corpo d'água.

Na tabela 1 estão descritos, de acordo com alguns autores, os valores médios encontrados para DQO, DBO, N e P.

Tabela 1: Valores médios encontrados para DQO, DBO, N e P.

| AUTORES                  | DQO                 | DBO                     | N                          | P                          |
|--------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Moffitt (1999)           | 6,06<br>Kg/d/1000Kg | 2,08<br>Kg/d/1000Kg     | 0,42<br>Kg/d/1000Kg        | 0,16<br>Kg/d/1000Kg        |
| Merkel (1983)            | -                   | 0,2-0,25<br>Kg/d/1000Kg | 0,032-0,064<br>Kg/d/1000Kg | 0,025-0,037<br>Kg/d/1000Kg |
| Konzen (1983)            | 98,65 g/L           | 52,227 g/L              | 0,60%                      | 0,25%                      |
| Fisher et al. (1983)     | -                   | -                       | 3706 mg/L                  | -                          |
| UNEP;DEPA;COWI<br>(2000) | 2500 mg/L           | 1250 mg/L               | 150 mg/L                   | 25 mg/L                    |

Fonte: Adaptado pelos autores

Levando em conta um abatedouro de suínos com porte médio, abatendo 500 suínos/dia e uma carga orgânica específica, nos efluentes líquidos, de 2,0kg DBO5/suíno, obtém-se o valor de 1500kg DBO5/dia. Sabendo que a carga orgânica específica média do esgoto doméstico é de 54g DBO5/pessoa dia, o equivalente populacional é de 18.519 pessoas.

A carga orgânica poluente diária seria proporcional àquela produzida por cerca de 18.519 habitantes, o que causa um impacto ambiental potencial significativo dos efluentes líquidos de um abatedouro (PACHECO e YAMANAKA, 2006).

### 2.3 Tecnologias de Tratamento

São vários os processos para o tratamento para os dejetos com alta concentração de matéria orgânica, como por exemplo os provenientes da criação de suínos. A escolha do processo a ser aderido dependerá de fatores como: características do dejetos (quantidade de dejetos e de nutrientes) e do local, operacionalização e recursos financeiros. O mais importante é que o tratamento atenda à legislação ambiental vigente (DIESEL, MIRANDA e PERDOMO, 2002). Vários fatores interferem no processo de tratamento de dejetos suínos, sendo eles ambientais ou referentes ao sistema de produção suinícola. Dentre eles podemos destacar a temperatura, e principalmente a quantidade de água presente nos dejetos suínos. Porém existem formas de manejo da produção que minimizam a quantidade de água nos dejetos, como as camas com maravalha, casca de arroz e outros materiais absorventes. Há também processos como a floculação, sedimentação, peneiramento e coagulação que separam a fase sólida da fase líquida, contribuindo também significativamente no Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) do tratamento de efluentes líquidos (KUNZ et al., 2010).

A fase líquida, após a separação da fase sólida, ou os dejetos in natura, são na maioria das vezes tratados em Esterqueiras, Lagoas de Estabilização (LE) e Biodigestores. Já os processos de decomposição da fração sólida ocorrem geralmente em composteiras. No entanto, de acordo com Belli Filho et al. (2001), são inúmeras as maneiras que os dejetos suínos podem ser tratados, sendo que o sistema de tratamento não respeita uma ordem especificamente de tecnologias de tratamento, e que são função, especialmente, da disponibilidade financeira do produtor.

Para dejetos suínos com baixas concentrações de sólidos, são indicados sistemas anaeróbios de tratamento. Tais sistemas são mais eficientes quando ocorre a separação de sólidos, deixando o tratamento do efluente mais rápido, eficiente e econômico (RICO et al., 2006). Essa melhora ocorre devido ao isolamento da fração sólida que apresenta menor superfície de contato e estruturas mais difíceis para a decomposição. No entanto, após a separação, surge a necessidade de tratar a fração sólida dos dejetos.

Uma tecnologia muito difundida e que vem sendo muito utilizada é o biodigestor, que a partir de sua implementação possibilita a utilização de dejetos suínos para produção do biogás, viabilizando a redução da poluição dos solos e das águas, e minimizando a emissão de metano (CH<sub>4</sub>) para a atmosfera. Dessa forma, o tratamento dos dejetos por meio dessa tecnologia possui grandes vantagens, promovendo a estabilização da matéria orgânica e reduzindo os coliformes e a emissão de gases nocivos (BELLI FILHO et al., 2001).

Os autores Dotto e Wolff (2012) caracterizam o biodigestor anaeróbio com uma câmara fechada, onde o material orgânico inserido entra em decomposição devido à ausência de oxigênio molecular, gerando biogás e um efluente rico em nutrientes.

De acordo com os autores da Silva e do Amaral (2013), a utilização de reatores anaeróbios de fluxo ascendente de alta eficiência (UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket) se mostra um método eficaz no tratamento de efluentes e é amplamente empregado no setor suinícola. Esse reator possui um separador de fases: zona de digestão (inferior), onde há a formação de lodo que é responsável pela digestão anaeróbia, e zona de sedimentação (superior).

Outras tecnologias de tratamento, como as lagoas facultativas, abrangem dois processos de tratamento: anaeróbio (ausência de oxigênio), concentrando-se no fundo da lagoa, e aeróbio (atuação de microrganismos que dependem de oxigênio), ocorrendo na parte mais superficial. Na zona anaeróbia no fundo da lagoa, há a formação de lodo, que, posteriormente, sofre decomposição, gerando componentes como metano, gás carbônico e outros; já na zona aeróbia, a matéria orgânica presente passa por um processo de oxidação e há fotossíntese realizada pelas algas (MEDRI, 1997; IERVOLINO, 2019).

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Coleta de Dados**

O presente trabalho baseou-se em uma revisão bibliográfica, desenvolvida por meio da utilização de artigos científicos referentes ao conteúdo abordado. Ao



decorrer do desenvolvimento da pesquisa, utilizaram-se obras de diversos autores para descrever as características dos dejetos, processo de produção, efluentes resultante e técnicas de tratabilidade. Os sistemas de tratamento abordados na coleta de dados foram estudados pelos seguintes autores descritos abaixo (tabela 2) para avaliar a viabilidade e possível sucesso de tratamento, levando em consideração tempo de retenção hidráulica (TRH) e taxa de remoção de poluentes, assim como comparação entre afluentes e efluentes provenientes da suinocultura. Os dados coletados referem-se a técnicas de tratamento biológico, promovendo sustentabilidade ao ambiente.

Tabela 2: Técnicas de tratamento de efluentes e tempo de retenção hidráulica.

| AUTOR                             | TÉCNICAS DE TRATAMENTO                      | TRH (horas) |
|-----------------------------------|---|-------------|
| Medri (1997)                      | Lagoas de estabilização                     | 3.000       |
| Campos et al. (2005)              | TAE, Reator UASB e lagoa aerada facultativa | 30          |
| Pereira, Campos e Moterani (2010) | CRA, PE, TAE, RAC, reator UASB e decantador | 9,7         |
| Rodrigues et al. (2010)           | Decantador e reator UASB                    | 37,2        |

TAE = Tanque de Acidificação e Equalização; CRA = Caixa de areia; PE = Peneira estática; RAC = reator anaeróbio compartimentado.

Fonte: Adaptado pelos autores.

### 3.2 Caracterização – Efluente bruto e efluente tratado.

Os efluentes brutos que serão analisados no decorrer deste trabalho são provenientes de propriedades rurais de criação de suínos, envolvendo setores de creche, recria e terminação da suinocultura. Para critérios de comparação, os dados serão tabulados e analisados, utilizando os valores médios referentes à demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio (N) e fósforo (P). Os autores Medri (1997) e Pereira, Campos e Moterani (2010) possuem todos os parâmetros em comum. Portanto, esses serão analisados entre si; já para os autores Campos et al. (2005) e Rodrigues et al. (2010), apenas os parâmetros de DBO e DQO serão levados em consideração.

### 3.3 Comparativo da Tratabilidade

A partir da organização dos resultados, será observado a porcentagem de remoção de cada tratamento abordado por meio da comparação entre afluente e efluente, levando em consideração o tempo de retenção hidráulica e atendimento às normas ambientais (Resolução CONAMA nº430/11) para avaliar a eficiência e aplicabilidade do tratamento.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise do efluente bruto e efluente tratado e seus respectivos parâmetros descritos na Tabela 2, foi possível obter dados referentes à taxa de remoção de poluentes orgânicos por meio do tratamento biológico, posteriormente demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3: Análise dos parâmetros dos efluentes bruto e tratado.

| AUTORES                           | DBO (mg.L <sup>-1</sup> ) |                  | DQO (mg.L <sup>-1</sup> ) |                  | N (mg.L <sup>-1</sup> ) |                  | P (mg.L <sup>-1</sup> ) |                  |
|-----------------------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                                   | Efluente bruto            | Efluente tratado | Efluente bruto            | Efluente tratado | Efluente bruto          | Efluente tratado | Efluente bruto          | Efluente tratado |
| Medri (1997)                      | 11.979                    | 213              | 21.647                    | 355              | 2.205                   | 173              | 633                     | 26               |
| Campos et al. (2005)              | 838                       | 168              | 1.755                     | 379              | -                       | -                | -                       | -                |
| Pereira, Campos e Moterani (2010) | 707                       | 317              | 2.705                     | 1.849            | 69                      | 63               | 1,07                    | 1,11             |
| Rodrigues et al. (2010)           | 11.100                    | 800              | 31.300                    | 1.800            | -                       | -                | -                       | -                |

Fonte: Adaptado dos autores

O método utilizado por Medri (1997) para o tratamento primário aplicado ao efluente bruto ocorreu por decantação de palhetas, que possui a função de diminuir a carga orgânica líquida dos dejetos e concentrar sua parte sólida para utilização como fertilizante posteriormente e evitando consequentemente o assoreamento das lagoas. De acordo com a pesquisa documentada pelo autor, as altas cargas de DBO, DQO, N e P no efluente bruto devem-se à origem dos dejetos, provenientes de uma instalação suinícola de sistema de produção, alimentado por uma granja de suínos contendo 1950 animais distribuídos nas fases de amamentação, crescimento, engorda e terminação. Os efluentes brutos gerados nessas fases são altamente concentrados.

Na pesquisa redigida por Campos et al. (2005), os dejetos suínos (urina, água de limpeza de confinamento e estrume) são coletados sem tratamento preliminar e inseridos no TAE. Por se tratar de uma pesquisa em escala laboratorial, foram utilizados resíduos em pouca quantidade. As alterações na DBO e DQO devem-se à composição dos dejetos, e sua diluição. O sistema também apresentou variações de pressão devido à altura da coluna d'água do sistema de armazenamento, afetando os resultados dos parâmetros analisados.

Os autores Pereira, Campos e Moterani (2010) utilizaram efluentes brutos provenientes de um sistema de criação animal voltados à terminação da suinocultura. Os autores constataram que o pré-tratamento biológico, peneira estática, tanque de acidificação e equalização e reator anaeróbio compartimentado foram fundamentais para consolidar um lodo granular para um bom funcionamento do reator UASB. Todavia, devido às adversidades constatadas pelos autores como chuvas, entupimento de bombas e problemas na manutenção, acarretaram a alteração na carga do efluente antes que entrasse no reator, resultando em eficiências de remoção menores.

De acordo com Rodrigues et al. (2010), o sistema analisado foi construído em escala real (decantador e reator UASB), projetado para suportar os resíduos provenientes dos setores de creche, recria e terminação da suinocultura. Os autores constataram que houve grandes variações do efluente bruto durante o estudo, fator que pode estar relacionado ao manejo da granja, ausência de padronização da limpeza dos galpões, além da temperatura, que quando elevada pode acarretar o aumento do consumo de água pelos suínos e na utilização para higienização das granjas. Além disso, a alta concentração de sólidos no efluente bruto também afeta os valores médios de DBO. Por se tratar de um projeto que propõe o tratamento de grandes quantidades de resíduos, conclui-se que os valores encontrados na Tabela 3 condizem com a carga de efluente bruto tratada. De acordo com o exposto, é importante ressaltar e propor um sistema de equalização para os efluentes, que consiste na homogeneização da carga, promovendo inibição da variação nos parâmetros de qualidade como pH, vazão etc.

A partir da análise de DBO, DQO, N e P entre os efluentes brutos e tratados, obtém-se a taxa de remoção da poluição apresentados na Tabela 4:

Tabela 4: taxa de eficiência na remoção de DBO, DQO, N e P.

| AUTORES                           | % DE REMOÇÃO               |                            |                          |                          |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                   | DBO (mg. L <sup>-1</sup> ) | DQO (mg. L <sup>-1</sup> ) | N (mg. L <sup>-1</sup> ) | P (mg. L <sup>-1</sup> ) |
| Medri (1997)                      | 98%                        | 98%                        | 92%                      | 96%                      |
| Campos et al. (2005)              | 75%                        | 78%                        | -                        | -                        |
| Pereira, Campos e Moterani (2010) | 55%                        | 32%                        | 8,60%                    | -                        |
| Rodrigues et al. (2010)           | 92%                        | 93%                        | -                        | -                        |

Fonte: Adaptado dos autores

A obtenção de bons resultados nas taxas de remoção documentados por Medri (1997) consiste na utilização de diversas lagoas em série para obtenção do efluente final, que passaram pela decantação, e foram encaminhados para um equalizador, decantador, duas lagoas anaeróbia seguidas, lagoa facultativa e lagoa de aguapés, potencializando os resultados do tratamento, uma vez que em cada lagoa havia a degradação da DBO, DQO, N e P.

Analisando os autores Campos et al. (2005), houve uma taxa de remoção eficiente, entretanto, ao se comparar a outros autores analisados anteriormente, que obtiveram taxas de remoção acima de 90%, constata-se que tratando-se de um experimento em escala laboratorial, as taxas de remoção, assim como os valores médios dos parâmetros utilizados, são mais baixas. Os autores não relataram empecilhos ou adversidades durante o período da pesquisa.

Os resultados obtidos por Pereira, Campos e Moterani (2010) foram afetados por adversidades constatadas pelos autores, como chuva durante o processo de pesquisa e coleta de dados, afetando negativamente seu resultado, pois alteraram a carga biológica do efluente, tornando-o, por exemplo, mais diluído.

Por fim, analisando os autores Rodrigues et al. (2010), nota-se que os excelentes resultados obtidos na remoção de indicadores de poluentes devem-se ao fato do pleno funcionamento do método adotado para tratamento. Os contratemplos constatados não afetaram significativamente o efluente obtido ao fim do estudo.

O autor Sato (2013) realizou uma análise de tratamento de esgoto doméstico por meio de um reator anaeróbio (UASB) compartimentado. Como resultado, obteve-se uma taxa de remoção de DBO e DQO 78% e 80% respectivamente, tendo valor médio da DQO do efluente de 166 mg. L-1, e o DBO variou entre 28 e 112 mg. L-1, obtendo uma média de 70 mg. L-1. De acordo com a Resolução Conama nº 430/11, utilizando a DBO como parâmetro, nota-se que o valor obtido pelo autor se encontra dentro dos padrões estabelecidos para lançamento de efluentes de esgoto doméstico, prevendo valor máximo de 120 mg. L-1, podendo esse valor ser ultrapassado se obtiver remoção mínima de 60%. Consequentemente, comparando o mesmo método de tratamento com reator UASB em efluentes distintos. Campos et al. (2005), Rodrigues et al. (2010) – efluentes suínos e Sato (2013) – efluentes de esgoto doméstico, ambos comprovam eficiência do método em relação a enquadramento na legislação ambiental referente ao descarte em corpos hídricos.

A partir da tabulação de dados da remoção de Nitrogênio (N) total e Fósforo (P), constata-se que o estudo redigido por Medri (1997) obteve alta taxa de remoção de N total (98%), e os autores Pereira, Campos e Moterani (2010) obtendo (8,60%). Não se enquadram na Resolução Conama nº430/11, pois a legislação relaciona o nitrogênio na forma amoniacal, prevendo 20 mg. L-1.N para despejo em corpos receptores, além de não prever parametrização da concentração de fósforo.

De acordo com a Resolução Conama nº430/11 (art. 16) referente ao lançamento direto de efluentes de qualquer fonte poluidora em corpos receptores, deve obedecer ao padrão da demanda bioquímica de oxigênio (DBO5 dias a 20°C), com remoção mínima de 60% de carga orgânica, sendo que esse valor só poderá ser reduzido diante da existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico, que possa comprovar que as metas de enquadramento estão sendo atendidas. Diante do exposto, segundo resultados obtidos por Medri (1997), Campos et al. (2005) e Rodrigues et al. (2010), obteve-se eficiência na taxa de remoção de DBO, atendendo aos parâmetros necessários para obedecer a legislação ambiental vigente. Os autores Pereira, Campos e Moterani (2010) não obtiveram taxa de remoção mínima para se enquadrar à legislação.

Avaliando a pesquisa realizada por Medri (1997), o tempo de retenção hidráulica no tratamento a partir de lagoas de estabilização em série é discrepante em comparação a outros tipos de tratamento, tornando-o inviável em grande escala. Todavia, a partir da análise de outras técnicas de tratamento envolvendo predominantemente reatores UASB, obtiveram-se bons resultados nas taxas de remoção além de TRH menores.

Ao finalizar as análises de dados das bibliografias citadas, conclui-se que os resultados obtidos pelos autores foram esperados e previstos, pois eles utilizam outras bibliografias anteriormente publicadas para parametrização dos resultados. Avaliando as técnicas de tratamento abordadas, sendo elas: lagoas de estabilização e reator UASB como tratamento principal (apesar de passarem por outras etapas antes da entrada do efluente no reator), nota-se que a maior eficiência de remoção é proveniente do trabalho exposto por Medri (1997), entretanto não é um tratamento fortemente aplicado em níveis industriais de alta produção, por demandarem uma área extensa e elevado tempo de retenção hidráulica, tornando-se um tratamento lento, dependendo exclusivamente da ação dos microrganismos presentes para realizar a degradação da carga orgânica. Já na pesquisa realizada por Rodrigues et al. (2010), obtiveram-se altas taxas de remoção, e baixo TRH, tornando-se um tratamento viável e conseqüentemente mais prático, visto que o reator UASB é compacto e promove economia de espaço e tempo, pois possui maior vazão.

## **5. CONCLUSÃO**

A suinocultura se mostrou uma atividade economicamente importante para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do país, gerando emprego, renda e aquecimento do mercado. Porém, com a produção em larga escala, além dos benefícios econômicos, trouxe também uma grande preocupação com os impactos ambientais gerados. Uma grande urgência em promover estudos dos efluentes veio à tona para trazer formas de minimizar os impactos ambientais por meio de prevenções, tratamentos e reutilização.

Medri (1997) obteve resultado satisfatório relacionado a DBO, apresentando 98% de remoção a partir do tratamento por lagoas de estabilização; Rodrigues

et al. (2010) e Campos et al. (2005), obtiveram 92% e 75% de remoção de DBO respectivamente, a partir do tratamento por reator UASB, alcançando a eficiência exigida pela Resolução Conama nº 430/11, que estipula remoção mínima de 60%. Medri (1997) e Pereira, Campos e Moterani (2010) avaliaram valores de N total, entretanto o valor previsto pela norma ambiental anteriormente citada refere-se ao N na forma amoniacal, portanto não se enquadra para critérios de comparação. A resolução Conama apresentada para parametrização de eficiência nos tratamentos propostos não prevê valores para DQO e P, apesar da boa taxa de remoção obtida pelo autor Medri (1997) - 98% e 96%, respectivamente -, e pelos autores Campos et al. (2005) - 78% e Rodrigues et al. (2010) - 93%, que utilizaram apenas valores de DQO (parâmetro que propõe oxidação da matéria orgânica presente no efluente por meio de um agente químico).

Em conclusão, pode-se ressaltar que o reator UASB apresenta resultados satisfatórios, tornando-se viável para aplicação tanto em escala industrial quanto em propriedades de pequeno porte, pois foi projetado para suportar o alto índice de resíduos provenientes de setores da indústria (matadouro, beneficiamento de carne), mas também de creches e criações suínicas, além de apresentar TRH baixo documentado pelos autores Campos et al. (2005), Pereira, Campos e Moterani (2010) e Rodrigues et al. (2010) de 30, 9,7 e 37,2 horas, respectivamente. O método abordado por Medri (1997) não é recomendado para tratamento com alta carga de dejetos devido ao elevado tempo do procedimento, trabalhando com TRH em torno de 3.000 horas e demanda extensas áreas para implementação.

Para o desenvolvimento de futuros trabalhos relacionados às características físico-químicas e tratamentos dos dejetos suínos, atendendo as normas e alcançando a redução nos impactos ambientais, recomenda-se um embasamento em mais autores que utilizaram os mesmos sistemas de tratamentos, busca por artigos que apresentem mais dados para se ter uma melhor interpretação e comparação dos dados e mais parâmetros como outras características dos efluentes.

## REFERÊNCIAS

BELLI FILHO, P.; CASTILHOS Jr, A. B.; COSTA, R. H. R.; SOARES, S. R., PERDOMO, C. C. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.166-170, 2001.

Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo. EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>. Acesso em: 15 set. 2021.

BRASIL. **Resolução nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, 2011.

BRILHANTE, Ogenis Magno; CALDAS, Luiz Querino de A. **Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1999.

CAMPOS, Cláudio Milton Montenegro et al. Avaliação do potencial de produção de biogás e da eficiência de tratamento do reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) alimentado com dejetos de suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 848-856, 2005.

DA SILVA, Pablo Costa; DO AMARAL, Atanásio Alves. Tratamento de dejetos suínos com biorreator UASB. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 8, n. 5, p. 141-147, 2013.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Porto Alegre: Embrapa Suínos e Aves, 2002.

DOTTO, R. B.; WOLFF, D. B. Biodigestão e produção de biogás utilizando dejetos bovinos. **Ciências Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 13-26, 2012.

FEISTEL, Janaina Costa. **Tratamento e destinação de resíduos e efluentes de matadouros e abatedouros**, 2011.

FERNANDES, D. M. **Biomassa e biogás da suinocultura**. 2012. 211f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

FISHER JR, Iannotti EL, Fulhage CD (1983) Production of methane gas from combinations of wheat straw and swine manure. **Transactions of the ASAE**, 26:546-548.

GOMES, M. F. M. **As cadeias agroindustriais da carne**. In: BDMG (Org.). Minas Gerais do século XXI, v. 4. Belo Horizonte: BDMG, 2002. p. 129-183.

GUIMARÃES, Diego Duque et al. **Suinocultura: Estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES**. 2017.

IERVOLINO, Luiz Fernando. Lagoas de estabilização. **Portal tratamento de água**, 2019. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/lagoas-estabilizacao/>. Acesso em: 16 set, 2021.

KONZEN EA (1983) **Manejo e utilização de dejetos de suínos**. Concórdia - EMBRAPA-CNPISA. (Circular Técnica, 6), 32p.



- KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R; BORTOLI, M. Separação sólido líquido em efluentes da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, p.1220-1225, 2010
- LUCAS D. S. et al. Técnicas de abate. In: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (Coordenação editorial). **Manual de Industrialização dos Suínos**. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos, p.111-127, 2014
- MACHADO N.S., SILVA J.N., OLIVEIRA M.V.M., COSTA J.M., BORGES A.C. **Remoção do sulfeto de hidrogênio do biogás da fermentação anaeróbia de dejetos de suínos utilizando óxido de ferro, hidróxido de cálcio e carvão vegetal**. Rev. Energ. Agric. 2015.
- MARCHI, BRUNO. **Disposição de efluentes de suínos em solo: estudo de caso**, 2010,
- MATTHIENSEN, A. et al. Manejo e tratamento de água e efluentes em abatedouros/frigoríficos. In: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (Coordenação editorial). **Manual de Industrialização dos Suínos**. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos, p.269-292, 2014.
- MEDRI, Waldir et al. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**, 1997.
- MERKEL JA (1981) **Managing livestock wastes**. Connecticut: AVI Publishing. 419p.
- MOFFITT D (1999) Waste management and recycling organic matter. In: CIGR Handbook of agricultural engineering. **Animal Production and Aquacultural Engineering**. St. Joseph, ASAE, 2: 163-196.
- PACHECO, José Wagner Faria; YAMANAKA, Hélio Tadashi. **Abate de bovinos e suínos**. Guia técnico ambiental, CETESB. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wpcontent/uploads/sites/20/2013/11/abate.pdf>>. Acesso em: 16 set, 2021.
- PEREIRA, Erlon Lopes; CAMPOS, Cláudio Milton Montenegro; MOTERANI, Fabrício. Avaliação do desempenho físico-químico de um reator UASB construído em escala piloto na remoção de poluentes de efluentes de suinocultura. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 1, p. 79-88, 2010.
- RICO, J. L.; GARCIA, H.; RICO, C.; TEJERO, I. Characterization of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production. **Bioresource Technology**, v.98, n.5, p.971-979, 2006.
- RIZZONI, L.B.; TOBIAS, A.C.T.; DEL BIANCHI, M.; GARCIA, J. A. D. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v.9, n.18, p.1-20, 2012.
- RODRIGUES, Luciano S. et al. Avaliação de desempenho do reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 94-100, 2010.
- RODRIGUES, R. O agronegócio brasileiro é um caso de sucesso. **Revista de Política Agrícola**, v. 15, n. 1, p. 3-4, 2006.
- ROBIN, Paul et al. **Reference procedures for the measurement of gaseous emissions from livestock houses and storages of animal manure**. Final Report, ADEME, FR, april, 2010. 260 p. (Contrat N. 0674C0018)
- SAMPAIO, C.A.P., NÃAS, I.A., **Uma visão sobre a qualidade do ar em edificações para suínos**, 2012.
- SARCINELLI, Miryelle Freire; VENTURINI, Katiani Silva; SILVA, LC da. **Produção de suínos-tipo carne**. Boletim Técnico, UFES. Disponível em:<

[http://www.agais.com/telomc/b00507\\_carne\\_s\\_uinotipocarne.pdf](http://www.agais.com/telomc/b00507_carne_s_uinotipocarne.pdf)>. Acesso em: 15 Set. 2021, v. 18, 2007.

SARDÁ, L. G.; HIGARASHI, M. M.; MULLER, S.; OLIVEIRA, P. A.; COMIN, J. J. Redução da emissão de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>S através da compostagem de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.1008-1013, 2010.

SATO, Cibele Midori. **Avaliação do desempenho de um reator anaeróbio compartimentado no tratamento de esgoto doméstico**. 2013. 109 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/115840>>. Acesso em: 25 out, 2021.

SCARASSATI, Deividy et al. **Tratamento de efluentes de matadouros e frigoríficos**. Fórum de Estudos Contábeis, v. 3, p. 2003, 2003.

SILVA, T. et al. **Avaliação e tratamento de efluente de suinocultura - estudo de caso no município de Marabá-Pará**. Curitiba, 2019.

SOTO F.R.M., COELHO C.P., BENITES N.R., BONAMIN L.V., MELVILLE P.A. **Elimination of E. coli from piglet carcasses using an on-farm composting system**. Vet Rec. 2010;166(18):564-5.

SOUZA C.F., SANTOS C.R., CAMPOS J.A., MOGAMI C.A., BRESSAN W.S. **Potencial de dejetos suínos como substrato na biodigestão anaeróbia sob efeito de diferentes temperaturas e tempos de retenção hidráulica**. Rev Ceres. 2005.

SUNADA N.S., ORRICO A.C.A., ORRICO Júnior M.A.P., CENTURION S.R., OLIVEIRA A.B.M., FERNANDES A.R.M., et al. **Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola**. Cienc. Rural. 2014;45(1):178-83.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME; DEPA – DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY; COWI **Consulting Engineers and Planners AS, Denmark. Cleaner production assessment in meat processing**. Paris: UNEP, 2000. Disponível em <http://www.agrifood-forum.net/publications/guide/index.htm>

VALENTE, J. P. S, PADILHA, P. M., SILVA, A. M. M. DA. **Dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) as pollution parameters in the Lavapés/Botucatu - SP brook**. Ecl. Quím. (São Paulo), v.22, p.49-66, 1997.

WOLFF, L. F. B. Gestão Ambiental na Suinocultura. 23-28 p. In: Pieper, N. A. (coord.) **Controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no Estado do Rio Grande do Sul: Manual Técnico**. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. 2 ed. Porto Alegre: SEMA, 2006. v. 1.

## A IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO DE FABRICAÇÃO DOS DUTOS FLEXÍVEIS SUBMARINOS

Anderson Ascanio Matias de Almeida<sup>1</sup>, André Alves<sup>1</sup>, Vinicius Rocha Mathias<sup>1</sup>, Alan Victor Ferreira Modolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica

<sup>2</sup> Docente da Faculdade Multivix Vitória

### RESUMO

Desde a descoberta de reservas de petróleo em águas ultraprofundas (5.000 e 7.000m de profundidade) na Bacia de Campos, inicia-se a adequação de todos os processos e equipamentos envolvidos a uma nova realidade. O objetivo deste estudo é identificar e explicar os principais processos de fabricação, montagem e testes em dutos flexíveis “unbonded” e a importância da inspeção durante esses processos realizados nos principais fornecedores. Nesse sentido, este trabalho buscou verificar o grau de conformidade necessária para equipamentos apresentando os aspectos gerais dos dutos flexíveis, explicar e detalhar o processo de fabricação, suas principais camadas, funções e processos de montagem, assim como o tipo de teste realizado, critérios exigidos, rotinas, relatórios e principais pontos para uma efetiva inspeção. Nesse contexto, foi utilizado como estudo de caso de uma inspeção num fornecedor, localizado no município de Vitória, Espírito Santo.

**Palavras-chave:** dutos flexíveis, indústria do petróleo, engenharia, inspeção.

### ABSTRACT

Since the discovery of oil reserves in ultra-deep waters (5,000 and 7,000 m depth) in the Campos Basin, all processes and equipment involved have been adapted to a new reality. The objective of this study is to identify and explain the main manufacturing, assembly and testing processes in unbonded flexible ducts and the importance of inspection during these processes carried out at the main suppliers. In this sense, this work sought to verify the degree of conformity required for equipment, presenting the general aspects of flexible ducts, explaining and detailing the manufacturing process, its main layers, functions and assembly processes, as well as the type of test performed, criteria required, routines, reports and main points for an effective inspection. In this context, it was used as a case study of an inspection in a supplier, located in the city of Vitória/ES.

**Keywords:** Flexible ducts, oil industry, engineering, inspection.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria de petróleo e gás representa cerca de 55,61% da oferta mundial de energia primária, e 59% das necessidades energéticas mundiais em termos da matriz de consumo energético final (IEA, 2006). O preço do barril tem efeitos muito relevantes na determinação do nível de atividade, de investimentos e de exportações dos países grandes produtores (alguns deles especializados basicamente nesse produto, a exemplo de Arábia Saudita e Venezuela, entre outros). A evolução de setores industriais, como as indústrias química, automobilística e de construção naval, é ligada umbilicalmente à indústria de petróleo. Os componentes de intensidade de capital e de padrão

tecnológico na indústria de petróleo são extremamente relevantes, de modo que a indústria foi responsável pelo desenvolvimento de toda uma indústria diferenciada em seu bojo: a indústria para-petrolífera.

Desde a descoberta de reservas de petróleo em águas ultraprofundas (5.000 e 7.000m de profundidade) na Bacia de Campos, inicia-se a adequação de todos os processos e equipamentos envolvidos a uma nova realidade (Filho; Perestrelo; Molina-Palma, 2015). As condições dessa nova realidade dificultam enormemente a extração, o que reflete diretamente nos custos relativos aos equipamentos, onde boa parte desses custos está diretamente associada aos dutos flexíveis (Xavier, 2005).

No Brasil, os dutos flexíveis têm sido utilizados pela Petrobras em grande escala em águas ultra profundas, principalmente com desenvolvimento de novos materiais, processos e estruturas. Esses dutos são constituídos de uma estrutura helicoidal formada por múltiplas camadas de aço e polímeros superpostas, cada uma destinada a resistir a um tipo de esforço solicitante (Xavier, 2005).

Segundo Neto e Maurício (2001), o grande desafio da exploração e produção de petróleo no Brasil é o desenvolvimento de tecnologia e conhecimento suficientes para alcançar maiores profundidades de lâminas d'água, onde se encontra a maior parte da reserva nacional. Maiores profundidades significam maiores carregamentos nas linhas flexíveis em operação, maiores custos de instalação e operação maiores cargas de instalação (Souza, 2002). Desse modo, a inspeção de fabricação dos dutos flexíveis torna-se uma ferramenta muito importante na avaliação da conformidade, o que garante uma melhor avaliação desses equipamentos a ser utilizados. Por esse motivo, mostra-se em evidência para realização do estudo de caso o testemunho pelo inspetor de fabricação dos testes de aceitação de fábrica em dutos flexíveis. Os testes testemunhados são: teste hidrostático; teste com pig com placa calibradora; teste de continuidade e resistência elétrica; e teste de drenagem do sistema de gás.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Indústria do Petróleo

Na indústria do petróleo as principais etapas de exploração são basicamente a prospecção, perfuração e escoamento. Na prospecção, é onde realiza-se a localização de bacias sedimentares por meio de análise detalhada do solo e do subsolo. Quando descobertas jazidas de petróleo, inicia-se a perfuração, onde é perfurado um poço para confirmação da existência de petróleo. Após a confirmação de existência, outros poços são perfurados. Depois da etapa de perfuração, inicia-se a etapa de escoamento do petróleo. O transporte do petróleo do poço marítimo até as plataformas flutuantes é realizados por meio dos dutos flexíveis, que podem ter diversas classificações conforme é descrito neste estudo.

### 2.2 Aspectos Gerais dos Dutos Flexíveis

Entende-se “Duto Flexível” por um conjunto de equipamentos específicos e largamente utilizados na produção petróleo no mar. Cada equipamento desse conjunto é conhecido como “Tramo de duto flexível” ou simplesmente “Tramo flexível”. Assim um duto flexível pode ser formado por um ou vários desses tramos. Os dutos flexíveis são construídos numa estrutura formada por múltiplas camadas de aço e polímeros superpostas, conforme podemos observar na Figura 1. Cada uma destinada a resistir a um tipo de esforço solicitante ao longo da sua vida útil e com a função de transportar fluidos. Essa estrutura em camadas propicia aos dutos flexíveis resistência e estanqueidade, sem comprometer a flexibilidade.

Figura 1: Duto Flexível.

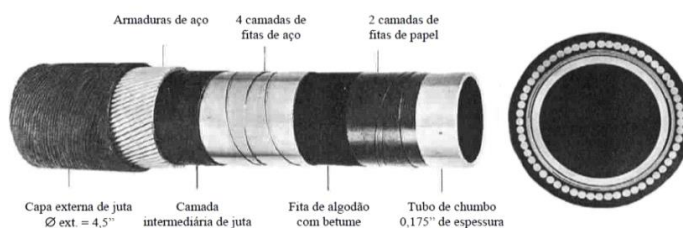


Fonte: Dutos Flexíveis - UCP - 2015

Os dutos flexíveis têm sido usados pela indústria de petróleo há várias décadas. Os primeiros dutos construídos possuíam uma estrutura de camadas aderentes, compostas por fibras têxteis e aço, que eram embebidas em uma matriz elastomérica. Segundo Lemos (2005, p.1), a primeira utilização que se tem notícias ocorreu durante a Segunda Guerra Mundial, após o desembarque das tropas na Normandia (o chamado Dia D) em 1942, quando o exército inglês instalou alguns tubos cruzando o Canal da Mancha para transporte de combustível na operação conhecida pelo nome de código P.L.U.T.O (Pipe Line Under The Ocean). Dois diferentes tipos de tubos foram instalados: um flexível, também conhecido pelo código H.A.I.S (iniciais do engenheiro chefe da companhia anglo-iraniana de óleo Mr. Hartley que o projetou) e outro rígido.

O H.A.I.S possuía 3” de diâmetro (ID) e pesava cerca de 30ton/km. Apesar da semelhança ao utilizado atualmente o mesmo possuía camada interna de chumbo e apenas uma armadura (Figura 2).

Figura 2: Ilustração das camadas e seção transversal do tubo.

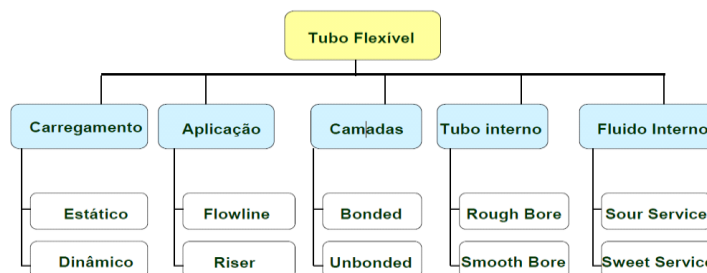


Fonte: <http://combinedops.com/pluto.htm>

A partir do final da década de 1970, a utilização de dutos flexíveis espalhou-se ao redor do mundo. No Brasil, os dutos flexíveis foram instalados nos sistemas antecipados de Enchova Leste e Garoupa Namorado em 1979, pela Petrobras.

Os tubos flexíveis são estruturas multicamadas onde cada camada possui sua aplicação estrutural ou funcional definida. Esses dutos podem ser classificados de acordo com o tipo de carregamento solicitante (dinâmicos ou estáticos), quanto ao tipo de aplicação (“risers” ou “flowlines”), quanto ao grau de liberdade existente entre as camadas (“bonded” ou “unbonded”), quanto à rugosidade da camada mais interna (“rough bore” ou “smooth bore”) e quanto às características dos fluidos transportados (“sour service” e “sweet service”), conforme Figura 3.

Figura 3: Classificação dos dutos flexíveis.



A principal diferença entre os “flowlines” e os “risers” é a diferença caracterizada pelo posicionamento no campo de exploração. Os “flowlines” ficam assentados no leito de marinho após a instalação e estão sujeitas exclusivamente a cargas estáticas. Sua função consiste na interligação de equipamentos submarinos e os poços até o ponto onde começam a ser solicitados por carregamentos dinâmicos, onde uma conexão com um “riser” é requerida.

Os “risers” são estruturas que conectam a unidade flutuante (plataforma) à tubulação destinada à serviço estático (“flowline”), podendo ser utilizadas em diversas aplicações. Segundo Lemos (2005), os “risers” podem ser estáticos ou dinâmicos dependendo do tipo de carregamentos a que estão expostos. A principal diferença construtiva entre os “flowlines” e os “risers” se dá pela disposição de camadas poliméricas adicionais de fitas de redução de atrito nos “risers”, uma vez que nos “flowlines” o movimento relativo das camadas ocorre apenas durante sua instalação e não durante toda sua vida em serviço (Figura 4).

Figura 4: Diferenças construtivas entre “risers” e “flowlines”.



Fonte: Dutos Flexíveis - UCP - 2015

Os dutos flexíveis também podem ser classificados quanto ao grau de liberdade existente entre as camadas, como os dutos de camadas aderidas (“bonded”) e dutos de camadas não aderidas (“unbonded”), conforme Figura 4. Os tubos “bonded” possuem camadas coladas umas nas outras como num

processo de vulcanização. Isso faz com que as camadas atuem de maneira uniforme, ou seja, como uma única camada. Os tubos “unbonded” possuem suas camadas em contato com as adjacentes de tal forma que o movimento relativo entre elas seja permitido.

Figura 5: Duto flexível Bonded e Unbonded.



Fonte: <http://www.lem.ep.usp.br/pef418/petrobras.pdf>

Segundo a API RP 17B (2014), os dutos flexíveis podem ser também divididos em dois grupos com relação a sua camada interna: “rough bore” e “smooth bore” (Figura 6). A principal característica de um duto “rough bore” (interior rugoso) consiste no fato de sua camada interna ser uma carcaça intertravada metálica. Esse tipo de flexível é utilizado para o transporte de produtos bifásicos ou gases. O duto tipo “smooth bore” (interior liso) possui uma camada polimérica como a camada mais interna, ou seja, camada de contato com fluido. Esse tipo de flexível é usado para o transporte e injeção de água.

Figura 6: Duto flexível Rough Bore e Smooth Bore.



Fonte: Dutos Flexíveis - UCP – 2015

A atividade de extração de petróleo no pré-sal é extremamente complexa e envolve uma série de riscos. Dessa forma, os equipamentos envolvidos no processo devem seguir um padrão de qualidade bastante rigoroso. Diante disso, os dutos flexíveis são submetidos a uma série de normas e padrões construtivos, e que se não atendidos o duto não é homologado. Todas as etapas do projeto devem estar de acordo com as normas regulamentadoras,



como a API 17J, que normalmente é utilizada pela indústria para dutos flexíveis “unbonded”.

Essa especificação define os requisitos técnicos para assegurar, de forma dimensional e funcional, que os dutos flexíveis sejam projetados e fabricados em conformidade com as normas e critérios. Segundo a API 17J (2014) e N-2409 (1994), os requisitos mínimos são determinados no projeto, seleção de materiais, fabricação, teste, marcação e armazenamento de dutos flexíveis.

Segundo Campello (2014), as principais normas que tratam de dutos flexíveis são:

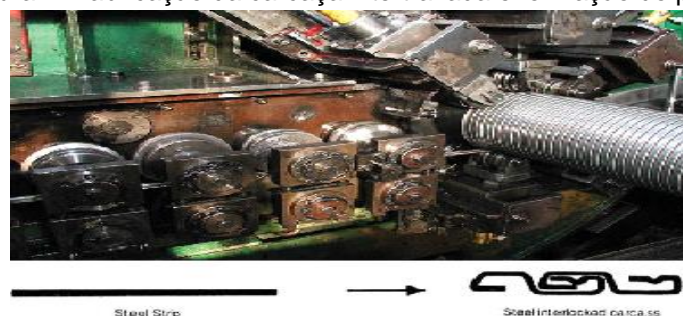
- API RP 17B: Recommended practice for flexible pipe (Recomendações práticas para dutos flexíveis), que está na sua 5ª edição de 2014;
- API Spec 17J: Specification for unbonded flexible pipe (Especificação para dutos flexíveis de camadas não aderentes), 4ª edição de 2014;
- ISO 13628-2: Flexible pipe system for subsea and marine application, que está na sua 2ª edição de 2006. Essa norma fornece requisitos, critérios e recomendações gerais para o projeto, análise, fabricação, testes, instalação e operação de dutos flexíveis;
- Norma Petrobras N-2409: Essa norma define diretrizes para os dutos flexíveis, que pelo entendimento da empresa não estaria completado nas normas internacionais. A especificação Petrobras I-ET-3000.00.6500-291-PAZ-038 R.0 (2014) substitui a N-2409 R.A a fim de atualizar alguns requisitos de acordo com a ISO 13628-2 e incluir alguns ajustes específicos.

### **2.3 Processos de Fabricação, Montagem e Testes de Dutos Flexíveis**

Os processos de fabricação, montagem e testes de dutos flexíveis que serão apresentados neste trabalho são referentes à estrutura “rough bore”. A primeira camada do duto flexível, a carcaça intertravada, é composta de perfis metálicos, intertravados entre si e dispostos de forma helicoidal em passo reduzido e não possui nenhuma função de vedação (Figura 7). Sua principal

função é proporcionar suporte à camada termoplástica com a finalidade de resistir ao colapso devido à difusão do gás e à pressão hidrostática externa.

Figura 7: Fabricação da carcaça intertravada e formação do perfil.



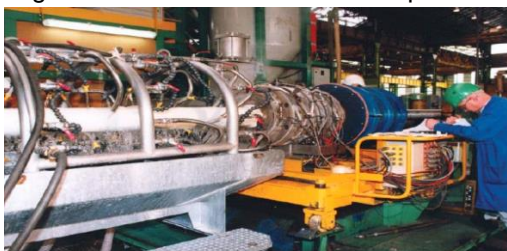
Fonte: Catalogo Coflexip (2014)

A carcaça está em contato direto com os fluidos transportados, então, para sua confecção, são utilizados aços inoxidáveis. Segundo API RP 17B (2014), os materiais recomendados para uso na camada de carcaça são os aços inoxidáveis ferríticos (AISI 409 e AISI 430), aços inoxidáveis austeníticos (AISI 304, AISI 304L, AISI 316 e AISI 316L) e aço inoxidável de alta-liga (Duplex UNS S31803). Os principais parâmetros a serem considerados na seleção de material para a camada de carcaça são a temperatura, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, cloreto e o teor de oxigênio do fluido. Esses materiais aplicados a camada de carcaça, quando submetidas a ambientes e serviços ácidos, deve ser resistente a HIC e SSC com referência à NACE MR0175 conforme aplicável. Testando contra SCC para fluidos com conteúdo de alto teor de cloreto também deve ser levado em consideração.

Após a fabricação da carcaça, inicia-se a fabricação da camada de pressão, numa máquina extrusora (estrudado a quente sobre a carcaça intertravada) e tem como função garantir a estanqueidade do duto flexível (Figura 8), impedindo que o fluido interno (fluido escoado) entre em contato com as camadas mais externas. Conforme API RP 17B (2014), os principais materiais poliméricos usados nos dutos flexíveis são polietileno de alta densidade (HDPE), polietileno reticulado (XLPE), poliamida (PA) e polifluoreto de vinilideno (PVDF). Outros polímeros, tais como polipropileno, cloreto de polivinil

e poliuretano, também têm sido usados, principalmente, nas camadas de isolamento térmico.

Figura 8: Extrusão da barreira de pressão.



Fonte: Catalogo Coflexip (2014)

A próxima etapa é a armadura de pressão que é composta de perfis metálicos (em formas de Z, C, Teta, K e T), intertravados entre si e dispostos de forma helicoidal em passo reduzido (a exemplo da carcaça metálica). A principal função da armadura de pressão é de resistir aos esforços radiais (pressão interna, pressão externa, cargas radiais de lançamento, etc.). Dessa forma, a armadura de pressão ajuda a reduzir os esforços sobre a carcaça intertravada. Além da armadura de pressão, pode-se ter uma segunda camada, chamada de “armadura de pressão reserva” (Figura 9).

Figura 9: Processo de armadura de pressão e perfis metálicos.



Fonte: Catálogo Coflexip (2015)

Entre as armaduras de pressão e tração, é aplicado a camada antidesgaste (Figura 10), com o objetivo diminuir o atrito e o desgaste devido ao movimento relativo entre as diversas camadas do duto flexível. Essa camada pode ser extrudada ou pode ser em forma de fitas e geralmente são aplicadas entre os

trechos que serão utilizados como “risers”, pois eles estarão submetidos a esforços cíclicos (dinâmicos), acentuando o deslizamento entre as camadas.

Figura 10: Aplicação de fitas antidesgaste.



Fonte: Dutos Flexíveis - UCP – 2015

Após a camada antidesgaste, inicia-se a fabricação da armadura de tração (Figura 11), sendo composta de perfis metálicos (chatos ou redondos), que são aplicadas aos pares em sentidos inversos e de forma helicoidal em passo longo (ângulo de assentamento entre 20° e 55°), proporcionando balanceamento ao tramo sob carga. Sua principal função é de prover resistência mecânica na direção axial, ou seja, resistir às cargas axiais.

Figura 11: Fabricação das armaduras de tração.



Fonte: Dutos Flexíveis - UCP – 2015

Conforme API RP 17B (2014), o material tipicamente usado para as camadas de pressão e de tração é o aço carbono, variando o seu percentual de carbono. O aço de alto teor de carbono é aplicado quando o projeto do duto flexível requer alta resistência e exigências ambientais. Os aços de médio e baixo carbono são utilizados para ambientes de serviço ácido e deve levar em conta a espessura e corte transversal do perfil fio para qualificação.

Após a fabricação da armadura de tração, são aplicadas individualmente fitas de alta resistência de forma helicoidal em passo reduzido. O número de aplicações e os sentidos de cada aplicação variam caso a caso, a depender da resistência requerida em projeto. Sua função prover resistência mecânica na direção radial, impedindo folgas radiais ou o desarranjo das armaduras de

tração (gaiola de passarinho). As fitas de alta resistência são compostas por material sintético (fibras de vidro e aramida) e possuem alta resistência mecânica sob esforços de tração. Segundo a API 17J (2014), o fornecedor deve documentar as propriedades das fitas de alta resistência.

Depois das fitas antidesgaste, é fabricado a capa externa e de proteção (Figura 12), que é extrudada a quente sobre as armaduras de tração (fitas de alta resistência), servindo para mantê-las na posição correta, além de proteger o duto flexível contra abrasão, danos externos (impacto de ferramentas durante a instalação, impactos com o solo marinho, etc.), corrosão e ajudar no isolamento térmico da linha.

Figura 12: Fabricação da capa externa e de proteção.



Fonte: Dutos Flexíveis - UCP – 2015

Alguns dutos flexíveis possuem uma camada externa adicional, que pode ser constituída de perfis metálicos intertravados, de forma construtiva similar à carcaça metálica ou, no caso de ser polimérica, é extrudada à quente, a exemplo da capa externa.

Existe também a camada de isolamento térmico (Figura 13), que é composta por um conjunto de fitas de material isolante (Confoan), aplicadas individualmente de forma helicoidal. O número de aplicações varia caso a caso, a depender do isolamento total requerido pelo projeto da estrutura. Sua função é de prover isolamento térmico ao fluido escoado no interior do duto. As fitas de isolamento térmico são compostas por material sintético (espumas - “syntactic foams”). Sua principal função das fitas é prover isolamento térmico e evitar assim a formação de hidratos e parafinas.

Figura 13: Fabricação do isolamento térmico.



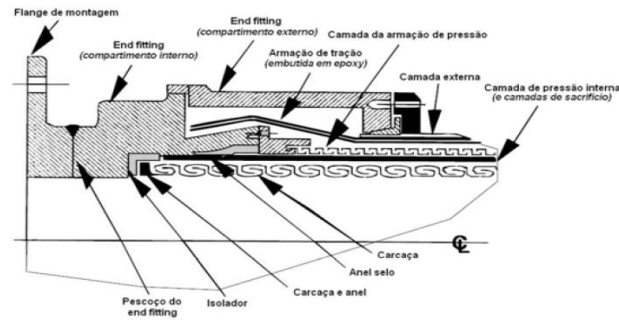
Depois da conclusão das fases de fabricação do tubo flexível, inicia-se o processo de montagem dos conectores em suas extremidades que exige conhecimento, treinamento, técnica e senso crítico por parte de todos os envolvidos. Para a montagem dos conectores de tubos flexíveis, o fornecedor deve manter (no mínimo) disponíveis desenhos do conjunto e detalhamento do conector, diagrama unifilar, plano de qualidade e documentos que identificam o tramo, estrutura, cotas de montagem e todos os componentes internos do conector.

O conector é um dispositivo mecânico e de vedação que delimita as extremidades dos dutos flexíveis, que permite que o duto seja manuseado e conectado (de modo estanque) a outros equipamentos de campo. Conforme Campello (2014, p.14): "o conector é formado por um corpo metálico forjado e uma jaqueta externa. Dentro dele, as camadas do duto flexível são terminadas. O forjado interno possui um perfil de um tronco de cone sobre o qual são assentados os arames das armaduras de tração do duto. Os vazios são preenchidos por uma resina epóxi que, por aderência aos arames e ao corpo metálico do conector, garante a formação de um bloco rígido" (Figura 14).

De acordo com a API RP 17B (2014), recomenda-se o uso dos aços AISI 4130 e aço inoxidável (duplex) para os componentes do conector e também o uso de revestimentos resistentes a corrosão. Segundo API 17J (2014), o fabricante dos dutos flexíveis deve indicar a composição química, processo de fabricação, tratamento térmico e algumas propriedades mecânicas (resistência a tração, dureza e impacto charpy) para os materiais metálicos componentes do conector. O material deve ser resistente a erosão e a fragilização por hidrogênio, dependendo do ambiente aplicável.

Figura 14: Exemplo de conector montado.





Fonte: Campelo – 2014

Após a conclusão de todas as etapas de montagem dos conectores, iniciam-se as etapas de testes. Segundo a API 17J (2014), os dutos flexíveis devem ser submetidos a vários tipos de testes, dependendo diretamente da sua estrutura. A Tabela 1 resume os testes necessários nos dutos flexíveis.

Tabela 1: Resumo dos testes necessários nos dutos flexíveis.

|   |             | Gauge Test       | Hydrostatic Pressure Test | Electrical Isolation Test | Electrical Continuity Test | Gas-venting System Test | Sealing Test     |
|---|-------------|------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------|
| Without cathodic protection   | Rough bore  | X <sup>(1)</sup> | X                         | n/a <sup>(1)</sup>        | n/a                        | X                       | X <sup>(2)</sup> |
|   | Smooth bore | n/a              | X                         | n/a                       | n/a                        | X                       | X <sup>(2)</sup> |
| With cathodic protection  | Rough bore  | X                | X                         | X                         | X                          | X                       | X <sup>(2)</sup> |
|   | Smooth bore | n/a              | X                         | n/a                       | X                          | X                       | X <sup>(2)</sup> |
| NOTE 1 X—required; n/a—not applicable.  |             |                  |                           |                           |                            |                         |                  |
| NOTE 2 The sealing test is required for risers and optional for other applications. |             |                  |                           |                           |                            |                         |                  |

## 2.4 Inspeção de Fabricação, Montagem e Testes de Dutos Flexíveis

Segundo a API 17J (2014), todos os principais passos durante o processo de fabricação devem ser sujeitos à inspeção. Os fabricantes devem especificar os pontos de inspeção, os métodos de inspeção e definir os critérios de aceitação. As não conformidades geradas durante o processo de fabricação devem estar disponíveis para revisão do cliente. Abaixo serão apresentados alguns principais pontos e métodos de inspeção. De acordo com a API 17J (2014), segue abaixo os principais pontos de inspeção durante o processo de fabricação da carcaça:

Verificar os procedimentos de soldagem, homologação da máquina de solda (a cada início de produção) e a qualificação dos soldadores. Durante o processo

deve ser realizada a inspeção visual, verificar a rastreabilidade da matéria-prima empregada, o comprimento medido, a localizações das soldas e o visual e o dimensional do perfil da carcaça.

A superfície externa da carcaça deve ser inspecionada e verificada há existência de falhas como dentes, rachaduras, arranhões, corrosão e distorções.

No mínimo, o fabricante deve especificar tolerâncias para os seguintes parâmetros: diâmetro externo, ovalização e fishscaling.

De acordo com a API 17J (2014), segue abaixo os principais pontos de inspecionados durante o processo de fabricação da barreira polimérica de pressão e capa externa:

Durante o processo deve ser realizada a inspeção visual, verificar a rastreabilidade da matéria-prima empregada, o comprimento medido e o visual e o dimensional do produto. A inspeção visual e spark test da barreira de pressão deve ser contínua e não pode haver falhas durante o processo. Em caso de falhas, o processo de extrusão da barreira deve ser interrompido.

A medição de espessura e diâmetro deve ser realizada em intervalos de 90° ao redor da circunferência do tubo a cada 10m. São retiradas amostras no início e no final da fabricação para realização de testes de viscosidade e tração, dependendo da matéria-prima utilizada.

De acordo com a API 17J (2014), segue abaixo os principais pontos de inspecionados durante o processo de armadura de pressão e tração:

Deve ser verificado os procedimentos de soldagem, homologação da máquina de solda (a cada início de produção) e a qualificação dos soldadores/operadores. Durante o processo deve ser realizada a inspeção visual, verificada a rastreabilidade da matéria-prima empregada, o comprimento medido, a localizações das soldas e o controle dimensional do produto. Realização de ensaios não destrutivos (partículas magnéticas) das soldas realizadas durante a produção. A superfície externa dessa fase deve ser



inspecionada e verificada há existência de falhas como dentes, rachaduras, arranhões, corrosão e distorções.

De acordo com a API 17J (2014), segue abaixo os principais pontos de inspecionados durante o processo de fabricação fitas antidesgaste, alta resistência e isolamento:

Durante o processo deve ser realizada a inspeção visual, verificada a rastreabilidade da matéria-prima empregada, o comprimento medido, as emendas das fitas e o controle dimensional do produto.

Após o processo de fabricação, inicia-se o processo de montagem de acessórios (end fitting), que deve ser realizada por montadores qualificados de acordo com os procedimentos aprovados. Essas qualificações devem estar disponíveis para verificação do cliente. Abaixo serão apresentados alguns principais pontos, métodos de inspeção e aspectos críticos relacionados às etapas de montagem:

- Identificação do conector e tubo;
- Corte de tubo e bloqueio das camadas metálicas;
- Preparação para cravamento traseiro;
- Dobramento dos arames da armadura de tração;
- Imobilização e corte da armadura de pressão;
- Preparação e realização do cravamento dianteiro;
- Assentamento dos arames dos arames da armadura de tração;
- Injeção de resina epóxi no conector.

Após a montagem de acessórios, inicia-se o processo de testes de aceitação de fábrica. Abaixo serão apresentados alguns principais pontos testes realizados:

- Teste hidrostático;

- Teste com pig com placa calibradora;
- Teste de continuidade e resistência elétrica;
- Teste de vent valve;
- Teste de vácuo e injeção de pressão (vedação).

### **3. METODOLOGIA DE PESQUISA**

A inspeção do equipamento foi realizada de acordo com os requisitos normativos da API 17J. Considera-se o projeto e especificações técnicas pela qual a peça será utilizada, qual o poço, fase de fabricação, qual o evento dessa inspeção, um breve detalhamento, qual referência foi utilizada, qual será o critério de aceitação e o resultado da avaliação e observações, caso existam.

O objetivo deste estudo é o de realizar o testemunho dos testes de aceitação de fábrica (FAT's) no duto flexível nas dependências do fornecedor, conforme documentos de referência, normas e requisitos aplicáveis definido no projeto.

#### **3.1 Material Inspeccionado**

Tubo flex. prod. gás DI 4" 375.

0PSI - Tubo flexível com especificação: I-ET-3000.00.6500-291-PAZ-038 e API 17J; para produção de gás; DI 4in; pressão trab. 4500psi; para condição estática (flowline); fluido de trabalho: gás; conexão à estrutura marítima flutuante; profundidade máxima operação até 2000 metros.

#### **3.2 Atividades Realizadas, Critérios de Aceitação**

##### **3.2.1 Verificação Visual e Dimensional do Pig com Placa Calibradora e Água Antes do Teste Hidrostático**

Verificação visual e dimensional do PIG e placa calibradora antes do teste Hidrostático.

Critério de aceitação: visual e dimensional.

Visual: não é aceitável a presença de riscos.

Dimensional: o diâmetro mínimo da placa calibradora deve ser de pelo menos 95% do diâmetro interno nominal do tubo flexível ou 10mm (0,39in) menor que diâmetro interno nominal caso o tubo tenha diâmetro interno menor que 200mm (7,87in). A espessura do disco da placa calibradora deve medir entre 5mm e 10mm (0,20 a 0,39in).

Verificação do percentual de cloreto na água utilizada para a realização da passagem do PIG com placa calibradora e teste hidrostático.

Critério de aceitação: a água utilizada no processo de passagem do pig deve ser filtrada, com particulado de no máximo 100 microns, e ter teor máximo de 50mg/L de cloreto.

### **3.2.2 Teste Hidrostático**

1° etapa: verificação da pressurização até a pressão de teste requerida.

Critério de aceitação: a pressão deverá ser elevada gradualmente em uma taxa de até 43,5psi/min (3,0bar/min) até que alcançado um valor entre 100% e 110% da pressão de teste requerida.

2° etapa: verificação da acomodação com recalque.

Critério de aceitação: após alcance da faixa de pressão descrita acima, mantê-la por período mínimo de 2h pressurizando pausadamente ou despressurizando pela válvula de drenagem da unidade de forma a compensar a queda de pressão proveniente do alongamento do tubo flexível ou elevação da pressão em função da elevação ou diminuição da temperatura interna do tubo.

3° etapa: verificação da estabilização.

Critério de aceitação: após realização do recalque, feche a válvula bloqueadora de pressão, onde o sistema será considerado fechado e estabilizado e pronto para a etapa 4 (24h), quando após um período de repouso de 1h a variação

entre a pressão inicial (PI) e pressão final (PF) não ultrapassar em  $\pm 1\%$   $((PI - PF) / PI \pm 1\%)$ .

4º etapa: período de estabilização (24 horas).

Critério de aceitação: após o alcance da estabilização, a pressão final da 3º etapa se torna a pressão inicial desta etapa. Inicia-se, então, um período de monitoramento de 24 horas. O ensaio estará aprovado se a variação entre a pressão inicial (PI) e pressão final (PF) não ultrapassar em  $\pm 4\%$   $((PI - PF) / PI \pm 4\%)$ .

5º etapa: despressurização.

Após aprovação do teste, abra a válvula bloqueadora, despressurize o sistema gradualmente em até 246,5psi/min (17bar/min) até que seja alcançada a total despressurização.

### **3.2.3 Inspeção do Pig com Placa Calibradora após Passagem pelo Tubo Flexível e Teste Hidrostático**

Inspeção visual após remoção do PIG com calibre no tubo flexível.

Critério de aceitação: após a passagem do PIG com calibre pelo duto flexível, é realizada inspeção visual na placa calibradora com o objetivo de verificar a ocorrência de danos graves como dentes e entalhes. Pequenos riscos são aceitáveis.

### **3.2.4 Testes de Continuidade e Resistência Elétrica**

Os testes de continuidade e resistência elétrica devem ser realizados após o teste hidrostático.

Testemunho do teste de continuidade entre os conectores de extremidade.

Critério de aceitação: teste de continuidade elétrica:  $< 10 \Omega / \text{km}$  de tubo.

Testemunho dos testes de resistência elétrica devem ser realizados entre os acessórios de extremidade e a carcaça.

Critério de aceitação: testes de resistência elétrica:  $> 1 \text{ k}\Omega$ .

### **3.2.5 Teste de Drenagem de Gás**

Testemunho do teste do sistema de drenagem de gás

Critério de aceitação: o alívio de gás deve ser confirmado em todos os pontos individualmente. Todas as válvulas devem aliviar a pressão de alívio especificada pelo fabricante.

### **3.2.6 Parecer Técnico da Inspeção**

O parecer da inspeção realizada foi considerado satisfatório. O duto flexível inspecionado foi testado e está liberado para embarque.

## **4. RESULTADOS**

Os resultados desta inspeção foram satisfatórios, pois obedeceram às normas vigentes e apresentaram integridade e resistência aceitáveis para os serviços solicitados.

A verificação visual foi considerada aceitável, pois apresentava diâmetro interno nominal de 91,7mm e 5mm de espessura do disco, e a água utilizada no processo de passagem do pig apresentava particulado de 60 microns e teor de 45mg/L de cloreto, sendo aprovado de acordo com os critérios descritos na metodologia.

O teste hidrostático foi considerado adequado para as 5 etapas detalhadas anteriormente.

A inspeção visual do PIG com placa calibradora após passagem pelo tubo flexível e teste hidrostático estava dentro dos parâmetros aceitáveis, sem ocorrência de danos graves, por isso foi considerada aceita.

O teste de continuidade e resistência elétrica foi aceito após apresentar resistência elétrica de  $1,3k\Omega > 1k\Omega$ .

O teste de drenagem de gás foi aceito após constatação do alívio da pressão em todas as válvulas, conforme especificado pelo fabricante.

### **4.1 Registros Fotográficos**

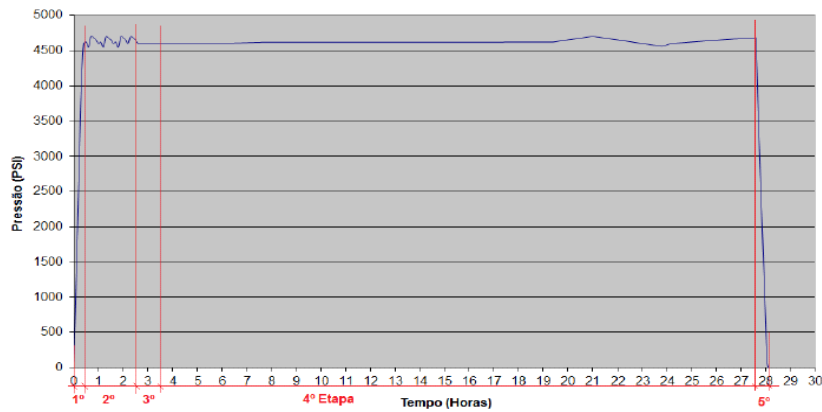
A Figura 15 apresenta a inspeção visual e dimensional (diâmetro e espessura da placa calibradora) antes da inserção no duto flexível. O objetivo é verificar a integridade do PIG e antes e depois da passagem no duto flexível por método comparativo.

Figura 15: Inspeção visual e dimensional do PIG e placa calibradora.



A Figura 16 apresenta o gráfico de teste hidrostático, onde é possível identificar todas as etapas do teste. Na 1ª etapa, verifica-se a pressurização até a pressão de teste requerida (4500psi). Na 2ª etapa, verifica-se a acomodação com recalque. Nela, observa-se a manutenção da pressão por período mínimo de 2h pressurizando pausadamente ou despressurizando pela válvula de drenagem da unidade de forma a compensar a queda de pressão proveniente do alongamento do tubo flexível ou elevação da pressão em função da elevação ou diminuição da temperatura interna do tubo. Após a acomodação com recalque, inicia-se a 3ª etapa, que consiste na verificação da estabilização. Após realização do recalque, o sistema é fechado, estabilizado e pronto para a etapa 4 (24h) quando após um período de repouso de 1h a variação entre a pressão inicial (PI) e pressão final (PF) não ultrapassou em  $\pm 1\%$ . Na 4ª etapa inicia-se o período de estabilização e monitoramento de 24 horas. O ensaio foi considerado aprovado pois a variação entre a pressão inicial (PI) e pressão final (PF) não ultrapassou em 4%. O objetivo do teste hidrostático é verificar a integridade e resistência à pressão, que para o duto flexível ensaiado apresentou resultado satisfatório. Assim, finaliza-se com a 5ª etapa, onde é realizado a despressurização. O duto flexível é despressurizado gradualmente em até 246,5psi/min (17bar/min) até que seja alcançada a total despressurização.

Figura 16: Gráfico de teste hidrostático.



A Figura 17 apresenta a inspeção visual do PIG com placa calibradora após passagem pelo duto flexível. Não foi constatado a ocorrência de danos graves como dentes e entalhes, apenas pequenos riscos foram identificados que foram considerados aceitáveis.

Figura 17: Inspeção do PIG com placa calibradora após passagem pelo duto flexível.



A Figura 18 apresenta o teste de continuidade e resistência elétrica que foram realizados após teste hidrostático. Os resultados encontrados estão dentro do critério de aceitação e foi considerado satisfatório. Após o teste de continuidade e resistência elétrica, realizou-se o teste do sistema de drenagem de gás, onde alívio de gás deve ser confirmado em todos os pontos individualmente. Todas as válvulas foram testadas de acordo a pressão de alívio especificada pelo fabricante apresentando resultado satisfatório.

Figura 18: Teste de continuidade e resistência elétrica.



## 5. CONCLUSÃO

A realização deste estudo permitiu conhecer mais a fundo os processos de fabricação do duto flexível, as etapas de montagem de conector, os tipos de testes e a grande importância da área de inspeção. Esta última se constitui tarefa de vital importância nos processos submarinos de produção e exploração, em que sua confiabilidade deve ser mantida em níveis elevados.

A produção de petróleo necessita de maior preocupação no que diz respeito à integridade dos dutos flexíveis, visto que a ocorrência de danos nessas estruturas pode causar enormes prejuízos ambientais e econômicos.

Portanto, identificou o estudo de caso a importância dos testes realizados nos dutos flexíveis, pois garantem a integridade física e segurança ambiental onde são instalados. Foi constatado que a inspeção pode se dar em diferentes momentos do ciclo do produto, inclusive nas plataformas de produção, em locais de armazenamento, em instalações ou operações que envolvam o duto flexível.

Nesse sentido, constatou-se que o investimento para o desenvolvimento de novas tecnologias está cada vez maior no Brasil devido às grandes reservas de petróleo na região do pré-sal, o que proporciona a chegada de grandes empresas multinacionais na área de equipamentos submarinos, inspeção e desenvolvimento.

Concluiu-se que os desafios enfrentados pela Petrobras para produção de petróleo proporcionaram um maior desenvolvimento e aplicação dos dutos flexíveis e também o número de fatores que podem levar a falhas catastróficas.



Desse modo, a inspeção de dutos flexíveis torna-se umas das principais atividades realizadas, a fim de minimizar os prejuízos como perdas humanas, mecânicas, ambientais, imagem e os negócios dos envolvidos.

## REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 16278 (2014). Disponível em: <[www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=311360](http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=311360)>. Acesso em: 12 maio. 2016.
- API 17J – “**Specification for Unbonded Flexible Pipe**”, 4ª Edição, American Petroleum Institute, novembro 2014. Disponível em: <<http://www.api.org/~media/files/publications/whats%20new/17j%20e4%20pa.pdf>>. Acesso em: 12 maio. 2019.
- API RP 17B – “**Recommended Practice for Flexible Pipe**”, 5ª Edição, American Petroleum Institute, maio 2014. Disponível em: <<http://www.api.org/~media/files/publications/whats%20new/17b%20e5%20pa.pdf>>. Acesso em: 12 maio. 2016.
- CATALOGO TECHNIP, 2014. “**Users guia: Flexible Steel Pipes for Drilling and Service Applications**”. Disponível em <<http://www.technip.com/en/entities/draps/drilling-and-service-applications>> Acesso em: 21 junho. 2016.
- CAMPELLO, G. C., 2014, “**Metodologia de Projeto para o Sistema de Ancoragem de Conectores de Dutos Flexíveis e Proposição de Nova Tecnologia**”. Tese de D.Sc., PENO-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.coc.ufrj.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4453:george-carneiro-campello&catid=381&Itemid=154&lang=pt-br](http://www.coc.ufrj.br/index.php?option=com_content&view=article&id=4453:george-carneiro-campello&catid=381&Itemid=154&lang=pt-br)>. Acesso em: 12 maio. 2016.
- LEMONS, C. A. D., 2005, “**Análise de Fadiga em Risers Flexíveis**”. Tese de D.Sc., PENO-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <[www.oceanica.ufrj.br/.../teses/2004\\_doutorado\\_carlos\\_alberto\\_duarte\\_de\\_lemons.pdf](http://www.oceanica.ufrj.br/.../teses/2004_doutorado_carlos_alberto_duarte_de_lemons.pdf)>. Acesso em: 12 maio. 2016.
- FILHO, E. T. A.; PERESTRELO, M.; MOLINA-PALMA, M. A. As descobertas do pré-sal e os desafios competitivos da indústria brasileira do setor de petróleo e gás: uma abordagem prospectiva. CIDADES, Comunidades e Territórios, scielopt, p. 85 – 98, 12 2015. ISSN 2182-3030. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/sociologia-politica/wp-content/uploads/sites/9/2013/03/Tese-de-Doutorado-Edson-Fev-2015-PPGSP-UENF.pdf>.
- NETO, E., MAURÍCIO, J., WACLAWEK, I. “**Flexible Pipe for Ultra-Deepwater Applications: The Roncador Experience**”. In: Proceedings of the 33st Offshore Technology Conference, Houston, USA, 2000.
- REVISTA COPPE, 2013. “**Corrida para o Mar: Os Desafios Tecnológicos e Ambientais do Pré-Sal**”. Disponível em <[http://www.coppe.ufrj.br/pdf\\_revista/coppe\\_presal.pdf](http://www.coppe.ufrj.br/pdf_revista/coppe_presal.pdf)>. Acesso em: 26 Junho. 2013.
- SOUSA, J. R. M., ELLWANGER, G. B., LIMA, E. C. P. “**Na Analytical Model to Predict the Local Mechanical Behaviour of Flexible Risers Subjected to Crushing Loads**”. Em: XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, Brasília, Brasil, 2002.
- XAVIER, MARCELO LOPES. **Instalação de dutos flexíveis em águas ultraprofundas**. Rio de Janeiro (2006). XII, 82p. (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Oceânica. 2006) Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/sociologia-politica/wp-content/uploads/sites/9/2013/03/Tese-de-Doutorado-Edson-Fev-2015-PPGSP-UENF.pdf>.

# AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: UMA ANÁLISE TÉCNICA E DE INVESTIMENTO

Vagner Facini Teixeira<sup>1</sup>; Rafael Cosmo<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica

<sup>2</sup>Professor Multivix - Vitória

## RESUMO

Com o avanço da tecnologia, a automação está tomando de forma gradativa o seu espaço nas residências da população. Palavras como smart tv, smartwatch e smartphone estão cada vez mais inseridas no cotidiano das pessoas. Porém uma reflexão que pouco se faz é se esses aparelhos podem ser utilizados para automação residencial. Este artigo pretende demonstrar que uma residência pode ser automatizada em um nível satisfatório, dispondo-se de um valor monetário acessível ao cidadão comum. Uma pesquisa foi realizada visando apresentar os equipamentos disponíveis no mercado e suas funcionalidades, de modo que quando somados aos assistentes virtuais se obtém o maior conforto no âmbito da domótica. Também foram apresentados conceitos que cercam o universo da automação, como IoT e os diversos protocolos de comunicação utilizados. Por meio de uma pesquisa de valores dos kits para automação e de equipamentos individuais, pôde-se concluir que o cidadão comum tem condições de automatizar sua residência se assim o desejar. O resultado se mostrou satisfatório, estando em conformidade com a proposta da pesquisa.

**Palavras-chave:** automação residencial, wi-fi, IoT.

## ABSTRACT

With the advancement of technology, automation is gradually taking its space in the homes of the population. Words like smart tv, smartwatch and smartphone are increasingly inserted in people's daily lives. However, a reflection that little is done is whether these devices can be used for home automation. This article intends to demonstrate that a residence can be automated at a satisfactory level, providing a monetary value accessible to the common citizen. A survey was carried out to present the equipment available on the market and its features, so that when added to the virtual assistants, greater comfort in the field of home automation is obtained. Concepts surrounding the automation universe were also presented, such as IoT and the various communication protocols used. Through a research of the values of the kits for automation and of individual equipment, it was possible to conclude that the common citizen is able to automate his/her residence if he/she so desires. The result was satisfactory, in accordance with the research proposal.

**Keywords:** Automation, wi-fi, IoT.

## 1. INTRODUÇÃO

A busca do homem por melhorias para a sua vida tem ajudado significativamente na evolução da sociedade. Descobrimos o fogo e inventando ferramentas que auxiliam no trabalho, o homem sempre está em busca de maior comodidade e conforto. Como consequência, surgiu a automação (LIMA, 2003).

Segundo Lima (2003, p. 1), um dos primeiros dispositivos automáticos da humanidade foi o relógio d'água, desenvolvido em meados do século II a.C., facilitando a medição do tempo. A Revolução Industrial trouxe a máquina a vapor, enquanto James Watt foi o desenvolvedor do primeiro controlador automático para aplicação em processos industriais. Outro nome que também se destacou foi o de Isaac Newton, que lançou os fundamentos da modelagem matemática e da análise, usados até os dias atuais para enviar mísseis controlados por satélites que acertam o alvo com erro na ordem de alguns centímetros (LIMA, 2003).

Em se tratando do âmbito residencial, o senso comum da palavra “automação” causa a impressão de que se trata de uma habitação totalmente tecnológica, confortável, autônoma, contando com aparatos caríssimos e de última geração. Esse errôneo conceito induz a percepção de que se trataria de um sistema intangível a maioria da população, e que somente estaria acessível a todos em um futuro distante.

Porém, atualmente, é difícil não estar em contato com a automação, seja no carro, numa sala ou no próprio bolso. Diversos equipamentos que contam com certo tipo de automação estão inseridos na vida da população há algum tempo, como smartphones, smartwatches, smart TVs, dentre outros. Em muitos casos, não se percebe que a automação, por mais simplória que seja, faz parte do cotidiano das pessoas.

A automação residencial pode trazer uma série de benefícios, como conforto, acessibilidade, ergonomia, gestão do tempo, programação de agendas, economia de energia, dentre outros. Uma pessoa que ainda não teve contato com essa tecnologia pode não ter a noção do que o aparelho em sua mão é capaz de proporcionar, bem como a forma com a qual ele pode interagir com outros equipamentos a fim de trazer o máximo de conforto e comodidade dentro de sua residência.

Com o avanço da tecnologia, os dispositivos estão cada vez mais acessíveis e populares. A implantação da automação em residências pode ser realizada em diversos níveis de capacidade e abrangência, ficando a cargo do consumidor a

sua escolha. Contudo, grande parte da população não tem a percepção de que dispositivos simples e de baixo custo podem constituir uma automação residencial básica, porém útil, e acessível a muitos. É o que se observa no excerto a seguir:

Em vigor desde 1.º de janeiro, a lei que promove incentivos e benefícios tributários à chamada Internet das Coisas (IoT, do inglês Internet of Things) deve acelerar a automação das residências no Brasil. Segundo a Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial (Aureside), o uso de dispositivos de IoT para casas inteligentes deve crescer 20% até 2023 (AURESIDE, 2021, grifos do autor).

Da reflexão levantada sobre o assunto, emerge uma pergunta que deve ser respondida: a automação residencial é viável para o cidadão brasileiro comum? Com essa indagação, deve-se levar em consideração vários aspectos, como: o que efetivamente é uma residência automatizada; quais as necessidades que deverão ser atendidas; qual o custo para isso.

Tendo em vista as considerações acima, buscou-se fazer um levantamento e analisar os dispositivos de automação destinados a residências disponíveis no mercado, identificando suas funcionalidades e os valores necessários para sua implantação. Além disso, também se buscou observar as aplicabilidades dos equipamentos e dispositivos, bem como ampliar o entendimento dos conceitos por trás de seu funcionamento. Dessa forma, espera-se apresentar o que o mercado tem a oferecer, fornecendo uma percepção técnica e de investimento para que uma residência possa ser automatizada em diferentes níveis.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Conforme Pessoa e Spinola (2014), a palavra “automação” vem do latim *automatus*, que significa mover-se por si, ou seja, trata-se da realização de tarefas sem a intervenção humana com equipamentos e dispositivos que funcionem de forma independente. Os autores também afirmam que esses equipamentos, na ocorrência de desvios, possuem a capacidade de realizar correções segundo as condições definidas de operação.

O desempenho do equipamento é otimizado por meio de controle automático. Isso traz benefícios, como a melhoria da qualidade, redução de custos, substituição de mão de obra e, conseqüentemente, aumento da produtividade. Certas atividades não são possíveis sem o uso de um sistema de controle automático pelo fato da necessidade de atuação em tempos tão curtos que o ser humano não seria capaz de reagir (PESSOA; SPINOLA, 2014).

Um bom exemplo demonstrado pelos autores Pessoa e Spinola (2014) seria o freio automático do veículo, também conhecido como sistema ABS (Anti-lock Braking System). Esse dispositivo funciona de forma a assumir o controle do freio do automóvel, atuando de maneira a não permitir que a roda trave, freando e liberando o veículo, o que garante sua aderência junto à pista.

## **2.1. Automação Residencial**

Oliveira e Alves (2019) afirmam que Automação Residencial é um conjunto de componentes com o objetivo de acionar, movimentar ou monitorar os mais diversos tipos de cargas e variáveis de um prédio, com a finalidade de promover segurança, comodidade e eficiência para o usuário geral.

Segundo Aureside (2020), um levantamento feito pela Statista, uma empresa global especializada em pesquisa de mercado, revelou importantes dados sobre o mercado de casas inteligentes brasileiras.

Essa pesquisa se baseou em seis subsetores: conforto e iluminação; entretenimento; controle e conectividade; eletrodomésticos inteligentes; segurança; e gerenciamento de energia (AURESIDE, 2020).

Dentre os seis setores acima listados, foi constatado que o número de residências que contam com algum tipo de sistema automatizado saiu de 0,33% a 0,67% em 2017 para 2% a 3,67% em 2020 (AURESIDE, 2020).

### **2.1.1. Domótica**

O termo domótica resulta na junção de duas palavras, a palavra romana *domus*, que faz referência à casa, e a palavra robótica, que se refere à realização de controle automatizado por robôs. Tal expressão resulta na

definição de um processo de automatização do ambiente doméstico. Existem outros termos com relação ao tema além de domótica, como, por exemplo, Automação Residencial (Home Automation) e Casas Inteligentes (Smart Houses). Tais termos, por sua vez, se relacionam de forma mais abrangente atendendo melhor a definição (JUNIOR; FARINELLI, 2019).

A domótica gerencia recursos como iluminação, climatização de ambientes e segurança. Seu conceito traz possibilidades de criar ambientes inteligentes. Desse modo, simplificando e melhorando a vida do usuário, trazendo satisfação, conforto e segurança (CEZAR, 2020).

Com o advento da Automação Residencial, logo foram criadas instituições com o intuito de regularizar esse segmento, que, por sua vez, estão espalhadas pela América do Norte, Europa e no Brasil, como se pode observar a seguir:

Existem pelo mundo diversas entidades e instituições reguladoras da domótica que buscam elaborar um padrão para fomentar a domótica. Na Europa e Estados Unidos, como o conceito de domótica já está bem difundido existem diversas entidades e associações como o European Installation Bus Association (EIBA) da Europa e o National Association of Home Builders (NAHB) dos Estados Unidos, entre outros. No Brasil em fevereiro de 2000 foi registrada a AURESIDE (Associação Brasileira de Automação Residencial), que tem como missão divulgar conceitos a todos os envolvidos no setor, difundir tecnologias, homologar produtos e serviços, treinar e formar profissionais na área da domótica (CEZAR, 2020 p. 2, grifo do autor).

## **2.2. Protocolos**

Alguns tipos de redes de comunicação com ou sem fio são regulamentados pelo Instituto dos Engenheiros Eletrônicos e Eletricistas (IEEE). A importância dessa classificação se faz por conta da ampla gama de redes de comunicação compostas por dispositivos capazes de trocar informação entre si (JUNIOR; FARINELLI, 2019).

### 2.2.1. Wi-Fi

Protocolo referente à tecnologia para conexões sem fio que respeitam o conjunto de normas IEEE 802.11. Atualmente, é o padrão mais utilizado no mundo para transmissão de dados sem fio. O Wi-Fi opera em faixas de frequências em que não são necessárias licenças para instalação e/ou operação. Essa tecnologia permite a implementação de redes que conectam computadores e outros dispositivos compatíveis que estejam geograficamente próximos. Esse tipo de rede dispensa a utilização de cabos, uma vez que sua transmissão de dados se faz por meio de radiofrequência (MARTINS; NEVES, 2020).

Martins e Neves (2020) ainda afirmam que a ampla utilização do Wi-Fi se dá por conta de sua rápida evolução. A norma IEEE 802.11b seguiu-se das normas IEEE 802.11a, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n. As novas adições refletiram em velocidades de transmissão mais altas e na eficiência do uso do espectro. A norma IEEE 802.11b fornece taxas de transmissão de dados de 11Mbps em uma banda de 2.4GHz, já a IEEE 802.11g permite taxas de transmissão de 54Mbps utilizando a mesma banda. A IEEE 802.11n foi o padrão que utiliza MIMO, do inglês Multiple Input Multiple Output (múltiplas entradas múltiplas saídas), e opera nas bandas 2,4GHz e 5GHz. Essa funcionalidade de dupla banda torna possível alcançar taxas de até 600Mbps.

Vale salientar que com o advento do Wi-Fi, a instalação de cabeamento estruturado não é mais uma opção atraente, fato que condiz com a afirmação de Alves e Mota (2003). Segundo os autores, deverão ser previamente definidos todos os locais nos quais serão instalados os dispositivos, para que não seja necessária a passagem de novo cabeamento devido a alguma mudança, ou ainda a troca de todo o cabeamento caso a tecnologia se torne obsoleta.

A instalação de uma rede sem fio pode ser muito fácil e rápida pelo motivo da não necessidade de passar cabeamento por paredes e tetos, além da vantagem de chegar onde os cabos não chegam, como jardins, piscinas, etc. (ALVES; MOTA, 2003).

### **2.2.2. Ethernet**

Esse protocolo possui a capacidade de atuar com diversos meios de transmissão. Existem nomenclaturas estabelecidas pela IEEE 802.3, que especificam sua velocidade, a forma de como o sinal é transmitido e qual o meio que esse sinal trafega (JUNIOR; FARINELLI, 2019).

O protocolo ethernet possui alguns tipos com características próprias:

- 10Base-5: opera com velocidade de até 10Mb/s e o cabo utilizado é o coaxial grosso;
- 10Base-2: opera com velocidade de até 10Mb/s e o cabo utilizado é o coaxial fino;
- 100Base-T e 1000Base-T: operam com velocidades de 100Mb/s e 1Gb/s respectivamente, sendo os mais encontrados nos computadores atuais, e o cabo utilizado é o par trançado;
- 10Base-F: opera com velocidade de 10Mb/s, sendo seu meio de transmissão a fibra óptica, ideal entre edifícios por demandarem um comprimento maior de cabo e serem propícios para locais com maiores ruídos (JUNIOR; FARINELLI, 2019).

Foi demonstrado velocidades na ordem de 10Mb/s, porém, atualmente, os dispositivos que utilizam o protocolo ethernet podem chegar a 10Gb/s, ou seja, 1000 vezes mais rápidos. Tais velocidades são possíveis devido à evolução da capacidade de processamento dos computadores. E com o aumento do volume de dados transmitidos, essa demanda se faz necessária (JUNIOR; FARINELLI, 2019).

### **2.2.3. Bluetooth**

Segundo Jesus (2021), o Bluetooth é um padrão de comunicação sem fio que se destina a conectar diferentes dispositivos fixos, portáteis e móveis. Seus dados são transferidos a curtas distâncias.



As versões 2.0 são Basic Rate e Enhanced Data Rate (BR, EDR), sendo consideradas mais antigas que o Bluetooth High Speed (HS), que é a versão 3.0, e o Bluetooth Low Energy (BLE), que é a versão 4.0 ou superior. O BLE opera na banda de 2,4GHz e define 40 canais de radiofrequência. Existem dois tipos de canais: o de publicidade e o de dados. O de publicidade “descobre” novos dispositivos, estabelecendo conexão e transmissão de broadcast (expressão utilizada para transmissão em larga escala), enquanto o de dados é utilizado para comunicação bidirecional entre dispositivos que estão conectados (JESUS, 2021).

### **2.3. Internet das Coisas (IoT)**

O termo IoT, do inglês Internet of Things, que em português significa Internet das Coisas, transmite a ideia de que a internet pode estar presente em tudo. Com essa ideia por trás do conceito, é dito que todos os equipamentos podem estar conectados à internet, facilitando a vida dos usuários em sua rotina (MORAIS, 2018). Uma boa definição de IoT é a que segue:

O conceito de IoT é baseado na ideia de fusão do mundo real com o mundo digital, fazendo com que os indivíduos estejam em constante comunicação e interação com outras pessoas e objetos. A IoT possui funções de reconhecimento inteligente, localização, rastreamento e gerenciamento dos diversos dispositivos, trocando informações a todo o momento (MORAIS, 2018 p. 18).

Existem infinitas aplicações da IoT para residências, como, por exemplo, termostatos inteligentes que medem a temperatura ambiente para regular um ar-condicionado ou aquecedor, de forma a condicionar a temperatura ideal. Além desses dispositivos conectados à internet e com capacidade de processamento, podem aprender a rotina da família e atuar de forma totalmente autônoma (SYSTEM ITS, 2017).

Segundo a System ITS (2017), outra possibilidade é a utilização de fechaduras inteligentes (smart locks) conectadas à internet por Wi-Fi. Dessa maneira, permitem que trancas sejam controladas remotamente. Esse sistema possui a capacidade de enviar imagens de visitantes ao smartphone do usuário, que pode até permitir o acesso à residência, seja de onde estiver.

## 2.4. Assistentes Virtuais

Assistentes virtuais são softwares que se caracterizam por auxiliar as pessoas em sua rotina, tornando-a mais prática e assertiva, podendo executar um vasto número de tarefas a pedido do usuário. Esses assistentes, por meio de informações e preferências identificadas, interagem e auxiliam a pessoa, reconhecendo suas necessidades diárias. Tal recurso possibilita o desempenho das mais variadas funções, como instrução, prestação de assistência e suporte (MARTINS; GUERRA, 2020).

Alexa é um assistente virtual desenvolvido pela Amazon. Utilizando apenas a voz, o dispositivo permite que o usuário faça perguntas e solicitações. Como um exemplo, pode-se fazer perguntas sobre o tempo, solicitar a realização de alguma tarefa, como adição de um item específico à lista de compras ou tocar uma música da preferência do usuário. Quando um comando é dado à Alexa, uma gravação do que foi solicitado é enviada à nuvem para que a solicitação seja processada e atendida (AMAZON, 2021).

A Amazon (2021) afirma que o modo de acesso depende do tipo de dispositivo. Em aparelhos acionados por viva-voz, como o Amazon Echo, Alexa pode ser acessada ao falar a palavra de ativação (Alexa, Echo ou Amazon). Em outros dispositivos, basta pressionar um botão para acessar o assistente.

A Google, outra empresa gigante da internet, também desenvolveu seu próprio assistente virtual. O Google Home, que por meio do app o usuário poderá gerenciar, controlar e organizar câmeras, TVs, luzes, entre outros produtos. O app funciona como um controle remoto compatível com milhares de dispositivos de casa inteligente de diversas marcas. Na seção “Casa”, pode-se controlar os alto-falantes, telas e outros dispositivos inteligentes. Utilizando essa opção, é possível configurar novos dispositivos e organizá-los por ambiente. Também é possível adicionar mais de uma casa, tocando no nome correspondente pode-se alternar entre elas (GOOGLE, 2021).

Na seção “Ações Rápidas”, se tem o controle geral da casa, em que cada botão possui a função de controlar um dispositivo, um serviço, ou um grupo de dispositivos. Os botões têm funções diferentes dependendo do dispositivo

representado e do estado correspondente. Conforme Google (2021), algumas das ações rápidas são:

- Acender ou apagar luzes: liga ou desliga as luzes inteligentes de cada ambiente ou de dispositivos desse tipo na residência;
- Mídia: pode-se ver as mídias ativas no ambiente e em qual dispositivo ela está em exibição, havendo mais de um dispositivo, a mídia poderá ser transferida de um para outro;
- Ligar para casa: pode-se fazer uma ligação para a residência do usuário e todos os dispositivos conectados ao Duo tocarão;
- Transmitir: transmitir uma mensagem do app para os alto-falantes com o Google assistente e Smart Displays;
- Termostato: pode-se abrir os controles dos termostatos inteligentes na casa;
- Câmeras: possui a opção de ver o feed de vídeo da câmera, podendo-se alternar a câmera caso haja mais de uma;
- Wi-Fi: faz testes de velocidade, gerenciando as configurações de rede;
- Rotinas: pode-se criar e gerenciar rotinas para os dispositivos disponíveis.

Outro assistente virtual dentre os mais conhecidos é a Siri, da Apple, que possui funcionalidades equivalentes às concorrentes. Conhecida por produzir respostas incomuns, esse dispositivo demonstra ser um grande assistente que auxilia o usuário nas tarefas diárias. Suas funções são muito parecidas com os assistentes supracitados, e possui a função de controlar dispositivos inteligentes por meio de seu HomeKit (MALEK, 2017).

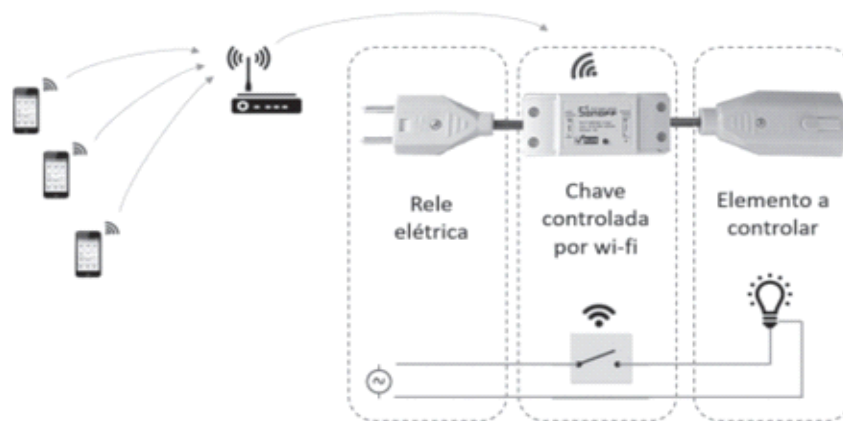
Seja qual for o dispositivo escolhido, sabendo utilizá-lo de maneira correta, esses assistentes são grandes aliados nas tarefas diárias, contribuindo para a gestão do tempo e facilitando bastante a o dia a dia do usuário.

## 2.5. Dispositivos Inteligentes

Uma maneira bem simples de automatizar uma residência e ligar praticamente qualquer aparelho com um smartphone é por meio de smart relés Wi-Fi. O usuário deve criar uma conta nos servidores do fabricante do dispositivo para ter acesso e conectar os interruptores ao smartphone. Geralmente o primeiro acesso ao aplicativo solicita o registro, bastando inserir as informações e criar a conta (JUNIOR; FARINELLI, 2019).

Segundo Junior e Farinelli (2019), a instalação consiste na conexão de dois fios em cada lado do dispositivo. Em uma das extremidades, é ligada a fonte de energia (Input), e, na outra, o aparelho que se deseja acionar ou desativar remotamente (Output), conforme apresenta a figura a seguir:

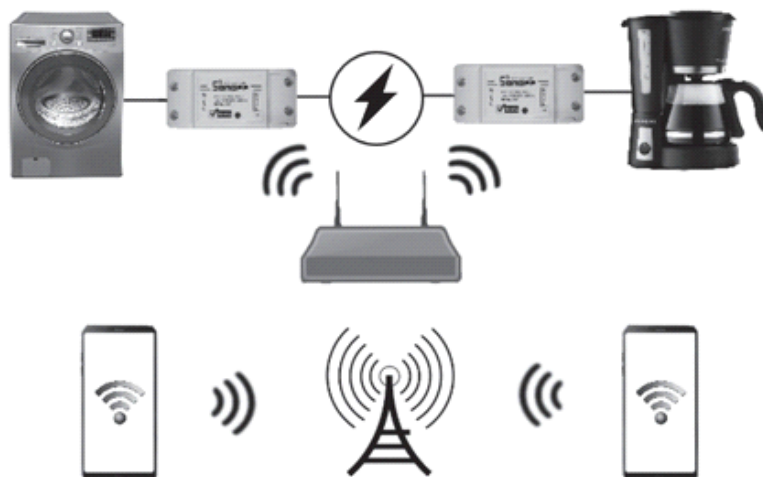
Figura 1: Forma de acesso aos interruptores Sonoff por meio da internet.



Fonte: (JUNIOR; FARINELLI, 2019).

Desse modo, pode-se automatizar alguns aparelhos, como máquinas de lavar, lâmpadas ou cafeteiras, e ter acesso a eles remotamente, como mostra a ilustração a seguir:

Figura 2: Forma de acesso aos interruptores Sonoff por meio da internet.



Fonte: (JUNIOR; FARINELLI, 2019).

### 3. METODOLOGIA

O referido trabalho tem como característica ser pesquisa de natureza básica. Sendo assim, se faz a troca de conhecimento por conhecimento. Com relação à abordagem do problema, sua caracterização é qualitativa. De forma a proporcionar maior familiaridade com o assunto, o objetivo do estudo se caracteriza como pesquisa exploratória.

Para o desenvolvimento do trabalho foram seguidas as etapas a seguir:

- Levantamento bibliográfico: levantamento do que foi publicado sobre o assunto em revistas virtuais, artigos, livros, páginas de internet e simpósios;
- Seleção do material bibliográfico: após sua leitura, foi feita uma seleção minuciosa do que será utilizado;
- Coleta e cruzamento dos dados: foram analisados os dados obtidos para melhor demonstração do assunto abordado, bem como cruzamento de dados para a certificação da veracidade do que foi pesquisado;
- Consulta de valores: foi consultado em sites especializados em orçamento para se ter uma estimativa de quanto custa a automatização de uma residência.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se faz uma reforma, adição de um cômodo, uma área de lazer ou até mesmo uma piscina, se tem em mente que, para fazer melhorias há um custo. Mas, por sua vez, dependendo do tipo, pode dispendir milhares de reais. Porém a intervenção de certo trará mais conforto e satisfação. Com a automação não é diferente, e para obtê-la há um custo, que muitas vezes não chega ao valor de outros tipos de obras, como afirmam Alves e Mota (2003):

Na realidade, é consensual considerar-se que uma casa inteligente não é mais dispendiosa do que uma casa tradicional, levando em conta que o investimento em tecnologia orça entre 2% e 10% do valor total da casa, sendo normalmente inferior ao custo da cozinha ou da construção de uma pequena e simples piscina descoberta (ALVES; MOTA, 2003, p.13).

Na busca por fornecedores que oferecem orçamentos para automação residencial, foi constatado um consenso entre os valores apresentados.

Tanto Habitissimo (2021) quanto Bass (2017), empresas especializadas em automação residencial, levantam uma estimativa de que para se automatizar uma casa, o custo seria a partir de R\$ 6 mil, podendo ultrapassar os R\$ 30 mil dependendo dos sistemas escolhidos. Porém nesse último valor está inclusa uma completa automação que contempla sistema de segurança, iluminação, climatização, combate a incêndio, home theater, persianas, eletrodomésticos, entre outros.

Entretanto, ao se levar em conta que a residência já possui eletrodomésticos, e que não haja a necessidade de uma casa inteiramente automatizada, os valores necessários reduzem bastante. Desse modo, uma opção pertinente seriam kits de automação com valores bem acessíveis.

Como um exemplo, um kit que possui três tipos de módulos, um é responsável por conectar os outros módulos na rede Wi-Fi, e é considerado o “cérebro”; o outro é o responsável por automatizar televisões, condicionadores de ar, sistema de som, persianas elétricas e qualquer dispositivo que possua um controle remoto que utiliza infravermelho; e, por fim, o módulo que é inserido

nos interruptores da casa, que pode ligar e desligar qualquer eletrodoméstico ou iluminação da residência, podendo controlar até dois circuitos independentes (HOUSEASY, 2021).

Os valores orçados para um kit como o citado acima, que conta com um módulo de controle Wi-Fi, dois módulos para controlar qualquer equipamento que se utiliza de um controle remoto via infravermelho, e quatro módulos capazes de acionar ou desligar até oito circuitos da residência, custa R\$ 539,90 (HOUSEASY, 2021).

Com esse equipamento, pode-se, por exemplo, controlar a iluminação de seis cômodos, programar o ar-condicionado para ligar 10 minutos antes de se chegar do trabalho e programar a cafeteira para ligar e passar o café pouco depois de acordar. Esse é apenas um exemplo simples da variedade de possibilidades que esse kit pode proporcionar.

Há também módulos similares, constituído de uma placa com oito canais para comandar oito circuitos por meio do Wi-Fi. Esse tipo de dispositivo pode ser encontrado por R\$ 571,00 (REDGTECH, 2021). No entanto, esse modelo requer a necessidade da conexão de todos os cabos dos circuitos à placa, inclusive o cabo de rede. Desse modo, o usuário terá que passar todo o cabeamento dos circuitos até o local onde será instalada a placa. Há de se observar que nem sempre o mais caro é o melhor, também deve se levar em conta a topologia do sistema e a forma de instalação. Em suma, se tudo não for bem planejado, há o risco de o sistema sair mais caro do que deveria.

Há também a possibilidade da aquisição de alguns componentes separadamente. Por exemplo, os relés inteligentes, que podem ser encontrados por R\$ 48,00 cada. Dessa forma, compra-se a quantidade desejada para que a automação possa ser realizada aos poucos.

Outro dispositivo interessante e de fácil acesso são as tomadas inteligentes. Elas, por sua vez, são tomadas conectadas ao Wi-Fi, que, como os relés inteligentes, têm a capacidade de acionar ou desligar qualquer aparelho plugado seja por comando de voz ou pelo celular. Além disso, podem monitorar seu o consumo de energia em tempo real, sendo de fácil instalação, em que

basta plugá-lo em uma tomada comum (NOVADIGITAL, 2021). Esse tipo de tomada pode ser encontrada facilmente no comércio eletrônico ao valor de R\$ 78,99 cada (MERCADO LIVRE, 2021).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS / CONCLUSÕES

Uma casa confortável pode ser considerada o desejo de consumo de quase todo ser humano. A Automação Residencial está diretamente atrelada ao conforto, ou seja, quanto mais automatizada a residência, mais confortável ela será.

Como foi mostrado, pôde-se constatar que a pessoa tem a opção de automatizar sua residência em diversos níveis, e o grau de satisfação, por se tratar de um sentimento individual, torna esse conceito um tanto subjetivo.

Levando-se em consideração o poder aquisitivo da classe média, que representa parte significativa da população brasileira, estima-se que a automação residencial poderia estar presente na maioria dos lares. Não a automação em seu maior nível, mas a que atende aos anseios mínimos por meio dos kits apresentados, ou até mesmo um ou dois dispositivos adquiridos individualmente.

Desse modo, com o tempo, pode-se automatizar uma residência aos poucos, da mesma forma com que se dispõe de fazer uma obra, a qual vai se desenvolvendo com o tempo até chegar ao resultado pretendido. Chegando a concluir que automatizar uma residência depende mais de vontade do que de condição financeira.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, J. A.; MOTA, J. **Casas Inteligentes**. 1. ed. Lisboa: Centro Atlântico, 2003. 144 p.
- AMAZON. **amazon**: ajuda, 2012-2021. Página de ajuda. Disponível em: <<https://www.amazon.com.br/gp/help/customer/display.html?nodeId=201602230#nav-top>>. Acesso em: 19 de mai. de 2021.
- AURESIDE, Casa “inteligente” é cada vez mais realidade. **Aureside**, 2021. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br/noticias/casa--inteligente--e-cada-vez-mais-realidade>>. Acesso em: 21 de abr. de 2021.
- AURESIDE, Como mensurar o mercado de Casas Inteligentes e Conectadas?. **Aureside**, 2020. Disponível em:



- <<http://plataformaconectar.blogspot.com/2020/08/como-se-situa-o-brasil-no-mercado.html>>. Acesso em: 11 de ago. de 2021.
- BASS. **Bass**: Automação Residencial Preço: Saiba Quanto Custa Viver no Futuro, 2017. Página de preços. Disponível em: <<https://bassautomacao.com.br/automacao-residencial-preco/>>. Acesso em: 25 de abr. de 2021.
- CEZAR, E. R. da S. A domótica criando conforto e segurança. **Revista Ubiquidade**. São Paulo, v. 3, n. 2, p. 20-29, jul a dez., 2020. Disponível em: <<https://revistas.anchieta.br/index.php/RevistaUbiquidade/article/view/1674/1499>>. Acesso em: 21 abr 2021.
- GOOGLE. **Google**: ajuda, 2021. Página de ajuda. Disponível em: <<https://support.google.com/chromecast/answer/7071794?co=GENIE.Platform%3DAndroid&hl=pt-BR>>. Acesso em: 25 de abr. de 2021.
- HOUSEASY. **Houseasy**: produtos, 2021. Página de produtos. Disponível em: <[https://www.loja.houseasy.net/?qclid=Cj0KCQjwv5uKBhD6ARIsAGv9a-w0Du9Jq4xr0tXoFxrF8Dco88Jf6kG0jzqDWKtboSj\\_YjsLEqH7\\_34aAn48EALw\\_wcB](https://www.loja.houseasy.net/?qclid=Cj0KCQjwv5uKBhD6ARIsAGv9a-w0Du9Jq4xr0tXoFxrF8Dco88Jf6kG0jzqDWKtboSj_YjsLEqH7_34aAn48EALw_wcB)>. Acesso em: 11 de ago. de 2021.
- JESUS, K. de. **Aplicação de Internet das Coisas (IoT) na agricultura de precisão**. 2021. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso.( Bacharelado ) – Unidade Universitária de Posse da Universidade Estadual de Goiás, Posse, 2021.
- JUNIOR, S.L.S.; FARINELLI, F.A. **DOMÓTICA - Automação residencial e casas inteligentes com Arduino e ESP8266**. 1.ed. São Paulo: Saraiva, 2019. 295 p. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536530055/>>. Acesso em: 25 abr 2021.
- LIMA, F. S. de. **A Automação e sua evolução**. 2003. 3f. Trabalho – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.
- MALEK, K. **Techtudo**: Todos os comandos de voz que a Siri do iPhone é capaz de compreender, 2017. Página de artigos. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/listas/2017/08/todos-os-comandos-de-voz-que-a-siri-do-iphone-e-capaz-de-compreender.ghtml>>. Acesso em 25 de abr. de 2021.
- MARTINS, B. de A.; NEVES, T. G. L. **Avaliação e modelagem da cobertura do sinal WiFi em ambientes do tipo auditório de eventos**. 2020. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso.( Graduação ) – Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.
- MARTINS, M. V.; GUERRA, L. T. B. Assistente virtual pessoal voltado à prevenção do suicídio. **Texto Livre: Linguagem e Tecnologia**, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p. 216–237, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/textolivres/article/view/24387>>. Acesso em: 3 jun. 2021.
- MERCADOLIVRE. **Mercadolivre**: lista, 2021. Página de procura. Disponível em: <<https://lista.mercadolivre.com.br/tomada-wifi-novadigital>>. Acesso em: 13 de ago. de 2021.
- MORAIS, I. S. et al. **Introdução a Big Data e Internet das Coisas (IoT)**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. 183 p. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595027640/>>. Acesso em: 21 abr 2021.
- NOVADIGITAL. **Novadigital**: produtos, 2021. Página de produtos. Disponível em: <<https://www.novadigital.com.br/produtos/tomada-inteligente-wk-br>>. Acesso em: 14 de ago. de 2021.
- OLIVEIRA, G. F.; ALVES, M. C. O. DOMÓTICA: substituição da fiação de retorno nas instalações elétricas por cabeamento de dados e sistemas microcontrolados. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA FATEC SERTÃOZINHO. 2., 2019, Sertãozinho. **Anais...** Sertãozinho: FATEC, 2019. p. 391-403.
- PESSOA, M. S. P.; SPINOLA, M. M. **Introdução à Automação para Cursos de Engenharia e Gestão**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 328 p. Disponível em:

<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595153257/>>. Acesso em 05 mai. 2021.

REDGTECH. **Redgtech**: produto, 2021. Página de produtos. Disponível em: <<https://redgtech.com.br/produto/cloud-08-canais/>>. Acesso em: 11 de ago. de 2021.

SYSTEM ITS, Internet das Coisas: entenda o que é e veja exemplos de suas aplicações. **Medium**, 2017. Disponível em:

<<https://medium.com/system-it-solutions/internet-das-coisas-o-que-e-exemplos-b82855d1a969>>. Acesso em: 21 de abr. de 2021.

THB. **THB**: produto, 2021. Página de produtos. Disponível em:

<<https://thbtecnologia.com.br/produto/sonoff-basic-r2-automatizador-1-ch-bivolt/>>.

Acesso em: 11 de ago. de 2021.

## ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO PARA O PRÉ-SAL A PARTIR DE SUA COMPOSIÇÃO

Isabella Pepes Morassi<sup>1</sup>, Lucas Anholetti Silva<sup>1</sup>, Thainá Vitória Rosa Santos<sup>1</sup>, Rafael De Paula Cosmo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Química

<sup>2</sup> Doutorando em Engenharia Mecânica – Professor Multivix – Vitória

### RESUMO

Os fluidos de perfuração têm um papel crucial no processo de perfuração para obtenção de petróleo. Eles têm como funções resfriar a broca, transportar os cascalhos para a superfície, manter a estabilidade do poço, dentre outras. Desenvolver técnicas a fim de melhorar o desempenho dos fluidos é de grande interesse econômico por parte das petroleiras, visto que o petróleo é uma commodity, e, portanto, tem o preço regulado pelo mercado internacional. Ademais, desenvolver um fluido que não seja nocivo ambientalmente na atividade de seu descarte ainda é um desafio, especialmente quando se trata da exploração do pré-sal, uma vez que o desempenho técnico do fluido de perfuração é de suma importância para as condições adversas dessa província petrolífera. Nesse contexto, tendo em vista as composições dos fluidos comumente utilizadas, foi realizado um levantamento pelo método de pesquisa bibliográfica, em que se buscou identificar as bases e aditivos, tendo por objetivo avaliar a eficiência das composições e estimar uma ou mais que poderiam se destacar para investimentos futuros. Para as bases, foram levantadas suas características técnicas e ambientais, enquanto que para os aditivos foram identificadas suas funções. A combinação desses parâmetros foi apresentada utilizando outros estudos, sendo possível apontar que os fluidos do tipo base sintética e base de água possuem características ambientais e técnicas que os tornam promissores e mais indicados a novos investimentos em pesquisa.

**Palavras-chave:** fluido de perfuração, eficiência de bases e aditivos, poço de petróleo, pré-sal.

### ABSTRACT

Drilling fluids play a crucial role in the drilling process to obtain oil. They have the functions of cooling the bit, transporting the cuttings to the surface, maintaining the stability of the well, among others. Developing techniques to improve fluid performance is of great economic interest to oil companies, since oil is a commodity, and therefore its price is regulated by the international market. Furthermore, developing a fluid that is not environmentally harmful in its disposal activity is still a challenge, especially when it comes to pre-salt exploration, since the technical performance of the drilling fluid is of paramount importance for the adverse conditions of this oil province. In this context, in view of the compositions of commonly used fluids, a survey was carried out using the bibliographic research method, in which we sought to identify the bases and additives, with the objective of evaluating the efficiency of the compositions and estimating one or more that could stand out. for future investments. Their technical and environmental characteristics were identified for the bases, while their functions were identified for the additives. The combination of these parameters was presented using other studies, and it is possible to point out that synthetic-based and water-based fluids have environmental and technical characteristics that make them promising and more suitable for new investments in research.

**Keywords:** Drilling fluid; efficiency of bases and additives; oil well, pre-salt

## 1. INTRODUÇÃO

Durante a perfuração de um poço de petróleo é necessário que se faça utilização de técnicas específicas. Essas técnicas são estudadas e modificadas

desde a descoberta do petróleo. No Brasil, a descoberta do pré-sal marcou a economia, atendeu uma demanda do mercado nacional e ganhou a atenção do mercado internacional.

Para tornar possível as explorações petrolíferas, existem os fluidos (ou lamas) de perfuração. Eles desempenham funções importantes, como resfriamento da broca, retirada dos cascalhos gerados na perfuração, exercem pressão para manter a estabilidade do poço, evitam o influxo de fluidos indesejáveis (kick). No pré-sal, os fluidos podem ser a chave para solucionar desafios, como a perfuração do mineral halita, que é composto pelo sal NaCl (cloreto de sódio), que está acima do reservatório carbonático.

Segundo Thomas (2001), os fluidos de perfuração possuem bases que ditam sua aplicabilidade na perfuração de poços e que cada poço pode exigir um tipo diferente de fluido. Os fluidos podem ser de base aquosa, oleosa, gasosa ou sintética, porém existe a incorporação de aditivos, que, por sua vez, tem como objetivo regular as características necessárias que cada base deixa a desejar.

Nesse sentido, propõe-se apresentar as composições dos fluidos, quais as características técnicas e ambientais de cada base, expondo as formas existentes de melhoramento de performance utilizando aditivos, mostrando o que se dispõe atualmente. Assim, a partir da análise dos dados levantados, apontar qual fluido apresenta melhor possibilidade de desempenho técnico e ambiental para investimentos futuros.

Em uma sequência lógica que facilite a compreensão do problema, após uma contextualização do histórico de exploração do petróleo no Brasil e seus desafios, é apresentado o processo de perfuração de um poço. Em seguida, os principais tipos, classificações e características dos fluidos de perfuração existentes, bem como os possíveis aditivos compatíveis. Por fim, são apresentados alguns trabalhos e pesquisas dos últimos anos que buscam melhorar a eficiência dos fluidos de perfuração na exploração do pré-sal.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Aproximadamente 50% do petróleo no mundo se encontra em reservatórios de origem carbonática, como é o caso das reservas do pré-sal. Alguns dos quais em profundidades semelhantes, outros, com lâminas d'água equivalente. Mas o que o torna quase exclusivo é a espessa camada de sal que precisa ser atravessada até que o seu reservatório seja alcançado. É exatamente a perfuração dessa rocha salina um dos grandes desafios exploratórios do pré-sal. Portanto, o conhecimento desse sítio petrolífero e das características das rochas que o constitui é fundamental para permitir uma avaliação mais precisa dos fluidos e aditivos para a sua perfuração.

### 2.1 Pré-sal no Brasil

Desde a descoberta do primeiro petróleo no Brasil até a criação da Petrobras se passou quase um século. Após a criação da estatal, voltada exclusivamente à exploração das reservas brasileiras de petróleo, foi necessário mais de meio século até a descoberta do pré-sal. A Tabela 1 apresenta alguns dos marcos da exploração do petróleo no Brasil.

Tabela 1 – Linha cronológica da exploração do petróleo no Brasil.

| ANO  | MARCO HISTÓRICO NO PETRÓLEO BRASILEIRO  |
|------|---|
| 1864 | Descoberta do petróleo brasileiro nas províncias sulistas do estado da Bahia  |
| 1881 | Êxito na produção de gás combustível no Vale do Paraíba   |
| 1939 | Após uma perfuração de 210 metros, foi encontrado óleo nas proximidades de Lobato e, a partir daí, o Recôncavo Baiano tornou-se o primeiro grande produtor de petróleo brasileiro. Com isso, iniciou-se grandes discussões políticas envolvendo a posse do direito de exploração do petróleo nacional, principalmente após empresas estrangeiras demonstrarem interesse |
| 1953 | Monopolização da exploração do petróleo brasileiro (criação da Petrobras)   |
| 1967 | Início do projeto de perfuração submarina   |
| 1975 | Descoberta da Bacia de Campos com perfurações de até 100 metros de profundidade   |
| 1985 | Descoberta dos Campos de Marlim e Albacora, e a produção já atingia 50% do consumo nacional   |
| 1997 | Extinção do monopólio da Petrobras, possibilitando a entrada de empresas privadas na competição pela produção petrolífera   |
| 2006 | A produção atingiu a autossuficiência, passando o valor da demanda nacional   |
| 2007 | Descoberta do pré-sal   |
| 2018 | A marca de 1,5 milhões de barris por dia foi atingida contando com 77 poços localizados no pré-sal  |

Fonte: Produzido pelo autor.

O petróleo encontrado no pré-sal é mais leve que muitos dos óleos do pós-sal. Gouveia (2010), em seu artigo, cita a fala de Antônio Pinto confirmando o API de 28,5° (óleos leves possuem 30° API ou mais; quanto mais leve o óleo maior

valor agregado ele possui) na Bacia de Santos, trazendo boas perspectivas mesmo com os altos custos de extração.

No Brasil existem dois tipos de contratos para exploração de petróleo: um para o pós-sal e outro para o pré-sal. O contrato de partilha de produção é o aplicado para o pré-sal, o qual diz que a empresa que realiza a exploração e a produção de petróleo possui risco exploratório médio-baixo e deve pagar ao governo os royalties em moeda ou com parte do óleo produzido. A empresa que oferecer maior porcentagem de lucro na exploração da área disputada ganha o direito de exploração e produção. Esse leilão é regulado pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) (GAUTO, 2016).

A configuração do pré-sal, ilustrada na figura a seguir, consiste em uma camada rochosa inicial menos reativa, seguida pela camada sedimentar de sal que pode chegar à espessura de 2000m, e finalmente a rocha do reservatório, sendo normalmente de composição carbonática (PETROBRAS, 2021).

Figura 1 – Recorte das camadas exploradas no pré-sal.



Fonte: Site Diário do pré-sal

A Petrobras já superou diversos desafios, como produzir óleo e gás em um local com distância de 300km de distância da costa, com lâmina d'água de mais de 2000m de profundidade, em reservatórios a 5000m abaixo do leito marinho e com camadas de sal de 2000m de espessura.

Segundo os dados do CBIE de 2019, em se tratando das bacias que possuem petróleo no território brasileiro, tem-se:

As bacias sedimentares brasileiras contabilizam em área 6,4 milhões de quilômetros quadrados dessas formações geológicas, quase três quartos do território nacional. Desses, 4,8 milhões de quilômetros quadrados (76%) estão em terra e 1,6 milhões quilômetros quadrados (24%) em plataforma continental (marítimos) (CBIE, 2019).

O gradiente de pressão de poros muito baixo e o comportamento das geopressões na camada de sal fazem com que seja uma ótima rocha selante. Entretanto, essa mesma característica faz com que tenha um alto grau de plasticidade (KUEHN, 2014).

Após a narrativa histórica da exploração do petróleo no Brasil, é possível perceber que os geólogos que estudaram as condições exploratórias do país, em sua grande maioria, concordam que o aspecto geológico das rochas traz desafios tecnológicos de perfuração em grande parte das bacias encontradas no território nacional.

Não obstante, o pessimismo que pairou durante muitos anos, inexoravelmente a persistência dos investimentos de exploração do petróleo por parte da Petrobras e a capacidade dos profissionais brasileiros possibilitaram o reconhecimento da indústria petrolífera brasileira como grande pioneira tecnológica mundial.

Segundo Lima (2008), os principais desafios registrados na atuação das empresas exploradoras de petróleo nos campos do pré-sal foram: na área de reservatórios; perfuração de poços; engenharia submarina; escoamento da produção; e na presença de grande volume de gás no cluster. Lima (2008) também faz menção a outros fatores que podem influenciar a exploração do petróleo, como a questão ambiental, desenvolvimento de novas tecnologias e as oscilações do mercado.

Guedes (2013) aponta que os desafios exploratórios e de produção na camada pré-sal se concentram em plasticidade da camada de halita, solubilização do

sal nos fluidos de perfuração, altas pressões, presença de  $CO_2$  e  $H_2S$ , corrosão do maquinário e precipitação do óleo nos dutos.

De acordo com D'Almeida (2015), os problemas a serem superados na exploração vão desde a perfuração até a logística enfrentada pela distância da plataforma a costa. Além disso, o autor ressalta que no que tange às áreas técnicas, as pesquisas de melhoria tecnológica se concentraram nos procedimentos de poços e reservatórios, entre eles é citado “previsibilidade da qualidade do reservatório e dos fluidos nele contidos”, assim como “fluidos que garantam a estabilidade dos poços”.

Para Lima (2008), os principais desafios tecnológicos relacionados à perfuração de poços são: desvio do poço na zona do sal; fraturamento hidráulico em poços horizontais; emprego de materiais resistentes a  $CO_2$ ; viabilidade técnica de mecanismos de recuperação secundária e construção de poços de grande extensão. Já os desafios no escoamento da produção são: prevenção da formação de hidratos; controle da deposição de parafinas; controle de scaling; e obtenção de adequadas temperaturas ao longo das linhas.

## **2.2 Processo de Perfuração de Poços no Pré-sal**

Segundo Gauto (2016), existem duas maneiras diferentes de realizar a perfuração de um poço. As chamadas sondagem à percussão ou método percussivo e sondagem rotativa. O método percussivo consiste em “golpes sucessivos aplicados sobre a rocha, por meio de um sistema de sustentação que eleva e faz descer uma broca, ocasionando sua fragmentação” (GAUTO, 2016, p.94).

No entanto, Gauto (2016) ressalta que a dificuldade de retirada dos cascalhos formados durante a perfuração não permite altas profundidades, sendo inviável para operações marítimas. A sondagem rotativa é a segunda maneira e “é o método no qual o poço é perfurado pela rotação de um sistema, chamado de coluna de perfuração, fazendo com que a rocha seja quebrada devido à abrasão com a broca” (GAUTO, 2016, p.95, grifo do autor).



Tanto Selley e Sonnenberg (2016) quanto Gauto (2016) afirmam que o método rotativo superou o método de perfuração a cabo por possibilitar perfurações mais profundas e garantir uma agilidade técnica e também com maior segurança. O processo de perfuração pelo meio rotativo começa pela rotação da broca na extremidade da coluna de perfuração em direção ao fundo do poço. Durante esse processo o fluido de perfuração é inserido no poço por meio de orifícios da broca, fluindo pelo espaço anular do poço entre o tubo e a parede do poço.

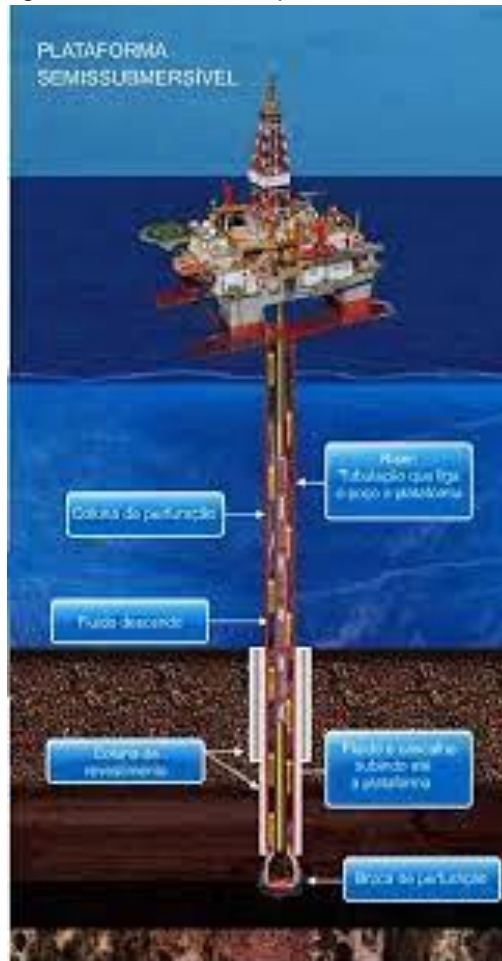
Para que o poço se torne mais profundo, novos tubos são adicionados na superfície da coluna de perfuração. O último tubo é conectado no centro da mesa rotativa para que por meio dos motores da sonda o movimento de rotação da mesa seja transmitido para os tubos da coluna, até chegar na broca. Quando se atinge uma determinada profundidade, tubos de aço revestem o poço para que seja cimentado e em seguida reinicie a perfuração com uma broca de diâmetro menor (SELLEY; SONNENBERG, 2016).

A Figura 2 consiste em uma sonda de perfuração offshore, permitindo uma visualização mais clara de seus componentes. Durante a perfuração e toda a completação do poço, em todas as etapas, a principal barreira de segurança é o BOP (blowout preventer), que é um equipamento utilizado para evitar o fluxo descontrolado de fluidos do poço para o ambiente externo a ele. O blowout provém do kick que advém de diferença de pressão entre o fluido e reservatório.

Nas operações marítimas, após a perfuração do poço e antes do início da produção, o BOP é substituído pela árvore de natal, que fica fixada na cabeça do poço, no solo marinho. A árvore de natal é um equipamento composto por válvulas que controlam a produção de fluidos (GAUTO, 2016).

Apesar do grande progresso dos métodos de pesquisas, em média, 80% dos poços pioneiros não resultam em descobertas comercialmente viáveis. Quando isso acontece, o poço é tamponado com cimento e abandonado (GAUTO, 2016, p.96, grifo do autor). Mesmo assim, as informações que esses poços fornecem são cruciais para as próximas pesquisas e explorações.

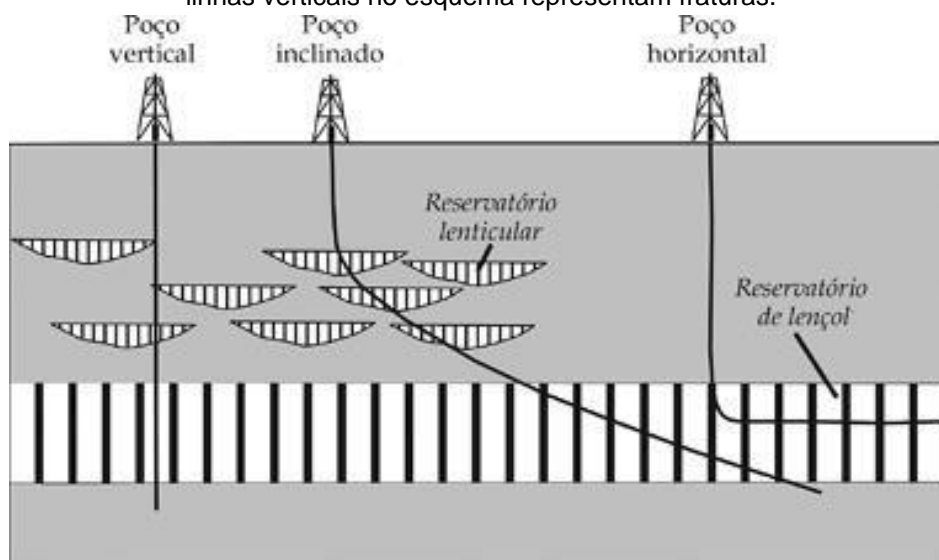
Figura 2 – Desenho de plataforma *offshore*.



Fonte: RIMA – Relatório de impacto ambiental Petrobras 2012

Uma definição importante de ser considerada é se o poço é direcional, horizontal ou vertical (Figura 3). Esse fato é relevante para determinar qual fluido deve ser utilizado, pois as características cinemáticas do fluido se alteram conforme o modelo de poço que se tem (SKALLE, 2015). Conforme a explicação de Selley e Sonnenberg (2016), os poços horizontais ou direcionais possuem vantagens sobre os poços verticais e por isso estão sendo cada vez mais aplicados.

Figura 3 – Desenho esquemático ilustrando os poços verticais, inclinados e horizontais. As linhas verticais no esquema representam fraturas.



Fonte: SELLEY; SONNENBERG, 2016, p.52

Entre as vantagens citadas estão: explorar bacias abaixo de cidades ou lagos onde a posição das sondas na superfície é impossível; aumentar a área de contato com o poço; melhorar a produtividade conectando fraturas; aliviar a pressão ou tamponar poços sem controle; e drenar grandes bacias com a perfuração em template.

### 2.3 Fluidos de Perfuração

A utilização do fluido de perfuração é o que possibilita o método rotativo de perfuração, tornando viável as operações marítimas e de grande profundidade. Thomas (2001) define fluidos de perfuração como “misturas complexas de sólidos, líquidos, produtos químicos e, por vezes, até gases”. Uma maneira de definir o conceito de fluidos de perfuração é especificar a sua função no processo de perfuração.

As principais funções do fluido de perfuração são (CAENN; DARLEY; GRAY, 2014):

- Transportar pelo espaço anular os cascalhos gerados e permitir sua separação na superfície;

- Resfriar e limpar a broca;
- Reduzir o atrito entre a coluna de perfuração e as laterais do poço;
- Manter a estabilidade das seções não revestidas do poço;
- Prevenir a entrada de fluidos nas rochas permeáveis;
- Formar um reboco fino, não muito permeável, que tampe os poros e outras aberturas que foram formadas durante a perfuração;
- Auxiliar na coleta e análise dos cascalhos provenientes da perfuração de testemunhos e do perfil elétrico.

Caenn, Darley e Gray (2014) esclarecem que o custo do fluido em si não é elevado, porém a escolha correta do fluido tem um impacto direto no custo total da operação. Além disso, as propriedades do fluido afetam a avaliação da produtividade do poço.

Sendo assim, o grau de importância da escolha do fluido correto para cada operação é extremamente alto, já que para cada caso existe um fluido com propriedades específicas, conforme as exigências das rochas no ponto de perfuração. Cabem ao engenheiro de “lama”, supervisor de perfuração, chefe de perfuração, engenheiros de perfuração, engenheiros de perfuração e de produção selecionarem o fluido de perfuração e terem o controle diário de suas propriedades.

#### **2.4 Características Físico-Químicas**

Quando se trata de uma perfuração no pré-sal especificamente, um dos fatores de extrema importância a ser considerado é a solubilidade do fluido com os sais da camada de sal. Eles podem acarretar problemas como o aumento da corrosão dos equipamentos, aumento do diâmetro do poço, interferência na leitura dos perfis sônicos e o aprisionamento da coluna de perfuração devido à plasticidade das formações salinas (SANTOS, 2012; GUEDES; NOVAES, 2013).

Ademais, é necessário que o fluido apresente algumas características específicas (THOMAS, 2001):

- Quimicamente estável;
- Ser bombeável;
- Estabilizar as paredes do poço, mecânica e quimicamente;
- Manter os sólidos em suspensão no repouso;
- Ser inerte em relação a danos às rochas produtoras;
- Possuir baixo grau de corrosão;
- Facilitar as interpretações geológicas;
- Aceitar qualquer tratamento físico ou químico.

Além disso, existem outras características que são relevantes em sua composição. A densidade e o peso específico do fluido são responsáveis pela pressão hidrostática no interior do poço. Se ocorre uma queda de pressão hidrostática no poço, a probabilidade de ocorrer o kick, que é a entrada de fluido de formação para o poço, é grande.

Em relação a isso, a pressão da lama deve estar ligeiramente superior à pressão da formação (over balance). A queda do peso da lama ou uma baixa densidade pode gerar queda de pressão, por isso são utilizados aditivos na composição do fluido a fim de aumentar a densidade do mesmo (SANTOS, 2012).

A densidade é a massa por unidade de volume. Enquanto o peso específico pode ser calculado como: peso sobre unidade de volume, ou aceleração da gravidade multiplicada pela densidade, ou ainda massa multiplicada pela aceleração da gravidade, sobre unidade de volume.

Grande parte dos fluidos de perfuração é gel sob condições de repouso. A viscosidade tem relação com a limpeza do poço. Na maioria dos casos quanto maior a viscosidade melhor o transporte de cascalhos até a superfície. Os

aditivos mais utilizados como viscosificantes são a bentonita, polímeros naturais derivados da celulose e carboximetilcelulose (SANTOS, 2012).

Caenn, Darley e Gray (2014, p. 44) definem a viscosidade a partir do padrão de escoamento laminar em tubo redondo:

O fluxo laminar em um tubo redondo pode ser visualizado como cilindros infinitamente finos, deslizando uns sobre os outros. A velocidade dos cilindros aumenta de zero na parede do tubo até um máximo no eixo do tubo. A diferença de velocidade entre quaisquer desses dois cilindros, dividida pela distância entre eles, define a taxa de cisalhamento. A força axial dividida pela área de um cilindro define a tensão de cisalhamento. A proporção entre tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento é chamada de viscosidade, e é uma medida da resistência de um fluido (CAENN; DARLEY; GRAY, 2014, p. 44).

Os controles do pH e da alcalinidade do fluido se fazem necessários para evitar a corrosão dos equipamentos de perfuração, detecção e tratamento de contaminantes, manutenção das lamas tratadas com cal e utilização de afinantes. De modo geral, os fluidos possuem pH alcalino, ou seja,  $\text{pH} > 7$ , pois a acidez elevada colabora para a corrosão (SANTOS, 2012) (GUEDES; NOVAES, 2013).

A temperatura e pressão são questões a serem observadas minuciosamente, pois o fluido deve suportar as diferenças de temperatura e pressão ao longo da perfuração.

A força gel inicial mede a resistência para colocar o fluido em fluxo. Já a força gel final mede a resistência do fluido para reiniciar o fluxo quando ele fica um certo tempo em repouso. A diferença entre as forças indica o grau de tixotropia (THOMAS, 2001).

## **2.5 Classificação dos Fluidos de Perfuração**

Os fluidos são classificados pela sua composição, ou melhor, pelo constituinte principal da fase contínua ou dispersante. Nesse sentido, pode-se afirmar que as classificações se dão pelos seus componentes básicos ou sua base,

definindo não apenas o tipo de fluido, mas também as propriedades do mesmo (THOMAS, 2001). Os fluidos podem ser de base água, base óleo, base gás ou base sintética.

### **2.5.1 Base Água**

A água da composição dos fluidos pode ser salgada, doce ou dura. Dependendo de qual tipo de água é utilizada, deve-se atentar para alterações de aditivos na composição. A água doce não altera o comportamento dos aditivos, já a água salgada, por causa da salinidade elevada, pode promover alterações.

A água dura possui suficientes concentrações de sais de cálcio e magnésio para alterar o desempenho dos aditivos (THOMAS, 2001). Dentro de fluidos de base aquosa, classificam-se ainda em fluidos inibidos, não inibidos, com baixo teor de sólidos e emulsionados com óleo. Souza (2011, p. 50) define esses fluidos:

Os fluidos não inibidos são empregados nas camadas rochosas superficiais, composta na maioria das vezes de sedimentos inconsolidados. Dispensa-se tratamento químico na água devido ao caráter inerte das rochas superficiais. Já os fluidos inibidos são tratados quimicamente com eletrólitos e/ou polímeros a fim de reduzir a atividade da rocha, que é dita ativa quando reage quimicamente com a água, tornando-se plástica, expansível, dispersível ou até solúvel[...]. Os fluidos à base de água com baixo teor de sólidos são empregados para aumentar a taxa de penetração da broca e os emulsionados reduzem a densidade do fluido para evitar a perda de circulação em zonas de baixa pressão de poros (SOUZA, 2011, p. 50).

Na exploração do pré-sal, os fluidos de base de água salgada são utilizados com mais frequência por apresentarem a possibilidade de descartar no mar e serem de baixo custo. No entanto, a variação da solubilidade com a temperatura, a característica corrosiva, o fato de não impedirem a dissolução de outros sais e a necessidade de uma grande quantidade de sal para a saturação são empecilhos para a utilização em determinados poços (SOUZA, 2011).

### **2.5.2 Base óleo**

Geralmente, os fluidos à base de óleo são compostos por hidrocarbonetos líquidos. É importante destacar que os fluidos de base óleo contêm uma porcentagem de água em sua composição por meio de emulsão (< 10% de água), assim como os fluidos de base aquosa possuem uma quantidade de óleo na sua composição na maioria das vezes (THOMAS, 2001).

As características dos fluidos de base oleosa são: taxa de corrosão muito baixa; níveis de estabilidade altos em relação às rochas ativas; suportam altas temperaturas; ótima lubrificidade; intervalo de variação de densidade de 0,89 a 2,4; e baixíssima solubilidade de sais inorgânicos.

Por causa dessas características, esses fluidos se encaixam muito bem no ambiente de formações salinas (pré-sal) em termos técnicos do processo de perfuração. Porém existem desvantagens nesse tipo de fluido, especialmente a impossibilidade de descarte no mar e alto grau de poluição, a alta solubilidade de gás na fase contínua, dificultando a detecção de kicks e menores taxas de penetração. Essas desvantagens limitam a utilização dos fluidos de base de óleo nas perfurações offshore (THOMAS, 2001).

No entanto, o emprego de óleos vegetais e sintéticos vem sendo muito estudado e utilizado pelas indústrias de perfuração, pois apresentam caráter menos poluente enquanto a eficiência técnica do fluido é mantida.

### **2.5.3 Base Gás/Ar**

“Perfuração a ar ou gás é um termo genérico aplicado quando o ar ou o gás [...] é usado como fluido circulante na perfuração rotativa” (THOMAS, 2001, p. 86). Pode ser utilizado ar puro, névoa (mistura de água dispersa no ar), espuma (dispersão de gás em líquido), ou ainda aplicar a técnica de aeração de fluidos. Normalmente o emprego de fluidos à base de gás ocorre em situações bem específicas e não são muito utilizados.

Caenn (2014) explica que lamas desse tipo são particularmente usadas para perfurações de baixa pressão, onde há o risco de desabamento do poço, a fim de melhorar sua estabilidade. Em se tratando de formações molhadas ou



salinas, esse tipo de fluido possui limitações, como a baixa tolerância aos sais. Esse tipo de fluido não é muito utilizado por causa de suas grandes limitações técnicas, tendo em vista principalmente que existem outras alternativas melhores.

#### **2.5.4 Base sintética**

A última inovação referente a bases de fluidos de perfuração é a aplicabilidade de produtos químicos sintéticos. Esses fluidos são chamados de SBF ou SBM (synthetic based fluid – fluidos de base sintética e synthetic based mud – lamas de base sintética, respectivamente).

Os SBFs surgiram da necessidade tecnológica e ambiental imposta pela exploração de petróleo em águas profundas e ultra profundas. Nesse sentido, os fluidos de perfuração sintéticos vêm como alternativa aos fluidos de base óleo, onde sua proposta é manter, ou melhorar, seu desempenho técnico, causando menos danos ambientais, sendo menos tóxicos e mais biodegradáveis.

Existem muitos tipos de compostos sintéticos que podem ser usados como base de fluido, entre eles os mais comuns são: ésteres; éteres; acetais ou hidrocarbonetos sintéticos (NEFF, 2000). Skalle (2015, p. 11) corrobora e acrescenta:

Os principais tipos de fluidos sintéticos são ésteres, poli alfa olefinas e parafina de qualidade alimentar. Eles são ecologicamente corretos, podem ser descartados no mar, são biodegradáveis e não possuem capacidade de alteração de temperatura (SKALLE, 2015, p. 11, tradução nossa).

As principais vantagens relacionadas ao desempenho dos fluidos sintéticos, quando comparados aos de base aquosa, são a baixa compatibilidade com as formações reativas (sensíveis à água), a maior estabilidade térmica e estrutural (para perfuração de poços profundos e com altas temperaturas), uma melhor lubrificação (facilitando a perfuração de poços direcionais), menores taxas de corrosão (fase contínua não eletrolítica) e maior facilidade de reaproveitamento (THOMAS 2001; CAENN et al., 2011).

O uso de éteres com comprimentos de cadeia de hidrocarbonetos e ramificação selecionada para otimizar as propriedades de perfuração e minimizar toxicidade começaram com uma boa expectativa nas plataformas do Mar do Norte. No entanto, após o descarte de cascalhos no oceano com o SBF, constatou-se que a biodegradabilidade de ambos reduziu bastante, ocasionando o seu desuso no Reino Unido (NEFF, 2000).

Os acetais têm características orgânicas parecidas com os éteres. No fluido estudado por Neff (2000), eles apresentaram uma boa estabilidade em condições neutras e alcalinas, mas em meio ácido eles facilmente retornam para aldeídos e álcoois. Dos fluidos de base sintética, os éteres são os mais estudados e adotados pelas plataformas de exploração offshore.

Neff (2000) explica que apesar do peso molecular da molécula, os ésteres são mais solúveis em água do que era de se esperar. Modificações no comprimento da cadeia e ramificações são feitas para otimizar a viscosidade, fluidez e estabilidade hidrolítica. Mesmo assim, em meio básico ou ácido, os ésteres transformam-se em álcoois e em hidrólise tornam-se ácidos carboxílicos.

Contudo, os SBFs têm conferido excelentes resultados na perfuração dos seguintes poços (THOMAS, 2001):

- Poços HPHT (alta pressão e alta temperatura);
- Formações de folhelhos argilosos e plásticos;
- Formações salinas de halita, silvita, carnalita, etc;
- Poços direcionais ou delgados ou de longo afastamento;
- Formações com baixa pressão de poros ou de fratura.

## **2.6 Aditivos dos fluidos de perfuração**

Expostas as propriedades físico-químicas e os tipos de fluidos, pode-se perceber a importância dos aditivos no desempenho do fluido. Costa (2015) explica que os aditivos são empregados na composição do fluido para fornecer

as propriedades requeridas, que são essenciais, e proporcionar, ao mesmo tempo, condições de perfuração segura e de qualidade. Os aditivos comumente utilizados em fluidos de perfuração são polímeros, sais, surfactantes e bentonita. Além deles, podemos citar outros aditivos e respectivamente suas funções:

- Argila ativada e polímeros: têm funções viscosificantes e gelificantes. Esse fluido suspende e transporta os cascalhos gerados pelas brocas até a superfície com mais eficiência. Outro fator é que a maioria dos aditivos utilizados para essa função possui propriedades tixotrópicas, ou seja, em casos de troca de equipamentos ou até mesmo algum tipo de problema operacional, o fluido vai adquirir um estado em gel, onde vai impedir o retorno desses fragmentos de rochas, evitando diversos problemas;
- Lignosulfonatos e lignitos: têm função de dispersantes, onde mantêm a superfície dos componentes mecânicos limpas, fazendo com que fique em suspensão no óleo todo tipo de sujeiras, além desses aditivos serem inibidores físicos;
- Amidos e polímeros: têm como função ajudar o fluido de perfuração a formar uma camada fina (denominado reboco) sobre as paredes das rochas expostas pela broca. É de extrema importância que o fluido tenha uma certa fração de partículas que tenham as dimensões menores que a dos poros das rochas. Esse processo se denomina filtração;
- Hidróxido de sódio ou de potássio: têm a função de controlar a alcalinidade do meio, estabilizando o fluido de perfuração, em razão das variações encontradas no ambiente, como exemplo, variações do pH, salinidade do solo e da água, presença de matéria orgânica, entre outros;
- Sulfato de Bário e hematita: têm por finalidade controlar a densidade do fluido de perfuração, pois é necessário ter uma diferença de pressão entre a parede do poço e as futuras camadas perfuradas, impossibilitando assim o influxo de gás e óleo no poço.

- Detergente: sua função é remover os argilominerais das superfícies metálicas;
- Ésteres graxos: se adequada como fluido lubrificante. Suas principais funções são a redução do atrito, do desgaste, controle de temperatura, proteção contra a corrosão, aumento da estabilidade do poço, além de aumentar a vida útil da broca, entre outras finalidades;
- Poliacrilamina, cloreto de sódio ou potássio: têm por finalidade minimizar o processo de hidratação das argilas. Desse modo são conhecidos com inibidores de inchamento de argila;
- Bactericidas: têm finalidade de eliminar as bactérias que pode se encontrar nos taques de estocagem de fluidos ou durante a perfuração, onde se depositam junto com o fluido. Alguns exemplos de aditivos usados são a soda cáustica, cal e paraformaldeído;
- Antiespumantes: são usados para prevenir, reduzir e eliminar a formação de espumas;
- Mica, fibra de raspa de coco, etc.: têm a função de controlar a perda por circulação. Para isso acontecer, a formação rochosa deve ficar impermeável, para no fim evitar a infiltração e em consequência anular a perda do fluido de perfuração. Os aditivos que são adicionados atuam no controle para a formação produtora além de manter o fluido em circulação.

## **2.7 Casos promissores de aditivos**

Além da substituição das bases dos fluidos, é estudado também opções de aproveitamento de resíduos, como aditivos ou formantes nos fluidos de base água e óleo. Corrêa et al. (2017) avaliaram o uso de bioglicerina gerada na produção de biodiesel como resíduo, para formulação de fluidos aquosos, concluindo que quase todas as amostras apresentaram um bom desempenho técnico, apesar de necessitar a adição de outros reguladores de propriedades físico-químicas.

Sousa et al. (2020) analisaram o efeito da goma xantana e da bentonita no desempenho de um fluido de base microemulsão. O estudo consiste em analisar as interações da bentonita e da goma xantana em uma microemulsão de glicerina aquosa, obtendo resultados satisfatórios, aplicando o modelo de Herschel-Bulkley para estabilização de limite de escoamento. Por fim, a pesquisa comprova a possibilidade de uso da goma xantana como aditivo espessante para os fluidos de perfuração.

Melo (2019) realizou um estudo utilizando um óleo vegetal, seguindo as normas da API (American Petroleum Institute), obtendo resultados promissores e satisfatórios, levando em consideração as questões ambientais. Ainda que alguns ajustes possam ser feitos e composições revisadas, as pesquisas em torno de opções como o óleo vegetal vêm sendo mais visadas atualmente.

A aplicabilidade do bagaço de cana-de-açúcar também foi verificada como possível aditivo de aumento de viscosidade de fluidos de perfuração de base aquosa. A análise de Sousa et al. (2020) concluiu que as interações de aditivos comuns, como bentonita, NaCl e a goma xantana, com o bagaço da cana foi relevante para alterar a viscosidade plástica do fluido.

Porto et al. (2015) não conseguiram desenvolver fluidos de perfuração com biodiesel de moringa oleífera. Porém, em 2017, foi constatado que o éster da planta como fase contínua obteve estabilidade com a razão óleo-água, demonstrando que os parâmetros podem ser ajustados para se adequar ao programa de perfuração.

Porto et al. (2016) também realizaram um estudo para formulação de fluidos de perfuração a partir de biodiesel produzido do óleo de fritura, levando em consideração o descarte inapropriado feito pela população e em grandes quantidades. Os resultados nesse estudo não foram muito positivos de acordo com os aditivos utilizados, mas para estudos futuros não é improvável o êxito com mudanças de compostos.

Outro estudo interessante é o da avaliação de eficiência de carbonato assimétrico e ésteres de bagaço como base orgânica para fluidos não aquosos

realizado por Peixoto (2020). Ambos os produtos estudados obtiveram sucesso no que diz respeito às propriedades físico-químicas.

Entretanto, o carbonato assimétrico apresentou características superiores de ponto de fulgor, resistência a temperaturas baixas para aplicação em águas profundas, maior valor de massa específica, com baixa toxicidade e alta biodegradabilidade sem agressão ao meio ambiente, além de melhores resultados de viscosidade plástica, géis inicial e final, limite de escoamento e filtrado. Peixoto (2020) afirma que a semelhança de estrutura molecular pode ser a responsável pelos bons resultados do estudo.

Palla (2016), após comparar estudos de caso em diferentes países, constatou que as aplicações de fluidos de perfuração de alta performance foram consideradas no uso de cloreto de potássio ou cloreto de sódio para prevenir a hidratação e o inchaço das argilas e melhorar a estabilidade do poço. O PHPA também foi usado na maioria dos casos para melhorar a estabilidade e o complexo de alumínio para reduzir a perda de fluido nas operações. Por conseguinte, Palla (2016) conclui incentivando a substituição e simulação do desempenho dos fluidos não aquosos.

Ainda há o mapeamento tecnológico dos fluidos à base de ésteres de natureza quantitativa realizado por Rodrigues et al. (2020), que afirmam que desde 1970 são patenteados fluidos de perfuração à base de óleos e ésteres, e nos anos de 2012 a 2014 foram o ápice de patenteamento nesse tema. Nos anos seguintes, constataram a redução de pesquisas relacionadas, fazendo com que o autor chegasse à conclusão de que é necessário a retomada de estudos na área com incentivos governamentais e privados para obter fluidos de caráter menos nocivos ambientalmente.

### **3. CONCLUSÃO**

O presente trabalho teve como objetivo reunir informações relevantes dos fluidos de perfuração e discutir sua composição tanto a nível de base quanto na questão dos aditivos. Nesse sentido, é notável que, de acordo com as composições discutidas e estudadas, a utilização de ésteres e água salgada

são provavelmente as melhores opções de base para fluidos de perfuração na camada pré-sal.

Apesar de não haver muitos estudos sobre fluidos à base de água salgada, nota-se um crescente interesse nas mudanças dos aditivos que incorporam os fluidos aquosos. As pesquisas sobre ésteres e óleos vegetais continuam acontecendo com o objetivo de melhorar seu desempenho técnico e diminuir a agressão ao meio ambiente.

Conclui-se que referente às bases disponíveis atualmente, os fluidos de base de água salgada são uma opção a ser levada em conta nas operações offshore. Por ser de custo mais baixo, e possível de descartar no mar (após técnicas de extração dos cascalhos e tratamento de resíduos, respeitando as normas do país), o que facilita na questão logística da operação. Não obstante, os aprimoramentos de base éster já descobertos e desenvolvidos podem trazer bons resultados, mostrando que ainda não é tempo de abandonar essas investigações.

Sendo assim, é coerente destacar que o tema que abrange os fluidos de perfuração e seus impactos ambientais, como também seu desempenho técnico, necessita de atenção no que tange às novas tecnologias. Pois o petróleo continua sendo a principal fonte de energia mundial, portanto, a sustentabilidade se torna mais vital a cada ano.

## REFERÊNCIAS

- ANP. Instrução Normativa nº1. In.: **Diário Oficial da União**. Brasília, 2018. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/web/guest/materia/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/1738771/do1-2018-01-11-instrucao-normativa-n-1-de-2-de-janeiro-de2018-1738767](https://www.in.gov.br/web/guest/materia/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/1738771/do1-2018-01-11-instrucao-normativa-n-1-de-2-de-janeiro-de2018-1738767)>. Acesso em: jun. 2021.
- CAENN, R.; DARLEY, H.C.H.; GRAY, G.R. **Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids**. 6 ed. Waltham, Ma – USA: Gulf Professional Publishing, 2011.
- CAENN, Ryen; DARLEY, H.C.H.; GRAY, George R. **Fluidos de Perfuração e Completação**. 6. ed. RJ: Elsevier Editora, 2014.
- CBIE, Advisory. Quantas bacias sedimentares existem no Brasil. In.: **CBIE**. São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://cbie.com.br/artigos/quantas-bacias-sedimentares-existem-no-brasil/>>. Acesso em: jun. 2021
- CORRÊA, Claysson C.; DA CRUZ, Georgina F.; JR, Alexandre S. L. Vaz; ARAÚJO, Bianca de S. A.; DA SILVA, Alexsandro A.; RODRIGUES, Rafael A.; LOMBA, Rosana

- F. T.; WALDMANN, Alex T. de A.. Avaliação do potencial uso de bioglicerina como base para formulação de fluidos de perfuração aquosos para poços de petróleo e gás. **Revista Química Nova**. Rio de Janeiro, v.40, n.4, p. 378-387, 2017.
- COSTA, Júlio César Marinho. **Estudo de fluidos de perfuração não aquosos: Proposta de uma metodologia para caracterização**. Natal, RN. 2015.
- D'ALMEIDA, Albino Lopes. **Indústria do petróleo no Brasil e no mundo: Formação, desenvolvimento e ambiência atual**. 1. ed. SP: Editora Edgard Blucher, 2015.
- DIAS, José Luciano de Mattos; QUAGLINO, Maria Ana. **A questão do petróleo no Brasil uma história da Petrobrás**. Rio de Janeiro, 1993, 211p. Disponível em <http://www.cpdoc.fgv.br> HYPERLINK "http://www.cpdoc.fgv.br/"\_ Acesso em: jun. 2021.
- GAUTO, Marcelo Antunes; APOLUCENO, Daniela de Melo; AMARAL, Messias Candido; AURÍQUIO, Paulo Cezar. **Petróleo e gás: princípios de exploração, produção e refino**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.
- GOUVEIA, FLAVIA. **Tecnologia nacional para extrair petróleo e gás do pré-sal**. 2010.
- GUEDES, Isla Lafuente; NOVAES, Luis Eduardo Silveira da Mota. Camada pré-sal: desafios exploratórios e de produção. **XXI Congresso de Iniciação Científica da UFP**. Pelotas, RS. Novembro de 2013.
- KUEHN, Andrej Luigi Tommasi Oliveira. **Técnicas de perfuração com gerenciamento de pressão aplicáveis aos reservatórios carbonáticos do pré-sal brasileiro**. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia de petróleo da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, março de 2014.
- LIMA, Paulo César Ribeiro. Os desafios, os impactos e a gestão da exploração do pré-sal. **Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados**. Novembro de 2008.
- MELO, Guilherme Naylson Alves de. **Desenvolvimento de um fluido de perfuração base óleo vegetal para ser utilizado na perfuração de poços de petróleo**. Monografia de Engenharia Química, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB. Ano de 2019.
- NEFF, J. M.; MCKELVIE, S.; AYERS JR., R. C.. **Environmental Impacts of Synthetic Based Drilling Fluids**. US Department of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Regions. New Orleans, 188 p. Inc. Agosto de 2000. Disponível em: <<https://digital.library.unt.edu>>. Acessado em: junho de 2021.
- PALLA, Lucas Sene. **Fluidos de perfuração de alta performance: uma alternativa aos fluidos de perfuração não aquosos**. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia do petróleo, UFF. Rio de Janeiro, 2016.
- PEIXOTO, Renato Dantas Luz. **Avaliação do potencial e desempenho de carbonato assimétrico e ésteres de bagaço como base orgânica em fluidos de perfuração não aquosos**. Dissertação de Mestrado em Química, UFRN. Natal, fevereiro de 2020.
- PETROBRAS. Disponível em:<<https://petrobras.com.br/pt/>>. Acessado em: Junho de 2021.
- PORTO, C.C.S.; CANUTO, G.H.; JESUS, A.C.F.; SILVA, M.O.; PEREIRA, M.M.M.; SILVA, G.F. Produção de fluidos de perfuração base éster utilizando biodiesel de óleo de fritura como fase contínua. **XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. Fortaleza, setembro de 2016.
- PORTO, Carla Corina dos Santos; SILVA, Mirian Oliveira da; CANUTO, Giselle Holanda; LUCENA, Sergio; SILVA, Gabriel Francisco da. Desenvolvimento de um



fluido de perfuração de poços a base de ésteres e sua caracterização. **I Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gas Natural e Biocombustíveis**. 2015.

RODRIGUES, Juliane Oliveira; GUIMARÃES, Daiane Costa; CRUZ, Cleide Mara Barbosa da; SILVA, Gabriel Francisco da; RUSSO, Suzana Leitão; SILVA, Larissa Alves da. Mapeamento tecnológico dos fluidos de perfuração de poços de petróleo a base de ésteres. **Revista INGI**. Aracaju, SE, v. 4, n. 4, p. 982-993, out/nov/dez de 2020.

SANTOS, Matheus Barreto. Perfuração de poços de petróleo: fluidos de perfuração. Bolsista de Valor: **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**. Rio de Janeiro, v.2, n.1, p. 121-127, 2012.

SELLEY, Richard C.; SONNENBERG, Stephen A. **Geologia do petróleo**. 3. ed. RJ: Elsevier Editora, 2016.

SKALLE, Pal. **Drilling Fluid Engineering**. 6. ed. Bookboon.com, 2015.

SOUSA, R.P.F.; CURBELO, F.D.S.; GARNICA, A.I.C.; ARAÚJO, E.A.; FREITAS, J.C.O; BRAGA, G.S. Efeito da goma xantana e da bentonita no desempenho de um fluido de perfuração base microemulsão. **HOLOS**. Rio Grande do Norte, v.2, 2020.

SOUZA, Lorenzo Zamprogno. **ESTUDO DO ESTADO DA ARTE DA PERFURAÇÃO DIRECIONAL DE POÇOS DE PETRÓLEO**. 2011. UFES, Vitória ES. 135 fls.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 1. ed.RJ: Editora Interciência, 2001.